



مقایسه فنی سه روش برداشت نیمه مکانیزه، مکانیزه چندمرحله‌ای و مکانیزه تک‌مرحله‌ای (کمباین)  
چغندرقد در استان خراسان رضوی (شهرستان جوین)

اصغر زورآبادی<sup>۱</sup>، مجتبی نادری بلداجی<sup>۲\*</sup>، اصغر عابدی<sup>۲</sup>، امین لطفعلیان<sup>۲</sup>، احسان شهبازی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شهرکرد

<sup>۲</sup> استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه شهرکرد

<sup>۳</sup> استادیار گروه اصلاح نباتات، دانشگاه شهرکرد

چکیده

در این مطالعه، مقایسه‌ی فنی سه روش برداشت چغندرقد در استان خراسان رضوی (شهرستان جوین) به منظور انتخاب بهترین روش برداشت انجام شد. روش‌های برداشت شامل برداشت نیمه مکانیزه، مکانیزه‌ی چند مرحله‌ای و مکانیزه تک مرحله‌ای (کمباین) است. شاخص‌های فنی جهت مقایسه روش‌های مختلف شامل میزان آسیب به طوقه، آسیب کل محصول، میزان غده برداشت نشده، میزان کل خاک همراه چغندرقد و میزان سوخت می‌باشد. تحلیل داده‌ها در یک طرح بلوک‌های کامل تصادفی (با سه تیمار روش برداشت و پنج تکرار) و مقایسه میانگین با معیار LSD انجام شد. نتایج بدست آمده نشان داد که بیشترین میزان آسیب طوقه، شکستگی غده، میزان غده برداشت نشده مربوط به روش چند مرحله‌ای که مقادیر آن به ترتیب ۱۲۳/۷، ۹۴۵/۶ و ۸۷۵/۲ kg/ha می‌باشد. بیشترین افزایش در تراکم خاک با روش برداشت کمباین مشاهده شد که به دلیل وزن زیاد ماشین می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل و با در نظر گرفتن ظرفیت مزرعه‌ای عملیات برداشت چغندر به نظر می‌رسد روش کمباین مناسب‌ترین روش برداشت باشد.

کلمات کلیدی: چغندرقد- روشهای برداشت- مقایسه فنی

**Technical Comparison of Three Harvesting Methods of Sugar Beet, Semi-Mechanized, Multi-Stages and Fully Mechanized (Combine) in Khorasan Razavi Province (Jovein Township)**

Asghar Zourabadi<sup>1</sup>, Mojtaba Naderi-Boldaji<sup>2\*</sup>, Asghar Abedi<sup>2</sup>, Amin Lotfalian-Dehkordi<sup>2</sup>, Ehsan Shahbazi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Master student, Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Shahrekord University, asgharzourabadi1373@gmail.com

<sup>2</sup>Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Shahrekord University;

<sup>3</sup>Assistant Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Shahrekord University;

**ABSTRACT**

In this study, technical comparison of three harvesting methods of sugar beet in Khorasan Razavi province (Jovein Township) was carried out in order to select the best harvesting method. The harvesting methods include semi-mechanized, multi-stage and fully-mechanized. The technical parameters compared were the mechanical damage to the sugar beet, unharvested sugar beet, soil and mud and fuel consumption. The statistical design used in this study was a randomized complete block design with three treatments (harvesting methods) with five replications. Data were analyzed using SPSS software and LSD test. The results showed that crown damage in semi-mechanized method is 69.4 kg / ha, multi-stage method of 123.662 kg / ha, mechanized single stage method 66.33 kg / ha. The amount of damage to the whole product in semi-mechanized method is 100.332 kg / ha, 945.6 kg / h multi-stage mechanized method, 146 kg / ha mechanized single-stage combine method. The untreated beet amount in semi-mechanized method was 269.8 kg / ha, multi-stage mechanized method of 875.2 kg ha-1, single stage method of 300 kg ha-1. According to the results of this study, one-step mechanistic method is more appropriate than other methods studied.

**Keywords:** Sugar beet, Harvesting methods, Technical comparison



## یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



### ۱- مقدمه

چغندر گیاهی دو لپه‌ای از تیره اسفناج، جنس بتا و گونه ولگاریس (Beta Vulgaris) می‌باشد (Cullivand., 1366) چغندرها زراعی را می‌توان بر مبنای خصوصیات ظاهری آنها به چهار گروه تقسیم کرد که شامل چغندر علوفه‌ای، چغندر برگی، چغندر باغی و چغندر قند می‌باشند (Cook et al., 1375). چغندر قند یکی از محصولات مهم و استراتژیک کشور می‌باشد. با توجه به آمار موجود، در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ سطح زیر کشت محصولات زراعی ۱۱،۷۷ میلیون هکتار بوده که ۴،۱۷ درصد از این مقدار مربوط به محصولات صنعتی است که از این میزان تولید محصولات صنعتی ۱۶،۸۲ درصد است که از این میزان تولید، چغندر قند ۷،۱۹ درصد را به خود اختصاص داده است. استان‌های آذربایجان غربی، خراسان رضوی و فارس به ترتیب با ۱۸۹۲۷۲۰، ۱۲۰۵۴۱۴، ۵۷۶۱۳۷ تن تولید چغندر قند رتبه‌های اول تا سوم از نظر میزان تولید چغندر قند را دارند و از نظر میزان عملکرد استان‌های خوزستان، آذربایجان غربی و خراسان رضوی به ترتیب با ۶۵،۲۶۳، ۶۲،۶۷۳، ۵۴۴۷۲ تن در هکتار رتبه‌های اول تا سوم را در اختیار دارند (Amaramah jahad keshavarzi., 94-95). انواع روش‌های رایج برداشت چغندر قند در ایران روش‌های نیمه مکانیزه، مکانیزه چند مرحله‌ای و مکانیزه‌ی تک مرحله‌ای (کمباین) می‌باشد.

به منظور بررسی تلفات و ضایعات و هزینه‌های هکتاری برداشت در سه روش برداشت سنتی (دستی)، نیمه مکانیزه (نیمه ماشینی)، و مکانیزه (ماشینی یا مکانیزه چند مرحله‌ای)، مطالعه‌ای در منطقه ارومیه انجام شد. نتایج نشان داد که ضایعات محصول در روش مکانیزه از دو روش دیگر بیشتر بوده ولی با توجه به هزینه‌های روش برداشت مکانیزه که یک سوم هزینه‌های روش نیمه مکانیزه و یک پنجم روش سنتی است و همچنین از نظر به موقع انجام گرفتن برداشت محصول، روش مکانیزه به عنوان مناسب‌ترین روش برداشت چغندر قند گزارش شد (Azad et al., 1378).

در یک مطالعه که به منظور مقایسه برداشت چغندر قند به روش سنتی و مکانیزه انجام گرفت، برداشت با کمباین اونزین، کمباین برداشت اشلول، کمباین برداشت فورد، و برداشت به صورت سنتی (شاهد) مقایسه شدند. تیمارهای آزمایش از نظر درصد چغندر برداشت نشده، درصد شکستگی، درصد گل و لای و درصد سبزینه همراه با چغندر قند در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد تجزیه و تحلیل آماری و با استفاده از روش بودجه بندی جزئی، آثار اقتصادی کاربرد ماشین‌های برداشت چغندر قند با روش برداشت سنتی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که از نظر فاکتورهای اندازه‌گیری شده روش سنتی بهتر از استفاده از ماشین‌های برداشت چغندر قند است. با در نظر گرفتن پرداخت یارانه از طرف کارخانه‌های قند جهت برداشت مکانیزه چغندر قند، برداشت با ماشین اونزین مقرون به صرفه‌تر از برداشت به روش سنتی است. ولی در صورتی که از طرف کارخانه قند یارانه‌ای پرداخت نشود برداشت چغندر قند با استفاده از کمباین جهت عملکردهای کمتر از ۲۷ تن در هکتار مقرون به صرفه نخواهد بود (Solhe joo et al., 1378).

در مطالعه‌ای دیگر که برای تعیین انرژی مورد نیاز روش‌های مختلف برداشت چغندر قند (نیمه مکانیزه، مکانیزه چند مرحله‌ای، و کمباین) صورت گرفت، این سه روش برداشت از نظر میزان مصرف انرژی (سوخت مصرفی) در هکتار مقایسه شد. نتایج نشان داد که انرژی مورد نیاز برای برداشت نیمه مکانیزه چغندر قند از تمام روش‌های مورد مطالعه کمتر است. به علت این که راندمان انرژی انسان نسبت به ماشین بیشتر است، از نظر میزان انرژی صرف شده برای انجام کار، مقدار کمتری نسبت به ماشین دارد. ولی استفاده از نیروی کارگری یا انسانی به علت توان کم، خستگی پذیری، گرانی و دقت کم، که از خصیصه‌های نیروی کارگری است مقرون به صرفه نبوده و استفاده از روش نیمه مکانیزه زمان برداشت محصول را افزایش و کیفیت محصول را کاهش می‌دهد. برداشت مکانیزه چند مرحله‌ای دارای بیشترین میزان انرژی در بین سه روش مورد مطالعه بود. با این حال کشاورزان از این روش به علت داشتن ادوات دنباله بند که با تراکتورهای متعارف کار می‌کند و به کارگیری آسان، هزینه اولیه کم، تعمیر و نگهداری آسان، بیشتر از سایر روش‌ها استقبال می‌کنند. میزان انرژی برداشت مکانیزه تک مرحله‌ای چغندر قند (برداشت مستقیم با کمباین) نسبت به برداشت مکانیزه چند مرحله‌ای کمتر به دست آمد. در این روش برداشت، مدت برداشت حداقل است. این روش به سرمایه‌گذاری اولیه نسبتاً زیادی نیاز دارد و کاربرد و نگهداری از دستگاه‌های این روش نیازمند پرسنل آگاه و با تجربه است (Mohamadi et al., 1391).

در مطالعه دیگری در کشور مصر، روش‌های برداشت نیمه مکانیزه و مکانیزه (کمباین) از لحاظ سرعت ماشین آلات در حین برداشت، محتوای رطوبت خاک و روش کاشت چغندر قند (مکانیکی و سنتی) با هم مقایسه شد. نتایج نشان داد که زمانی تلفات محصول و همچنین هزینه‌های برداشت به حداقل رسیده و بازده برداشت محصول افزایش می‌یابد که چغندر قند به صورت مکانیکی کشت و با استفاده از کمباین برداشت شود. در صورتی که سرعت پیشروی کمباین در حین برداشت بین ۱/۶ تا ۲/۴ کیلومتر بر ساعت و محتوای رطوبت خاک بین ۲۱ تا ۲۴ درصد باشد، تلفات محصول در این حالت حداقل و بازده برداشت محصول به حداکثر می‌رسد (Morad et al., 2007).

هدف مطالعه حاضر برای مقایسه سه روش برداشت چغندر قند و اندازه‌گیری میزان آسیب روش‌های مختلف برداشت چغندر قند بروی این محصول و انتخاب بهترین روش برای انجام عملیات برداشت می‌باشد

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- موقعیت جغرافیایی

شهرستان جوین یکی از شهرستان‌های استان خراسان رضوی می‌باشد که با مساحت ۱۶۵۶/۰۵ کیلومتر مربع و با ارتفاع متوسط ۱۱۰۰ متر از سطح دریا، در دامنه شمالی رشته کوه جغتای و دامنه‌ی جنوبی کوه‌های آلاداغ، و در محدوده‌ی تقریبی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۷ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۵۷ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی قرار دارد (شکل ۱). از شمال با شهرستان اسفراین، از شرق با شهرستان خوشاب، از جنوب با شهرستان سبزوار و شهرستان داورزن و از غرب با شهرستان جغتای همجوار است. آزمون‌های مزرعه‌ای این مطالعه در مزارع چغندرقدند کارخانه‌ی قند شهرستان جوین انجام شد.



شکل ۱- موقعیت شهرستان جوین در خراسان رضوی

Figure 1. Location of the city of Jovein in Khorasan Razavi

یک قطعه زمین به مساحت تقریبی یک هکتار برای انجام آزمایشات و کورت بندی در نظر گرفته شد. سه روش برداشت چغندرقدند با پنج تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد.

A1	B5	A3	B4	A5
C4	A2	B1	C3	B3
B2	C2	C1	A4	C5

A: برداشت تک مرحله‌ای (کمباین)

B: برداشت چند مرحله‌ای

C: برداشت نیمه مکانیزه

۲-۲- روش‌های برداشت

۲-۲-۱- برداشت مکانیزه تک مرحله‌ای:

این روش با استفاده از کمباین انجام می‌شود که تمامی مراحل اعم برگ زنی، خروج غده از خاک و بار کردن با یک بار عبور ماشین صورت می‌گیرد. مدل کمباین مورد استفاده در این مطالعه Holmer Teraa Dos 20 ساخت کشور آلمان می‌باشد. عرض کار این کمباین ۳ متر می‌باشد. وزن خالی این کمباین ۲۵ تن و در حالتی که مخزن پر باشد وزن آن به ۵۰ تن می‌رسد.



شکل ۲- برداشت با روش تک مرحله‌ای (کمیابین)

**Figure 2. Harvesting method using a single stage (Combine)**

### ۲-۲-۲ برداشت مکانیزه‌ی چند مرحله‌ای:

در این روش از سه دستگاه پشت تراکتوری که به صورت مجزا به تراکتور متصل شده و کار می‌کنند استفاده می‌شود. در اولین مرحله، دستگاه برگ زنی به صورت سوار به تراکتور متصل شده و عملیات سرزنی انجام می‌شود که در آن از دستگاه برگ زنی که نوع تیغه‌های آن لاستیکی می‌باشد نوع تراکتور مورد استفاده در این مرحله معمولاً مسی فرگوسن ۲۸۵ (MF 285) می‌باشد. عملیات سرزنی باید به گونه‌ای انجام شود که حداقل سبزینه (برگ) چغندر قند بر روی آن مشاهده شود (شکل ۳-الف). مرحله‌ی دوم عملیات کندن غده و ردیف کردن چغندر قند می‌باشد که توسط دستگاه ردیف‌کن به صورت سوار به تراکتور انجام می‌شود (شکل ۳-ب). نوع تراکتور استفاده شده برای انجام این مسی فرگوسن ۳۹۹ (MF 399) می‌باشد. این مرحله باید به گونه‌ای انجام شود که در طی عملیات کندن و ردیف کردن چغندر، کمترین آسیب به محصول وارد شود. ضایعات این مرحله شکستن غده چغندر قند و برداشت نشدن غده‌ها می‌باشد. مرحله سوم بارگیری چغندر قند می‌باشد که این مرحله نیز توسط دستگاه بارکن که به صورت کششی به تراکتور متصل است انجام می‌شود (شکل ۳-ج). تراکتور مورد استفاده برای عملیات بار کردن نیز مسی فرگوسن ۳۹۹ (MF 399) می‌باشد. در این مرحله باید فاصله کامیون و بارکن و سرعت پیشروی کامیون و تراکتور به یک اندازه باشد تا از افتادن چغندرها به زمین جلوگیری شود.



شکل ۳ ب - روش برداشت مکانیزه‌ی چند مرحله‌ای (ردیف‌کن)

**Figure 3 (b) Multi-Stage Mechanized Harvesting (Row)**



شکل ۳ الف - روش برداشت مکانیزه‌ی چند مرحله‌ای (برگ زنی)

**Figure 3a. Multi-Stage Mechanized Harvesting Technique (Leaf Breeding)**



شکل ۳ ج-روش برداشت مکانیزه‌ی چندمرحله‌ای (بارکن)

Figure 3 C-Multi-stage mechanized harvesting method (loader)

### ۳-۲-۲ برداشت نیمه مکانیزه:

در این روش ابتدا چغندرها به وسیله چغندرکن از زمین در آورده می‌شود و مراحل سرزنی و بارگیری توسط دست انجام می‌شود. چغندرکن استفاده شده سه ردیفه می‌باشد و به اتصال سه نقطه تراکتور به صورت سوار متصل شده و عملیات کندن را انجام می‌دهد. تراکتور مورد استفاده در این روش جاندیر ۳۱۴۰ (JD 3140) می‌باشد (شکل ۴-الف). بقیه‌ی عملیات برداشت شامل سرزنی (شکل ۴-ب) و بارگیری (شکل ۴-ج) توسط دست (نیروی انسانی) انجام می‌شود.



شکل ۴ ب-روش برداشت نیمه مکانیزه (عملیات سرزنی)

Figure 4 -Semi-mechanized harvesting (Heading

operation)



شکل ۴ الف-روش برداشت نیمه مکانیزه (عملیات کندن)

Figure 4a. Semi-mechanized harvesting method (digging operation)



شکل ۴-ج-روش برداشت نیمه مکانیزه (عملیات بارگیری)

Figure 4 C-Semi-mechanized harvesting (loading operation)

### ۳- شاخص‌های ارزیابی

#### ۳-۱- شاخص‌های فنی

میزان سوخت

میزان تراکم خاک

#### ۳-۲- ضایعات محصولات

میزان طوقه شکسته، میزان شکستگی کل محصول، میزان غده برداشت نشده، میزان خاک همراه چغندر در هر روش

#### ۳-۲-۱- میزان سوخت:

میزان سوخت مصرفی در هر روش به صورت باک پر اندازه گیری شد. بدین منظور بعد از استقرار ماشین (تراکتور یا کمباین) در مزرعه مخزن سوخت آن به طور کامل پر شد و بعد از انجام عملیات مجدد مخزن پر شده و این میزان به عنوان سوخت مصرفی ثبت شد.

#### ۳-۲-۲- تراکم خاک:

میزان فشردگی خاک با اندازه گیری شاخص مخروط با استفاده از نفوذسنج (غیرتجاری) با قطر مخروط مطابق با استاندارد ASAE S313 استحکام خاک را تا عمق ۴۵ سانتی متر پس از اجرای سه روش برداشت اندازه‌گیری شد که داده‌های نفوذسنج توسط یک دیتا لاگر که با کابل به لب تاپ وصل شده بود بر روی لب تاپ جهت آنالیز ذخیره شدند.

### ۴- نتایج و بحث

۴-۱- مقایسه میزان چغندر سالم در بین تیمارها و بلوک‌های مورد آزمایش:

جدول تجزیه واریانس آنووا

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
tb	Between Groups	10376.710	2	5188.355	5.471	.020
	Within Groups	11380.689	12	948.391		
	Total	21757.399	14			
total b	Between Groups	2259707.013	2	1129853.506	48.270	.000
	Within Groups	280881.434	12	23406.786		
	Total	2540588.447	14			
noneb	Between Groups	1163793.733	2	581896.867	7.820	.007
	Within Groups	892903.600	12	74408.633		
	Total	2056697.333	14			



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک  
بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



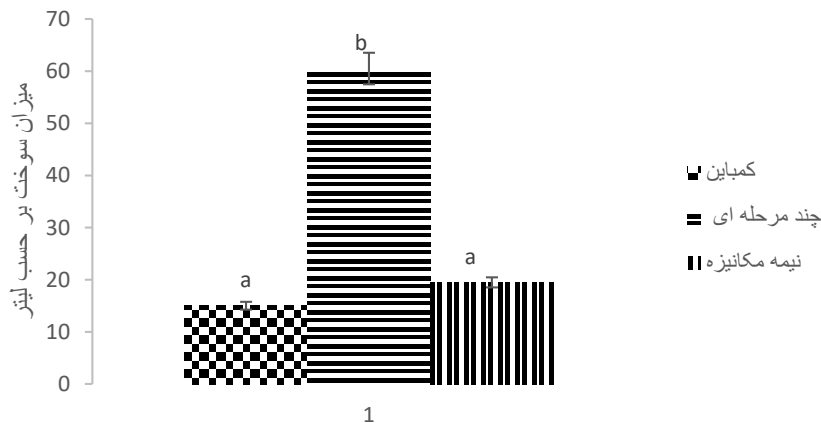
جدول ۱- جدول آنالیز میزان آسیب‌های مکانیکی وارد شده به محصول (LSD)

Table 1. Analysis of the amount of mechanical damage to the product

منابع تغییر	df	tb	Total b	Non b
بلوک	4	112083.291**	2368098.720**	3480041.667**
تیمار	2	5188.355*	1129853.506**	581896.867*
خطا	8	1095.755	19343.436	101158.117

مقایسه میزان آسیب طوقه، آسیب کل محصول و میزان محصول باقیمانده سالم و برداشت نشده در بین تیمارها و بلوک‌های مورد آزمایش برای آنالیز از نرم افزار SPSS و از روش LSD استفاده شد. که در آن tb میزان طوقه شکسته، total b شکستگی کل محصول، Non b میزان چغندر برداشت نشده می‌باشد

۲-۲- نمودار میزان سوخت مصرفی در هر روش برداشت



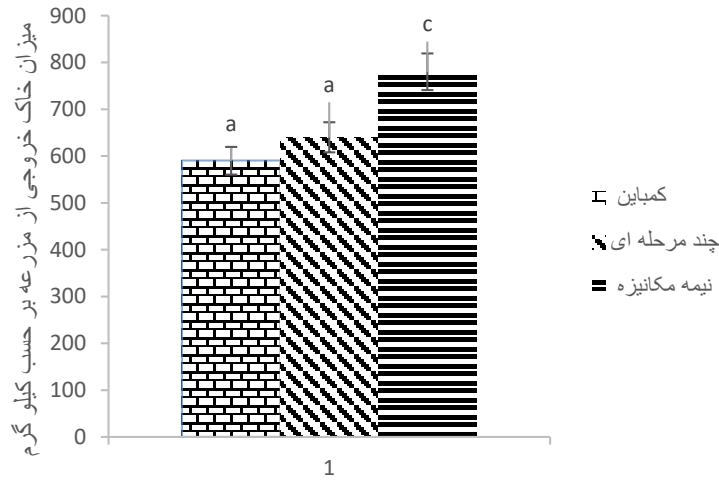
نمودار ۱- نمودار میزان سوخت مصرفی در هر روش بر حسب لیتر در هکتار

Diagram 1 - Fuel consumption graph in each method in liters per hectare

۲-۲-۳- میزان خاک همراه چغندر قند:

برای اندازه گیری خاک و گل و لای همراه با چغندر قند ابتدا غده‌های برداشت شده توزین و بعد از شستشوی غده‌ها از گل و لای توزین مجدد انجام شد. اختلاف وزن به عنوان گل و لای همراه با غده‌ها ثبت شد

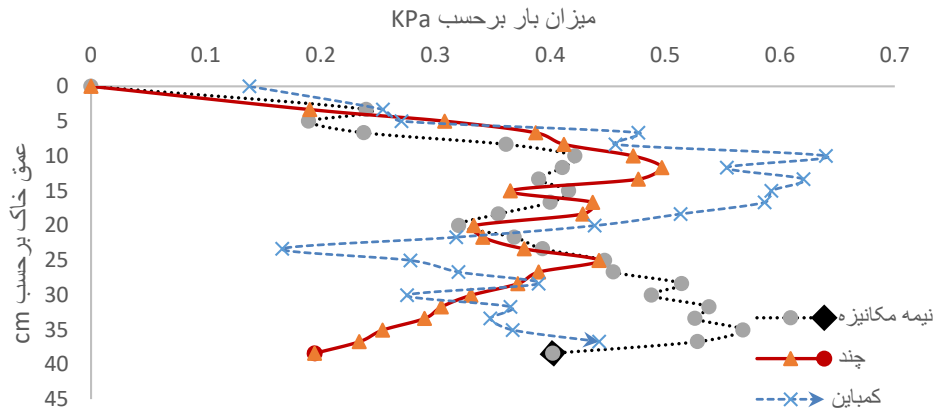
میزان خاک



نمودار ۲- میزان خاک خارج شده از مزرعه در هر ده تن بار خروجی

Figure 2. The amount of soil removed from the farm in every ten tonnes of output

مقایسه میزان فشردگی خاک در روش‌های مختلف برداشت



شکل ۵- میزان فشردگی خاک در هر یک از روش‌های برداشت

Figure 5. Soil compaction density in each harvesting technique

۵- نتیجه گیری:

- ۱- برداشت به روش مکانیزه چند مرحله‌ای و برداشت تک مرحله‌ای با کمباین به ترتیب بیشترین و کمترین میزان مصرف سوخت را نشان داد.
- ۲- میزان فشردگی در برداشت تک مرحله‌ای از بقیه روش‌های برداشت بیشتر است و کمترین میزان فشردگی مربوط به برداشت نیمه مکانیزه می‌باشد.
- ۳- میزان خاک خارج شده از مزرعه در روش برداشت نیمه مکانیزه بیشتر از بقیه روش‌ها می‌باشد و کمترین میزان خاک خارج شده از مزرعه مربوط به روش برداشت تک مرحله‌ای می‌باشد.
- ۴- میزان آسیب‌های مکانیکی وارد به محصول، میزان طوقه شکسته، میزان آسیب کلی به محصول و غده‌ی برداشت نشده در میان روش‌های مختلف برداشت تفاوت معناداری در سطح ۱ درصد وجود دارد.





## یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



- 1- Mord, M., ,Elsaid, G, H., & El-Sharabasy, M. M. A. (2007). Comparativestudy between manual and mechanical methods of harvesting sugar beet crop. Misr Journal of Agricultural Engineering(vol.volume 24(4), pp. 793-813):Elsevir.
- 2- Mohammadi Mazrae, H. (1391). Energy required for different methods of sugar beet harvesting. Ministry of Agriculture Jihad Organization of Agricultural Research, Training and Promotion (Persian)
- 3- Cullivand, M. (1366). Sugar Beet Farming. Sugar beet seed improvement and research institute in cooperation with the cultural sector publishing department of Jihad University of Shahid Beheshti University of Tehran
- 4-Azad. K 1378. Technical and Economic Analysis of Three Methods of Sugar Beet Harvesting in West Azarbaijan (Urmia). Masters. School of Agriculture. Chamran martyr of Ahwaz University. Iran (Persian)
- 5-Agriculture Statistics, Ministry of Agriculture, Deputy Planning and Economic, Office of Statistics and Information Technology (2005).
- 6- cooke, D.A., & Scott, R. K (1993). The sugar Beet Crop: science into practice. London Chapman and Hall, World Crop Series
- 7- Mohammadi Sabour, P. (2007). A study on the optimization of mechanization inputs using energy indicators in agriculture in Mashhad. Faculty of Agriculture, Tabriz University (Persian)
- 9- Solhjo,A.A.Niromand jahromei, M.(1396). Comparison of performance of sugar beet harvesting machines. Ministry of Agriculture (Persian)