Iranian Journal of Biosystem Engineering ISNN: 2423-7841
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

Technical and economic evaluation of three dry bean harvesting methods in Markazi Province

Mahmoud Safari[1]✉ | Abolfazl Hedayatipoor[2] | Saeed Zarifneshat[3] |Hooman Sharifnasab[4]

1. Corresponding Author, Department Farm Machinery and Mechanization, Agriculture Engineering,Agricultural, Education and Extension Research Organization (AREEO), Karaj,Iran. E-mail: m.safary@areeo.ac.ir
2. Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Markazi Province, Education and Extension Research Organization (AREEO), Arak,Iran. E-mail: a.hedayatIpoor@areeo.ac.ir
3. , Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Khorasan razavi Province, Education and Extension Research Organization (AREEO), Mashahd,Iran, E-mail: S.zarifneshat@ areeo.ac.irs.
4. Department Farm Machinery and Mechanization, Agriculture Engineering, Agricultural, Education and Extension Research Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: hsharifnasab@areeo.ac.ir

Article Info

Article type: Research Article

Article history:

Received: Dec. 31, 2023

Revised: Feb. 10, 2024

Accepted: Feb. 13, 2024

Published online: Summer 2023

Keywords:
Dry been,
Harvesting machine,
Legumes,
Mechanization of harvesting legumes

ABSTRACT

Bean (Phaseolus vulgaris) is one of the legumes that has high consumption in the world that about 50% of it directly is consumed by humans. Currently, the harvest of this crop is done by hand with high labor cost and after harvesting, it leaves in the field. When the humidity of the seeds reached about 12% (on the wet basis) and the pods became dry, they are transferred to the threshing. In this research, harvesting methods of different red dry been were evaluated in terms of technical and economic terms in Markazi province (Khomein region). The treatments was included: the cutter bar equipped with pick up, rooting machine, conventional harvesting machine, and the manual method in the form of a randomized block design with three replications. The results of the research showed that the use of the cutter bar mechanism along with the pickup unit for harvesting of the dry bean crop did not suitable. There was a significant difference between the other experimental treatments in terms of field capacity, field efficiency and harvesting losses. In the rooting machine, the conventional harvesting machine and the manual method, the theoretical capacity was 0.63, 0.37 and 0.15 hectares per hour, effective field capacity was 0.56, 0.28 and 0.11 hectares per hour, field efficiency was 87.9, 76.59 and 76.01 percent and harvesting losses was 1.48, 3.35 and 7.07 percent respectively. Economically, the difference between the methods was not significant at the 5% level, and the benefit-cost ratio was 2.48, 2.61, and 2.26, respectively. According to these results, the use of a rooting machine was recommended in terms of technical and economic point of view.

Cite this article: Safari, M., Hedayatypoor, A., Zarifneshat, S & Sharifnasab, H. (2023). Technical and economic evaluation of three dry bean harvesting methods in Markazi Province, *Iranian Journal of Biosystem Engineering*, 54 (2), 67-80. https://doi.org/10.22059/ijbse.2024.370418.665533

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijbse.2024.370418.665533

مجله مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۵۴، شماره ۲ شاپا: ۷۸۴۱-۲۴۲۳
Homepage: http://ijbse.ut.ac.ir

ارزیابی فنی و اقتصادی سه روش برداشت لوبیای قرمز در استان مرکزی

محمود صفری[۱] ✉ابوالفضل هدایتی پور[۲] | سعید ظریف نشاط[۳] | هومن شریف نسب[۴]

۱. نویسنده مسئول، بخش تحقیقات ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات ،آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران .رایانامه: m.safary@areeo.ac.ir

۲. مرکز تحقیقات ،آموزش و ترویج کشاورزی استان مرکزی، سازمان تحقیقات ،آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران. رایانامه: ahedayatypoor@gmial.com

۳. بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات ،آموزش و ترویج کشاورزی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات ،آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران رایانامه: zarifneshat@ areeo.ac.irs.

۴. بخش تحقیقات ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات ،آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران .رایانامه: hsharifnasab@areeo.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۰
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۴
تاریخ انتشار: تابستان ۱۴۰۲

واژه‌های کلیدی:
حبوبات،
لوبیا،
مکانیزاسیون برداشت حبوبات،
ماشین برداشت

چکیده

لوبیا (Phaseolus vulgaris) یکی از حبوبات می‌باشد که مصرف زیادی در جهان دارد و حدود ۵۰ درصد آن مستقیماً به مصرف انسان می‌رسد. در حال حاضر برداشت این محصول با دست و هزینه‌های کارگری بالا انجام می‌شود و تا رسیدن رطوبت دانه‌ها به ۱۲ درصد، در سطح مزرعه باقی مانده و سپس در خرمنگاه خرمن‌کوبی می‌شود. در این تحقیق، روش‌های مختلف برداشت لوبیای قرمز در منطقه استان مرکزی (شهرستان خمین)، ازنظر فنی و اقتصادی مورد ارزیابی قرار گرفت. تیمارها شامل: استفاده از ماشین بردارنده محصول (پیک آپ)، ماشین ریشه‌زن، ماشین برداشت مرسوم (استفاده از چرخ‌وفلک و شانه برش شانه‌ای) و روش دستی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار بود. نتایج تحقیق نشان داد استفاده از ماشین بردارنده محصول برای برداشت لوبیای خشک از کارایی لازم برخوردار نیست. بین سایر تیمارها ازنظر ظرفیت و بازده مزرعه‌ای و تلفات برداشت، در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در ماشین ریشه‌زن، ماشین برداشت مرسوم و روش دستی به ترتیب ظرفیت نظری ۰/۶۳ ، ۰/۳۷ و ۰/۱۵ هکتار بر ساعت، ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای ۰/۵۶ ، ۰/۲۸ و ۰/۱۱ هکتار بر ساعت، بازده مزرعه‌ای ۸۷/۹۵، ۷۶/۵۹ و ۷۶/۰۱ درصد و تلفات برداشت ۱/۴۸، ۳/۳۵ و ۷/۰۷ درصد (بر اساس وزن‌تر) بود که ماشین ریشه زن دارای ظرفیت و بازده مزرعه‌ای بالاتر و تلفات برداشت کمتری بود. ازنظر اقتصادی بین روش‌ها، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ وجود نداشت و نسبت سود به‌هزینه به ترتیب ۲/۴۸، ۲/۶۱ و ۲/۲۶ بود. با توجه به این نتایج، ازنظر فنی و اقتصادی استفاده از ماشین ریشه‌زن قابل توصیه است.

استناد: صفر،محمود؛ هدایتی پور، ابوالفضل؛ ظریف نشاط ،سعید و شریف نسب ، هومن(۱۴۰۲). ارزیابی فنی و اقتصادی سه روش برداشت لوبیا در استان مرکزی، *مجله مهندسی بیوسیستم ایران*، ۸۰-۶۷. ۵۴ (۲)، https://doi.org/10.22059/ijbse.2024.370418.665533

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijbse.2024.370418.665533

مقدمه

سطح زیر کشت لوبیا در ایران بالغ بر ۱۰۰ هزار هکتار و تولید آن بیش از ۲۰۰ هزار تن با عملکرد ۲/۵۸ تن در هکتار بوده است. مهم‌ترین استان‌های تولیدکننده لوبیا در ایران، فارس، لرستان، مرکزی، چهارمحال و بختیاری، زنجان و آذربایجان شرقی است. استان مرکزی با سطح زیر کشت ۲۴/۷۱۳ هزار هکتار و تولید ۲۹۹۰۰ تن و عملکرد ۲/۷۲ تن در هکتار یکی از مناطق مهم تولید این محصول در کشور محسوب می‌شود (Hedayatipour *et al*.,2017). رطوبت لوبیا در زمان برداشت، ۲۰–۱۸درصد (براساس‌تر) است که برای برداشت با کمباین غلات می‌بایست رطوبت آن به ۱۶ درصد برسد در غیر این صورت جدایش دانه از بوته انجام نمی شود؛ در رطوبت‌های کمتر از ۱۲ درصد (بر پایه‌تر) نیز دانه‌ها آسیب می بینند. برداشت لوبیا با سه روش امکان‌پذیر است: ۱- روش دستی: چیدن با دست و له کردن (کوبیدن) با چرخ‌های تراکتور و بوجاری توسط باد طبیعی ۲- روش نیمه مکانیزه: گیاه با دست چیده می‌شود و در یک محل خرمن می‌شود و سپس توسط خرمن‌کوب پشت تراکتوری کوبیده و بوجاری می‌شود. ۳- تمام مکانیزه: محصول با ماشین درو و ردیف می‌شود و تا کاهش رطوبت به ۲۰ درصد (بر پایه‌تر) در سطح مزرعه باقی می‌ماند؛ سپس توسط بردارنده کمباین(پیک آپ)، جمع‌آوری، کوبیده و بوجاری می‌شود. در غالب مزارع کشور، عملیات تهیه‌زمین، کاشت و داشت به‌صورت مکانیزه انجام می‌شود ولی عملیات برداشت ً به‌صورت سنتی و به کمک دست انجام می‌شود که باعث افزایش مشقت‌های کارگری و هزینه‌های تولید می‌شود (برای هر هکتار برداشت لوبیا ۲۰ نفر- روز کارگر نیاز است)، در زمان برداشت محصول، مزد کارگر فصلی به ۸۰۰ هزار تومان هم رسیده است. اگر به‌طور متوسط مزد کارگر ۷۰۰ هزار تومان در نظر گرفته شود، هزینه یک هکتار در روز برداشت لوبیا ۱۴ میلیون تومان خواهد بود. این هزینه فقط مربوط به برداشت است که هزینه‌های کوبیدن و بوجاری را باید به آن اضافه نمود. اگر به‌صورت اجاره‌ای از ماشین برداشت لوبیا استفاده شود، هزینه برداشت به ۳/۵ میلیون تومان کاهش می‌یابد (حدود یک‌چهارم هزینه برداشت دستی). علاوه بر مشکلات اقتصادی، به دلیل طولانی شدن زمان برداشت محصول در روش دستی، به دلیل پائین آمدن درصد رطوبت گیاه، میزان تلفات محصـول افزایش می یابد و در بسیاری از موارد، بارندگی های اوایل پائیز از عوامل محدود کننده در برداشت محصول است. مشقت های کارگری در زمان برداشت و صدماتی که به دست کارگر وارد می شود اجتناب ناپذیر است.

پیشینه پژوهش

مطالعه در زمینه بهترین زمان برداشت محصول و نوع دستگاه مورداستفاده از اهمیت زیادی برخوردار است. روش برداشت دومرحله‌ای لوبیای معمولی نتایج بسیار مناسبی را در کاهش هزینه‌ها و عدم تلفات محصول در حین برداشت به دنبال داشته است Darcozi & (Husti,1990). امکان برداشت لوبیا با کمباین، در کاشت بهاره با زمان‌های برداشت زودتر یا دیرتر از موعد مقرر وجود دارد به‌طوری‌که ظرفیت اسمی برداشت با کمباین در شرایط مختلف، بین ۱۵–۷ تن در ساعت بوده است (Darcozi & Husti,1990). به‌منظور شناسایی بهترین ترکیب برای حداکثر ظرفیت مزرعه‌ای و کمترین تلفات هنگام برداشت لوبیای خشک، دو طرح شانه برش و انگشتی محافظ با سه سرعت پیشروی و دو شاخص چرخ‌وفلک ارزیابی شدند. با استفاده از تیغه با عرض ۷۶/۲ میلی‌متر، تلفات برداشت به‌طور معنی‌داری در سرعت پیشروی بیشتر از ۵/۵ کیلومتر بر ساعت افزایش یافت. با استفاده از تیغه با عرض ۳۸/۱ میلی‌متری و سرعت پیشروی بین ۴ تا ۷ کیلومتر بر ساعت، تفاوت معنی‌داری در تلفات مشاهده نشد. با تغییر نسبت سرعت چرخ‌وفلک به‌سرعت پیشروی از ۱/۱ به ۱/۲ ، تفاوت قابل‌توجهی در تلفات برداشت مشاهده نشد (Simon *et al*.,1992). در آزمایشی دیگر، در روش برداشت مستقیم لوبیای معمولی با کمباین میزان تلفات دانه بین ۱۰–۸ درصد و در برداشت غیرمکانیزه (برداشت با دست)۲۰–۱۵ درصد بوده است (De-Simone *et al*., 1992a)، در صورت خشک شدن بوته‌های لوبیا، تلفات برداشت مکانیکی، ۷۵ درصد بوده است (De-Simone et al., 1992b). در تحقیقی با استفاده از یک شانه برش شناور مجهز به دماغه بردارنده محصول و هوای دمنده، تلفات جمع‌آوری محصول لوبیا ۸/۳ درصد گزارش‌شده است. تلفات بـرداشت برای دو نوع واحد برش میله‌ای و تیغه‌ای به ترتیب ۳/۹ ٪ و ۴/۶ ٪ بود (Zyla,1993). در تحقیقی یک بردارنده محصول برای برداشت مستقیم لوبیا طراحی و ساخته شد. سامانه از تعدادی برس های سوار شونده بر روی چنگک‌های شانه برش تشکیل‌شده بود که به‌صورت عمود بر مسیر حرکت نصب‌شده بودند. بورس‌ها، غلاف‌های پائینی لوبیا را – که از ساقه گیاه آویزان بودند – بلند می‌کرد و از بریده شدن آنها جلوگیری می‌کرد که این امر باعث کاهش تلفات می‌شد. برای مقابله با مقاومت گیاه در برابر عبور از روی شانه برش از چرخ‌وفلک جفتی و فرچه‌ای به قطر ۶۰۰ میلی‌متر استفاده شد. در ارزیابی اولیه، هرچند هدف اصلی کاهش تلفات به حداکثر ۱۰ درصد بود ولی تلفات برداشت ۱۵درصد بود (Zyla *et al*.,2002). در تحقیقی با عنوان انتخاب روش مناسب برداشت لوبیا در کشور مصر، از دو نوع

دروگر و تراکتور با سرعت‌های پیشروی و رطوبت بذر مختلف در مقایسه با روش دستی استفاده‌شده است. نتایج نشان داد که روش دروگر خود کششی نسبت به روش پشت تراکتوری مناسب‌تر است. در این روش، مناسب‌ترین رطوبت دانه، ۱۱/۵ درصد (بر پایه‌تر) و مناسب‌ترین سرعت پیشروی، ۲/۸ کیلومتر بر ساعت گزارش‌شده است، در این شرایط، میزان تلفات بذر ۳/۴۱ درصد بوده است (Mahmoud,2007).

در تحقیقی برای برش بوته لوبیا از یک شانه بـرش و به منظور بلنـد کردن بوته، از سامانه ای شبیه به واحد بردارنده بسته‌بند کن علوفه استفاده شد. به دلیل اینکه تراکتـور روی محصـول برداشت نشده (سرپا) حرکت نکند از یک سامانه اتصال سه‌نقطه جلو تراکتوری برای سوار کردن دستگاه برداشت لوبیاچیتی استفاده شـد. با احتساب سرعت پیشروی دستگاه (پنج کیلومتر بر ساعت) و تراکم بوته در واحد سطح (۶۰ بوته در واحد سطح)، توان موردنیاز شانه برش، ۱۵ اسب بخار و تـوان موردنیاز واحد بردارنده، ۳۰/۲ اسب بخار تعیین گردید (Dalvand and Masoumi,2015). در تحقیقی به‌منظور بررسی امکان برداشت ارقام مختلف لوبیاچیتی توسط کمباین وینتر اشتایگر، ارقام موردبررسی ازنظر عملکرد اختلاف معنی‌داری داشتند و بیشترین عملکرد به میزان ۱۶۱۲/۹ کیلوگرم در هکتار مربوط به رقم Cos 16 در سطح رطوبتی ۱۲ درصد (بر پایه‌تر) بود. ازنظر تلفات محصول در حین برداشت بین دو سطح رطوبتی، اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و هر سه رقم در رطوبت ۱۲ درصد (بر پایه‌تر) کمترین تلفات را داشتند، ولی بین این ارقام ازنظر درصد تلفات، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (Afsahi *etal*.,2018). دستگاه برداشت لوبیا با عنوان دستگاه دروگر حبوبات با مکانیزم تیغه برش گیاه و قابلیت تنظیم عمق کار در منطقه چهار محال و بختیاری طراحی و ساخته شد (Mohammadi *et al*.,2023). این دستگاه از یک تیغه تشکیل شده است که وارد عمق ۳-۲ سانتی‌متری خاک می شود و از داخل خاک، ریشه بوته‌های لوبیا را قطع می‌کند، بعد از آن کارگران می‌توانند بوته‌های این محصول را جمع‌آوری کنند. مشکل اصلی دستگاه، دسترسی به آلیاژ مناسب تیغه بوده است زیرا زمانی که در داخل خاک حرکت می‌کند ممکن است دچار فرسایش و شکستی شود. این دستگاه علاوه بر برش محصول، باعث خاک‌ورزی خاک نیز می‌شود که برای کشت بعدی کشاورزی حائز اهمیت است. این ماشین در روز بین ۴ تا ۵ هکتار را برداشت می نماید؛ این در حالی است که به روش سنتی زمان بسیاری طولانی تری می‌طلبد و بین ۷۰ تا ۸۰ درصد هزینه‌های کارگری کاهش پیدا می‌کند. وقتی کشاورز به صورت سنتی اقدام به برداشت محصول لوبیا می‌کند تلفات غلاف ها زیاد می‌شود اما دستگاه برداشت لوبیا به دلیل قطع ریشه از زیر سطح خاک، به طور معنی‌داری تلفات محصول را کاهش می دهد. عمده مشکل این دستگاه، جمع‌آوری بوته‌ها در سطح زمین است که با دست انجام می‌شود (Koohi,2023).

با توجه به مطالب ذکرشده به علت رونده بودن محصول لوبیا و حساسیت به ریزش، برای برداشت آن توسط ماشین، مشکلاتی وجود دارد. در این تحقیق روش‌های برداشت ماشینی لوبیا در استان مرکزی (منطقه قورچی باشی خمین)، ازنظر فنی و اقتصادی مورد ارزیابی قرار گرفت و با روش دستی مقایسه و درنهایت روش مناسب برداشت معرفی گردید.

روش شناسی پژوهش

این تحقیق در شهرستان قورچی باشی واقع در ۷۵ کیلومتری جنوب شرقی اراک اجراء شد. در این منطقه، لوبیا با ارقام سفید، چیتی و قرمز کشت می شود که با توجه به در دسترس بودن مزرعه کشت لوبیای قرمز، ارزیابی روش‌های برداشت بر روی این رقم انجام شد. الگوی کشت، جوی پشته با فاصله ردیف های ۷۵ سانتی‌متر و فاصله خطوط کشت (روی پشته)، ۱۵ سانتی‌متر بود که توسط خطی‌کار عملیات کاشت انجام شده بود. آبیاری از نوع تیپ بر روی هرپشته بود که در خط مرکزی هر پشته قرار داشت. مساحت هر پلات آزمایشی ۶۰۰ مترمربع و ابعاد هر کرت، ۱۵۰ ×۴۰ متر بود. رطوبت دانه در زمان برداشت ۲۳ درصد بود که پس از برداشت و ماندن در سطح مزرعه به ۱۲ درصد (جهت کوبیدن) کاهش یافت. تیمارهای آزمایشی برای برداشت شامل: ۱- ماشین برداشت مجهز به واحد بردارنده محصول (پیک آپ) ۲- ماشین برداشت ریشه‌زن ۳-ماشین برداشت مرسوم (مجهز به شانه برش، چرخ‌وفلک و واحد انتقال) ۴- روش دستی بود (شکل ۱).

در ماشین برداشت مجهز به واحد بردارنده، از سامانه بردارنده (پیک آپ[1])، شبیه ماشین‌های بسته‌بند علوفه استفاده‌شده بود (شکل ۱- الف). این ماشین مجهز به چنگک‌های بردارنده بود. به‌منظور آزمون اولیه واحد برش مجهز به سامانه بردارنده محصول، این واحد به‌صورت پشـت تراکتوری (غیر آفست) در مزرعه‌ای که از تراکم بالائی برخوردار نبود مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج اولیه رضایت‌بخش بود و عملیات برش به‌خوبی انجام شد ولی این ماشین در مزرعه با تراکم بالا عملکرد مناسبی نداشت و علیرغم تنظیمات انجام‌شده، تراکم و توده شدن محصول در جلوی دستگاه اجتناب‌ناپذیر بود. سرعت بالای بردارنده محصـول باعث ریزش دانه ها و افزایش تلفات می شد و سرعت پائین، باعث تجمع محصول در جلوی دستگاه می شد و شرایط بهینه ای یافت نشد. در سرعت پیشروی پائین، تطابق مناسبی در

1 -Pick up

حرکت تیغه برش وجود نداشت لذا ازنظر مزرعه‌ای قابل ارزیابی نبود و استفاده از این روش برای برداشت لوبیای خشک قابل توصیه نمی‌باشد و نیاز به کارهای تکمیلی دارد. در ماشین برداشت ریشه زن، به دلیل مشکلات ایجادشده در برداشت با روش استفاده از تیغه برش شانه‌ای (گرفتگی و جمع شدن محصول جلوی دستگاه)، بجای شانه برش از تیغه برشی به طول ۱/۵ متر استفاده‌شده است. این تیغه مشابه تیغه گاوآهن برگردان دار بوده و با زاویه مناسب نسبت به جهت حرکت، ریشه محصول را در عمق ۵-۳ سانتی‌متر برش می‌دهد (شکل ۱-ب). با توجه به زاویه برش تیغه، عرض کار مؤثر یک متر بود. این ماشین در مراحل نمونه اولیه است و به‌طور مؤثر عملیات برش محصول در مزرعه را انجام می‌داد. شاخص‌های فنی و اقتصادی این ماشین در قسمت بحث و نتایج مورد ارزیابی قرارگرفته است. مشکل عمده این ماشین، بکار گیری ۱۰ نفر کارگر در هکتار برای جمع‌آوری محصول در مزرعه بود.

(ب)

(الف)

(ج)

(پ)

شکل ۱. الف- ماشین برداشت مجهز به سامانه بردارنده محصول، ب- ماشین ریشه زن پ- ماشین برداشت مرسوم ج- برداشت دستی

در ماشین برداشت مرسوم، از شانه برش، چرخ‌وفلک و تسمه‌نقاله برای انتقال محصول استفاده‌شده است (شکل ۱-پ). سامانه برشی این ماشین از نوع شانه‌ای و فاصله دهانه چنگک ها ۸ میلی‌متر بود که از تیغه‌های مضرس استفاده‌شده بود. بوته محصول پس از بریده شدن به واحد انتقال ارسال می‌شد و به‌صورت ردیفی در پشت ماشین جمع‌آوری می‌شد.

تیمارهای آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار مورد مقایسه قرار گرفتند. در روش دستی، توسط کارگر و با داس محصـــول برداشت و به‌صورت کپه‌ای در سطح مزرعه باقی می‌ماند. ابعاد کرت های آزمایشی، ۱۵۰ متر در ۴۰ متر بود.

عوامل فنی موردبررسی برای تیمارهای آزمایشی شامل ظرفیت مزرعه‌ای و میزان تلفات کمی محصول برداشت‌شده بود. در ارزیابی اقتصادی، به روش نسبت سود به هزینه و بودجه‌بندی جزئی، تیمارهای آزمایشی مورد مقایسه قرار گرفتند و عواملی نظیر درآمد و هزینه‌های اضافی ناشی از فناوری جدید مدنظر قرار گرفت. نمونه‌برداری‌ها شامل اندازه‌گیری تلفات طبیعی و تلفات سکوی برش بود (بعد از اندازه‌گیری تلفات ماشین برداشت، تلفات طبیعی از تلفات ماشین کسر گردید). رطوبت‌های دانه و خاک در زمان برداشت پس از انتقال به آزمایشگاه تعیین شد (بر اساس وزن‌تر دانه). با اندازه‌گیری زمان لازم برای برداشت ۱۵۰ متر و در ۳ تکرار، متوسط سرعت پیشروی تعیین شد. به‌منظور تعیین رطوبت دانه و خاک به ترتیب نمونه‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ گرمی (سه نمونه از هرکدام) در مزرعه و در حین برداشت محصول تهیه و در محتوی پلاستیک ایزوله از محیط تا رسیدن به آزمایشگاه نگهداری شد. سپس نمونه‌ها در آون به مدت ۲۴ ساعت و در درجه

حرارت ۱۰۵ درجه سلسیوس قرار گرفتند. با محاسبه اختلاف وزن نمونه قبل از خشک‌کردن و بعد از خشک‌کردن، درصد رطوبت بر اساس وزن‌تر محاسبه شد.

تلفات طبیعی

تلفات طبیعی شامل دانه هائی است که قبل از ورود ماشین به مزرعه و در اثر وزش باد، تگرگ، باران، حمله آفات و بیماری‌ها، حمله پرندگان و جوندگان و یا در اثر حساسیت ژنتیکی رقم به‌صورت دانه‌های جداشده بر روی زمین ریخته می‌شوند و از دسترس ماشین خارج می‌شوند. با انداختن کادرهایی به ابعاد ۵۰ در ۵۰ سانتی‌متر و به تعداد ۴ تکرار در هر کرت آزمایشی، میزان دانه ریخته شده در یک مترمربع تعیین و در قبل از برداشت جمع‌آوری شد (رابطه ۱). به‌منظور تعیین عملکرد مزرعه‌ای در سه تکرار، کادر ۵۰ در ۵۰ در ۴ تکرار و به‌صورت تصادفی در قسمت‌های مختلف مزرعه انداخته شد و عملکرد در مترمربع و درنهایت در هکتار محاسبه گردید (Dehghan *et al.*,2018).

رابطه ۱)

$$P_n = \frac{W_b}{W_a + W_b} \times 100$$

P_n= تلفات طبیعی دانه (٪)

W_a= جرم دانه‌های موجود در غلاف‌های روی محصول در واحد سطح (gr)

W_b= جرم دانه‌های ریخته شده در واحد سطح –ریزش قبل از ورود ماشین به مزرعه– (gr)

تلفات برداشت

کارکرد نامناسب اجزای واحد برش (شکستگی تیغه‌های شانه برش، سرعت و فاصله نامناسب چرخوفلک) باعث افـزایش تلفات محصول می شود. در داخل کرت‌های آزمایشی، تعداد دانه‌های ریخته شده در داخل کادرها تعیین و درنهایت میزان تلفات شانه برش از رابطه ۲ تعیین گردید (Dehghan *et al.*,2018).

رابطه ۲)

$$P_i = \frac{W_q \times 1000}{Y_t \times A_k} - p_n$$

Pi_i= درصد تلفات دانه (٪)

Wq= جرم مجموع دانه‌های جمع شده در کادرهای آزمایشی (gr)

ظرفیت نظری

بیانگر میزان سطح پوشش داده‌شده روش‌های برداشت بدون در نظر گرفتن وقت‌های تلف‌شده است. این شاخص تابعی از سرعت پیشروی و عرض کار است و با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد (Behrouzi Lar,1990):

رابطه ۳)

$$c_t = \frac{V * W}{10}$$

V=سرعت پیشروی (کیلومتر بر ساعت)

W=عرض کار (متر)

C_t =ظرفیت نظری (هکتار بر ساعت)

ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای

این ظرفیت بیانگر ساعات واقعی برداشت محصول با در نظر گرفتن وقت‌های تلف‌شده (در حین عملیات مقداری از وقت برای دور زدن، تنظیمات، روغن‌کاری، تعمیرات و سرویس، استراحت و... تلف می‌شود) است و با توجه به رابطه ۴، تابعی از ظرفیت نظری و بازده مزرعه‌ای است (Behrouzi Lar,1990):

رابطه ۴)

$$C_e = Ct * \eta$$

η=بازده مزرعه‌ای (درصد)

C_e=ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای (هکتار بر ساعت)

روش دیگر برای تعیین ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای، تعیین مدت‌زمان لازم برای برداشت یک هکتار است که در این تحقیق از این روش استفاده شده است.

ارزیابی اقتصادی

به‌منظور ارزیابی اقتصادی از روش‌های نسبت سود به هزینه و بودجه‌بندی بخشی استفاده شد. در روش نسبت سود به هزینه، میزان هزینه کشت محصول از اجاره زمین، عملیات خاک‌ورزی تا برداشت مدنظر قرار گرفت. میزان تلفات برداشت نیز منظور شد. با توجه به عملکرد در هکتار محصول و قیمت روز محصول برداشت‌شده، درآمد ناخالص محاسبه شد و با کسر میزان تلفات در هر روش، میزان درآمد خالص تعیین گردید. پس از تعیین درآمد خالص و میزان هزینه‌ها، نسبت سود به هزینه در هریک از روش‌ها تعیین شد. درصد اثرگذاری هزینه هرکدام از روش‌های برداشت بر هزینه کل نیز تعیین شد. در بودجه‌بندی بخشی، مجموعه تغییرات در فعالیت تولیدی بر بخشی از فعالیت‌ها (برای سودآوری) اثر می‌گذارد (Roth and Heyde, 2002). در این شرایط همه نهاده‌ها ثابت در نظر گرفته شد و عملیات برداشت در هریک از روش‌ها، متغیر در نظر گرفته شد. در این شرایط، کاهش هزینه‌ها و افزایش درآمد حاصل از روش جدید محاسبه شد. در این تحقیق مطابق جدول ۱، تأثیرات مثبت و منفی روش‌های ماشینی نسبت به روش دستی محاسبه و درنهایت اختلاف این اثرات تعیین شد.

جدول ۱. روش بودجه‌بندی بخشی برای مقایسه روش‌های برداشت

تأثیرات مثبت	A	تأثیرات منفی	B
درآمدهای اضافی	A_1	کاهش درآمد	B_1
کاهش هزینه‌ها	A_2	هزینه‌های اضافی	B_2
	A_1+A_2		B_1+B_2
		$(A_1+A_2)-(B_1+B_2)$	

پس از بدست آوردن داده‌های فنی و اقتصادی، نتایج ازنظر آماری، به کمک نرم‌افزار SPSS18 تجزیه‌وتحلیل گردید.

یافته‌های پژوهش

ظرفیت مزرعه‌ای

بین روش‌های ماشینی و دستی ازنظر ظرفیت مزرعه‌ای نظری و مؤثر اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ وجود داشت (جدول ۲). در ماشین ریشه‌زن، ماشین برداشت مرسوم و روش دستی، ظرفیت مزرعه‌ای نظری به ترتیب ۰/۶۳، ۰/۳۷ و ۰/۱۵ هکتار بر ساعت و ظرفیت مؤثر به ترتیب ۰/۵۶، ۰/۲۸ و ۰/۱۱ هکتار بر ساعت بود (جدول ۳). این نتایج نشان داد ظرفیت مزرعه‌ای نظری برداشت لوبیا در روش‌های ماشینی نسبت به روش دستی به ترتیب ۴/۲ و ۲/۴ برابر است. ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای به ترتیب ۵ و ۲/۵ برابر روش دستی است. از دلایل اختلاف در ظرفیت مزرعه‌ای می‌توان به متفاوت بودن عرض‌کار و سرعت برداشت محصول اشاره نمود. در ماشین ریشه زن، به علت سادگی ماشین و سرعت پیشروی بیشتر، ظرفیت مزرعه‌ای نسبت به سایر روش‌ها بالاتر بوده است؛ از طرفی در ماشین برداشت مرسوم، علیرغم عرض‌کار بیشتر (۱/۵ متر) به دلیل سرعت پیشروی کمتر، ظرفیت مزرعه‌ای پائین تر بوده است. در روش دستی، عرض کار مؤثر بطور متوسط یک متر بود و سرعت پیشروی نسبت به دو روش دیگر بسیار پائین تر بوده است. در ماشین ریشه زن و در مراحل تکمیلی ساخت دستگاه، می‌توان عرض کار را تا ۳ متر افزایش داد، با توجه به بالا بودن سرعت پیشروی در این روش، می‌توان به نحو مؤثری ظرفیت‌های نظری و مؤثر را افزایش داد. در ماشین برداشت مرسوم برای افزایش عرض‌کار و سرعت پیشروی محدودیت وجود داشت. افزایش عرض کار (در صورت اصلاح دستگاه و ساخت نمونه با عرض کار بیشتر) باعث سنگین‌تر شدن ماشین و ایجاد مشکل در مانور پذیری دستگاه می‌شد. در این ماشین، افزایش سرعت پیشروی باعث افزایش درصدخفگی دستگاه و تلفات دانه می شد. یکی از محدودیت‌های ماشین ریشه‌زن نسبت به ماشین مرسوم، بکارگیری ۱۰ نفر کارگر در هکتار برای جمع‌آوری محصول بریده‌شده بود. این ماشین در شرایط فعلی فقط محصول را بریده و در سطح مزرعه و به عرض یک متر رها می‌نماید (بدون آنکه آنرا ردیف کند). در این ماشین می‌بایست یا از سامانه انتقال برای ردیف کردن محصول پشت دستگاه استفاده شود و یا اینکه محصول به‌محض بریده شدن توسط تیغه برش توسط یک صفحه منحرف‌کننده محصول (مشابه دروگرهای شانه‌ای) بریده‌شده و به یک‌جهت هدایت شود. بعدازاین مرحله، دیگر نیازی به جمع‌آوری و کپه کردن محصول نیست و عملاً تلفات ریزش دانه بطور مؤثری کاهش خواهد یافت و نیازی به بکارگیری ۱۰ نفر کارگر در مزرعه نیست. در ماشین برداشت مرسوم به دلیل استفاده از سامانه انتقال، بکارگیری ۱۰ نفر کارگر در سطح مزرعه ضرورتی نداشت و میزان تلفات کاهش یافت ولی یکی از مشکلات برداشت با این روش، وجود کاه بن (بوته‌های ناقص بریده‌شده) در سطح مزرعه بود که به دلیل عملکرد نامناسب تیغه برش و

وجود پستی‌وبلندی در سطح مزرعه حاصل شد. درنهایت در صورت تکمیل ماشین برداشت ریشه‌زن ازنظر افزایش عرض‌کار و نصب صفحه منحرف‌کننده محصول، می‌توان به نحو مؤثری ظرفیت مزرعه‌ای را افزایش داد و از این ماشین استفاده نمود.

بازده مزرعه‌ای

این عامل بیانگر میزان وقت‌های تلف‌شده (به منظور تعیین زمان مفید) در مزرعه است. در روش‌های ماشینی برای برداشت لوبیا، مقداری از زمان عملیات برای دور زدن در سر مزرعه و جمع‌آوری محصول صرف شد. در روش ماشین ریشه‌زن دو زمان تلف شده یعنی جمع‌آوری (کپه کردن محصول) و دور زدن وجود داشته است. در روش ماشین برداشت مرسوم، زمان جمع‌آوری و کپه‌کردن، حذف شده است و محصول در پشت دستگاه به‌منظور کاهش رطوبت بصورت ردیفی قرار داده‌شده است ولی به دلیل سنگینی ماشین، مانورپذیری آن نسبت به روش ماشین ریشه‌زن کمتر بوده است. در روش دستی مقداری از زمان برداشت برای جمع‌آوری بوته‌ها و استراحت کارگران صرف شده است. همه این اتلاف وقت‌ها باعث کاهش زمان عملیات مؤثر گردید. با توجه به نتایج بدست آمده بین روش‌های ماشینی و دستی ازنظر بازده مزرعه‌ای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ وجود داشت (جدول ۲). بازده مزرعه‌ای ماشین ریشه زن، ماشین برداشت مرسوم و روش دستی به ترتیب ۸۷/۹، ۷۶/۵ و ۷۶/۰۱ درصد بود. این نتایج نشان داد در ماشین ریشه زن، میزان وقت‌های تلف‌شده نسبت به روش‌های دیگر کمتر بوده است. بازده مزرعه‌ای در ماشین ریشه زن در گروه الف و دو روش دیگر یعنی ماشین برداشت مرسوم و روش‌دستی در گروه ب (یک گروه) قرار گرفتند. در ماشین ریشه زن علیرغم اتلاف وقت کارگران برای جمع‌آوری بوته‌ها، بازده مزرعه‌ای ۸۷/۹ درصد بوده است. اگر مشکل جمع‌آوری بوته‌ها در این روش برطرف شود، بازده مزرعه‌ای این روش به نحو مؤثری افزایش خواهد یافت. در روش ماشین مرسوم، یکی از عوامل کاهش بازده مزرعه‌ای، سنگین بودن ماشین و مانور پذیری پائین آن بوده است که علیرغم حذف نیروی کارگری برای جمع‌آوری بوته‌ها، بازده مزرعه‌ای آن در محدوده روش‌دستی قرارگرفته است. در منابع مختلف بازده ماشین‌های برداشت (دروگرها) مجهز به شانه برش بین ۸۵–۷۵ درصد گزارش‌شده است (Srivastava,1993)؛ بنابراین ماشین‌های برداشت ریشه زن و مرسوم از بازده مزرعه‌ای مناسبی برخوردار بوده‌اند. با توجه به شرایط اتصال سه نقطه و سوار بودن ماشین ریشه زن، مانورپذیری این ماشین نسبت به ماشین مرسوم که از نوع کششی است بیشتر بوده است و یکی از عوامل جلوگیری از اتلاف وقت و افزایش بازده مزرعه ای، همین عامل بوده است.

تلفات طبیعی

این تلفات، شامل دانه‌های موجود در غلاف‌های سالم و دانه‌های ریخته شده بر روی زمین در قبل از برداشت است و ارتباطی به روش برداشت محصول ندارد و می‌بایست از تلفات برداشت هریک از روش‌های برداشت کسر گردد. مطابق جدول ۲، بین روش‌های برداشت ازنظر تلفات طبیعی، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ وجود نداشت. میزان تلفات طبیعی برای ماشین ریشه زن، ماشین برداشت مرسوم و روش برداشت دستی به ترتیب ۰/۱۱۶، ۰/۱۱۶ و ۰/۱۲۶ درصد بود و تمامی روش‌ها در یک گروه قرار گرفتند. این ارقام نشان داد رقم لوبیای قرمز محلی مورد استفاده برای کاشت، نسبت به ریزش از حساسیت پائینی برخوردار بوده است. از طرفی متوسط درصد رطوبت در زمان برداشت ۲۳ درصد بوده است که باعث کاهش ریزش طبیعی شده است.

تلفات برداشت

میانگین تلفات برداشت (بدون احتساب ریزش طبیعی) روش‌های آزمایشی در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جداول و ۳۲). میانگین تلفات برای ماشین ریشه‌زن، ماشین برداشت مرسوم و روش‌دستی به ترتیب ۱/۴۸، ۳/۳۵ و ۷/۰۷ درصد بود که بیانگر پائین بودن تلفات در ماشین ریشه‌زن است (شکل۲). در ماشین ریشه‌زن به دلیل زدن ریشه از عمق ۳–۲ سانتی‌متر خاک، بوته گیاه تحت تأثیر لرزش و تکان‌های ناگهانی قرار نمی‌گیرد و به‌صورت کاملاً ملایم و با شیب مناسب، ریشه محصول و درنهایت کل محصول بریده می‌شود بدون اینکه ساختار بوته تغییر اساسی نماید. میانگین ۱/۴۸ درصد تلفات در این روش به دلیل مرحله جمع‌آوری محصول و کپه کردن آن توسط کارگر است که از مشکلات اساسی این روش برداشت محسوب می شود. در این روش برای هر هکتار، ۱۰ کارگر بعد از برداشت محصول، اقدام به جمع‌آوری و کپه نمودن محصول می نمایند که این به‌نوبه خود تلفات برداشت و هزینه‌های هکتاری را افزایش می دهد. اگر قسمت‌های بعدی این ماشین نظیر سامانه انتقال و ردیف‌کن محصول، تکمیل گردد این میزان تلفات نیز به حداقل ممکن می‌رسد. اضافه کردن سامانه انتقال، ردیف و افزودن عرض‌کار ماشین با در نظر گرفتن تیغه‌های ۱/۵ متری، باعث افزایش عرض کار ماشین و ظرفیت مزرعه‌ای و درنهایت کاهش تلفات برداشت می‌شود. در روش ماشین برداشت مرسوم که از شانه برش معمولی و چرخ‌وفلک استفاده‌شده

است یکی از علل بالاتر بودن تلفات نسبت به روش ماشین ریشه زن، عدم برش کامل بعضی از بوته‌ها در زمان برداشت بوده است که این بوته‌ها دارای غلاف می‌باشند. از طرفی وجود چرخ‌وفلک باعث ضربه به محصول می‌شد که به‌نوبه خود باعث بالا رفتن تلفات محصول می‌شد. یکی از عوامل مهم که باعث پائین آوردن تلفات در این ماشین شد، سامانه انتقال و ردیف محصول بود. محصول به‌محض بریده شدن بر روی الواتور انتقال قرار می‌گرفت و آن را انتقال می‌داد و در زیرشانه برش تلفات دانه مشاهده نمی‌شد.

جدول ۲ . تجزیه واریانس پارامتر های عملکردی روش های برداشت (میانگین مربعات)

منبع تغییرات	درجه آزادی	ظرفیت مزرعه ای نظری	ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر	بازده مزرعه‌ای	تلفات طبیعی	تلفات برداشت	کاه بن	نسبت سود به هزینه
تیمار(روش های برداشت)	۲	۱۷۶**	۰/۱۵**	۱۳۶/۱۶*	ns۰/۰۰	**۲۴/۲۷۳	۴۵/۰۲*	۴۷۶/۹۸۸ ns
خطا	۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۱۴/۵۵	۰/۰۰	۰/۸۹۶	۲/۱۹	۰/۰۳۴

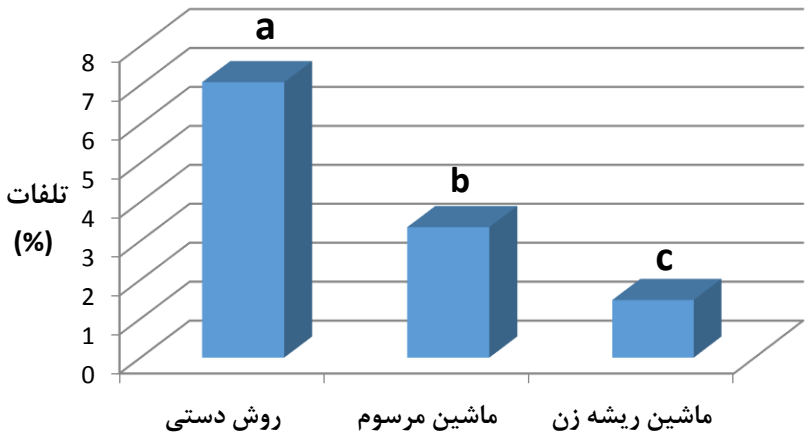
***و**: به ترتیب اختلاف معنی داردر سطح احتمال پنج و یک درصد**

ns: عدم وجود اختلاف معنی داردر سطح احتمال یک درصد

جدول ۳ . مقایسه و کلاس‌بندی میانگین صفات موردبررسی در روش‌های گوناگون برداشت

روش برداشت	تلفات طبیعی (%)	تلفات برداشت (%)	کاه بن (%)	ظرفیت نظری ($ha.h^{-1}$)	ظرفیت مؤثر ($ha.h^{-1}$)	بازده مزرعه‌ای (%)	سود به هزینه
ماشین ریشه زن	۰/۱۱۶^{a}	۱/۴۸^{c}	۰/۰۰^{b}	۰/۶۳^{a}	۰/۵۶^{a}	۸۷/۹۵^{a}	۲/۴۸^{a}
ماشین مرسوم	۰/۱۱۶^{a}	۳/۳۵^{b}	۷/۳۳^{a}	۰/۳۷^{b}	۰/۲۸^{b}	۷۶/۵۹^{bc}	۲/۶۱^{a}
روش دستی	۰/۱۲۶^{a}	۷/۰۷^{a}	۱/۵^{b}	۰/۱۵^{c}	۰/۱۱^{c}	۷۶/۰۱^{bc}	۲/۲۶^{a}

: در هر ستون تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، معنی‌دار نیست.



شکل۲. میانگین تلفات روش‌های برداشت

دلیل بالا بودن تلفات در روش دستی (۷/۰۷ درصد)، برش محصول با داس است که بریدن بوته با این وسیله باعث ضربه محکم به بوته می‌شد و تعدادی از بوته‌های بریده‌شده پس از برداشت در سطح مزرعه ریزش می‌کنند. در روش دستی علاوه بر پائین بودن ظرفیت مزرعه‌ای، میزان تلفات محصول برداشت‌شده نیز بالا بوده است. در تحقیقی که در کشور مصر انجام‌شده است از دروگر شانه‌ای برای برداشت لوبیا استفاده شده است. در این تحقیق، درصد رطوبت‌دانه در زمان برداشت ۱۱ درصد و میزان تلفات ۳/۴۷ درصد بوده است که میزان تلفات آن از روش ماشین ریشه زن و ماشین برداشت مرسوم بیشتر و از روش دستی کمتر بوده است (Mahmoud,2007). یکی از دلایل بالا بودن تلفات ماشینی در این کشور نسبت به تحقیق جاری، پائین بودن درصد رطوبت بوده است که باعث افزایش تلفات شده

است. در تحقیقی با استفاده از یک شانه‌برش شناور مجهز به بردارنده محصول و هوای‌دمنده، تلفات محصول لوبیا ۸/۳ درصد گزارش‌شده است که میزان تلفات از تلفات روش‌های این تحقیق بیشتر بوده است (Zyla,1993). در آزمایشی دیگر، میزان تلفات دانه حاصل از برداشت مستقیم لوبیای معمولی با کمباین، ۱۰–۸ درصد و برداشت غیرمکانیزه (برداشت با دست)۲۰–۱۵ درصد گزارش‌شده است (De-Simone *et al*., 1992a) که از تلفات روش‌های برداشت این تحقیق بیشتر بوده است.

ارزیابی اقتصادی

میزان عملکرد در هکتار مزرعه مورد آزمایش بر اساس وزن‌دانه با رطوبت ۱۴درصد ۵۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. با توجه به قیمت تضمینی خرید لوبیای قرمز در منطقه که ۵۰۰۰۰۰ ریال بود، میزان درآمد ناخالص حاصل از برداشت محصول،۲۶۰۰ میلیون ریال (۲۶۰ میلیون تومان) خواهد بود. اجرت یک هکتار برداشت توسط ماشین‌های ریشه‌زن، ۱۰۵ میلیون ریال (۱۰/۵ میلیون تومان شامل ۳/۵ میلیون تومان هزینه برداشت ماشینی و ۷ میلیون تومان هزینه ۱۰ نفر کارگر برای جمع‌آوری) است. در ماشین برداشت مرسوم هزینه برداشت ۳۵ میلیون ریال (۳/۵ میلیون تومان) است و هزینه‌ای برای جمع‌آوری محصول وجود ندارد. در روش دستی این رقم با درنظر گرفتن ۲۰ نفر– روز بر هکتار برای برداشت و کپه کردن به ازای هزینه کارگر روزانه ۷ میلیون ریال (۷۰۰ هزار تومان) ۱۴۰ میلیون ریال (۱۴ میلیون تومان) است. در تیمارهای آزمایشی، چنانچه هزینه تلفات از درآمد ناخالص کسر گردد میزان درآمد خالص روش‌های ماشین ریشه‌زن، ماشین برداشت مرسوم و روش دستی به ترتیب ۲۵۶۱/۵۲، ۲۵۱۲/۹ و ۲۴۱۶/۱۸ میلیون ریال خواهد بود، هزینه هکتاری روش‌های برداشت توسط ماشین‌های ریشه‌زن و ماشین برداشت مرسوم به ترتیب ۱۰۵، ۳۵ و ۱۴۰ میلیون ریال خواهد بود و اگر نسبت درآمد به هزینه کل تولید محصول محاسبه شود نسبت سود به هزینه در این روش‌ها به ترتیب ۲/۴۸، ۲/۶۱ و ۲/۲۶ خواهد بود (جدول ۴)؛ بنابراین بین روش‌های برداشت ازنظر اقتصادی اختلاف معنی‌دار نبود و تمامی روش‌ها در یک گروه قرار گرفتند. هزینه برداشت در هرکدام از این روش‌ها به ترتیب ۱۰/۱۸، ۳/۶۴ و ۱۳/۱۳ درصد از هزینه‌های کل بود.

جدول ۴. نسبت سود به هزینه روش‌های برداشت*

روش	هزینه برداشت	هزینه کل	درآمد خالص (با احتساب تلفات)	نسبت سود به هزینه	درصد هزینه روش برداشت
ماشین ریشه زن	۱۰۵	۱۰۳۱/۱	۲۵۶۱/۵۲	۲/۴۸	۱۰/۱۸
ماشین مرسوم	۳۵	۹۶۱/۱	۲۵۱۲/۹	۲/۶۱	۳/۶۴
روش دستی	۱۴۰	۱۰۶۶/۱	۲۴۱۶/۱۸	۲/۲۶	۱۳/۱۳

***هزینه ها برحسب میلیون ریال در هکتار است**

به روش بودجه‌بندی بخشی، درآمد خالص روش ماشین‌های ریشه‌زن و ماشین برداشت مرسوم نسبت به روش دستی محاسبه گردید(Roth and Heyde,2002). در روش ماشین ریشه‌زن، درآمدهای اضافی ناشی از استفاده از ماشین، کاهش میزان تلفات به میزان ۳/۷۲ درصد نسبت به روشی دستی بود که با احتساب اختلاف میزان تلفات درروش ماشین ریشه‌زن و روش دستی، میزان کاهش تلفات روش ماشینی نسبت به روش دستی مبلغ ۱۴۵/۳۴ میلیون ریال بود (جدول ۵). به‌عبارت‌دیگر این مبلغ افزایش درآمد برای کشاورز می‌باشد. در این روش، تعداد کارگر از ۲۰ نفر به ۱۰ نفر کاهش یافت، با در نظر گرفتن دستمزد روزانه هر کارگر(۷ میلیون ریال)، هزینه کارگری به میزان ۷۰ میلیون ریال کاهش یافت. به دلیل استفاده از ماشین، هزینه اجرت برداشت محصول به مبلغ ۳۵ میلیون ریال به هزینه‌های کشاورز اضافه گردید؛ بنابراین افزایش درآمد خالص ناشی از استفاده از ماشین ریشه‌زن نسبت به روش دستی مثبت و ۱۸۰/۳۴ میلیون ریال بود که استفاده از ماشین ریشه‌زن را توجیه می‌نماید.

جدول ۵. مقایسه ماشین ریشه زن نسبت به روش دستی (بودجه‌بندی بخشی)*

تأثیرات مثبت	A	تأثیرات منفی	B
درآمدهای اضافی	۱۴۵/۳۴	کاهش درآمد	۰
کاهش هزینه‌ها	۷۰	هزینه‌های اضافی	۳۵
	۲۱۵/۳۴		۳۵
درآمد خالص		۱۸۰/۳۴	

***هزینه ها برحسب میلیون ریال در هکتار است**

به طریقه مشابه، میزان افزایش درآمد ماشین برداشت مرسوم نسبت به روش دستی مطابق جدول ۶ محاسبه شد. در روش ماشین برداشت مرسوم، درآمدهای اضافی ناشی از استفاده از ماشین، کاهش میزان تلفات به میزان ۵/۵۹ درصد نسبت به روشی دستی بود که با احتساب اختلاف میزان تلفات در روش ماشین برداشت مرسوم و روش دستی، میزان افزایش درآمد ناشی از کاهش تلفات روش ماشینی نسبت به روش دستی مبلغ ۹۶/۷۲ میلیون ریال بود. به‌عبارت‌دیگر این مبلغ افزایش درآمد برای کشاورز می‌باشد. در این روش، تعداد کارگر از ۲۰ نفر به صفر کاهش یافت. اگر دستمزد روزانه هر کارگر ۷ میلیون ریال به میزان ۱۴۰ میلیون ریال هزینه کارگری کاهش یافت. به دلیل استفاده از ماشین، هزینه اجرت برداشت محصول به مبلغ ۳۵ میلیون ریال به هزینه‌های کشاورز اضافه گردید؛ بنابراین مطابق جدول ۶، افزایش درآمد خالص ناشی از استفاده از ماشین برداشت مرسوم نسبت به روش دستی مثبت و ۲۰۱/۷۲ میلیون ریال بود که استفاده از ماشین برداشت مرسوم را توجیه می‌نماید. با توجه به این نتایج، روش ماشین برداشت مرسوم نسبت به روش ماشین ریشه زن ۲۱/۳۸ میلیون ریال درآمد کشاورز را افزایش داده است. یکی از دلایل آن حذف نیروهای کارگری برای جمع‌آوری محصول بوده است که باعث افزایش درآمد کشاورز شده است. هر چند هزینه برداشت نسبت به درآمد و هزینه های هکتاری رقم پائینی رانشان می‌دهد با افزایش ظرفیت و بازده مزرعه ای و کاهش بیشتر تلفات، می‌توان میزان هزینه های تولید کشاورز را افزایش داد.

جدول ۶ . مقایسه ماشین برداشت مرسوم نسبت به روش دستی (بودجه‌بندی بخشی)

تأثیرات مثبت	A	تأثیرات منفی	B
درآمدهای اضافی	۹۶/۷۲	کاهش درآمد	۰
کاهش هزینه‌ها	۱۴۰	هزینه‌های اضافی	۳۵
جمع	۲۳۶/۷۲		۳۵
		۲۰۱/۷۲	

* هزینه ها برحسب میلیون ریال در هکتار است

نتایج ارزیابی اقتصادی نشان داد، علیرغم اهمیت استفاده از ماشین برداشت و کاهش هزینه‌ها و مشقت‌های کارگری درکشت محصول لوبیا، به دلیل بالا بودن درآمد و هزینه کشت محصول، هزینه برداشت محصول درصد پائینی از هزینه‌ها را به خود اختصاص داده است و هزینه سایر نهاده‌های کشاورزی (بخصوص اجاره زمین) یکی از هزینه‌های اصلی کشت محصول محسوب می‌شود. به‌هرحال در صورت برطرف شدن مشکل برداشت این محصول، هزینه‌های برداشت و مشقت‌های کارگری کاهش خواهد یافت و با افزایش ظرفیت مزرعه‌ای برداشت توسط ماشین، کشاورز با توجه به محدودیت‌های زمانی برداشت، در زمان کوتاه‌تری محصول را برداشت می‌نماید.

نتیجه‌گیری

یکی از مشکلات اساسی کشت محصول لوبیا، برداشت، خرمنکوبی و بوجاری محصول است. گام اول در برداشت مکانیزه این محصول، نبود ماشین مناسب جهت برداشت آن می‌باشد. به دلیل بالا بودن رطوبت‌دانه و همچنین عدم یکنواختی در رسیدگی‌دانه، در زمان برداشت، امکان برداشت مستقیم توسط کمباین‌های رایج وجود ندارد لذا کشاورزان بصورت دستی محصول را برداشت و بصورت کپه‌ای در سطح مزرعه رها می‌نمایند و در زمان مناسب توسط خرمنکوب‌های رایج و یا ریختن در دماغه‌کمباین، عملیات خرمنکوبی و بوجاری را انجام می‌دهند. در چند سال اخیر ماشین‌های برداشت با روش‌های مختلف برداشت شامل شانه برش و سامانه بلند کننده محصول، تیغه ثابت ریشه‌زن و شانه برش و چرخ وفلک مرسوم طراحی و ساخته شده است که در این تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفت. استفاده از شانه برش و سامانه بردارنده محصول برای برداشت لوبیای خشک، مناسب نیست در این روش مشکلاتی نظیر تجمع محصول در جلوی دستگاه و تلفات بالای محصول وجود دارد. ماشین ریشه‌زن برای برداشت محصول از کارایی بالائی برخوردار است و می‌تواند در صورت تکمیل، به‌طور مؤثر برای برداشت مکانیزه محصول مورداستفاده قرار گیرد. ظرفیت و بازده مزرعه‌ای ماشین ریشه‌زن از سایر روش‌های برداشت بیشتر و میزان تلفات محصول کمتر بود. نسبت سود به هزینه در روش های برداشت اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. با توجه به این نتایج، ازنظر فنی و اقتصادی استفاده از ماشین ریشه زن قابل توصیه است.

تشکر و قدردانی

از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، شرکت‌های ظریف صنعت و ققنوس زرین نشان به دلیل همکاری در اجرای پروژه، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

افصحی، کامران؛ مستوفی سرکاری، محمد رضا؛ شکاری، فرید و راستگو، مهدی(۱۳۹۰). بررسی امکان برداشت مکانیزه لاین های لوبیاچیتی ایستاده با استفاده از کمباین. *نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران*. جلد ۲، شماره ۱، صفحه ۲۶-۲۱.

بهروزی لار، منصور (۱۳۶۹). مدیریت تراکتور و ماشین‌های کشاورزی. *انتشارات دانشگاه تهران*، صفحه:۳۰.

دالوند، امیر و معصومی، امین اله.(۱۳۹۵). طراحی و ساخت دروگر بوته برای برداشت دومرحله‌ای لوبیاچیتی، *دهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی (بیوسیستم) و مکانیزاسیون ایران، مشهد*،https://civilica.com/doc/563685

دهقان، الیاس؛ افضلی، محمدجواد؛ علیزاده، منوچهر؛ صالحی،ابراهیم ودیباجی، امیر(۱۳۸۸) .بررسی میزان و دلایل تلفات دانه در کمباین‌های برداشت گندم در استان خوزستان. *گزارش نهائی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی* به شماره ثبت ۸۸/۹۴۷.

سلیمانی، حبیب؛ جعفری نعیمی،کاظم و شمسی، محسن(۱۳۹۲). طراحی، ساخت و ارزیابی انگشتی بلند کننده برای برداشت لوبیا با دروگرها. *رساله کارشناسی ارشد*، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

کوهی حبیبی،م.۱۴۰۲. دستگاه برداشت لوبیا در چهارمحال و بختیاری رونمایی شد.خبرگزاری مهر .۱۷ مهرماه ۱۴۰۲.

محمدی دهاقانی،حسین.،عنوانی، داود.،ابراهیمی دستگردی،محمد رضا ومختاری،مهشید.۱۴۰۱. دستگاه دروگر حبوبات با مکانیزم تیغه برش ریشه گیاه و قابلیت تنظیم عمق کار. *ثبت اختراع به شماره۱۰۷۷۰۷*.

هدایتی پور، ابوالفضل.، غدیری، عادل.، کیخایی، فاطمه و صادقی، صادق(۱۳۹۷). مقایسه روش های کشت لوبیا با به کارگیری روش آبیاری میکرو تیپ. *موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، گزارش نهایی. با شماره فروست ۵۵۴۷۳*.

REFERENCES

Afsahi, K. Mostofi Sarkari, M., Shekari, F and Rastego, M. (2018). Investigating the possibility of mechanized harvesting of standing bean lines using a combine. *Journal of Iranian Legume Research*. 2 (1):21-26(in Persian).

Behrouzi Lar, M. (1990). Management of tractors and agricultural machines. Tehran University Publications, page: 30(in Persian).

Dalvand, A., Masoumi, A. (2015). Design and construction of a bush harvester for two-stage harvesting of beans,10th National Congress of Agricultural Machinery Engineering (Bio system) and Mechanization of Iran, Mashhad, https://civilica.com/doc/563685(in Persian).

Darcozi, M., and Husti, I. (1990). The Characterization of the possibilities for dry bean harvesting in Hungary in 1990. *Kertgazdasag* 5: 32-43.

Dehghan, A., Afzali, M. J., Alizadeh, M., Salehi, A and Dibaji, A. (2018). Investigating the amount and causes of grain losses in wheat harvesters in Khuzestan province. Final report of Agriculture Engineering Research Institute. Registration number 947/88(in Persian).

De-Simone, M., Failde, V., Garcia-Medina S., Panadero-Pastrana, C., and De-Simone, M. (1992a) comparative evaluation of two cutter bar designs, two-reel indices and three forward speeds for direct mechanical harvesting of dry bean (Pharsalus vulgaris L.). In: 24th International Conference on Agricultural Mechanization in Latin America: Present and Future, April 1-4, 1992. Zaragoza, Spain. : 455-460.

De-Simone, M., Failde, V., Garcia-Medina, S., Panadero-Pastrana, C. (1992b). A mechanical harvesting of dry bean (Phaseolus vulgaris L.) In the Argentine Republic. Rivista-di- Ingegneria-Agraria 23: 65-72. Extension, the Pennsylvania State University. Journal of Agcultural Engineering., 24(4): 775-792.

Hedayatipour, A., Ghadiri, A., Kikhaei, F and Sadeghi, S (2017). Comparison of bean cultivation methods using micro tip irrigation method. Agricultural Engineering and Technical Research Institute, Final Report. No: 55473.

Koohi H, AD. (2023). The bean harvesting machine was unveiled in Chaharmahal and Bakhtiari. Mehr newspaper, 17 October 1402.

Mahmoud, M.A.A. (2007). Selecting the proper systems for mechanization bean crop in new reclaimed lands. Journal of. Agricultural. Engineering. 24(4): 775-792.

Roth, S and Heyde, J.(2002). Partial Budgeting for Agricultural Businesses. Produced by Information and Communication Technologies in the College of Agricultural Sciences, Agricultural Research and Cooperative

Mohammadi Dehaqani, H., Onvani, D., Ebrahimi Dastgardi, M. R and Mokhtari,M.(2023). Legume harvester with plant root cutting blade mechanism and the ability to adjust the working depth. Patent No. 107707.

Simone, M; S. Garcia Medina, C. P. Pastrana and V. Failde. (1992). Comparative evaluation of two cutter bar design, two reel index and three forward speeds for direct combining of dry beans**.** Rgentinean conference on agricultural engineering. Proceedings of a conference held in Villa Maria, Argentina, 23-25 September1992. 1992; 75.

Srivastava, A.J., Goering, C.E., Robrbacb, R.P. (1993). Engineering Principles of Agricultural Machines.

Zyla, L. E; R. L. Kushwaha and A. Vandenberg. (2002). Development of a new crop lifter for direct cut harvesting dry bean. Canadian Bio systems Engineering.44 (2): 9-14.

Zyla, L.E. (1993). Development of direct-cut harvesting attachments for dry bean. Unpublished M.Sc. thesis. Department of Agricultural and Bio resource Engineering, University of Saskatchewan, Saskatoon, SK.

Technical and economic evaluation of three dry bean harvesting methods in Markazi Province

EXTEND ABSTRACT

Introduction

The area under bean cultivation in Iran is 100 thousands hectares and its production is 200,000 tons with a yield of 2.58tons per hectare. The most important bean-producing provinces are Fars, Lorestan, Marakazi, Chaharmahal and Bakhtiari, Zanjan and East Azerbaijan in Iran. Markazi province with 24.713 thousand hectares of cultivated area and production of 29,900 tons and yield of 2.72 tons per hectare is considered one of the important production areas of this crop. In cultivation of this crop, tillage, planting and cultivating operations are done in mechanized method, but harvesting operations are often done with the manual method, which increases the labor and costs (for each hectare of bean harvesting,20 man-days are needed). During of harvest time, the wage of a seasonal worker has reached 800 thousand tomans per day. If we consider the average worker's wage to be 700 thousand tomans, the cost of one hectare per day of bean harvesting will be 14 million tomans per hectare. This cost is only related to the harvesting, to which the costs of threshing and cleaning should be added to this cost. If a bean harvesting machine is used for rent, the cost of harvesting will be reduced to 3.5 million tomans per hectare (about a quarter of the cost of manual harvesting). Recently, several companies have made bean harvesting machines, and in this research, the performance of these methods has been evaluated compared to the manual method.

Materials and Methods

This study was conducted in 2023 to determine the performance of bean harvester machines in comparison with manual method in Khomain area from Markazi province. The study used two machine harvesters, including Root cutter machine and Conventional machine harvester equipped with cutter bar and reel. These methods compared with manual methods in Randomize Complete Block Design (RCBD) in three replications. The experimental plot dimension was 40m*150 m and the yield and losses were measured by 50cm*50cm frame in four replications to attend $1m^2$ area. These methods were evaluated and compared based on natural and harvesting losses, field capacity, field efficiency and yield in field conditions in Markazi province.

Results and Discussion

The results of the research showed that the use of the cutting comb mechanism along with the pickup unit for harvesting of the dry bean crop did not suitable. There was a significant difference between the other experimental treatments in terms of field capacity, field efficiency and harvesting losses. In the rooting machine, the conventional harvesting machine and the manual method, the theoretical capacity was 0.63, 0.37 and 0.15 hectares per hour, effective field capacity was 0.56, 0.28 and 0.11 hectares per hour, field efficiency was 87.9, 76.59 and 76.01 percent and harvesting losses was 1.48, 3.35 and 7.07 percent respectively. Economically, the difference between the methods was not significant at the 5% level, and the benefit-cost ratio was 2.48, 2.61, and 2.26, respectively. According to these results, the use of a rooting machine was recommended in terms of technical and economic point of view.

Conclusion

The using of cutter bar equipped with pick up mechanism is not suitable to dry bean harvesting. In this method, there are problems such as crop blocking in front of the machine and high harvesting loss. The root cutter machine is suitable for dry been harvesting and can be effectively used for mechanized harvesting. Theoretical capacity was 0.63, 0.37 and 0.15 ha per hour, effective capacity was 0.56, 0.28 and 0.11 ha per hour, and field efficiency was 87.9, 76.59 and 76.01 percent in root cutter machines, conventional harvesting machine and manual method respectively.

Harvesting losses was 1.48, 3.35 and 7.07%, in root cutter machine, conventional harvesting machine and manual method respectively and the manual method had higher harvesting loss than other methods. The ratio of benefit to cost was 2.48, 2.61 and 2.26 in root cutter machine, conventional harvesting machine and manual method respectively and did not show any significant difference between harvesting methods. According to these results, the use of a root cutter machine is recommended in terms of technical and economic point of view.