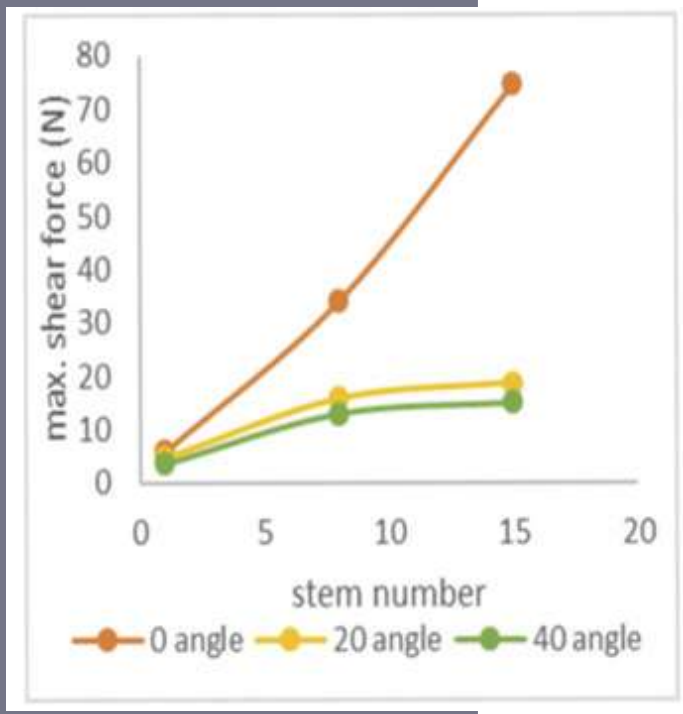
بررسی تاثیر زاویه تیغه، تعداد و چیدمان ساقه‌ها بر خواص برشی ساقه جعفری



محمد حسین پور [۱]
سعید مینایی [۲]
علیرضا مهدویان [۳]
محمد هادی خوش تقاضا [۴]

دانشجوی دکتری، گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تهران [۱]
استاد،گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تربیت مدرس [۲]
استادیار، گروه مکانیک بیوسیستم،دانشگاه تربیت مدرس [۳]
استاد، گروه مکانیک بیوسیستم،دانشگاه تربیت مدرس [۴]

مقدمه

سبزیجات از جمله محصولاتی هستند که به دلیل مصرف روزمره، در سطح وسیعی کشت می‌شوند. و انرژی زیادی از مرحله کاشت تا آماده کردن برای مصرف آنها صرف میگردد. بر این اساس، نیاز است دستگاه هایی برای مکانیزه کردن عملیات مختلف کاشت تا پس از برداشت آنها طراحی شود. به منظور طراحی دستگاهی برای برداشت، خرد کردن، آسیاب کردن محصولات کشاورزی نیاز است تا خواص مکانیکی و فیزیکی محصول مشخص باشد. همچنین کاهش توان مصرفی نیز از پارامترهای مهم طراحی ماشین آلات میباشد به همین علت مطالعه فرآیند برش محصول ضروری است. مهم‌ترین خواص مکانیکی که نیاز است برای بررسی برش علوفه در نظر گرفت عبارتند از: مقاومت برشی، خمشی، کششی، چگالی و اصطکاک. مقدار این خواص در ارتفاعهای متفاوت از ساقه متفاوت میباشد و نوع، گونه، سن، رطوبت و ساختار فیبری گیاه بر این خواص اثرگذار هستند (Chattopadhyay and Pandey, 1999).

زمان برداشت گیاه بر خواص مکانیکی اثر گذار است، که این امر به دلیل کاهش رطوبت و خشک شدن گیاه در طی رشد گیاه است. در مراحل اول رسیدگی گیاه میزان مقاومت برشی بیشتر از مراحل بعدی است و مدول یانگ بصورت پیوسته تا مرحله نهایی برداشت افزایش میابد. حال آنکه مدول سختی وابسته به مرحله رسیدگی نیست (O'Dogherty et al., 1995).

در تحقیقی اثر رطوبت و ارتفاع برش در برش ضربه ای ساقه کلزا بررسی شد. نتایج نشان دادکه با کاهش رطوبت، میزان انرژی برشی کاهش میابد و به دلیل کاهش قطر ساقه در ارتفاع بالا، میزان انرژی مصرفی نیز کاهش میابد ولی اثر متقابل بین ارتفاع و رطوبت مشاهده نشد. (Azadbakht et al., 2015)

زاویه تیغه و صاف یا دندانه دار بودن آن بر میزان مقاومت برشی ساقه اثرگذار است. اسحاق‌بیگی و همکاران در سال ۲۰۰۹ در بررسی خواص برشی و خمشی ساقه گندم گزارش کردند که به ترتیب در زاویه صفر و ۱۵ و ۳۰ درجه، مقاومت برشی برابر ۹۲/۳، ۵۸/۳ و ۳۶/۳ مگاپاسکال میگردد و با استفاده از تیغه صاف میزان مقاومت برشی کمتر می‌شود (Esehaghbeygi et al. 2009).

مطالعه تاثیر زاویه تیغه و سرعت بارگزاری بر انرژی برشی مورد نیاز برای برش ساقه نشان داد که با افزایش سرعت energycane بارگزاری، میزان انرژی برشی افزایش میابد با این حال به منظور داشتن ظرفیت مزرعه ای مناسب برای دستگاه های برداشت نمی توان سرعت حرکت تیغه را بیش از حد کاهش داد (Mathanker et al., 2015).

تحقیقی دیگر روی خواص برشی چند نوع علف مشخص کرد که مقدار مقاومت و انرژی برشی، مستقل از سرعت بارگزاری و زاویه کجی تیغه است (McRandal and McNulty, 1980).

گله‌دار و همکاران در سال ۲۰۰۸ در مطالعه خواص مکانیکی یونجه گزارش کردند که با کاهش رطوبت از برپایه، انرژی برشی و مقاومت برشی به ترتیب ۳ و ۲ برابر کمتر می شود (Galedar et al. 2008)

در رطوبت ٪۱۰ مقدار متوسط مقاومت کششی، مقاومت خمشی، مدول یانگ، مقاومت پیچشی و مدول سختی بیشتر از رطوبت ٪۸۰ میباشد. برخی از پژوهشگران مقاومت خمشی آفتابگردان را به روش تیر یک سر درگیر به دست آوردند و گزارش کردند که با ویژه به تنش

افزایش رطوبت ساقه، میزان مقاومت خمشی کمتر شده و بیشترین مقاومت و انرژی برشی ویژه به ترتیب و 07/1 MPa گزارش شد 08/10 mJ mm-2 (Ince et al. 2005).

بررسی خواص مکانیکی ساقه کتان به منظور سرزنی آن نشان داد که در قسمتهای بالاتر گیاه (15-0 cm ارتفاع)
مقدار قطر، نیروی برشی، رطوبت، تنش برشی و انرژی برشی ویژه به ترتیب 4.94 MPa ، 72%، 73 N، 4.35 mm 0.069 mJ mm-2 می باشد.
در قسمت های پایین (۳۰-۱۵ cm ارتفاع) تر به ترتیب 4.65 MPa ، 64.8%، 121 N، 5.79 mm و 0.078 mJ mm-2 می باشد.
(Aydın and Arslan, 2018)

مطالعه ای در زمینه بررسی خواص مکانیکی و همچنین فرآیند برش جعفری مشاهده نشد. در این تحقیق فرآیند برش ساقه جعفری بررسی شده و اثر زاویه تیغه و نحوه چینش ساقه در زیر تیغه بر روی خواص مکانیکی، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج برای طراحی یک دستگاه برش سبزیجات استفاده شد.

مواد و روش ها

هدف از این تحقیق برآورد مقاومت برشی، انرژی برشی و بیشینه نیروی برشی ساقه جعفری و بررسی اثر زاویه تیغه و چیدمان ساقه ها روی آن ها می باشد. طرح آزمایشی فاکتوریل کاملا تصادفی برای بررسی اثر متغیرهای مستقل و اثرات متقابل آنها (جدول ۱) استفاده شد.

هر آزمون ۶ بار تکرار شد و داده ها با آزمون ANOVA در نرم افزار SPSSتحلیل شد.

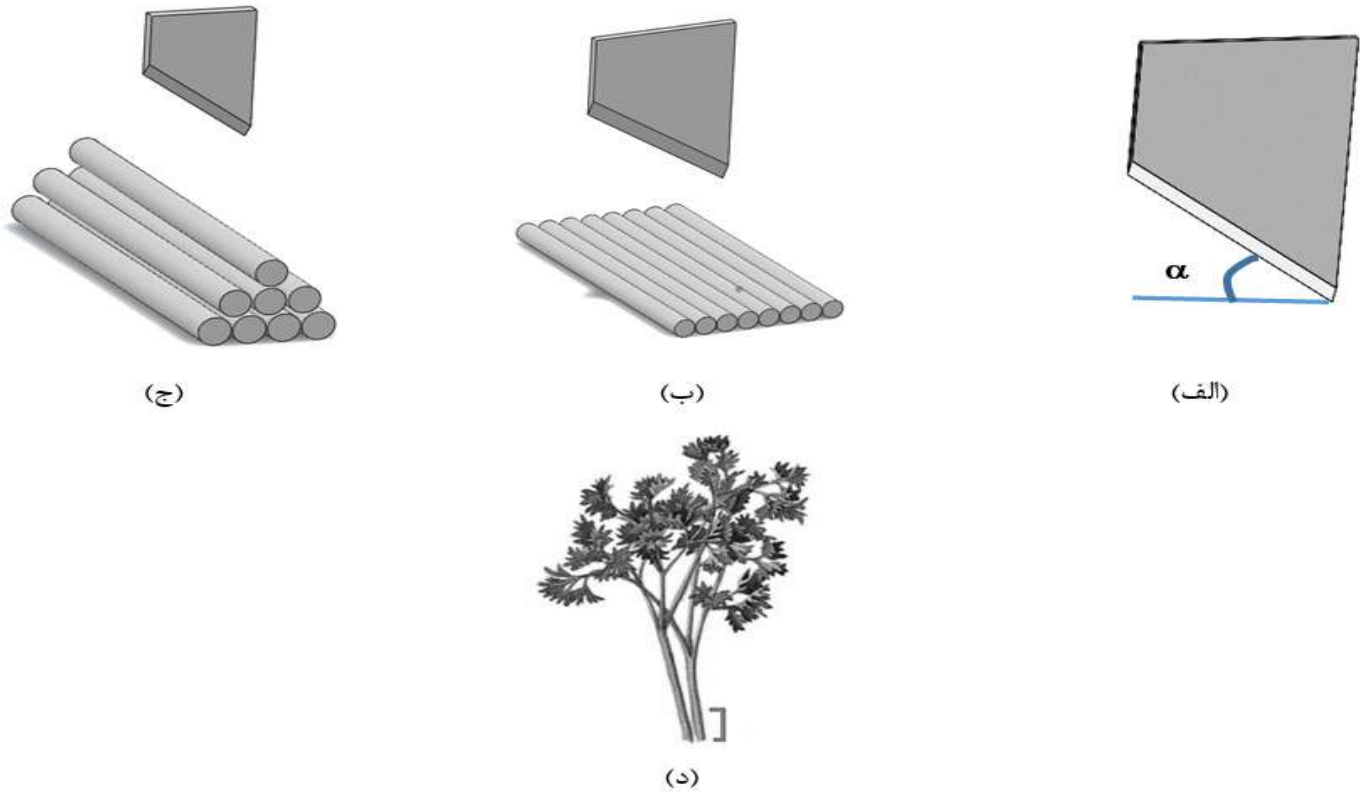
جدول1 : متغیرهای مستقل و وابسته مطالعه شده در تحقیق

متغیرهای مستقل	سطوح
زاویه تیغه	0 و 20 و 40 درجه
نوع قرار گیری ساقه‌ها	ردیفی و دسته‌ای
متغیرهای وابسته: مقاومت برشی و انرژی برشی ویژه	

مواد آزمایشی، جعفری تازه تجاری بود. پس از خریداری، قطر نمونه‌ها با استفاده از کولیس دیجیتالی (دقت ۰.۰۱ میلی متر) اندازه‌گیری شد. به دلیل اینکه ارتفاع برش بر خواص برشی اثرگذار است، تمامی آزمایش ها در بازه ۴ تا ۸ سانتی‌متری انجام گرفت (شکل ۱.) رطوبت اولیه ساقه‌ها با قرار دادن آن ها در دمای ۱۰۳ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت به دست آمد. جدول ۲ مقادیر میانگین دو ویژگی فیزیکی جعفری را نشان می دهد.

جدول 2: خواص فیزیکی ساقه های جعفری استفاده شده در تحقیق

ارتفاع برش	رطوبت ساقه (بر پایه تر)	قطر متوسط	مساحت سطح مقطع متوسط
4-8 cm	92%	4.1 mm	13.1 mm^2

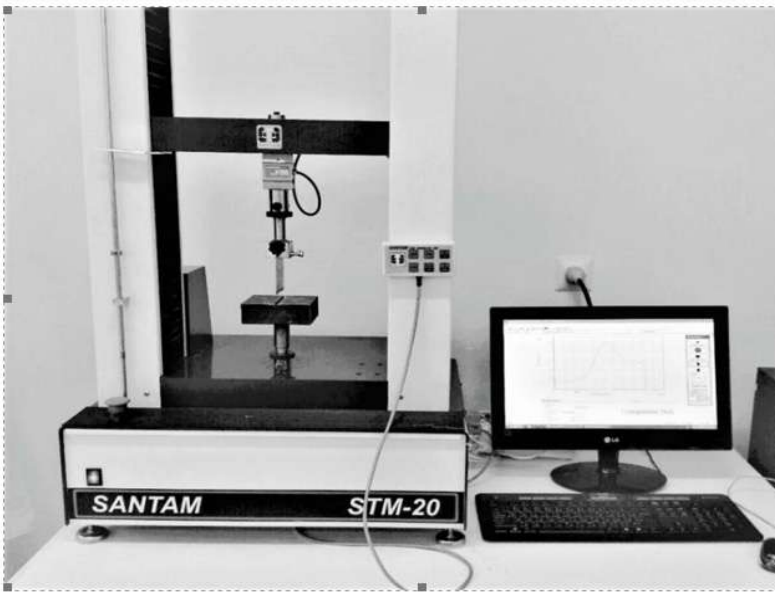


شکل-۱ الف) زاویه تیغه (۴۰و۲۰، ۰=) ب) چیدمان ردیفی ساقه ها جلوی تیغه
ج) چیدمان دسته ای و د) ارتفاع برش

تیغه های فولادی استفاده شده در تحقیق کاملا تیز شدند (۲۰ زاویه لبه) تا برش خالص صورت گرفته و از لهیدگی جلوگیری شود. به منظور بررسی اثر چیدمان، ۸ ساقه به دو صورت ردیفی و دسته ای زیر تیغه قرار داده شدند. (شکل ۱)

تست های برش توسط دستگاه آزمون مواد ساخت شرکت سنتام انجام شد. (شکل۲) (مدل STM 20)

و سرعت بارگذاری برابر mm min-1400 انتخاب شد. نیروی برشی توسط دستگاه آزمون مواد محاسبه شد و مقدار تنش برشی از معادله ۱ بدست آمد که در آن $F_{s\,max}$ نیروی برشی ماکزیمم و مساحت سطح مقطع نمونه است. انرژی برشی از محاسبه مساحت سطح زیر نمودار نیرو-جابجایی Aتا نقطه شکست حاصل شد (معادله ۲)



شکل -۲ دستگاه آزمون مواد استفاده شده در تحقیق

$$\tau_{max}=F_{s,max}/A \quad (1)$$

$$J=\int_0^{lt} F.dl=\sum_0^{lf}(l_{n+1}-l_n)(F_{n+1}+F_n)/2 \quad (2)$$

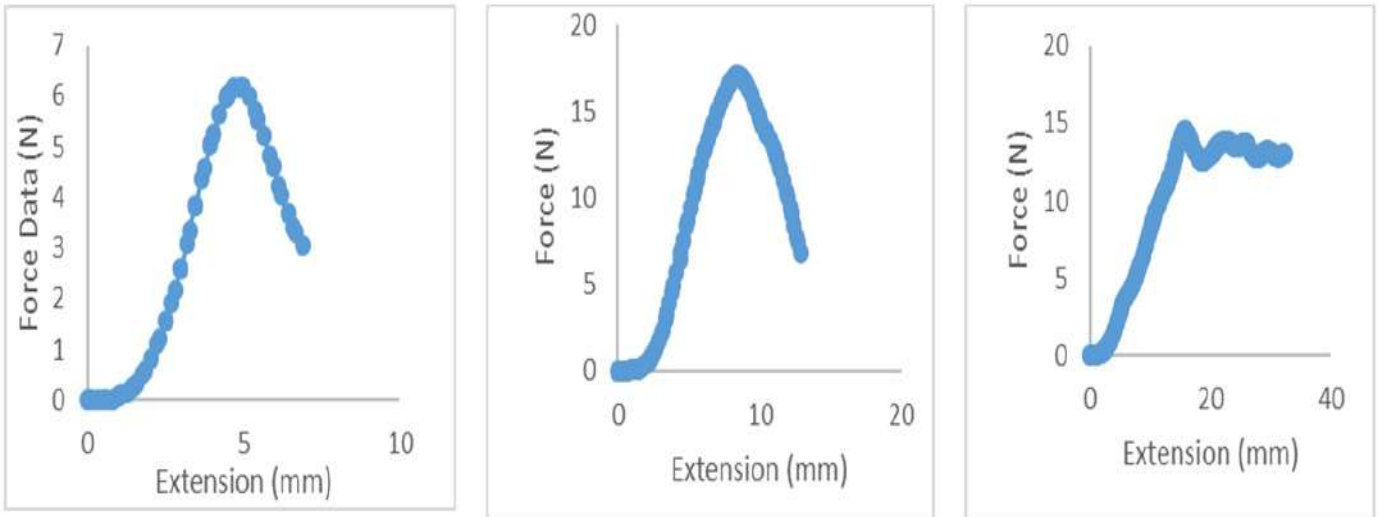
سطح مقطع A انرژی برشی و ES با استفاده از معادله ۳ بدست آمد که در آن (ESC) انرژی برش ویژه .نمونه است

$$E_{sc}=E_s/A \quad (3)$$

نتایج و بحث

خواص مکانیکی

منحنی نیرو تغییر شکل در شکل ۳ آورده شده است. با افزایش حرکت تیغه و گذشتن آن از سطح مقطع ساقه، نیروی برشی مورد نیاز افزایش می‌یابد. به دلیل اینکه سرعت بارگزاری زیاد است نقطه تسلیم بیولوژیک که در آن برش بدون افزایش قابل ملاحظه نیرو صورت می‌گیرد مشاهده نشد. بعد از رسیدن نیرو به مقدار ماکزیمم، نیرو شروع به کاهش می‌کند زیرا در این نقطه نصف یا بیشتر ساقه بریده شده است (سطح مقابل لبه تیغه کاهش می یابد). بعد از برش کامل و گذشتن تیغه از ساقه، نیرو به صفر می‌رسد. استفاده از تیغه با زاویه ۴۰ درجه باعث شده است که نمودار نیرو تغییر شکل کشیده‌تر شود. مقدار جابجایی مورد نیاز برای برش کامل افزایش یافته ولی بیشینه نیروی برشی نسبت به چیدمان دسته‌ای کمتر می‌شود



الف) 15 ساقه و زاویه 40 درجه تیغه ب) 8 ساقه و زاویه 20 درجه تیغه ج) 1 ساقه و زاویه صفر درجه تیغه

شکل ۳: جابجایی نیروی معمولی برای برش ساقه های جعفری در زوایای تیغه، آرایش ساقه و تعداد ساقه های مختلف

اثر زاویه تیغه

استفاده از تیغه با زاویه برشی بزرگتر باعث می‌شود که ساقه ها به طور همزمان برش نخورند و سطح تماس ساقه مقابل لبه تیغه بیشتر باشد. به همین جهت بیشینه نیروی برشی ماکزیمم کمتر میشود و درنتیجه مقاومت برشی نیز کاهش یابد. با افزایش زاویه برش از صفر به ۴۰ درجه، مقدار متوسط مقاومت برشی کمتر می‌شود. بیشترین مقدار مقاومت برشی مربوط به برش ۱ ساقه در زاویه صفر درجه می باشد. نتایج این تحقیق همسو با نتایج اسحاق‌بیگی و همکاران (Esehaghbeygi et al. 2009) است که گزارش کردند در زوایای ۳۰ و ۱۵ و صفر درجه، مقاومت برشی ساقه گندم برابر ۳.۳۶، ۳.۵۸ و ۳.۹۲ مگاپاسکال میگردد. گروهی دیگر از پژوهشگران گزارش کردند که با افزایش زاویه تیغه انرژی برزی کمتر می شود (Mathanker et al. 2015).

اثر تعداد و چیدمان ساقه ها

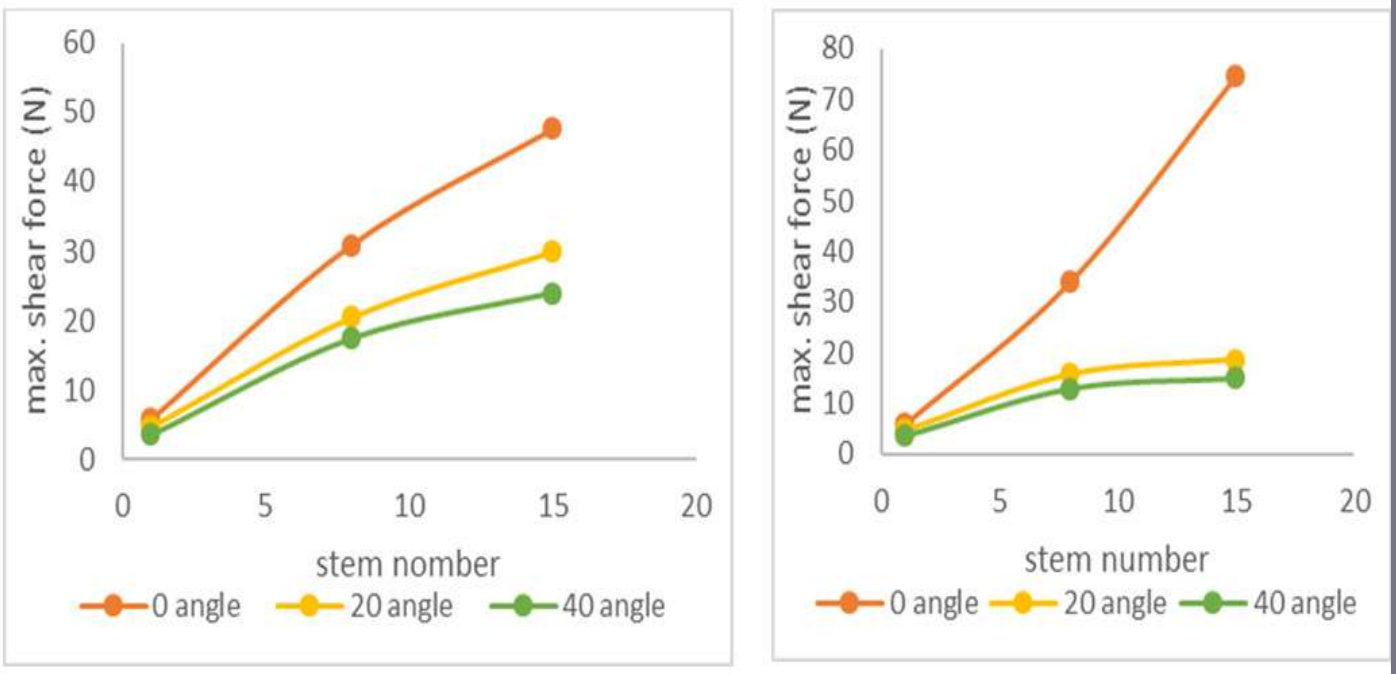
در برش چند ساقه، ساقه‌ها به طور همزمان برش نمی‌خورند. در نتیجه در برش یک ساقه انرژی برشی ویژه بیشتری نسبت به چند ساقه نیاز است. در زاویه صفر درجه نیروی برشی ماکزیمم و مقاومت برشی متوسط برای برش ۸ ساقه با چیدمان دسته‌ای به ترتیب برابر با 0.69 Mpa و 30.98 N بود که با تغییر زاویه به ۲۰ درجه 20.53 N و 0.51 Mpa گردید و در زاویه ۴۰ درجه به 0.4 Mpa، 17.43 N رسید. یور و همکاران (۲۰۰۰) نیز گزارش کردند که در برش چند ساقه‌ای انرژی برشی به ازای یک ساقه گندم بیشتر از انرژی لازم برای برش تکی آن است (Yore et al. 2000).

جدول-۳ خواص برشی ساقه جعفری به ازای زاویه برش و تعداد ساقه در چیدمان ردیفی

Stems Number	1			8			15		
angle	0	20	40	0	20	40	0	20	40
Shear stress (Mpa)	.82	0.74	0.66	0.79	0.39	0.30	0.92	0.25	0.20
Energy (mj/mm²)	2.65	2.41	2.38	2.04	2.32	2.47	2.67	2.19	2.08

جدول-۴ خواص برشی ساقه جعفری به ازای زاویه برش و تعداد ساقه در چیدمان دسته ای

Stems Number	1			8			15		
angle	0	20	40	0	20	40	0	20	40
Shear stress (Mpa)	.82	0.74	0.66	0.69	0.51	0.40	0.59	0.40	0.32
Energy (mj/mm²)	2.65	2.41	2.38	3.53	2.69	2.10	3.36	2.58	2.08



(ب) (الف)

شکل -۴نمودار تغییرات نیروی برشی ماکزیمم در زاویه های برش صفر ،۲۰ و۴۰ برای ۱ ،۸ و ۱۵ ساقه در چیدمان ردیفی (الف) و دسته‌ای (ب)

بطور کلی با افزایش زاویه برش مقدار انرژی برشی کمتر می‌شود به طوری که کمترین انرژی برشی مربوط به زاویه ۴۰ درجه می‌باشد که دلیل این امر کاهش شدید نیروی برشی در زاویه‌های بالا می‌باشد (شکل۴). جانسون و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که با افزایش زاویه برش از صفر به ۶۰ درجه مقدار انرژی لازم برای برش ساقه Miscanthus x giganteus از مقدار۱۰.۱ J به ۷.۶ Jکاهش می یابد (Johnson et al 2012).

بعضی دیگر از پژوهشگران در سال ۲۰۱۵ نیز گزارش کردند که با افزایش زاویه تیغه مقدار انرزی برشی کاهش می‌یابد (Mathanker et al 2015).

در چیدمان دسته‌ای، انرژی برش نسبت به حالت ردیفی بیشتر است. مقدار انرژی برشی و انرژی برش ویژه برای برش یک ساقه در زاویه صفر درجه تیغه برابر 18.7 J و2.65 mJ/mm2شد.

عده دیگری از پژوهشگران گزارش کردند که با افزایش سرعت بارگذاری از ۱۰ به ۱۰۰ mm/minمقدار انرژی 12.2-34.1 mJ/mm2کاهش می یابد. (Chattopadhyay and Pandey 1999).

نتیجه گیری

در این تحقیق خواص برشی ساقه جعفری بررسی شد و نتایج نشان داد که زاویه تیغه وتعداد ساقه اثر معناداری بر میزان مقاومت و انرژی برشی داشت. بیشترین مقاومت و انرژی برشی در زاویه برش صفر درجه و برای برش ساقه تک بدست آمد. نتایج نشان می دهد زاویه تیغه باعث کاهش نیروی برشی ماکزیمم می‌شود که نهایتا به کاهش مقاومت برشی منجر می‌گردد. بیشتر بودن انرژی برش برای زاویه ۴۰ درجه به این دلیل است که در زاویه‌های بیشتر میزان جابجایی بیشتری نیاز است و به عبارتی نمودار نیرو-جابجایی کشیده تر می‌شود

منابع

Annoussamy, M., Richard, G., Recous, S., & Guerif, J. (2000). Change in mechanical properties of wheat straw due to decomposition and moisture. Applied Engineering in Agriculture, 16(6), 657.

Aydın, İ., & Arslan, S. (2018). Mechanical properties of cotton shoots for topping. Industrial Crops and Products, 112, 396-401.

Azadbakht, M., Esmaeilzadeh, E., & Esmaeili-Shayan, M. (2015). Energy consumption during impact cutting of canola stalk as a function of moisture content and cutting height. Journal of the Sau
di Society of Agricultural Sciences, 14(2), 147-152.

Chattopadhyay, P. S., & Pandey, K. P. (1999). Mechanical properties of sorghum stalk in relation to quasi-static deformation. Journal of Agricultural Engineering Research, 73(2), 199-206

Esehaghbeygi, A., Hoseinzadeh, B., Khazaei, M., & Masoumi, A. (2009). Bending and shearing properties of wheat stem of alvand variety. World Applied Sciences Journal, 6(8), 1028-1032.