مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۷ / شماره ۲۹/ زمستان ۱۳۸۵/ ص ۵۸-۴۷

ارزیابی عملکرد دستگاه ساقه‌کن پنبه

محمدرضا مستوفی سرکاری، پیام ملکی تبریز و سعید مینائی *

* به ترتیب عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، نشانی: کرج، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ص. پ. ۸۴۵-۳۱۵۸۵، تلفن: ۲۷۰۵۳۲۰ (۰۲۶۱)، پیام نگار: mostofi80@yahoo.co.uk، کارشناس ارشد مکانیک طراحی جامدات و دانشیار گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت مقاله: ۸۴/۵/۱ ؛ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۵/۴/۲۴

چکیده

در ایران سطح نسبتاً وسیعی از زمین‌های کشاورزی به کشت پنبه اختصاص دارد. پس از برداشت محصول، ساقه‌های باقیمانده در زمین، موجب می‌شود عملیات کاشت محصول بعدی (گندم، چغندرقند، ذرت ...) دشوار شود. در این طرح، پس از بررسی روش‌های مختلف ارائه شده، روشی انتخاب شده است که برای بیرون کشیدن ساقه از دو دیسک استفاده شود. این دو دیسک در مقابل یکدیگر با زاویهٔ تمایل و همپوشانی مناسب قرار گرفته‌اند در حالی‌که به کل مجموعه نیز زاویهٔ حمله داده می‌شود. در ابتدا با آزمایش‌های مزرعه‌ای، مشخصات مورد نیاز مزرعه و ساقه تعیین شده است. با توجه به این مشخصات و محاسبات تئوری (استفاده از فرمول‌های طراحی) و نرم افزاری (استفاده از نرم‌افزار Mechanical Desktop)، مقادیر تقریبی مناسب برای زاویهٔ تمایل در محدوده ۲۵ تا ۳۵ درجه، برای زاویهٔ حمله در محدوده ۱۷ تا ۲۷ درجه و برای فاصلهٔ همپوشانی دیسک‌ها در محدوده ۲۵ تا ۵۵ میلی‌متر به دست آمده است. دستگاه به گونه‌ای طراحی شده است که امکان تغییر این پارامترها را در محدوده مورد نظر به صورتی ساده فراهم سازد. این طراحی در سه قسمت انجام گرفته است. ابتدا مجموعه‌ای برای ثابت کردن دیسک (مجموعه دیسک)، سپس مجموعه‌ای برای اتصال دیسک به شاسی (مجموعهٔ محور) و مجموعه شاسی طراحی شده است. مجموعه شاسی، کل ماشین را به سه نقطهٔ اتصال تراکتور متصل می‌کند. پس از تکمیل طراحی، عملکرد دستگاه ساخته شده ارزیابی شد. در ارزیابی عملکرد مزرعه‌ای ماشین تاثیر تیمارهای زاویهٔ تمایل، زاویهٔ حمله و همپوشانی (هر یک در سه سطح) بر بازده ماشین- مشتمل بر درصد ساقه‌ها و ریشه‌های برداشت شده، درصد ساقه‌های بریده شده، یکنواختی برداشت و نحوهٔ آماده کردن زمین برای کشت بعدی بررسی شد. در مزرعه مورد آزمون، رطوبت خاک ۸ (بر پایهٔ خشک) درصد و شاخص مقاومت به نفوذ در خاک ۱/۵۵ مگاپاسکال بوده است. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان می‌دهد که بهترین عملکرد مربوط به این تیمارها بوده است: زاویهٔ تمایل ۳۰ درجه با بازدهی ۹۵/۴ درصد و زاویهٔ حمله ۱۷ درجه با بازدهی ۹۴/۹ درصد و از نظر همپوشانی دیسک‌ها، فاصلهٔ همپوشانی ۲۵ میلی‌متر با بازدهی ۹۴/۱ درصد که بیشترین درصد ساقه‌های برداشت شده را به خود اختصاص می‌دهند و می‌توانند به عنوان مشخصات فنی دستگاه در تولید نیمه‌صنعتی استفاده شوند.

واژه‌های کلیدی

ارزیابی، پنبه، ساقه‌کن، طراحی، عملکرد ماشین

© 2010,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمه

سطح زیر کشت پنبه در ایران بالغ بر ۱۵۱۰۰۰ هکتار است که حدود ۵۸ درصد آن در استان‌های گلستان و خراسان، ۲۴ درصد در استان‌های اردبیل، قم و فارس و ۱۸ درصد بقیه در سایر مناطق کشور پراکنده است (Anon, 2002). پس از برداشت وش پنبه در ماه‌های مهر و آبان، ساقه‌ها روی زمین باقی می‌مانند. این ساقه‌ها در کاشت محصول بعدی مزاحمت ایجاد می‌کنند و قبل از کاشت محصول فصل بعد، باید به نوعی از بین بروند. در روش معمول، ساقه‌ها بریده و ریشهٔ آنها با شخمی عمیق بیرون کشیده می‌شود و با پیشروی تراکتور ریشه به زیر خاک می‌رود (Kohel *et al*., 1995). با سپری شدن زمستان ریشه‌ها می‌پوسند و این بقایا به خاک برمی‌گردند. معایب روش معمول، صرف هزینه و زمان زیاد برای اجرای شخم عمیق، از بین بردن فعالیت میکروب‌ها و کرم‌های مفید خاک، پخش کربن خاک به فضا و تبخیر آب سطحی مزرعه در اثر به هم زدن خاک است (Bradford *et al*., 1997). در صورت بیرون نکشیدن به موقع ریشه‌ها، آفت‌ها که از این طریق در سرمای زمستان زنده مانده‌اند، به سال بعد انتقال می‌یابند (Kohel *et al*., 1995).

از سوی دیگر، با توجه به جنس مناسب ساقه‌ها، موارد استفاده‌های مختلفی برای آنها وجود دارد. از جمله، می‌توان به کاربرد آنها در ساخت کاغذ و نئوپان اشاره کرد.

در این تحقیق به منظور رفع مشکلات مذکور، ماشینی برای بیرون کشیدن ساقه‌های پنبه طراحی و ساخته شده است. برای یافتن شرایط بهینهٔ کارکرد ماشین، پارامترهایی در ماشین متغیر گذاشته شده است. دامنهٔ این تغییرات با روش‌های تحلیلی تعیین شده است. با تغییر و تنظیم پارامترها در دامنهٔ تعیین شده، ترکیب بهینه برای دست یافتن به بیشترین بازدهی ماشین میسر خواهد بود.

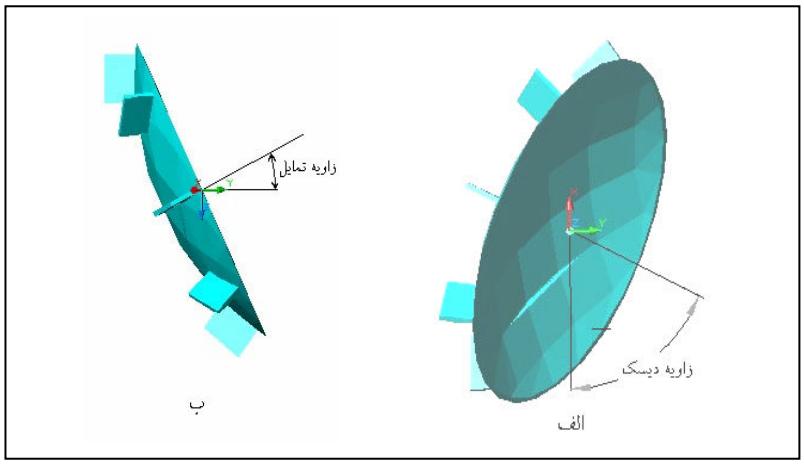
به منظور بیرون کشیدن ساقه‌های پنبه به طور کلی سه روش وجود دارد. روش اول (Bezzerides, 1978 و Stikeleather *et al*., 1982)، روش شخم مزرعه است که قبلا توضیح داده شد و در ایران معمول است. روش دوم برش ریشه از زیر خاک در عمق مناسب و بیرون کشیدن باقی ریشه با اعمال نیروی افقی به ساقه است که اورتمان (Orthman, 1986) از این روش استفاده کرده است. تکر (Thacker *et al*., 1994) ترکیبی از روش‌های اول و دوم را به کار برد که در نهایت با این روش ساقه کلاً در زیر خاک دفن می‌شود. روش سوم، هدایت ساقه به فضای بین دو استوانه دوار مماس بر یکدیگر است که به این ترتیب در اثر دوران استوانه‌ها، ساقه به همراه ریشه بیرون کشیده می‌شود. استوانه‌های مذکور در بعضی از طرح‌های موجود، تایرهای لاستیکی (Borchard, 2001; Hobbs, 1999; Lubetzky, 1988; Mansur, 1999) و در بعضی دیگر استوانه‌های فلزی آجدار (Borchard, 2001; Rouzi, 1995) هستند. بورچارد از ترکیب این روش با روش دوم استفاده کرده است. روش سوم، هدایت ساقه به فضای بین دو دیسک است که روبه‌روی هم، با زاویهٔ تمایل و همپوشانی معین در خاک قرار می‌گیرند. پس از درگیر شدن ریشه با دیسک‌ها، با توجه به دوران دیسک‌ها و زاویهٔ حمله داده شده به مجموعه، ریشه بالا کشیده می‌شود و به این ترتیب کل ساقه از خاک در می‌آید (Loyd, 1996).

در این تحقیق سه عامل در روش انتخاب شده موثر بوده است. اول سرعت کار ماشین و به عبارتی نیروی کششی مورد نیاز یا بیشینه عرض کار ممکن است. دوم سادگی طرح است که در قیمت تمام شده اثر می‌گذارد و سومین عامل، خاک‌ورزی نواری در حد مورد نیاز است. اجرای این مرحله از خاک‌ورزی در حین بیرون کشیدن ساقه‌ها، باعث کاهش در مصرف سوخت، زمان و فشردگی خاک خواهد شد.

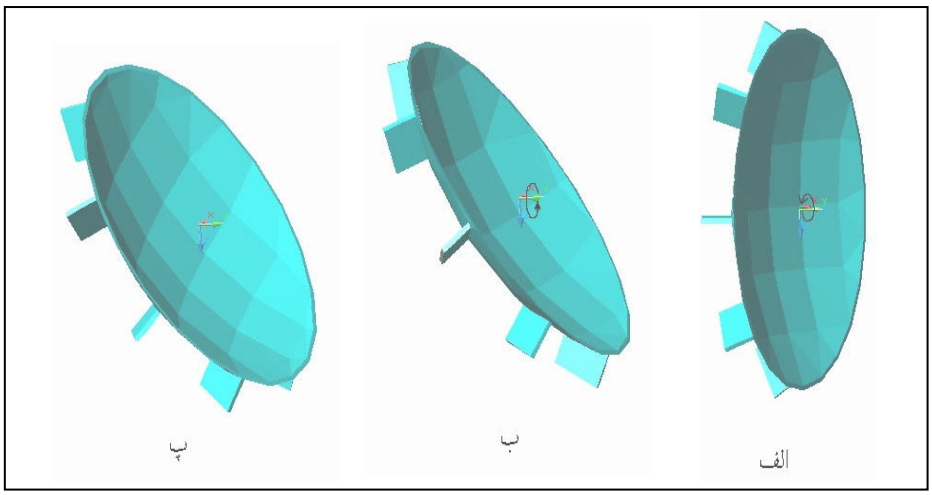
بنابراین با توجه به سه عامل بالا، استفاده از دیسک به عنوان روش مناسب انتخاب شده است. سرعت ماشین در این روش ۲۴-۱۶ یا به طور متوسط ۱۷ کیلومتر بر ساعت است که برای ماشین چهار ردیفه، سرعتی مناسب به شمار می‌آید (Stikeleather *et al*., 1982).

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، دستگاه طراحی و ساخته شده در این تحقیق متشکل از دو دیسک است که با زاویهٔ تمایل و همپوشانی خاصی رو به روی یکدیگر قرار می‌گیرند، در حالی‌که به کل مجموعه زاویه حمله‌ای داده می‌شود. فاصلهٔ بین دیسک‌ها در نزدیکترین نقطه نسبت به یکدیگر، که به آن نقطهٔ درگیری میانی گفته می‌شود، باید حداکثر برابر با بیشینه قطر ساقه باشد که نسبت به واریته‌های مختلف پنبه با قطرهای متفاوت ساقه قابل تنظیم است. در پشت دیسک‌ها در فاصلهٔ محیطی مناسب، پره‌هایی جوش می‌شوند که درگیری دیسک و خاک را افزایش می‌دهند و به این ترتیب دیسک‌ها حتی در شرایط بیرون کشیدن ساقه از خاک هم، به چرخش خود ادامه می‌دهند (شکل‌های ۱ و ۲).



شکل ۱- الف: زاویهٔ دیسک درنمای بالای دیسک، ب: زاویهٔ تمایل در نمای جانبی دیسک



شکل ۲- الف: دوران دیسک با جهت‌گیری اولیه حول X به اندازهٔ زاویهٔ تمایل، ب : دوران دیسک در جهت جدید حول Y به اندازهٔ زاویهٔ حمله، پ: جهت‌گیری نهایی دیسک

پارامترهای اصلی مؤثر در عملکرد دستگاه، زاویه‌های تمایل و حمله، میزان همپوشانی، قطر دیسک و فاصلهٔ پره‌ها از محیط بیرونی هستند. از میان این پارامترها، سطح همپوشانی و زاویه‌های تمایل و حمله با توجه به اهمیت آنها به عنوان عامل‌های آزمون انتخاب می‌شوند. بنابراین بزرگ‌ترین دیسک موجود در کشور (مطابق استاندارد ISO5679 نوع B3) با شعاع ۶۵۰ میلی‌متر انتخاب شده است.

عمق خاک‌ورزی سطحی با توجه به عمق کاشت پنبه، ۶۰ میلی‌متر در نظر گرفته شده است که با توجه به این موضوع، فاصلهٔ پره‌ها از محیط بیرونی دیسک تعیین می‌شود. با جوش پره‌ها در فاصلهٔ ۱۰۰ میلی‌متر از محیط دیسک و با فرض این که عمق نفوذ دیسک‌ها تا پای پره باشد، عمق نفوذ در زاویهٔ تمایل ۲۵ و ۳۵ درجه، به ترتیب ۵۱ و ۶۷ میلی‌متر خواهد بود.

به منظور تعیین محدودهٔ تغییرات پارامترهای منتخب در حین آزمون، به بررسی اثر تغییر آنها بر عملکرد پرداخته شد. عملکرد ماشین خود تابعی از میزان عمق نفوذ دیسک، عرض ورودی دیسک، میزان بالا کشیدن ساقه، طول منطقهٔ درگیری ساقه و دیسک و شرایط منطقهٔ درگیری است. چگونگی اثر پارامترهای منتخب بر این عوامل به ترتیب زیر بررسی می‌شود.

اولین عامل در محدود کردن دامنهٔ تغییرات زاویهٔ تمایل، مماس شدن زیر کره دیسک با خاک است که در این صورت عمق نفوذ دیسک به شدت کاهش می‌یابد. لذا محدودهٔ تغییرات اولیه زاویهٔ تمایل بین صفر و ۵۵ درجه تعیین شد. پس از آن، با توجه به شرایط منطقه درگیری، محدودهٔ مناسب زاویهٔ حمله تعیین شد. حداقل زاویهٔ حملهٔ مجاز مقداری است که نقطهٔ درگیری اولیه را در پشت پایین‌ترین نقطه دیسک‌ها قرار دهد. به این ترتیب، ریشه در تمام طول مسیر به بالا کشیده می‌شود. با تغییر زاویهٔ تمایل بین ۵ تا ۵۵ درجه، با فواصل ۱۰ درجه، میزان حداقل زاویهٔ حمله مناسب در هر گام یافته شده است. حداکثر زاویهٔ حمله مجاز از آنجا به دست می‌آید که منطقهٔ درگیری باید در زیر خاک باقی بماند در حالی که افزایش زاویهٔ حمله آن را به بیرون انتقال می‌دهد. بیرون کشیدن ساقه‌ها عمدتاً در نیمه اول درگیری (از نقطه ابتدایی درگیری تا نقطه درگیری میانی) پایان می‌یابد، از این رو شرط به این صورت تکمیل می‌شود که نقطه درگیری میانی باید در زیر خاک بماند. با توجه به این شرط، بیشینهٔ زاویه حملهٔ مجاز محاسبه می‌شود.

با توجه به ناممکن بودن محاسبهٔ عمق نفوذ دیسک پره‌دار، عمق نفوذ دیسک‌ها بدون در نظر گرفتن پره‌ها محاسبه شده است. همان طور که ذکر شد، عمق نفوذ مطلوب ۶۰ میلی‌متر است که به کمک پره‌ها تقریباً در این محدوده باقی می‌ماند. برای تحقق این امر، دیسک‌ها بدون پره نیز باید حداقل میزان عمق نفوذی برابر با ۶۰ میلی‌متر داشته باشند. با افزایش عمق نفوذ دیسک‌ها، باز هم پره‌ها مانع نفوذ خواهند شد و به این ترتیب این افزایش، فقط فشار وارد بر پره‌ها و در نتیجه درگیری دیسک با خاک را افزایش می‌دهد. حداکثر عمق نفوذ مطلوب دیسک بدون پره، برابر با عمق مؤثر ریشه (یعنی ۱۵۰ میلی‌متر) تعیین شده است. با داشتن محدودهٔ مناسب عمق نفوذ بین ۶۰ تا ۱۵۰ میلی‌متر، دامنهٔ زاویهٔ حمله مجاز در هر زاویهٔ تمایل محدودتر خواهد شد.

پس از این مرحله، به بررسی عرض ورودی و ارتفاع بالا کشیدن ساقه پرداخته شده است. در این بررسی ها مشخص شد که با افزایش زاویهٔ تمایل، عرض ورودی افزایش و ارتفاع بالا کشیدن کاهش می‌یابد. لذا از میان زاویه‌های منتخب، زاویه‌های تمایل ۱۵ و ۴۵ درجه حذف و ۲۵ و ۳۵ درجه به عنوان زوایای تمایل مطلوب انتخاب شده‌اند؛ در بین این دو سطح، زاویهٔ حمله مجاز بین ۲۰ تا ۲۷ درجه متغیر است که برای تطابق با زاویهٔ پیشنهادی لوید سه سطح ۱۷، ۲۲ و ۲۷

درجه انتخاب شده‌اند (Stikeleather *et al*., 1982). سطوح همپوشانی با توجه به فاصلهٔ ۱۰۰ میلی‌متر نفوذ دیسک در خاک، برابر با ۲۵، ۴۰ و ۵۵ میلی‌متر انتخاب شد. سطح ۲۵ میلی‌متر با سطح پیشنهادی لوید مطابقت دارد و مبنای انتخاب دیگر سطوح متوسط قطر ساقه است.

سازهٔ دستگاهی که باید امکان این تغییرات را بدهد این گونه طراحی شده است: دیسک‌ها از طریق چهار سوراخ روی خود، به فلنج بسته می‌شوند در حالی که در پشت آنها پره‌هایی برای درگیری بیشتر دیسک با خاک جوش داده شده‌اند. فلنج از طریق محوری که در سوراخ وسط آن می‌چرخد با بقیهٔ مجموعه ارتباط می‌یابد. محور روی دو بلبرینگ سوار است که در داخل لوله‌ای جای می‌گیرند. رینگ خارجی بلبرینگ جلو، با پیچی فشرده می‌شود. درون این پیچ شیاری برای آب‌بند تراشیده شده است تا مانع نفوذ خاک به درون مجموعه شود. لوله با جوش به تیر میانی متصل و تیر میانی از بالا روی تیر افقی شاسی بسته می‌شود. به این منظور، از دو پیچ در بالای شاسی و دو پیچ در پایین استفاده شده است. دو پیچ بالا با تکیه بر شاسی طوری به تیر میانی زاویه می‌دهند که زوایه‌های تمایل مورد نظر تامین شوند. شاسی با سه نقطهٔ اتصال به تراکتور بسته می‌شود، بنابراین با باز یا جمع کردن ساق وسط می‌توان زاویهٔ حمله را تنظیم کرد. در وسط تیر میانی، پیچی تمام رزوه از دو سوراخ تعبیه شده در دو تیر چپ و راست رد و با چهار مهره بسته می‌شود. بدین ترتیب نمونهٔ ماشین یک ردیفه ساقه کن ساخته و با اتصال سه نقطه به تراکتور وصل شد که در شکل ۳ نشان داده شده است.

شکل ۳- نمونه ماشین یک ردیفه ساقه‌کن پنبه

آزمون و ارزیابی ماشین با اجرای طرح آزمایشی کرت‌های دو بار خرد شده در سه تکرار انجام شد. اندازهٔ پلات‌ها ضریبی از عرض ماشین در طول ۲۰ متر بود، فاصلهٔ بین پلات‌ها دو متر در نظر گرفته شد و سه تکرار در یک راستا انجام گردید. بنابراین، هر فاکتور در زمینی به ابعاد ۳/۲۰ ×۶۰ متر مربع آزمایش و ارزیابی شد.

تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از:

T= زاویهٔ تمایل در سه سطح ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه؛ R= زاویهٔ حمله در سه سطح ۱۷، ۲۲ و ۲۷ درجه؛ و C= همپوشانی در سه سطح ۲۵، ۴۰ و ۵۵ میلی‌متر

پارامترهای زیر به هنگام آزمون اندازه‌گیری شد:

رطوبت خاک- به منظور تشریح وضعیت ساقه‌ها در حین برداشت، رطوبت خاک در سه نمونه در هر پلات اندازه‌گیری و میانگین رطوبت محاسبه شده در تحلیل نتایج و عملکرد موثر ماشین استفاده شد. میانگین رطوبت خاک در این مزرعه ۸ درصد بر پایهٔ وزن خشک خاک به دست آمده است.

مقاومت به نفوذ (CI)- به منظور اندازه‌گیری نیروی مقاومت خاک به نفوذ، از دستگاه پنترولاگر مدل ایکل‌کمپ

استفاده شد. این پارامتر نشان‌دهندهٔ نیروی لازم برای بالا کشیدن ساقه و ریشه از زمین و در خاک‌های رسی مقدار این نیرو زیاد و در خاک‌های شنی کمتر است. همچنین، با استفاده از این پارامتر میزان همپوشانی دیسک‌ها تعیین شد. تعداد ده عدد نفوذ به صورت زیگزاک در روی پشته‌ها در داخل هر پلات در محدوده عمق ۳۱-۰ سانتی‌متر انجام شد. نتیجه نهایی میانگین نیروی مقاومت به نفوذ برابر با ۱/۵۵ مگاپاسکال به دست آمد.

سرعت پیشروی- در هر تکرار سرعت حرکت ماشین اندازه‌گیری شد و میانگین سرعت آن ۰/۹۶ متر بر ثانیه به دست آمد.

درصد ساقه‌های برداشت شده- به منظور محاسبه این شاخص، از رابطهٔ زیر استفاده شد:

$$HS = 100 - RS - LS \qquad (۱)$$

که در آن، RS = درصد ساقه‌ها و ریشه‌های مانده؛ و LS = درصد ساقه‌های شل شده

یکنواختی برداشت- فاصله بین ردیف‌ها برای کشت پنبه در منطقه ورامین بین ۸۰۰ تا ۸۵۰ میلی‌متر است. با در نظر گرفتن قرارگیری واحد برداشت ساقه روی هر پشته و قرارگیری چرخ‌های تراکتور در شیار، در صورت کاشت دقیق با ردیفکار، یکنواختی قابل قبولی در برداشت ساقه‌ها به دست خواهد آمد وگرنه در مراحل کاشت باید دقت شود تا در مرحله برداشت مشکلی از این نظر به وجود نیاید.

نحوهٔ آماده کردن زمین برای کشت محصول بعد

لازم است یادآوری شود که در تناوب پنبه- گندم- پنبه ضرورت دارد زمین برای کشت گندم به شکلی مناسب آماده شود ولی در تناوب پنبه - چغندر قند- پنبه یا در تناوب پنبه- ذرت- پنبه یا هر محصول ردیفی دیگر، با اجرای این عملیات نیازی به تهیهٔ مجدد زمین نیست یعنی زمین برای کشت محصول بعد آماده هست. در این روش آماده‌سازی، خاک‌ورزی نواری صورت می‌گیرد و در ناحیهٔ قرارگیری بذر روی پشته زمین کاملا آماده است و می‌توان با ردیفکار بذرکاری کرد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از اجرای طرح آزمایشی که با نرم‌افزار SPSS انجام گرفت نشان می‌دهد که برای فاکتور زاویهٔ تمایل سطوح ۱، ۲ و۳ به ترتیب بیانگر زوایای ۳۰،۲۵ و ۳۵ درجه است. این سطوح برای فاکتور زاویه حمله به ترتیب معرف ۱۷، ۲۲ و ۲۷ درجه و برای فاکتور همپوشانی، معادل ۲۵، ۴۰ و ۵۵ میلی‌متر است. نتایج آنالیز واریانس تجزیه مرکب داده‌های دو سال (ANOVA) در جدول ۱ ارائه شده است.

با استفاده از آزمون F از جدول آنالیز واریانس مرکب دو ساله نتیجه گرفته می‌شود که اثر زاویهٔ تمایل، اثر متقابل زاویهٔ تمایل و سال و اثر متقابل زاویه‌های تمایل و حمله معنی‌دار است (جدول ۱).

مقایسهٔ میانگین درصد ساقه‌های برداشت شده در زوایای مختلف تمایل نشان می‌دهد که زاویهٔ تمایل ۳۰ درجه با ۹۵/۵ درصد بالاترین درصد ساقه‌های برداشت شده پنبه را داراست (جدول ۲).

مقایسهٔ میانگین درصد میزان برداشت ساقه در زوایای مختلف حمله نشان می‌دهد که بین سطوح مختلف تیمار اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و در محدوده ۹۲/۶ تا ۹۴/۹ درصد متغیر است، ولی زاویهٔ حمله ۱۷ درجه با ۹۴/۹ درصد بالاترین درصد ساقه‌های برداشت شده پنبه را به خود اختصاص داده است.

جدول ۱- آنالیز واریانس مرکب بر اساس نتایج دو سال

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
سال	۱	۱۵/۳۸	۱۵/۳۸	۱/۸۰
خطای سال (a)	۴	۳۴/۱۴	۸/۵۳	
زاویهٔ تمایل	۲	۱۲۹/۲۸	۶۴/۶۴	۷/۱۶**
سال × زاویهٔ تمایل	۲	۱۱۴/۸۹	۵۷/۴۴	۶/۳۶*
خطای سال × زاویهٔ تمایل (b)	۷	۶۳/۱۷	۹/۰۲	
زاویهٔ حمله	۲	۴۹/۲۴	۲۴/۶۲	۲/۳۹ns
سال × زاویهٔ حمله	۲	۳/۰۲	۱/۵۱	۰/۱۵ns
زاویهٔ تمایل × زاویهٔ حمله	۴	۲۳۶/۸۹	۵۹/۲۲	۵/۷۵**
سال × زاویهٔ تمایل × زاویهٔ حمله	۴	۶۳/۶۷	۱۵/۹۲	۱/۵۵ns
خطای آزمایش (c)	۲۰	۲۰۶/۰۲	۱۰/۳۰	
جمع کل	۴۸	۸۴۴/۵۳		

*** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ns نبود اختلاف معنی‌دار، CV = 5.65**

جدول ۲- اثر زاویهٔ تمایل بر درصد ساقه‌های برداشت شده

زاویهٔ تمایل (درجه)	میانگین (درصد)
۲۵	۹۱/۹ b
۳۰	۹۵/۵ a
۳۵	۹۲/۹ ab

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۳- اثر متقابل زاویه‌های تمایل و حمله بر درصد ساقه‌های برداشت شده

زاویهٔ تمایل (درجه)	زاویهٔ حمله (درجه)		
	۱۷	۲۲	۲۷
۲۵	۹۱/۵c	۸۹/۳c	۹۴/۸b
۳۰	۹۷/۰a	۹۳/۳c	۹۶/۰b
۳۵	۹۵/۷b	۹۴/۵b	۸۸/۴c

در هر سطر و ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

اثر متقابل سطوح مختلف زاویه‌های تمایل و حمله بر درصد ساقه‌های برداشت شده نشان از برتری ترکیب T30R17 با ۹۷ درصد ساقه برداشت شده پنبه را دارد که به تنهایی در گروه a قرار گرفته است (جدول ۳) و نسبت به سایر ترکیب‌های تیماری افزایش معنی‌دار نشان می‌دهد.

جدول ٤- اثر متقابل سال و زاویهٔ تمایل بر میانگین درصد ساقه‌های برداشت شده

سال	زاویهٔ تمایل (درجه)		
	۲۵	۳۰	۳۵
۱	۹۴/۲a	۹۴/۵a	۹۲/۹a
۲	۸۸/۴b	۹۶/۴a	۹۲/۹a

در هر سطر و ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۵- اثر متقابل زاویه‌های تمایل و حمله بر میانگین درصد ساقه‌های برداشت شده بر اساس نتایج دو سال

سال	زاویهٔ تمایل (درجه)	زاویهٔ حمله (درجه)	میانگین (درصد)
۱	۲۵	۱۷	۹۴/۳c
		۲۲	۹۲/۸d
		۲۷	۹۵/۴b
	۳۰	۱۷	۹۶/۱b
		۲۲	۹۲/۸d
		۲۷	۹۴/۶c
	۳۵	۱۷	۹۶/۰b
		۲۲	۹۲/۶d
		۲۷	۹۰/۰e
۲	۲۵	۱۷	۸۷/۲e
		۲۲	۸۴/۱e
		۲۷	۹۳/۹c
	۳۰	۱۷	۹۸/۰a
		۲۲	۹۳/۹c
		۲۷	۹۷/۵a
	۳۵	۱۷	۹۵/۵b
		۲۲	۹۶/۳b
		۲۷	۸۶/۸e

در هرسطر و ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

آزمون F نشان می‌دهد که تأثیرات متقابل بین سال و زاویه تمایل و همچنین زاویهٔ تمایل و حمله معنی‌دار است (جدول ۱)، در حالی که اثر متقابل سه عامل سال، زاویهٔ تمایل و حمله نشان می‌دهد که اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف فوق وجود ندارد. بهترین ترکیب در سال اول با ۹۶/۱ درصد،

بالاترین درصد ساقه‌های برداشت شده از آن ترکیب T30R17 است. در سال دوم نیز این ترکیب با ۹۸ درصد بالاترین درصد ساقه‌های برداشت شده را به خود اختصاص داده است و با ترکیب T30R27 با ۹۷/۵ درصد در یک گروه قرار می‌گیرند و بقیهٔ ترکیبات در گروه‌های دیگر هستند (جدول‌های ۴ و ۵).

نتایج مقایسه میانگین به روش دانکن در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول ٦- جدول اثرات زاویه تمایل و حمله بر میانگین درصد ساقه‌های برداشت شده

زاویهٔ تمایل (درجه)	تعداد	میانگین (درصد)
۲۵	۱۵	۹۱/۹ b
۳۵	۱۷	۹۳/۴ ab
۳۰	۱۷	۹۵/۴ a
زاویهٔ حمله (درجه)	**تعداد**	**میانگین (درصد)**
۲۲	۱۷	۹۲/۶ a
۲۷	۱۵	۹۳/۴ a
۱۷	۱۷	۹۴/۹ a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

در پایان، میانگین‌ها با آزمون دانکن مقایسه شدند که نتایج نشان می‌دهد که زاویهٔ تمایل ۳۰ درجه با ۹۵/۴ درصد بالاترین درصد برداشت ساقه‌ها را در بر دارد و زاویهٔ تمایل ۱۷ درجه با ۹۴/۹ درصد بیشینهٔ درصد ساقه‌های برداشت شده را دارد.

نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های سال اول نشان می‌دهد که سطوح همپوشانی C۵۵ و C۲۵ دیسک‌ها در یک گروه قرار می‌گیرند. ولی در سطح همپوشانی C۵۵، در ترکیب‌های مختلفی از فاکتورها، پدیده قفل شدن دیسک‌ها مشاهده می‌شود، به این صورت که دیسک‌ها در حین حرکت دستگاه (به دلیل پر شدن خاک در بین آنها) از چرخش باز می‌ایستند و در این شرایط ساقه‌ها از خاک بیرون کشیده نمی‌شوند. دلیل این امر افزایش عمق نفوذ به علت تماس کمتر دیسک بالا با خاک و به تبع آن، زیاد شدن حجم خاک درگیر بین دو دیسک است. از طرف دیگر، در این سطح همپوشانی با افزایش زاویهٔ درگیری ساقه، ارتفاع تخلیهٔ خاک نیز بالاتر می‌رود. لذا از بین فاکتورهای همپوشانی، سطح C۲۵ مناسب‌ترین تیمار تشخیص داده شد که این نتیجه با منابع موجود (Anon, 1979) نیز هماهنگی دارد.

نتیجه‌گیری

بیشترین و کمترین درصد ساقه‌های برداشت شده به ترتیب ۹۸ و ۸۴/۱ درصد و میانگین آن ۹۱/۱ درصد است. با داشتن سطح همپوشانی ثابت دیسک‌ها (۲۵ میلی‌متر) و زاویه‌های حمله و تمایل انتخاب شده می‌توان به ترکیبی مناسب و با بیشترین درصد ساقه‌های برداشت شده و کمترین ساقه‌های به جا مانده یا بریده شده دست یافت و عملکرد ماشین را بالاتر برد. سطوح زاویه‌های تمایل و حمله با بیشترین درصد ساقه‌های برداشت شده به ترتیب ۳۰ و ۱۷ درجه انتخاب شدند. این زاویه‌ها به ترتیب

با ۹۵/۴ و ۹۴/۹ درصد بالاترین درصد برداشت ساقه‌های پنبه را به خود اختصاص دادند. اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف زاویه‌های تمایل ناشی از شرایط مزرعه از نظر رطوبت خاک، بافت خاک، عمق ریشه، قطر ریشه و عرض خاک به هم خورده مشاهده شد که زاویهٔ تمایل ۳۰ درجه به عنوان مناسب‌ترین گزینه در دو سال انتخاب گردید. نبود اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف زاویه‌های حمله نشان می‌دهد که میزان نفوذ مجموعه دیسک‌ها در زاویه‌های مختلف حمله در خاک مورد آزمایش یکسان است و زاویهٔ حمله ۱۷ درجه با نفوذ مناسب اطراف ساقه باعث بیرون آمدن آسان‌تر ریشه از خاک می‌شود و مقدار خاک کمتری بین دیسک‌ها جمع می‌شود و گرفتگی و عمل نکردن دیسک‌ها نیز مشاهده نخواهد شد.

- پیشنهاد می‌شود ساخت نیمه‌صنعتی ماشین ساقه‌کن پنبه به صورت ماشین کامل ۴ واحدی انجام و نمونهٔ ماشین ساخته شده در قالب طرح آزمایشی ارزیابی شود.
- اضافه کردن مکانیزمی به دستگاه برای نگاه داشتن آن روی ردیف (حتی در صورت انحراف در کاشت) می‌تواند بازدهی دستگاه را در هر شرایطی به حد کامل نزدیک کند. البته به هنگام کاشت، دقت در این کار نیاز به این مکانیزم را مرتفع خواهد کرد.
- در صورت نیاز، سیستم جمع‌آوری‌کننده ساقه‌های برداشت شده روی دستگاه طراحی، ساخت و نصب گردد.
- زمان مناسب برای برداشت ساقه‌ها، بلافاصله بعد از اتمام برداشت آخرین وش پنبه (حدوداً در آذرماه) است که ساقه‌ها هنوز تا حدودی نرمی خود را حفظ کرده‌اند.
- پیشنهاد می‌شود در صورت تولید انبوه، دو ردیف سه واحدی ساخته شود تا ظرفیت مزرعه‌ای و عملکرد دستگاه بیشینه گردد.

مراجع

Anon. 1979. Equipment for working the soil - Disks - Classification,main fixing dimensions and specifications. ISO 5679.

Anon. 2002. Agricultural statistical bulletin. Deputy of planning and economy. Information technology and statistical office. No. 2003/03. (in Farsi)

Ben-Dor, Y. 1982. Agricultural implement for extraction and shredding of stalks and roots. US Patent. No. 4350207.

Bezzerides, P. A. 1978. Stubble eradicating implement. US Patent. No. 4131163.

Borchard, M. A. 2001. Apparatus and method for removing plant stalks from a field and shreedding the plant stalks. US Patent. No. 6185919.

Bradford, J. M. and Smart, J. R. 1997. Conservation tillage offers new hope: Sustaining agriculture in drought years. USDA/ARS.

Hobbs, O. K. 1999. Method and apparatus for Pulling and chopping plant stalks. US Patent. No. 5935895.

Kepner, R. A., Bainer, R. and Barger, E. L. 1992. Principles of Farm Machinery. Translated by Shafii, S. A. Vol. 1. Tehran University Pub. (in Farsi)

Kohel, R. J. and Lewis, C. F. 1995. Cotton. Translated by Naseri, F. Deputy of Cultural Astan Ghods Razavi. (in Farsi)

Loyd, D. 1996. Method and apparatus for removing plant stalks. US Patent. No. 5482120.

Lubetzky, Y. and Svavolsky, Z. 1988. Stalk puller and shredder machine. US Patent. No. 4751812.

Mansur, P. L. 1999. Stalk puller and chopper assembly. US Patent. No. 5941316.

Orthman, H. K. 1986. Cotton root cutter and shredder. US Patent. No. 4588033.

Rouzi, A. 1995. Hydraulically powered stalk and root shredder. US Patent. No. 5467828.

Stikeleather, L. F. and Totten, D. S. 1982. Ridge mulch tillage method and apparatus. US Patent. No. 4323126.

Thacker, G. W. and Coates, W. E. 1994. Stalk and root embedding apparatus. US Patent. No. 5285854.

AERI JAER *Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.7 /No. 29 / Winter 2007 / P: 47-58*

Performance Evaluation of Cotton Stalk Puller

M. R. Mostofi Sarkari, P. Maleki Tabriz and S. Minaei

A relatively large part of the cultivated area in Iran is devoted to cotton production. Due to the problem of residues and the importance of removing cotton stalks after harvesting, a project was conducted to develop and evaluate a cotton stalk puller. A machine is required to remove cotton stalks to reduce pest proliferation after harvesting. Use of two cleated diskes placed on a main chasis was selected for stalk pulling after the investigation of different methods. Tilt angle, disk overlap and rake angle were adjustable in the machine. The project was carried out using the following two steps. Firstly, the required characteristics of cotton field and stalks were determined by performing primary field experiments. The proper estimated values for tilt angle from 25 to 35 degree, rake angle from 17 to 27 degree and disk overlap from 25 to 55 mm were determined using the mentioned characteristics, theoretical calculations and computer software. Design of the machine was consisted of three sections, namely: the way to fix disks and axle mechanism, mechanism for disk connection to chassis and chassis. Chassis of the machine connected to the three-point hitch of the tractor. After completing the prototype construction, machine performance was tested and evaluated in the field. Secondly, the effects of treatments (tilt and rake angles and disk overlap each at 3 levels) on machine efficiency were evaluated with three replications in the field. The experimental design was split plot in a completely randomized block design. In the field experiments, soil moisture content and CI were 8% (d.b.) and 1.55 MPa, respectively. The results revealed that tilt angle of 30 degree with performance of 95.4 %, the rake angle of 17 degree with 94.9% and finally disk overlap treatment at an overlap of 25mm with 94.1% were appropriate factors for the best machine performance resulting in maximum percentage of stalks being removed. These technical parameters and specifications can be used in semi-industrial and mass production of the machine.

Key word: Cotton, Design, Evaluation, Stalk Puller, Performance