طراحی ساخت وارزیابی عملکرد دستگاه ساقه کن پنبه

محمد رضا مستوفی سرکاری[۱]- پیام ملکی تبریزی[۲]

چکیده

در ایران سطح نسبتا وسیعی از مزارع به کشت پنبه اختصاص دارد. در این پایان‌نامه، با توجه به اهمیت درآوردن و جمع آوری ساقه ها و مشکلات بقایا – از جمله انتقال آفات به سال زراعی بعد - پس از بررسی روشهای مختلف ارائه شده، روشی انتخاب شده است که برای بیرون کشیدن ساقه از دو دیسک استفاده می‌کند که در مقابل هم با زاویه تمایل و همپوشانی مناسب قرار گرفته‌اند در حالیکه به کل مجموعه نیز زاویه حمله‌ای داده می‌شود.

در ابتدا با آزمایشهای مزرعه‌ای، مشخصات مورد نیاز مزرعه و ساقه تعیین شده است . با توجه به این مشخصات و محاسبات تئوری و نرم افزاری ، مقادیر حدودی مناسب برای زاویه تمایل در محدوده ۲۵ تا ۳۵ درجه ، برای زاویه حمله در محدوده ۱۷ تا ۲۷ درجه و برای فاصله همپوشانی دیسکها در محدوده ۲۵ تا ۵۵ میلیمتر به دست آمده است. دستگاه طوری طراحی شده که امکان تغییر این پارامترها را در محدوده مورد نظر به صورتی ساده فراهم سازد . این طراحی در سه قسمت انجام گرفته است . ابتدا مجموعه ای برای ثابت کردن دیسک – مجموعه دیسک - ، سپس مجموعه ای برای اتصال دیسک به شاسی – به نام مجموعه محور – و در نهایت مجموعه شاسی طراحی شده است . مجموعه شاسی کل ماشین را به سه نقطه اتصال تراکتور متصل می کند. پس از تکمیل طراحی عملکرد دستگاه ساخته شده مورد آزمون و ارزیابی مزرعه ای قرار گرفته است .

در ارزیابی عملکرد مزرعه ای ماشین تاثیر تیمارهای زاویه تمایل، زاویه حمله و همپوشانی (هر یک در سه سطح) بر بازده ماشین- مشتمل بر در صد ساقه ها و ریشه های برداشت شده، درصد ساقه های بریده شده، یکنواختی برداشت و نحوه آماده کردن زمین برای کشت بعدی - مورد بررسی و تحقیق قرار گرفته است. در مزرعه مورد آزمون رطوبت خاک ۸٪ و نیروی مقاومت به نفوذ در خاک ۱/۵۵$\mathcal{MPa}$ بوده است. در نتیجه این بررسی، در تیمار زاویه تمایل دو سطح ۲۵ و ۳۰ درجه با بازدهی ۹۴/۱۷٪ و ۹۴/۵۰٪ ، دو سطح ۱۷ و ۲۷ درجه در تیمار زاویه حمله با بازدهی ۹۵/۴۶٪ و ۹۳/۳۴٪ و در تیمار همپوشانی ، تنها سطح ۲۵ میلیمتر با بازدهی ۹۴/۰۷٪ دارای بهترین عملکرد بوده و بیشترین درصد ساقه های برداشت شده را به خود اختصاص دادند که می توانند در طرح جدید مورد استفاده قرار بگیرند .

۱- عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات فنی ومهندسی کشاورزی
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه امیرکبیر

واژه های کلیدی: طراحی، ساقه کن، پنبه، عملکرد ماشین، ارزیابی، ...

پیشگفتار

در ایران سطح نسبتا وسیعی از مزارع به کشت پنبه اختصاص دارد . این سطح در کل کشور بالغ بر ۱۵۱۰۰۰ هکتار است که حدود ۵۸٪ آن در گلستان و خراسان ، ۲۴٪ در اردبیل ، قم و فارس و مابقی در سایر نقاط کشور است . پس از برداشت وش پنبه در ماههای مهر و آبان ، ساقه‌ها روی زمین باقی می‌مانند . از آنجا که این ساقه‌ها در کاشت محصول بعد مزاحمت ایجاد می‌کنند ، لذا قبل از کاشت محصول فصل بعد ، باید به نوعی از بین بروند . در روش معمول از بین بردن بقایا ، ساقه‌ها بریده شده و ریشه آنها با شخمی عمیق بیرون کشیده می‌شوند، و با پیشروی تراکتور ریشه به زیر خاک می‌رود *[۳]*. با سپری شدن زمستان ریشه‌ها می‌پوسند و این بقایا به خاک برمی‌گردند . معایب روشهای معمول ، صرف هزینه و زمان زیاد برای انجام شخم عمیق ، از بین بردن حشرات مفید خاک و تبخیر آب سطحی مزرعه در اثر به هم زدن خاک است *[۷]*. در صورت بیرون نکشیدن به موقع ریشه‌ها ، آفتها از این طریق در سرمای زمستان زنده مانده ، به سال بعد انتقال می‌یابند *[۳]*.

از طرف دیگر با توجه به جنس مناسب ساقه‌ها ، استفاده‌های مختلفی برای آنها وجود دارد . از جمله ، می‌توان به استفاده از آنها در ساخت کاغذ و نئوپان اشاره نمود .

در این تحقیق به منظور رفع مشکلات مذکور ، ماشینی برای بیرون کشیدن ساقه‌های پنبه طراحی و ساخته شده است . برای یافتن شرایط بهینه کارکرد ماشین ، پارامترهایی در ماشین متغیر گذاشته شده است که دامنه این تغییرات با روشهای تئوری یافت شده است . با تغییر پارامترها در دامنه 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 ، روش شخم مزرعه است که قبلا توضیح داده شد و در ایران روش معمول می‌باشد .روشهای بزریدس و استایک‌لتر از این نوع هستند . روش دوم برش ریشه از زیر خاک در عمق مناسب و بیرون کشیدن باقی ریشه با اعمال نیروی افقی به ساقه است که ارتمان از این روش استفاده کرده است . روش تکر ترکیبی از روشهای اول و دوم است که در نهایت ساقه را کلا در زیر خاک دفن می‌کند . روش سوم ، هدایت ساقه به فاصله دو استوانه دوار مماس است که به این ترتیب در اثر دوران استوانه ، ساقه به همراه ریشه بیرون کشیده می‌شود . استوانه‌های مذکور در بعضی از طرحهای موجود ، تایرهای لاستیکی (روشهای هبس ، لوبتسکی ، منصور و بورچارد) و در بعضی دیگر استوانه‌های فلزی آجدار (روشهای روزی و بورچارد) می‌باشند . بورچارد از ترکیب این روش با روش دوم استفاده کرده است . روش سوم ، هدایت ساقه به فاصله بین دو دیسک است که روبروی هم ، با زاویه تمایل و همپوشانی معین در خاک قرار گرفته‌اند . پس از درگیر شدن ریشه با دیسکها ، با توجه به دوران دیسکها و زاویه حمله داده شده به مجموعه، ریشه بالا کشیده می‌شود و به این ترتیب کل ساقه از خاک درمی‌آید (روش لوید).

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

با توجه به سه عامل بالا، روش استفاده از دیسک به عنوان روش مناسب انتخاب شده است. سرعت ماشین در این روش[۱۶-۲۴ *km/h*][یا ۱۷ *km/h*] می‌باشد که برای یک ماشین چهار ردیفه، سرعت مناسبی است.

مواد و روشها

همانطور که ذکر شد ، در این تحقیق دستگاهی طراحی و ساخته شده است که متشکل از دو دیسک است که با زاویه تمایل و همپوشانی خاصی روبروی هم قرار می‌گیرند ، در حالیکه به کل مجموعه زاویه حمله‌ای داده می‌شود . فاصله بین دیسکها در نزدیکترین نقطه نسبت به یکدیگر ، حداکثر برابر بیشینه قطر ساقه باید باشد . به این نقطه ، نقطه درگیری میانی گفته می‌شود . در پشت دیسکها در فاصله 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 .

پارامترهای اصلی موثر در عملکرد سازه ، زوایای تمایل و حمله ، میزان همپوشانی ، قطر دیسک و فاصله پره‌ها از محیط بیرونی می‌باشد . از بین این پارامترها ، سطح همپوشانی ، زوایای تمایل و حمله با توجه به اهمیت آنها به عنوان عاملهای آزمون انتخاب می‌شوند . دیسک بزرگترین نوع موجود ـ مطابق استاندارد *ISO5679* نوع *B3* ـ با شعاع ۶۵۰ *mm* انتخاب شده است .

عمق خاک‌ورزی سطحی با توجه به عمق کاشت پنبه ۶۰ *mm* در نظر گرفته شده است که با توجه به این عمق ، فاصله پره‌ها از محیط بیرونی دیسک تعیین می‌شود . با جوش پره‌ها در فاصله ۱۰۰ *mm* از محیط دیسک و با فرض اینکه عمق نفوذ دیسکها تا پای پره باشد ، عمق نفوذ در زاویه تمایل ۲۵ درجه، ۵۱ *mm* و در زاویه تمایل ۳۵ درجه، ۶۷ *mm* می‌باشد .

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

اولین عامل در محدود کردن دامنه تغییرات زاویه تمایل ، مماس شدن زیر کره دیسک با خاک است که در این صورت عمق نفوذ دیسک به شدت کاهش می‌یابد ، لذا محدوده تغییرات اولیه زاویه تمایل بین صفر و ۵۵ درجه تعیین شده است . سپس با توجه به شرایط منطقه درگیری محدوده مناسب زاویه حمله تعیین گردیده است . حداقل زاویه حمله مجاز آن مقداری است که نقطه درگیری اولیه را در پشت پایینترین نقطه دیسکها قرار دهد ، به این ترتیب ریشه در تمام طول مسیر به بالا کشیده می‌شود . با تغییر زاویه تمایل بین ۵ تا ۵۵ درجه با گامهای ۱۰ درجه میزان حداقل زاویه حمله مناسب در هر گام یافته شده است . حداکثر زاویه حمله مجاز از آنجا بدست می‌آید که منطقه درگیری باید در زیر خاک باقی بماند در حالیکه افزایش زاویه حمله آنرا به بیرون انتقال می‌دهد . با توجه به اینکه عمل بیرون کشیدن ساقه‌ها عمدتا در نیمه اول درگیری - ازنقطه ابتدایی درگیری تا نقطه درگیری میانی- پایان می‌یابد ، لذا شرط به این صورت تکمیل می‌شود که نقطه درگیری میانی باید در زیر خاک بماند . با توجه به این شرط پیشینه زاویه حمله مجاز محاسبه می‌گردد .

با توجه به عدم امکان محاسبه عمق نفوذ دیسک پره‌دار ، عمق نفوذ دیسکها بدون در نظر گرفتن پره‌ها محاسبه شده است . همانطور که ذکر شد ، عمق نفوذ مطلوب ۶۰ *mm* است که به کمک پره‌ها حدودا در این محدوده باقی می‌ماند . برای تحقق این امر دیسکها بدون پره نیز باید حداقل میزان عمق نفوذی برابر ۶۰ *mm* 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 عمق موثر ریشه - یعنی ۱۵۰ *mm* - تعیین شده است . با داشتن محدوده مناسب عمق نفوذ بین ۶۰ تا ۱۵۰ میلیمتر ، دامنه زاویه حمله مجاز در هر زاویه تمایل محدودتر خواهد شد .

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

همپوشانی با توجه به فاصله ۱۰۰mm نفوذ دیسک در خاک ، برابر ۲۵ ، ۴۰ و ۵۵ میلیمتر انتخاب شده است . سطح ۲۵mm با سطح پیشنهادی لوید مطابقت دارد و مبنای انتخاب دیگرسطوح متوسط قطر ساقه می باشد.

سازه دستگاهی که باید امکان این تغییرات را بدهد به صورت زیر طراحی شده است . دیسکها از طریق چهار سوراخ دور خود بر روی فلنج بسته می‌شوند ، در حالیکه در پشت آنها ، پره‌هایی برای درگیری بیشتر دیسک با خاک جوش شده‌اند . فلنج از طریق محوری که در سوراخ وسط آن می چرخد با باقی مجموعه ارتباط می‌یابد. محور بر 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 تا مانع نفوذ خاک به درون مجموعه شود. لوله بوسیله جوش به تیر میانی متصل شده، تیر میانی از بالا روی تیر افقی شاسی بسته می‌شود . به این منظور از دو پیچ در بالای شاسی و دو عدد در پایین استفاده شده است . دو پیچ بالا با تکیه بر شاسی طوری به تیر میانی زاویه می‌دهند که زوایای تمایل مورد نظر تامین گردند. شاسی بوسیله سه نقطه اتصال بر روی تراکتور بسته می‌شود ، بنابراین با باز یا جمع کردن ساق وسط می‌توان زاویه حمله را تنظیم کرد . در وسط تیر میانی پیچی تمام رزوه از دو سوراخ ، در دو تیر چپ و راست ، رد شده ، با چهار مهره بسته می‌شود .

آزمون و ارزیابی ماشین توسط اجرای طرح آزمایشی فاکتوریل (سه فاکتور اصلی) در سه تکرار انجام شد . اندازه پلاتها ضریبی از عرض ماشین در طول ۲۰m بوده و فاصله بین پلاتها دو متر و سه تکرار در یک راستا انجام گردید .بنابراین هر فاکتور در زمینی به ابعاد ۳/۲۰*۶۰ متر مربع مورد آزمون و ارزیابی قرار گرفت .

تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از :

$\mathcal{T}$= زاویه تمایل در سه سطح ۲۵ ، ۳۰ و ۳۵ درجه

$\mathcal{R}$= زاویه حمله در سه سطح ۱۷ ، ۲۲ و ۲۷ درجه

C= همپوشانی در سه سطح ۲۵ ، ۴۰ و ۵۵ میلیمتر

موارد زیر در زمان انجام آزمون مورد بررسی و اندازه گیری قرار گرفتند :

رطوبت خاک - به منظور تشریح وضعیت ساقه‌ها در حین برداشت ، اندازه‌گیری رطوبت خاک در حداقل سه نمونه در هر پلات لازم بوده و برآورد میانگین رطوبت در تحلیل نتایج و عملکرد ماشین موثر خواهد بود . میانگین رطوبت خاک در این مزرعه ۸٪ بدست آمده است .

مقاومت به نفوذ (CI) - به منظور اندازه‌گیری نیروی مقاومت خاک به نفوذ از دستگاه پنترولاگر استفاده شده است . تعداد ده عدد نفوذ به صورت زیگزاک در روی پشته ها در داخل پلات انجام گردید. نتیجه نهایی میانگین نیروی مقاومت به نفوذ برابر ۱/۵۵ MPa بدست آمده است.

سرعت پیشروی - در هر تکرار سرعت حرکت ماشین اندازه‌گیری شده است که در نهایت به میانگین سرعت ۰/۹۶ m/s بدست آمده است .

درصد ساقه‌ها و ریشه‌های مانده ($\mathcal{RS}$)

درصد ساقه‌های شل شده ($\mathcal{LS}$)

از دو فاکتور بالا درصد ساقه‌های برداشت شده بدست می‌آید : $\mathcal{HS} = 100 - \mathcal{RS} - \mathcal{LS}$

یکنواختی برداشت - فاصله بین ردیفها برای کشت پنبه در منطقه ورامین بین ۸۰۰ تا ۸۵۰ میلیمتر می‌باشد . 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 بدست خواهد آمد در غیر اینصورت می‌بایستی در مراحل کاشت دقت کافی بعمل آید تا در مرحله برداشت مشکلی از این نظر بوجود نیاید .

نحوه آماده کردن زمین برای کشت محصول بعد

لازم به ذکر است که در صورت تناوب پنبه – گندم – پنبه می‌بایستی زمین مناسب کشت گندم آماده شود ولی اگر تناوب پنبه – چغندر قند (ذرت) – پنبه باشد و یا هر محصول ردیفی دیگر ، با انجام این عملیات نیازی به تهیه مجدد زمین نبوده ، زمین برای کشت محصول بعد آماده می‌باشد . در این روش آماده‌سازی ، خاک‌ورزی نواری صورت گرفته و در ناحیه قرارگیری بذر روی پشته زمین کاملا آماده بوده ، می‌توان کاشت را به وسیله ردیفکار انجام داد.

یافته ها

داده‌های حاصل از اجرای طرح آزمایشی بوسیله نرم‌افزار *SPSS* مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت . در جداول نتایج اخذ شده، تیمار زاویه تمایل سطوح ۱ ، ۲ و۳ به ترتیب بیانگر زوایای ۲۵ ،۳۰ و۳۵ درجه می باشند . این سطوح در تیمار زاویه حمله به ترتیب معرف ۱۷ ، ۲۲ و ۲۷ درجه و در تیمار همپوشانی ، معادل ۲۵ ، ۴۰ و ۵۵ میلیمتر می باشند . جدول آنالیز واریانس (*ANOVA*) در جدول شماره ۱ ارائه شده است. با استفاده از آزمون *F* در سطح ۵٪ و مقدار *F* محاسبه شده ، نتیجه گرفته شده است که اختلاف معنی‌داری بین بعضی از تیمارها و اثرات متقابل آنها وجود دارد. میانگین تیمارها در جداول ۲ تا ۴ نشان داده شده است . بیشینه درصد ساقه‌های برداشت شده مربوط به فاکتور دوم تیمار زاویه تمایل دیسکها (*T30*) می‌باشد (۹۴/۵۰٪) که با فاکتورهای *T25* و *T35* نیز در یک کلاس معنی‌داری قرار گرفته و نسبت به هم اختلاف معنی‌داری ندارند . مناسبترین همپوشانی دیسکها در سطح ۵۵ میلیمتر و با ۹۵/۸۳٪ ساقه‌های برداشت شده بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با *C25* (۹۴٪/۰۷) ندارد . ولی *C40* در کلاس دیگری قرار دارد. بهترین زاویه حمله مجموعه دیسکها در سطح ۱۷ درجه با ۹۵/۴۶٪ ساقه‌های برداشت شده حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با *R22* (۹۲٪/۷۳) و *R27* (۹۳٪/۳۴) وجود ندارد .

1. Tilt Angle

Dependent Variable: Harvested Stalks

Tilt Angle	Mean	
1.00	94.17	a
2.00	94.50	a
3.00	92.87	a

جدول۲- میانگین تیمار زاویه تمایل

2. Covering Level

Dependent Variable: Harvested Stalks

Covering Level	Mean	
1.00	94.07	ab
2.00	91.63	b
3.00	95.83	a

جدول۳- میانگین تیمار سطح همپوشان

3. Rake Angle

Dependent Variable: Harvested Stalks

Rake Angle	Mean	
1.00	95.46	a
2.00	92.73	a
3.00	93.34	a

جدول ۴- میانگین تیمار زاویه حمله

4. Covering Level * Tilt Angle

Dependent Variable: Harvested Stalks

Tilt Angle	Covering Level	Mean	
1.00	1.00	97.08	a
	2.00	87.50	c
	3.00	97.92	a
2.00	1.00	90.14	bc
	2.00	97.25	a
	3.00	96.11	a
3.00	1.00	95.00	ab
	2.00	90.14	bc
	3.00	93.47	ab

جدول ۵- اثر متقابل زاویه تمایل و سطح همپوشان

of Between-S

Sum of Squares	df			
0.02	2			
240.67	2			
110.97				
736.28	4	184.07	6.27	.00
132.02	4	33.00	1.12	.36
241.44	4	60.36	2.06	.10
189.33	8	23.67	.81	.60
1586.08	54	29.37		
3276.82	80			

جدول ۱- جدول آنالیز واریانس تیمارهای آزمایشی

5. Rake Angle * Tilt Angle

Dependent Variable: Harvested Stalks

Tilt Angle	Rake Angle	Mean	
1.00	1.00	94.31	a
	2.00	92.78	a
	3.00	95.42	a
2.00	1.00	96.11	a
	2.00	92.78	a
	3.00	94.61	a
3.00	1.00	95.97	a
	2.00	92.64	a
	3.00	90.00	a

6. Covering Level * Rake Angle

Dependent Variable: Harvested Stalks

Covering Level	Rake Angle	Mean	
1.00	1.00	95.83	a
	2.00	94.44	a
	3.00	91.94	ab
2.00	1.00	94.44	a
	2.00	87.22	b
	3.00	93.22	ab
3.00	1.00	96.11	a
	2.00	96.53	a
	3.00	94.86	a

اثر متقابل زاویه تمایل و همپوشانی دیسکها در حالت *T25C55* با ۹۷/۹۲٪ ساقه‌های برداشت شده بدست آمد که در جدول۵ نتایج نشان داده شده است .ترکیبهای *T25C25* و *T30C40* و *T30C55* نیز با حالت مذکور در یک کلاس معنی‌داری قرار گرفته ولی بقیه ترکیبها تفاوت معنی‌داری با حالتهای ذکر شده دارند. اثر متقابل زاویه تمایل و حمله در *T30R17* با ۹۶٪/۱۱ بیشینه ساقه‌های برداشت شده حاصل شد ، که بقیه ترکیبها در یک کلاس معنی‌داری قرار دارند و در جدول ۶ نتایج دیده می‌شود.

اثر متقابل همپوشانی و زاویه حمله در *C55R22* با ۹۶/۵۳٪ بیشینه درصد ساقه‌های برداشت شده بهترین ترکیب تیماری بوده است . نتایج جدول ۷ نشان دهنده اختلاف معنی‌دار ترکیبهای *C25R27* و *C40R27* با بقیه ترکیبهای مورد آزمایش است .

اثر متقابل سه تیمار زاویه تمایل ، زاویه حمله و همپوشانی در *T30C40R27* با ۹۹/۶۷٪ بیشینه ساقه‌های برداشت شده، بهترین ترکیب تیماری بوده است که با ترکیبهای *T25C25R27* ، *T30C40R17* و *T35C25R22* در یک کلاس معنی‌داری قرار دارند و با بقیه ترکیبها اختلاف معنی‌داری دارند (جدول ۸).

همانگونه که در جداول مشاهده گردید ، نتایج آزمون میانگین تیمارها نشان داد که در تیمار زاویه تمایل دیسکها ، سطوح $T30$ ، $T25$ و $T35$ در یک کلاس معنی‌داری قرار دارند که با عنایت به منابع موجود بهترین زاویه تمایل دیسکها بین ۳۰ تا ۳۲ درجه حاصل شده‌اند *[۲]* که نتایج اخذ شده این مطالب را تثبیت می‌نمایند . در صورت وجود رطوبت کافی حین

7. Covering Level * Rake Angle * Tilt Angle

Dependent Variable: Harvested Stalks

Tilt Angle	Covering Level	Rake Angle	Mean	
1.00	1.00	1.00	96.25	ab
		2.00	95.83	ab
		3.00	99.17	a
	2.00	1.00	88.75	abcd
		2.00	84.58	cd
		3.00	89.17	abcd
	3.00	1.00	97.92	ab
		2.00	97.92	ab
		3.00	97.92	ab
2.00	1.00	1.00	94.58	abc
		2.00	88.75	abcd
		3.00	87.08	bcd
	2.00	1.00	98.33	a
		2.00	93.75	abcd
		3.00	99.67	a
	3.00	1.00	95.42	ab
		2.00	95.83	ab
		3.00	97.08	ab
3.00	1.00	1.00	96.67	ab
		2.00	98.75	a
		3.00	89.58	abcd
	2.00	1.00	96.25	ab
		2.00	83.33	d
		3.00	90.83	abcd
	3.00	1.00	95.00	abc
		2.00	95.83	ab
		3.00	89.58	abcd

جدول ۸- اثر متقابل زاویه تمایل ، زاویه حمله و سطح همپوشانی

برداشت ساقه‌ها زوایای تمایل ۲۵ و ۳۰ بهترین عملکرد ماشین را نشان می‌دهند ولی استفاده از زاویه تمایل ۳۵ درجه میزان به هم خوردگی خاک و بالا آوردن آنرا در سطح دیسکها افزایش می‌دهد که در صورت بالا بودن رطوبت خاک باعث عمل نکردن دیسکها شده ، عمل برداشت ساقه‌ها صورت نخواهد گرفت . لذا زاویه تمایل ۲۵ و ۳۰ درجه در رطوبت ۱۲-۸ درصد خاک حین برداشت ساقه‌ها مناسبترین گزینه خواهد بود .

سطوح همپوشانی دیسکها همانگونه که نشان داده شد $C55$ و $C25$ در یک سطح معنی‌داری قرار گرفتند و اختلاف معنی‌داری نسبت به هم ندارند . ولی در سطح همپوشانی $C55$ ، در ترکیبهای مختلفی از تیمارها، پدیده قفل شدن دیسکها مشاهده شد ، به این صورت که دیسکها در حین حرکت دستگاه - به علت پر شدن از خاک - از چرخش باز می‌ایستند و در این شرایط ساقه‌ها از خاک بیرون کشیده نمی‌شوند .علت 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

زاویه درگیری ساقه ارتفاع تخلیه خاک نیز بالاتر می‌رود . لذا از بین تیمارهای همپوشانی ، سطح $C۲۵$ مناسب‌ترین تشخیص داده شده است که این نتیجه با منابع موجود نیز هماهنگی دارد [۸] .

سطوح تیمار زاویه حمله در آزمون میانگین نشان می دهند که اختلاف معنی‌داری بین زوایای انتخاب شده وجود ندارد و در یک کلاس قرار می‌گیرند . ولی بیشینه درصد ساقه‌های برداشت شده در زاویه حمله ۱۷ درجه بوده است . سطوح $R27$ و $R22$ به ترتیب در مقامهای بعدی قرار گرفتند. این نتیجه گویای نفوذ مناسبتر دیسکها در این زاویه می‌باشد. افزایش زاویه حمله نه تنها در افزایش درصد ساقه‌های برداشت شده موثر نبوده است بلکه باعث نفوذ بیشتر دیسکها روی پشته شده ، خاک زیادی را بین دیسکها جمع می‌نماید.

اثر متقابل زاویه تمایل و سطح همپوشانی دیسکها گواه بر این است که سطوح $T25C25$ ، $T25C55$ ، $T30C40$ و $T30C55$ دارای بیشترین درصد ساقه‌های برداشت شده بوده و در یک کلاس قرار دارند و با بقیه ترکیبها اختلاف معنی‌داری نشان داده‌اند . اثر متقابل زاویه تمایل و حمله نیز این حقیقت را تثبیت نموده‌اند که با عنایت به قرار گرفتن میانگین داده‌ها در یک کلاس معنی‌داری (a) اثر متقابل دو تیمار نیز در یک کلاس قرار گرفته و در سطوح و فاکتورهای مختلف نسبت به هم اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد . همچنین است در اثر متقابل سطوح همپوشانی و زاویه حمله دیسکها ، که فاکتور $C25$ در ترکیب با تمامی سطوح تیمار زاویه حمله بیشترین درصد ساقه‌های برداشت شده را داشته ، با بقیه ترکیبها اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد .

اثر متقابل سه تیمار زاویه تمایل ، زاویه حمله و همپوشانی نشان دهنده این واقعیت می‌باشد که با ترکیب مناسبترین سطوح تیمارهای مذکور ، بیشترین درصد ساقه‌های برداشت شده بدست آمده است که در ترکیبهای $T25C25R27$ ، $T35C25R22$ و $T30C40R17$ این مطلب به وضوح دیده می‌شود.

کاوش

نتیجه‌گیری می شود که با داشتن سطح همپوشانی ثابت دیسکها و سطوح زاویه حمله و تمایل می‌توان به ترکیب مناسبی با بیشترین درصد ساقه‌های برداشت شده و کمترین ساقه‌های بجامانده یا بریده شده دست یافت و عملکرد ماشین را بالاتر برد . سپس می‌توان دستورالعمل ساخت واحدهای دیگر را نیز ارائه داد . سطوح تیمار زاویه تمایل با بیشترین درصد ساقه‌های برداشت شده به ترتیب $T30$ و $T25$ انتخاب می‌شوند . تیمار همپوشانی دیسکها به ترتیب در سطحهای $C55$ و $C25$ برگزیده شد ، ولی به علت حجم زیاد خاک بین دیسکها در همپوشانی ۵۵ ، اولین فاکتور تیمار مذکور $C25$ انتخاب می‌شود. تیمار زاویه حمله $R17$ و $R27$ انتخاب می‌گردند .

توصیه و پیشنهادات

۱- پیشنهاد می‌شود برای رسیدن به نتایج جزئی و کامل‌تر، در سال آینده، طرح به صورت طرح آزمایشی فاکتوریل ۲*۱*۲ با پنج تکرار مطابق تیمارهای ذکر شده انجام گیرد. بعد از تجزیه و تحلیل نتایج سال دوم اجرا ، دستورالعمل ساخت نیمه صنعتی ساقه‌کن پنبه به صورت ۴ واحدی ارائه خواهد شد.

۲- 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 نماید. هر چند که دقت در زمان کاشت، نیاز به این مکانیزم را مرتفع خواهد کرد .

۳- زمان مناسب برای برداشت ساقه‌ها ، بلافاصله بعد از اتمام برداشت آخرین وش پنبه - حدودا در آذرماه - می‌باشد که ساقه‌ها هنوز تا حدودی نرمی خود را حفظ کرده‌اند .

منابع

۱- بی‌نام ، " آمارنامه کشاورزی ۸۱-۸۰" ، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی ، دفتر آمار و فن‌آوری اطلاعات ، نشریه شماره ۸۲/۰۳ ، (۱۳۸۱)

۲- شفیعی، ا. ، "اصول ماشینهای کشاورزی" ، ترجمه ، انتشارات دانشگاه تهران ، (۱۳۷۱)

۳- کهل،آر. جی.؛ لوئیس، سی. اف. ،"پنبه" ، ترجمه فرشته ناصری ، معاونت فرهنگی آستان قدس رضوی ، (۱۳۷۴) ، ۴۰۲-۴۲۷

4. Bradford J. M., Smart J.R., 1997, "Conservation tillage offers new hope: Sustaining agriculture in drought years". USDA/ARS.
5. Ben-Dor Y., 1982, "Agricultural implement for extraction and shredding of stalks and roots", US Patent, No.4350207,
6. Bezzerides, P. A., "Stubble eradicating implement" , US Patent 4131163 , (1978)
7. Borchard, M. A., "Apparatus and method for removing plat stalks from a field and shreedding the plant stalks", US Patent 6185919, (2001)
8. ISO 5679 , "Equipment for working the soil – Disks – Classification,main fixing dimensions and specifications", (1979)
9. Hobbs O. K., 1999,"Method and apparatus for Pulling and chopping plant stalks", US Patent, No. 5935895.USPTO.
10. Lloyd D., 1996, " Method and apparatus for removing plant stalks", US Patent, No. 5482120. USPTO.
11. Lubetzky, Y.;Svavolsky, Z., "Stalk puller and shredder machine", US Patent No. 4751812, (1988)
12. Mansur, P. L., "Stalk puller and chopper assembly", US Patent No. 5941316, (1999)
13. Orthman, H. K., "Cotton root cutter and shredder" , US Patent 4588033 , (1986)
14. Rouzi, A. , "Hydraulically powered stalk and root shredder", US Patent 5467828, (1995)
15. Stikeleather, L. F.;Totten, D. S. ,"Ridge mulch tillage method and apparatus", US Patent 4323126, (1982)
16. Thacker, G. W.; Coates, W. E., "Stalk and root embedding apparatus", US Patent No. 5285854, (1994)