١٥٧٤٢٦

دانشگاه ارومیه

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی

انتخاب الگوی پخش مناسب درکودپاش‌های سانتریفیوژ برای کودهای گرانوله‌ای نیتراته و فسفاته با استفاده از روش تجربی و شبیه‌سازی حرکت یک دانه کود با روش المان مجزا

پژوهشگر

یداله احمدی

اساتید راهنما

دکتر علاءالدین رحمانی دیدار دکتر اسعد مدرس مطلق دکتر سید کاظم شهیدی

پایان‌نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مکانیک ماشین‌های کشاورزی

بهمن ۱۳۸۹

(مجوز حق طبع و نشر محتوای پایان‌نامه برای دانشگاه ارومیه محفوظ است)

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران
IRANDOC
مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

۱۵۷۶۲۶

۳۳۹۰/۱۳/ ۴

پایان نامه آقای **یداله احمدی** به تاریخ ۸۹/۱۱/۱۱ به شماره ۲۱۲-۲ک مورد پذیرش هیأت محترم داوران با رتبه عالی و نمره ۱۸/ قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای اول و رئیس هیئت داوران : دکترعلاءالدین رحمانی دیدار

۲- استاد راهنمای دوم: دکتر اسعد مدرسل مطلق

۳- استاد راهنمای سوم: دکترسید کاظم شهیدی

٤- داور خارجی : دکتر پرویز احمدی مقدم

۵- داور داخلی : دکتر محمدعلی حداد درفشی

٦- نماینده تحصیلات تکمیلی : دکتر ایرج برنوسی

حق طبع و نشر این رساله متعلق به دانشگاه ارومیه است.

تقدیم به:

روح پاک پدر و مادرم

و

خواهران دلسوز و برادران زحمت‌کشم

تقدیم به:

همه‌ی کسانیکه مـرا در مسیر پرتلاطم زندگی یاری نموده‌اند.

تقدیم به:

همه‌ی دوستانی که مـرا در انجام این تحـقیق کمک کرده‌اند.

تقدیر و تشکر

به نام خداوندی که سپاس فقط مخصوص اوست. وظیفه‌ی خود می‌دانم از تمامی بزرگوارانی که در تهیه‌ی این تحقیق، اینجانب را یاری فرموده‌اند، تشکر و قدردانی نمایم.

از اساتید محترم راهنما، جناب آقای دکتر علاءالدین رحمانی دیدار، جناب آقای دکتر اسعد مدرس‌مطلق و جناب آقای دکتر سیدکاظم شهدی که در تهیه‌ی تحقیق حاضر زحمات زیادی را متقبل شدند، تشکر و قدردانی می‌کنم. همچنین از داوران محترم، آقایان دکتر محمدعلی حداددرفشی و دکتر پرویز احمدی‌مقدم که زحمت داوری را بر عهده گرفتند و نظرات ارزنده‌ای را مطرح نمودند، سپاسگزارم. از نماینده‌ی محترم تحصیلات تکمیلی، جناب آقای دکترایرج برنوسی که مرا در انجام تجزیه و تحلیل آماری یاری نمودند، بسیار تشکر می‌کنم. از سایر اعضای محترم هیئت علمی گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، آقایان دکتر محمدحسن کماریزاده، دکتر سید کاظم شهیدی، دکتر علی حسن‌پور، دکتر عارف مردانی، دکتر آرش محبی به خاطر تمامی کمک‌هایشان سپاسگزارم. از مسئولین محترم کارگاه آقایان مهندس نعمت نوبخت، پلنگی، کریمی و آقا موسی به خاطر کمک‌هایشان در کارهای مربوط به کارگاه، سپاسگزارم.

از دوستان، هم‌اتاقی‌ها و همکلاسی‌های عزیزم آقایان: مهندس مهدی خدائی، مهندس محمد رشیدی، دکتر وحید حیدرپور، مهندس رسول فینی‌دخت، مهندس محمدرضا مرحمتی، مهندس فرشاد وصالی، دکتر وحید رستم‌پور، دکتر مهدی بساکی، مهندس رسول شیخ‌محمدی، مهندس حماد ذرعی‌فروش، مهندس قربانعلی یعقوبی، مهندس یاسر نوربخش، مهندس آرش نورمحمدی، مهندس کوروش احمدی، دکتر فاروق شریفیان، مهندس سعید حسین‌زاده، مهندس امین سیاه‌منصوری، مهندس بهروز حسین‌زاده، مهندس مهدی جواندل، مهندس امیر شیخی آراسته، مهندس علی روزبهانی، مهندس علیرضا مرادی، مهندس ذبیح‌اله خانی تملیه و سرکار خانم‌ها: مهندس سمیرا احمدی و مهندس زینب ارسلانلو، که از کمک‌های ارزنده آنها بی‌نصیب نبوده‌ایم و همچنین از سایر دوستانم که ذکر نامشان در اینجا مقدور نیست، تشکر می‌کنم.

هر چند که در تهیه‌ی تحقیق حاضر، نهایت دقت و تلاش صورت گرفته است، لیکن نگارنده معتقد است که علم مطلق ذات اقدس الهی است و بشر خطاکار. لذا اظهارنظر دانش‌پژوهان می‌تواند در جهت رفع اشتباهات در تحقیق‌های آتی بسیار مغتنم باشد. نگارنده انتظار دارد که مطالعه‌کنندگان این تحقیق، خدمتگزار خویش را از نظرات ارزنده‌شان محروم نفرمایند.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ۱
۱-۱ اهمیت مصرف کود ۱
۱-۲ تجهیزات و ماشین‌های کوددهی ۱
۱-۳ مشکلات ماشین‌های کوددهی ٤
۱-٤ مضرات ناشی از مصرف نادرست کودهای شیمیایی ٤
۱-٥ اهداف تحقیق ٥
۱-٦ الگوی تحقیق ٦
فصل دوم: تئوری مسئله و بررسی منابع ۷
۲-۱ مقدمه ۷
۲-۲ تعریف کود و انواع آن ۷
۲-۲-۱ کودهای ازته ۸
۲-۲-۱-۱ کودهای ازته نیتراتی ۹
۲-۲-۱-۲ کودهای ازته آمونیاکی ۹
۲-۲-۲ کودهای فسفری ۹
۲-۲-۲-۱ کودهای فسفاتی غیرقابل حل در آب ۹
۲-۲-۲-۲ کودهای فسفاتی قابل حل در آب ۱۰
۲-۳ خصوصیات فیزیکی و مکانیکی محصولات کشاورزی و کودهای شیمیایی ۱۰
۲-۳-۱ اندازه یا ابعاد ۱۱
۲-۳-۲ شکل و فرم ۱۱
۲-۳-۲-۱ ضریب گردی ۱۱
۲-۳-۲-۲ ضریب کرویّت ۱۱
۲-۳-۲-۳ دانسیته و چگالی ۱۲
۲-۳-۳ اصطکاک مواد جامد و جریان مواد گرانوله‌ای ۱۳
۲-۳-۳-۱ اصطکاک ۱۳
۲-۳-۳-۲ اندازه‌گیری ضرایب اصطکاک ۱۳
۲-۳-۳-۳ ضرایب اصطکاک محصولات کشاورزی و مواد غذایی ۱۵
۲-۳-٤ مقاومت غلتشی ۱۵
۲-۳-٥ زاویه‌های ریپوز مواد گرانوله‌ای ۱۵
۲-۳-٥-۱ زاویه ریپوز تخلیه ۱۵
۲-۳-٥-۲ زاویه ریپوز پر کردن ۱۷
۲-٤ روش‌های مصرف کودهای شیمیایی ۱۷
۲-٤-۱ مصرف مستقیم در خاک ۱۹
۲-٤-۲ مصرف به صورت محلول پاشی ۲۰

۲-٤-۳ کوددهی از طریق آب آبیاری ۲۰
۲-۵ انواع کودپاش‌های موجود برای پخش کودهای جامد گرانوله‌ای ۲۰
۲-۵-۱ پخش‌کن‌های ثقلی ۲۰
۲-۵-۲ پخش‌کن‌های نیوماتیکی ۲۱
۲-۵-۳ پخش‌کن‌های گریز از مرکز ۲۲
۲-٦ قسمت‌های عمده در پخش‌کن‌های مواد شیمیایی دانه‌ای ۲۳
۲-٦-۱ اندازه‌گیری ۲۳
۲-٦-۱-۱ چرخ ستاره‌ای ۲۳
۲-٦-۱-۲ موزع‌های ماردمی ۲٤
۲-٦-۱-۲ موزع چرخ دنده‌ای ۲۵
۲-٦-۱-۳ موزع تسمه‌ای ۲۵
۲-٦-۱-٤ موزع‌های ثقلی ۲٦
۲-٦-۲ استقرار دهنده‌ها ۲٦
۲-٦-۳ پخش‌کننده ۲۷
۲-۷ تحلیل تئوریکی جریان مواد گرانوله‌ای در حین پخش ۲۷
۲-۷-۱ حرکت یک ذره کود گرانوله‌ای روی دیسک (صفحه) چرخان مسطح ۲۸
۲-۸ چگونگی تحلیل مواد گرانوله‌ای روی دیسک چرخان با روش المان مجزا ۳۲
۲-۸-۱ معرفی، تاریخچه روش المان مجزا ۳۲
۲-۸-۲ اساس روش المان مجزا ۳٤
۲-۸-۳ الگوریتم روش المان مجزا ۳٤
۲-۸-٤ کاربردهایی از روش المان مجزا در کشاورزی ۳۵
۲-۸-٤-۱ بهینه‌سازی عملکرد ماشین‌های مزرعه با مدل‌سازی الگوی پخش کود در مزرعه ۳۵
۲-۹ روش تجربی ارزیابی یکنواختی پخش مواد گرانوله‌ای ۳۸
۲-۱۰ بررسی تاثیر چند عامل موثر بر الگوی پخش ٤۰
۲-۱۰-۱ ارتفاع پخش و سرعت محور pto ٤۰
۲-۱۰-۲ زاویه‌ی مخروطی و سرعت دورانی صفحه‌ی پران ٤۱
۲-۱۰-۳ تاثیر اندازه‌ی ذرات بر ضریب جمع شدگی در الگوی پخش پاشنده‌ها ٤۳
۲-۱۱جمع‌بندی تحقیق‌های انجام گرفته ٤٤
فصل سوم: مواد و روش‌ها ٤۵
۳-۱ مقدمه ٤۵
۳-۲ مواد و لوازم مورد استفاده در آزمایش‌ها ٤٦
۳-۲-۱ دستگاه کودپاش ٤٦
۳-۲-۲ نوع کود ٤۷
۳-۲-۳ صفحه‌های پران (دیسک‌های چرخان یا دوار) ٤۹

۳-۲-٤ جعبه‌های جمع‌کننده ۵۲
۳-۲-۵ آزمایش‌های‌انجام شده برای دستیابی به الگوی پخش مناسب ۵۲
۳-۳ بررسی حرکت یک ذره روی صفحه‌ی چرخان با استفاده از نرم‌افزار Working Model ٥٦
فصل چهارم نتایج و بحث ۵۹
٤-۱ مقدمه ۵۹
٤-۲ بررسی اثر تعداد پره‌های صفحه‌پران بر روی پخش ۵۹
٤-۳ بررسی اثر وضعیت قرارگیری پره‌ها بر روی پخش ٦۳
٤-٤ بررسی اثر نوع کود (اندازه‌ی ذرات) بر روی پخش ٦۷
٤-۵ نتایج حاصل از تحلیل نرم‌افزاری یک ذره ۷۰
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۷۳
۵-۱ نتیجه‌گیری ۷۳
۵-۲ پیشنهادات ۷۵
فهرست منابع ۷۵

فهرست اشکال

شکل ۱-۱- کودپاش سانتریفوژ با پخش‌کننده پاندولی(نوسانی) و قسمتهای مهم آن (منصوری راد، ۱۳۷۸)... ۲

شکل ۱- ۲- نمایی از یک کودپاش سانتریفوژ (پل ون، ۲۰۰۷)..... ۳

شکل ۱-۳- شکل پاشش، چگونگی همپوشانی و عرض کار مفید در یک کودپاش (پل ون، ۲۰۰۷)..... ۳

شکل ۲-۱- دستگاه صفحه چرخان برای اندازه‌گیری ضریب اصطکاک مواد(استروشن، ۱۹۹٤)..... ۱٤

شکل ۲-۲- اندازه‌گیری زاویه ریپوز تخلیه مواد با استفاده از یک جعبه چوبی الف- روش اول، ب- روش دوم (استروشن، ۱۹۹٤)..... ۱٦

شکل۲-۳- وسیله‌ی اندازه‌گیر زاویه‌ی ریپوز تخلیه (استروشن، ۱۹۹٤)..... ۱۷

شکل ۲-٤- اندازه‌گیری زاویه ریپوز پرکردن با استفاده از یک صفحه‌ی دایره‌ای چوبی به قطر ۲۰۰ میلی‌متر (استروشن، ۱۹۹٤)..... ۱۸

شکل۲-۵- اندازه‌گیری زاویه ریپوز پرکردن با استفاده از یک صفحه‌ی دایره‌ای چوبی (استروشن، ۱۹۹٤)..... ۱۸

شکل۲-٦- نمای مقطع یک خطی کار چند منظوره که طرز قراردادن بذر غله، بذر علوفه و کود شیمیایی را در خاک نشان می دهد.(منصوری راد، ۱۳۷۸)..... ۱۹

شکل۲-۷- چهارنوع پخش‌کن ثقلی (بهروزی لار، ۱۳۷۹)..... ۲۱

شکل۲-۷- چهارنوع پخش‌کن ثقلی (بهروزی لار، ۱۳۷۹)..... ۲۱

شکل۲-۸- یک نوارپاش ثقلی با چند محفظه‌ی کوچک بعنوان مخزن (بهروزی لار، ۱۳۷۹)..... ۲۱

شکل ۲-۹- دو نمونه از کودپاش‌های گریز از مرکز(پل ون، ۲۰۰۷)..... ۲۲

شکل۲-۱۰- موزع دوار که در ته مخازن قرار می‌گیرد (منصوری راد، ۱۳۷۸)..... ۲٤

شکل ۲-۱۱- الف: م مواد ستقیم به دریچه خروجی می‌رسند. ب: مواد با واسطه به دریچه خروجی می‌رسند (بهروزی لار، ۱۳۷۹)..... ۲٤

شکل۲-۱۲- موزع چرخ‌دندانه‌ای (بهروزی لار، ۱۳۷۹)..... ۲۵

شکل۲-۱۳- موزع تسمه‌ای (بهروزی لار، ۱۳۷۹)..... ۲۵

شکل ۲-۱٤- موزع ثقلی (بهروزی لار، ۱۳۷۹)..... ۲٦

شکل۲-۱۵- نمایی از یک کودپاش و صفحه‌ی پران روی آن (منصوری راد، ۱۳۷۸)..... ۲۷

شکل۲-۱٦- الف: سرعت پرتاب دانه از روی صفحه ب: تجزیه سرعت دانه کود در لحظه پرتاب توسط پره غیر شعاعی عقب‌سو (دینتوا، ۲۰۰٤)..... ۲۹

شکل۲-۱۷- تجزیه سرعت دانه کود در لحظه پرتاب از صفحه توسط پره‌ای که تحت زاویه منفی ψ قرار گرفته باشد (دینتوا، ۲۰۰٤)..... ۲۹

شکل۲-۱۸- الگوریتم مربوط به روش المان مجزا (پل ون، ۲۰۰۷)..... ۳۵

شکل ۲-۱۹- نمودار جابجایی- زمان یک ذره‌ی در دو روش آزمایشگاهی و نرم‌افزاری(پل ون، ۲۰۰۷)..... ۳٦

شکل ۲-۲۰- دیسک چرخان همراه با دوربین پیشرفته با قابلیت ثبت مسیر حرکت ذره (پل ون، ۲۰۰۷)..... ۳۷

شکل۲-۲۱- روش آزمایشگاهی جهت ارزیابی پخش کود، برای تعداد زیادی از ذرات (پل ون، ۲۰۰۸)..... ۳۷

شکل ۲-۲۲- الگوی پخش برای مجموعه ای از ذرات کود، الف: نرم‌افزاری، ب:آزمایشگاهی (پل ون، ۳۷

۲۰۰۸).....
شکل ۲-۲۳- ردیف جعبه‌های چیده شده‌ی عمود بر مسیر حرکت و چرخهای وسیله (بهروز لار، ۱۳۷۹)..... ۳۹
شکل ۲-۲٤- تصاویر (الف) نمای جانبی از دیسک مسطح، (ب و پ) نماهای جانبی از دیسک مخروطی برای نمایش زاویه دیسک و تصویر (ت) نمای بالای از دیسک (یلدیریم، ۲۰۰٦)..... ٤۲
شکل۲-۲۵- نمودار مربوط به پخش کود سرعت دورانی دیسک ۸۱۰ دور بر دقیقه و در قطر دریچه ۳۰ میلیمتر. مسیر مرکزی حرکت کودپاش، خط مرکزی بین جعبه‌های ۲٦ و ۲۷ در نظر گرفته شده است. هرکدام از رسم‌های داخل نمودار میانگین سه تکرار می‌باشد (یلدیران یلدیریم، ۲۰۰٦)..... ٤۲
شکل۳-۱- کودپاش سانتریفیوژ مورد استفاده در آزمایشها و موجود در کارگاه ماشین‌ها..... ٤٦
شکل۳-۲- الف:نمای جانبی مخزن، ب:نمای بالایی مخزن و همزن، ت:اهرام‌های تنظیم‌کننده..... ٤۷
شکل۳-۳ الف- یک نمونه الک استاندارد شماره ٦۰ (اندازه‌ی مش= ۲۵/ میلی‌متر)، ب- دستگاه لرزاننده (گروه آبیاری، ۱۳۷۹)..... ٤۸
شکل۳-٤- تصاویر مربوط به صفحه‌های پران ساخته شده (قطر همه صفحه‌ها برابر ٤۸ سانتی‌متراست)..... ۵۱
شکل۳-۵- الف- نمایی ازیک جعبه‌ی جمع‌کننده‌ی چوبی و ابعاد جعبه، ب- طرز قرارگیری جعبه‌ها در نمونه‌برداری..... ۵۲
شکل۳-٦- جعبه‌های جفت شده برای باز شدن مسیر چرخهای تراکتور..... ۵٤
شکل۳-۷- فاصله کودپاش تا ردیف جعبه‌ها..... ۵۵
شکل۳-۸- ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۱ گرم..... ۵۵
شکل۳-۹- بخش مربوط به وارد کردن خصوصیات مواد در نرم‌افزار ورکینگ مدل..... ۵۷
شکل ۳-۱۰ الف: تصویر از بالا صفحه‌ی با پره شعاعی، ب: تصویر جانبی از صفحه، پ: تصویر از بالا صفحه‌ی با غیرشعاعی طراحی شده برای تحلیل حرکت دینامیکی ذره (طراحی شده با Solid works)..... ۵۷
شکل۳-۱۱- نمایی از پنجره‌ی کاری نرم‌افرار ورکینگ مدل و اجزای طراحی شده در آن..... ۵۸
شکل٤-۱ الف: نمودار مربوط به پخش کود برای سه دیسک ٤، ٦و ۸ پره، با کود نیتراته و وضعیت شعاعی پره‌ها. مسیر مرکزی حرکت کودپاش، عدد صفر محور افقی است. هر کدام از این نمودارها میانگین سه تکرار می‌باشد..... ٦۱
شکل٤-۱ ب: نمودار مربوط به پخش کود برای سه دیسک ٤، ٦و ۸ پره، با کود فسفاته و وضعیت شعاعی پره‌ها. مسیر مرکزی حرکت کودپاش، عدد صفر محور افقی است. هر کدام از این نمودارها میانگین سه تکرار می‌باشد..... ٦۲
شکل٤-۱ پ: نمودار مربوط به پخش کود برای سه دیسک ٤، ٦و ۸ پره، با کود نیتراته و وضعیت غیرشعاعی پره‌ها. مسیر مرکزی حرکت کودپاش، عدد صفر محور افقی است. هر کدام از این نمودارها میانگین سه تکرار می باشد..... ٦۲
شکل٤-۱ ت: نمودار مربوط به پخش کود برای سه دیسک ٤، ٦و ۸پره، با کود فسفاته و وضعیت غیرشعاعی پره‌ها. مسیر مرکزی حرکت کودپاش، عدد صفر محور افقی است. هر کدام از این نمودارها میانگین سه تکرار می‌باشد..... ٦۲

شکل ٤-٢ الف: نمودار مربوط به پخش کود برای دو وضعیت شعاعی و غیرشعاعی پره‌ها، با کـــود نیتراته و دیسک ٤ پره‌ای. مسیر مرکزی حرکت کودپاش، عدد صفر محور افقی است. هر کدام از این نمودارها میانگین سه تکرار می‌باشد ٦٤
شکل ٤-٢ ب: نمودار مربوط به پخش کود برای دو وضعیت شعاعی و غیرشعاعی پره‌ها، با کود نیتراته و دیسک ٦ پره‌ای. مسیر مرکزی حرکت کودپاش، عدد صفر محور افقی است. هر کدام از این نمودارها میانگین سه تکرار می‌باشد ٦٥
شکل ٤-٢ پ: نمودار مربوط به پخش کود برای دو وضعیت شعاعی و غیرشعاعی پره‌ها، با کود نیتراته و دیسک ٦ پره‌ای. مسیر مرکزی حرکت کودپاش، عدد صفر محور افقی است. هر کدام از این نمودارها میانگین سه تکرار می‌باشد ٦٥
شکل ٤-٣ الف: نمودار مربوط به پخش کود برای دو وضعیت شعاعی و غیرشعاعی پره‌ها، با کود فسفاته و دیسک ٤ پره‌ای. مسیر مرکزی حرکت کودپاش، عدد صفر محور افقی است. هر کدام از این نمودارها میانگین سه تکرار می‌باشد ٦٦
شکل ٤-٣ ب: نمودار مربوط به پخش کود برای دو وضعیت شعاعی و غیرشعاعی پره‌ها، با کود فسفاته و دیسک ٦ پره‌ای. مسیر مرکزی حرکت کودپاش، عدد صفر محور افقی است. هر کدام از این نمودارها میانگین سه تکرار می‌باشد ٦٦
شکل ٤-٣ پ: نمودار مربوط به پخش کود برای دو وضعیت شعاعی و غیرشعاعی پره‌ها، با کود فسفاته و دیسک ٨ پره‌ای. مسیر مرکزی حرکت کودپاش، عدد صفر محور افقی است. هر کدام از این نمودارها میانگین سه تکرار می‌باشد ٦٦
شکل ٤-٤ الف: نمودار مربوط به پخش کود برای دو نوع کود (دانه ریز و دانه درشت)، با دیسک ٤ پره‌ای و وضعیت شعاعی پره‌ها. مسیر مرکزی حرکت کودپاش، عدد صفر محور افقی است. هر کدام از این نمودارها میانگین سه تکرار می‌باشد ٦٨
شکل ٤-٤ ب: نمودار مربوط به پخش کود برای دو نوع کود (دانه ریز و دانه درشت)، با دیسک ٦ پره‌ای و وضعیت شعاعی پره‌ها. مسیر مرکزی حرکت کودپاش، عدد صفر محور افقی است. هر کدام از این نمودارها میانگین سه تکرار می‌باشد ٦٨
شکل ٤-٤ پ: نمودار مربوط به پخش کود برای دو نوع کود (دانه ریز و دانه درشت)، با دیسک٨ پره‌ای و وضعیت شعاعی پره‌ها. مسیر مرکزی حرکت کودپاش، عدد صفر محور افقی است. هر کدام از این نمودارها میانگین سه تکرار می‌باشد ٦٩
شکل ٤-٥ الف: نمودار مربوط به پخش کود برای دو نوع کود (دانه ریز و دانه درشت)، با دیسک ٤ پره‌ای و وضعیت غیرشعاعی پره‌ها. مسیر مرکزی حرکت کودپاش، عدد صفر محور افقی است. هر کدام از این نمودارها میانگین سه تکرار می‌باشد ٦٩
شکل ٤-٥ ب: نمودار مربوط به پخش کود برای دو نوع کود (دانه ریز و دانه درشت)، با دیسک ٦ پره‌ای و وضعیت غیرشعاعی پره‌ها. مسیر مرکزی حرکت کودپاش، عدد صفر محور افقی است. هر کدام از این نمودارها میانگین سه تکرار می‌باشد ٧٠

شکل ٤-٥ پ: نمودار مربوط به پخش کود برای دو نوع کود (دانه ریز و دانه درشت)، با دیسک ۸ پره‌ای و وضعیت غیرشعاعی پره‌ها. مسیر مرکزی حرکت کودپاش، عدد صفر محور افقی است. هر کدام از این نمودارها میانگین سه تکرار می‌باشد..... ۷۰
شکل ٤-٦ نمودار جابجایی- زمان برای دیسک چرخان پره شعاعی الف: ٥٤٠ rpm ، ب: ٤٠٠ rpm ۷۱
شکل ٤-۷ نمودار جابجایی- زمان برای دیسک چرخان غیر شعاعی جلو سو الف: ٥٤٠ rpm ، ب: ٤٠٠ rpm ۷۲
شکل ٤-۸ نمودار جابجایی- زمان برای دیسک چرخان غیر شعاعی عقب سو الف: ٥٤٠ rpm، ب: ٤٠٠ rpm ۷۲

فهرست جداول

جدول ۲-۱- خصوصیات و وسایل لازم که یلدیریم در سال (۲۰۰٦) برای انجام آزمایش‌های خود بکار گرفت است..... ٤۳
جدول ۳-۱- خصوصیات فیزیکی کود نیتراته و کود فسفاته (کودهای مورد استفاده در تحقیق حاضر)..... ٤۹
جدول ۳-۲- خصوصیات پره‌های مورد استفاده در پخش مواد..... ٥۰
جدول ٤-۱ الف: نتایج تحلیلی اثر تعداد پره‌های صفحه‌ی پران بر یکنواختی پخش با کود نیتراته و فسفاته و در وضعیت شعاعی پره‌ها..... ٦۱
جدول ٤-۱ ب: نتایج تحلیلی اثر تعداد پره‌های صفحه‌ی پران بر یکنواختی پخش با کود نیتراته و فسفاته و در وضعیت غیرشعاعی پره‌ها..... ٦۲
جدول ٤-۲ الف: نتایج تحلیلی اثر وضعیت قرارگیری پره‌های بر یکنواختی پخش کود با کود نیتراته و تعداد پره‌های مختلف..... ٦٤
جدول ٤-۲ ب: نتایج تحلیلی اثر وضعیت قرارگیری پره‌های بر یکنواختی پخش کود با کود فسفاته و تعداد پره‌های مختلف..... ٦٥
جدول٤-۳ الف: نتایج تحلیلی اثر اندازه‌ی ذرات (نوع کود) بر یکنواختی پخش کود با تعداد پره‌ها مختلف و وضعیت شعاعی پره‌ها..... ٦۸
جدول٤-۳ ب: نتایج تحلیلی اثر اندازه‌ی ذرات (نوع کود) بر یکنواختی پخش با تعداد پره‌های مختلف و وضعیت غیرشعاعی پره‌ها..... ٦۹
جدول ٤-٤- مقدار ماکزیمم پرتاب ذره از روی دیسک چرخان تا لحظه برخورد با زمین در سرعت‌های مختلف..... ۷۲

فهرست علائم

ρ	دانسیته یا چگالی
ρ_b	دانسیته ذراه‌ای
ρ_s	دانسیته‌ی توده‌ای
ϕ	ضریب کرویت
μ	ضریب اصطکاک
T_m	گشتاور
w	وزن
q	طول بازوی گشتاور
ψ	زاویه سر خوردن مواد از روی سطح شیبدار
θ_e	زاویه‌ی ریپوز تخلیه
h_2, h_1, h, H	ارتفاع
x_2, x_1, x	فاصله افقی
d	قطر قائده
θ_f	زاویه‌ی ریپوز پر کردن
PH	شاخص اسیدی یا بازی بودن مواد
A_0	نقطه‌ی حرکت اولیه
ψ	زاویه‌ی پره نسبت به خط شعاعی
α	زاویه جایجایی ذره روی صفحه
V_w	سرعت نسبی ذره
V_b	سرعت برآیند
V'_u	مؤلفه‌ی مماسی سرعت کل ذره
V_u	سرعت مماسی ذره
r	شعاع
T	نیروی مقاوم اصطکاکی

m	جرم
ω	سرعت دورانی
g	گرانش زمین
β	زاو یه سرعت
υ	سرعت خطی
r_0	شعاع اولیه از مرکز
A	مقدار ثابت
F	مقدار ثابت
D	مقدار ثابت
T, t	زمان
C_2	مقدار ثابت
V_0	سرعت خطی دانه
h_0	ارتفاع صفحه چرخان از سطح زمین
θ	زاویه سطح افق
S_0	مکان افقی اولیه پرتاب دانه
S	مسافت طی شده‌ی افقی دانه
X	مقدار وزن نمونه
$\bar{X}$	میانگین
N	تعداد نمونه‌ها
Σ	علامت مجموع
SD	انحراف معیار
CV	ضریب تغییرات
Q	دبی

چکیده

با زیاد شدن رشد جمعیت و بالا رفتن نیاز به مواد غذایی، کودهای شیمیایی جامد گرانوله‌ای بطور گسترده‌ای برای رشد بهتر محصولات کشاورزی استفاده می‌شود. اما مصرف کود خارج ازحد مجاز، باعث کاهش کیفی و کمی محصول می‌شود و همچنین استفاده زیاد از کود، نه تنها هزینه‌بر و عامل کاهش محصول است، بلکه سبب آلودگی آب‌های زیر زمینی و سطحی می‌شود. پخش دانه‌های کود یک فاکتور مهم در رشد محصولات است. بطور کلی، همه کشاورزان به دنبال توزیع یکنواختی از کود (مقدار ثابتی از کود در واحد سطح خاک) در عرض مزرعه یا زمین هستند. در نتیجه باید به دنبال وسایلی برای بکارگیری بهینه‌ی کودها بود. در این تحقیق ابتدا کودهای پرمصرف در داخل کشور و سپس نوع کودپاشی که اغلب کشاورزان از آن استفاده می‌کنند، مشخص شد. در این تحقیق به بررسی تأثیر تعداد پره، وضعیت قرارگیری پره (شعاعی و غیرشعاعی) و نوع کود (اندازه‌ی ذره)، پرداخته شد. برای انجام این کار، دو نوع کود پرمصرف (نیتراته و فسفاته)، کودپاش سانتریفیوژ تک دیسکه‌ی سوار (اتصال سه نقطه)، تراکتور مسی فرگوسن MF285 و شش صفحه‌ی پران متفاوت از لحاظ تعداد پره (٤، ٦ و ٨ پره) و موقعیت قرارگیری پره‌ها (شعاعی و غیر شعاعی)، بکار گرفته شد. برای ارزیابی کیفیت یکنواختی پخش، از ٤٠ عدد جعبه چوبی بعنوان جعبه‌های جمع‌کننده، با ابعاد داخلی (٥٠×٢٠×١٠cm) و با فاصله ٢٢ cm از همدیگر و بصورت عمود بر مسیر حرکت کودپاش، استفاده شد. هر آزمایش برای سه بار تکرار شد که ارتفاع پخش و سرعت دورانی دیسک بترتیب ٧٠ cm و ٥٤٠ rpm و سرعت پیشروی تراکتور ٤/٤ km/hr بوده است.

بعد از تحلیل آماری داده‌های حاصل شده از آزمایش‌ها، مشاهده شد که تعداد پره و نوع کود (اندازه دانه‌های کود)، تأثیری بر یکنواختی الگوی پخش ندارد. اما وضعیت قرارگیری پره‌ها روی صفحه‌ی پران، تأثیر قابل توجهی و معنی‌داری روی یکنواختی الگوی پخش داشت. بهترین و یکنواخت‌ترین نمونه پخش توسط صفحه‌ی پران ٨ پره‌ای با وضعیت قرارگیری غیرشعاعی پره‌ها و کود فسفاته، انجام گرفته شد (مقدارضریب تغییرات ١٢/٣٦، مقدار مینیمم ٨٦/٩٢ مقدار ماکزیمم ٩٤/٣١ و اختلاف بین مقدار چولگی در سمت راست و سمت چپ برابر٤).

جهت درک رفتار دینامیکی ذره در حین پخش، رفتار یک ذره توسط نرم‌افزار Working Model شبیه‌سازی شد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی رفتار دینامیکی ذره، نشان داد که می‌توان برای درک مسائل و رفتار پیچیده‌ی مربوط به ذره از نرم‌افزارهای بر اساس المان مجزا استفاده کرد.

کلمات کلیدی: کود، کوپاش‌های سانتریفیوژ، صفحه‌های پران، شبیه‌سازی دینامیکی

فصل اول

۱ مقدمه

۱-۱ اهمیت مصرف کود

کود[1]های معدنی بطور گسترده‌ای برای رشد بهتر محصولات کشاورزی استفاده می‌شوند. در بیشتر نقاط دنیا برای جبران کمبود مواد غذایی گیاهان، استفاده از کودهای معدنی امری ضروری است. از سال ۱۹۵۰، مصرف کودهای مغذی بشدت زیاد شده است بطوریکه تولید موادی از قبیل نیتروژن، فسفات و پتاس در بین سالهای ۱۹۹۰- ۱۹۵۰ از ١٤ میلیون تن به ١٤٣ میلیون تن رسیده است. طبق آخرین تحقیق‌ها، رشد مطلق درتولید محصولات جهان ازسال ۱۹۹۷ تا ۲۰۳۰ به ۵۷ ٪ خواهد رسید، این نرخ افزایشی در کشورهای در حال توسعه بیشتر از کشورهای توسعه‌یافته، خواهد بود (پل ون، ۲۰۰۷)[2].

به منظور دستیابی به مواد غذایی برنامه‌ریزی شده توسط سازمان خوار و بار جهانی[3]، پیش‌بینی می‌شود مصرف کود از سطح کنونی (۱۳۸ میلیون تن در سال) به حدود ١٦٧ تا ۱۹۹ میلیون تن در سال، در سال ۲۰۳۰ افزایش یابد. که بدین منظور باید به دنبال وسایلی برای بکارگیری بهینه‌ی کودها بود (پل ون، ۲۰۰۷).

۱-۲ تجهیزات و ماشین‌های کوددهی

در طی سال‌های اخیر، همزمان با مصرف کودها در خاک، نگرانی‌هایی در مورد محیط زیست، به وجود آمده است. از این گذشته، بخشی از سود اقتصادی حاصل از مصرف کود، صرف تصفیه و تعدیل کردن محیط زیست می‌شود. با این دلایل، یکنواختی پخش[4] کود برای کاهش هزینه‌های نهایی امـــری ضروریست (پل ون، ۲۰۰۷).

---

1 Fertilizer

2 Paul Van

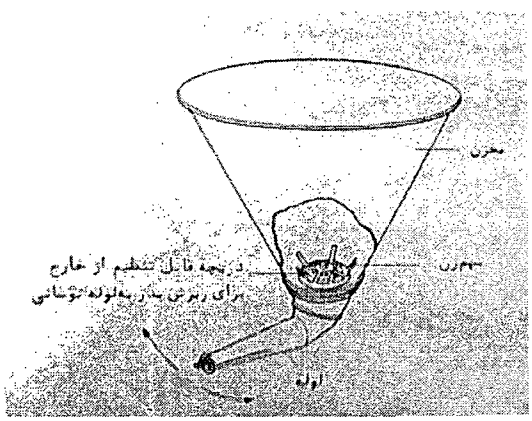
3 FAO

4 Pattern Uniformity

بالغ بر ۹۰ ٪ کودها بوسیله کودپاش‌های[1] با دیسک چرخان[2]، پخش می‌شوند. کاربرد زیاد این نوع کودپاش‌ها به دلایلی از قبیل قیمت نسبتاً پایین و دقت بالای آنها می‌باشد، علاوه بر این، عرض کار بالایی دارند و تعمیر و نگهداری آنها به سادگی صورت می‌گیرد. انواع دیگر کودپاش‌ها مانند پاشنده پاندولی[3] (شکل۱-۱) و نیوماتیکی کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. موانع اصلی در استفاده از این دو کودپاش، عرض کار کم، قیمت بالا، وضعیت نامطلوب از قبیل سنگلاخی بودن و ناهمواری زمین است (پل ون، ۲۰۰۷) .

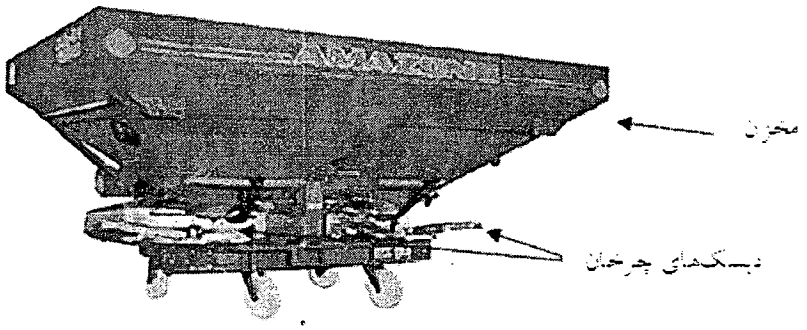
کودپاش‌های سانتریفوژ[4] (شکل۱-۲) دارای مخزن بزرگی با حجم حدودی ۸-۰/۵ متر مکعب هستند. از آنجایکه دانسیته توده‌ای کود تقریباً ۱۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب است، تکنولوژی‌های جدید، پرکردن مکرر مخزن را کاهش داده است. بدین منظور مستقیماً زیر مخزن، یک دیسک چرخان قرار داده می‌شود که به صورت مکانیکی یا هیدرولیک توسط تراکتور چرخانده می‌شود. دانه‌های کود با عبور از لوله یا مجاری انتقال روی دیسک چرخان می‌ریزند و در مزرعه پخش شده و الگوی پخشی را در مزرعه به نمایش می‌گذارند (پل ون، ۲۰۰۷).

معمولاً برای رسیدن به یک الگوی پخش مناسب در کودپاش‌ها از دو دیسک چرخان که مخالف همدیگر می‌چرخند، استفاده می‌شود. نوع دیسک چرخان همچنین برای کارهای کوچک و خانگی مورد استفاده قرار می‌گیرد که معمولا در این حالت عرض پاشش کم خواهد بود و دیسک چرخان توسط نیروی مکانیکی دست یا چرخ‌های حامل به حرکت در می‌آید (پل ون، ۲۰۰۷).



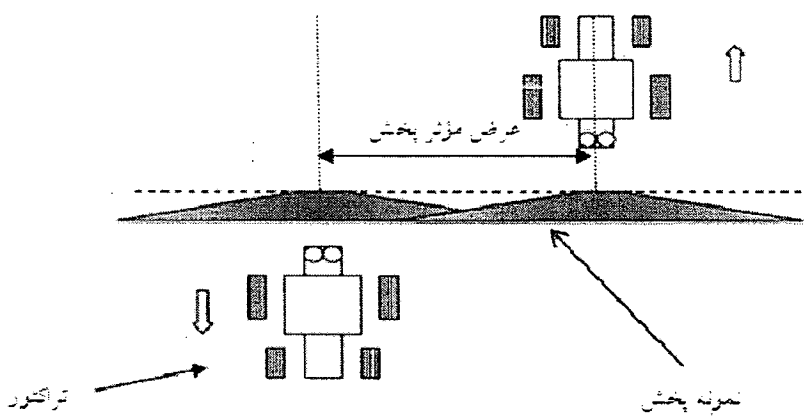
شکل ۱-۱- کودپاش سانتریفوژ با پخش‌کننده پاندولی(نوسانی) و قسمتهای مهم آن (منصوری راد، ۱۳۷۸).

1 Spreaders
2 Rotary disc
3 Spout(pendulum)
4 Centrifugal spreaders



شکل ۱- ۲- نمایی از یک کودپاش سانتریفوژ (پل ون، ۲۰۰۷)

شکل ایده‌آل پخش کود روی زمین معمولاً ذوزنقه‌ایست. با همپوشانی نمونه از تغییرات زیاد در پخش جلوگیری می‌شود. یک همپوشانی یکنواخت کامل (۱۰۰ درصد) وقتی حاصل می‌شود که مسیرهای پاشش مجاور به طوردقیق طی شوند، شکل(۱-۳). کار این کودپاش‌ها بستگی به خصوصیات فیزیکی دانه‌های کود (مانند: ضریب اصطکاک، شکل مواد) و کیفیت کود دارد. وجود تغییرات زیاد در الگوهای پخش همانطور که به شرایط آب و هوایی (مانند رطوبت هوا) بستگی دارد به نوع کود نیز بستگی دارد (هاف استی، ۱۹۹۵)[1]. با افزایش عرض کار تا رسیدن به ۳۶ متر یا بیشتر یکنواختی پخش بشدت کاهش می‌یابد (اولیسلاگرز، ۱۹۹۷)[2].



شکل ۱-۳- شکل پاشش، چگونگی همپوشانی و عرض کار مفید در یک کودپاش (پل ون، ۲۰۰۷).

1 Hofstee

2 Olieslagers

۱-۳ مشکلات ماشین‌های کوددهی

عدم هماهنگی و تناسب ادوات وارداتی با شرایط کشاورزی ایران، پایین بودن سطح دانش و مهارت در استفاده صحیح از وسایل و حفظ و نگهداری آنها از جمله نقاط ضعفی است که باعث جلوگیری از پیشرفت در رشته مکانیک ماشینهای کشاورزی در ایران شده است (منصوری راد، ۱۳۷۸)

با توجه به اینکه اکثر ماشین‌های مورد استفاده در کشاورزی مستقیماً توسط انسان بکار گرفته می‌شوند و کنترل این ادوات بصورت مکانیکی است و همچنین دقت زیادی در ساخت آنها نمی‌شود، بعد از مدتی استفادهٔ نادرست در زمین‌های نامطلوب، نگهداری این ادوات در مکان‌های نامناسب، و عدم تعمیر بموقع آنها باعث ایجاد مشکلاتی مثل از کار افتادگی‌های مکرر در حین کار، مصرف زیاد سوخت و انرژی، خستگی کاربران، بهم خوردن تنظیمات اولیه، پایین آمدن دقت انجام کار، اتلاف وقت مفید کاری و در نهایت عدم دریافت نتیجه مطلوب از کار می‌شود (منصوری راد، ۱۳۷۸ و بهروزی لار، ۱۳۷۹).

به علت مشکلات اقتصادی بیشتر کشاورزان تمایل به استفاده از ادوات ارزان قیمت‌تر دارند تا با کیفیت‌تر بنابراین ادوات مورد استفاده در کشاورزی، دارای دقت و کیفیت پایینی هستند و همچنین کنترل برخی از ماشین‌های کوددهی و حتی دیگر ادوات کشاورزی معمولاً توسط افراد معمولی که اطلاعات درست و کاملی از چگونگی استفاده از تجهیزات ندارند، بکار گرفته می‌شوند (پریش، ۲۰۰۲)[1]. این امر باعث بالا رفتن انرژی مصرفی، استهلاک بیشتر ماشین، آلودگی محیط زیست و گرفتن نتایج نامطلوب می‌شود. برای مثال قابل ذکر است که زیان کودهای شیمیایی به اقتصاد و اکولوژی (آلودگی آب‌های سطحی ناشی از نیتروژن) امری ناگزیر است، البته برخی از کارخانه‌های سازنده این وسایل در تلاش برای بکارگیری سیستم‌های کنترل کننده برای کنترل کردن جریان ذرات هستند. علاوه براین، امروزه می‌توان با بکارگیری سیستم‌های موقعیت یاب جهانی[2] در پخش یکنواخت کود، دقت بیشتری به عمل آید (پل ون، ۲۰۰۷).

۱-٤ مضرات ناشی از مصرف نادرست کودهای شیمیایی

پخش دانه‌های کود یک فاکتور مهم در رشد محصولات است. بطور کلی، همه کشاورزان بدنبال توزیع یکنواختی از کود (مقدار ثابتی از کود در واحد سطح خاک) در عرض مزرعه یا زمین هستند (پرسون، ۱۹۹۸)[3]. مصرف زیاد یا کم کود ازحد مجاز، باعث کاهش کیفی وکمی محصول و کاهش ۱۰ درصد یا بیشتر سود می‌شود و استفاده زیاد از کود، نه تنها هزینه‌بر و عامل کاهش محصول است، بلک سبب آلودگی آبهای زیر زمینی و سطحی می‌شود (دینتوا، ۲۰۰٤)[4].

---

1 Parish

2 Global Positioning System

3 Person

4 Dintwa

با وجود اینکه استفاده از کود، میزان تولید را در هکتار بالا می‌برد و تولیدات کشاورزی را اقتصادی می‌کند اما عدم وجود تنوع کافی در کودهای موجود و عدم آگاهی کشاورز در مدیریت این کودها منجربه تجمیع میزان بالایی از نیترات در محصولات شده و در نتیجه مصرف آن‌ها می‌تواند باعث بیماری‌های مختلف مادرزادی، سوءهاضمه، سرطان‌های گوارشی، بیماری‌های عصبی، نازایی، پارکینسون و ایجاد مشکلاتی در بارداری و دوره‌های قاعدگی زنان شود (مهرپویان، ۱۳۸۹).

استفاده از کود در فصول کشاورزی همچنین منجر به افزایش فقرآهن در میان کودکان شده ولی ظاهراً به آن توجه جدی نمی‌شود، متأسفانه در کشور ما در فصول کشاورزی به جای استفاده از کود میکرو که حاوی ریزمغذی‌هاست از کود نیتراته استفاده می‌شود این کود منجر به تهی شدن خاک از ریزمغذی‌ها خواهد شد و با تاثیر روی محصولات کشاورزی منجر به ایجاد فقر آهن در انسان‌ها می‌شود (مهرپویان، ۱۳۸۹).

۱-۵ اهداف تحقیق

مهمترین اهدافی که در این تحقیق دنبال می‌شود، عبارتند از:

- انتخاب یگ الگوی پخش مناسب برای پخش کودهای گرانوله‌ای[1] نیترات آمونیوم و فسفاته با کودپاش سانتریفیوژ
- بررسی تاثیر تعداد پره بر روی یکنواختی پخش کود
- بررسی تاثیر وضعیت قرار گیری (شعاعی و غیرشعاعی) پره بر روی یکنواختی پخش کود
- بررسی نوع کود (اندازه‌ی ذرات) بر روی یکنواختی پخش کود
- اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی کودهای مورد استفاده (اندازه‌ی ابعاد دانه‌ها، وزن مخصوص دانه‌ها، شکل و ...)
- مطالعه‌ی جریان دانه‌های کود روی صفحه‌ی پران کودپاش
- شبیه‌سازی ساده حرکت دانه کود روی صفحه‌ی پران کودپاش
- طراحی و ساخت صفحه‌های پران مناسب برای کودپاش‌های سانتریفیوژ

امید است که با انجام این تحقیق گامی در جهت ارتقاء سطح مکانیزاسیون در کشور و کاهش هزینه‌های مربوط به مصرف نامناسب کود و مانع ازایجاد خطرات مصرف بی رویه‌ی کود برداشته شود.

---

1 Granular