بررسی و مقایسه پارامترهای موثر بر نوع پاشش بذرپاش‌های نوسانی و گریزازمرکز

علیرضا ثنایی‌فر[۱]. محمد جواد شیخ داودی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران

۲- دانشیار گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

a.sanaei67@yahoo.com

چکیده

امروزه توزیع یکنواخت، و قراردهی مناسب کود در خاک، به عنوان عوامل موثری در ایجاد عکس العمل حداکثر در مقابل هزینه حداقل به طور فزاینده اهمیت پیدا کرده است همچنین پاشش بیش از حد کودهای شیمیایی در خاکهای زراعی، باعث تخریب وکاهش حاصلخیزی خاک می شود و مشکلات زیست محیطی به همراه دارد که این امر بر خلاف اهداف کشاورزی پایدار است علاوه بر این با توجه به استفاده کودپاشها در مراتع برای کاشت بذور گندم و جو و...، نتایج این تحقیق مارا در انتخاب وسیله مناسب برای این منظور نیز کمک می نماید. برای انجام این تحقیق از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصافی در سه تکرار استفاده شد. تمامی آزمایشات مطابق استاندارد ASAEs341.2 انجام گرفت. فاکتورهای مورد استفاده در این تحقیق عبارت بودند از:

۱- نوع پاشنده که شامل دو نوع پاشنده نوسانی و گریزازمرکز بود.
۲- جرم و جرم حجمی حقیقی و ظاهری دانه های پاشیده شده.
۳- نرخ پاشش که آزمون ها در دو سطح دریچه خروجی کاملاً باز و نیمه باز انجام گرفت.

پارامترهای مورد استفاده در این تحقیق عبارت بودند از: عرض موثر پاشش، عرض کل پاشش و الگوی پاشش هر کدام از پاشنده ها. نتایج به دست آمده در سطح اطمینان ۹۹ درصد نشان داد که عرض کل پاشش پاشنده های گریزازمرکز بیش از عرض کل پاشش پاشنده های نوسانی است که دلیل آن اختلاف بین دو سیستم نوسانی و گریزازمرکز می باشد. تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده در این تحقیق مشخص کرد که عرض موثر پاشش و عرض کل پاشش دانه های با میانگین جرم بیشتر و دانه های با جرم حجمی حقیقی بالاتر، بیشتر از عرض موثر پاشش و عرض کل پاشش دانه های با میانگین جرم وجرم حجمی حقیقی کمتر است و همچنین نشان داد که با افزایش نرخ پاشش در اثر افزایش میزان دبی عرض پاشش بیشتر می شود که علت آن افزایش گسترش دامنه پاشش با افزایش نرخ پاشش می باشد. الگوی پاشش پاشنده های گریزازمرکز مثلثی شکل و الگوی پاشش پاشنده های نوسانی به شکل کوهانی است.

کلمات کلیدی: الگوی پاشش، بذر پاش گریزازمرکز، بذرپاش نوسانی، عرض کل پاشش، عرض موثر پاشش

مقدمه

امروزه اهمیت تغذیه گیاهان با استفاده از کودهای شیمیایی به منظور تضمین تولید محصول کافی، بیش از هر زمان دیگر مشخص شده، زیرا یکی از عوامل مهمی که سهم به سزایی در افزایش تولید در واحد سطح دارد کودشیمیایی است. از نتایج پاشش غیر یکنواخت کودهای شیمیایی می توان کاهش مقدار محصول، کاهش کیفیت محصول و آثار نامطلوب بر کیفیت خاک اشاره کرد. علاوه بر این، رابطه بین شرایط خاک مزرعه و تاثیرات فیزیولوژیکی که بر گیاهان دارد هنوز به درستی شناخته نشده است، اما تاثیرات نامطلوبی که پاشش غیریکنواخت کودهای شیمیایی بر گیاهان دارد، از لحاظ زیان های اقتصادی مبالغ هنگفتی برآورد می‌شود. عواملی که بر عملکرد پاشش کودهای شیمیایی تاثیر می گذارند عبارت اند از: نوع دستگاه، مشخصات فیزیکی کود شیمیایی، شرایط اقلیمی مزرعه و کاربر (Svensson, 1990). بنابراین تخمین مواد غذایی مورد نیاز مزرعه و همچنین مواد لازم برای اصلاح خاک و پخش دقیق این مواد با یکنواختی بالا از اهمیت ویژه_ای برخوردار است. میزان پاشش کودشیمیایی یا بذرها بر واحد سطح و یکنواختی و دقت پاشش مهمترین پارامترها در ارزیابی بذرپاش ها می باشد (Svensson, 1990). در آزمایشاتی که بر روی بذرپاش های گریزازمرکز انجام گرفت دریافتند که سه فاکتور سرعت دورانی پره ها، نحوه قرارگیری پره ها و موقعیت دریچه خروجی بر شکل الگوی پاشش این پاشنده ها تاثیر می گذارند (Srivastava *et al*., 1993).

مولر[1] (۱۹۸۷)، برگستورم[2] (۱۹۷۹)، نیلسون[3] (۱۹۷۵) و بروباچ[4] (۱۹۷۳) در آزمایشات خود بر روی کودپاش ها به این نتیجه رسیدند که خواص کودهای شیمیایی مهمترین عاملی است که نتیجه پاشش را مشخص می کند. خواص ذرات کودهای شیمیایی بوسیله نوع ترکیب آنها، روش ساخت آنها و روش حمل و نقل آنها در طول دوره انبارداری و انتقال تغییر می کند. طی تحقیقات صورت گرفته تفاوت در اندازه دانه ها باعث جدایی آنها از یکدیگر می شود به این معنی که دانه های با ابعاد کوچکتر، در مکان مشخصی از سطح و دانه های با اندازه بزرگتر در مکان دیگری از سطح فرود می آیند (Nilsson, 1975). در تحقیقی که بر روی پاشنده های گریزازمرکز انجام دادند به این نتیجه رسیدند که با تغییر اندازه ذرات کودهای شیمیایی پاشیده شده الگوی پاشش نیز تغییر می‌کند (Pettersen *et al*., 1991).

در این مقاله عرض کل و عرض موثر پاشش هر یک از دو نوع بذرپاش نوسانی وگریزازمرکز در پاشش دانه های با جرم و جرم حجمی متفاوت مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است که نتایج حاصله در گزینش نوع پاشنده مورد نظر حائز اهمیت می‌باشد. همچنین تاثیرات میزان باز بودن دریچه خروجی بر عرض کل پاشش و عرض موثر پاشش مورد بررسی قرار گرفته است که این موضوع از نظر اقتصادی اهمیت زیادی دارد همچنین الگوی پاشش هر یک از دو نوع بذرپاش و تاثیرات هر یک از عوامل جرم وجرم حجمی ماده پاشیدنی و نرخ پاشش بر الگوی پاشش نیز در این تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفته شد.

[1] Moller
[2] Bergstorm
[3] Nilsson
[4] Brubach

مواد و روشها

طرح کلی آزمایش ها

این تحقیق با استفاده از طرح فاکتوریل[5] در قالب بلوک های کاملاً تصادفی[6] در سه تکرار انجام شد. ترکیبات تیماری این آزمایش ها برای از بین بردن تاثیرات محیطی، به صورت کاملاً تصادفی، مورد آزمایش قرار گرفت.
عوامل مورد ارزیابی در این تحقیق عبارت اند از: ۱. نوع بذرپاش که شامل نوسانی و گریزازمرکز است ۲. جرم دانه-های پاشیده شده که برای این منظور از سه دانهٔ پاشیدنی با جرم های مختلف استفاده شد. دانه های مذکور عبارت‌اند از: کود اوره، کود فسفات آمونیوم و بذر گندم. شاخص های مورد ارزیابی عبارت‌اند از: الگوی پاشش هر کدام از ترکیبات تیماری، عرض کل پاشش و عرض موثر پاشش برای هر کدام از ترکیبات تیماری.

وضعیت انجام آزمایش

این تحقیق در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام پذیرفت. مطابق استاندارد ASAEs341.2 آزمایش ها در شیب زمین کمتر از دو درصد (زمین کاملاً افقی در این تحقیق) انجام گرفت. مطابق با این استاندارد عمل پاشش از ۳۰ متر قبل از محل پاشش و ۴۵ متر بعد از محل پاشش انجام شد. از آن جا که وزش باد بر میزان یکنواختی پاشش تاثیر می گذارد، سرعت باد در تمامی آزمایش ها در محدوده استاندارد قرار داشت. در مدت انجام تمامی آزمون ها، هوا آفتابی و سرعت باد کمتر از ۸ کیلومتر در ساعت بود. برای انجام این تحقیق از تراکتور جاندیر مدل ۲۰۴۰ (به علت لرزش کم) استفاده شد.
مشخصات بذرپاش گریزازمرکز و نوسانی مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۱ آمده است

جدول ۱: مشخصات بذرپاش گریزازمرکز و نوسانی

	سرعت پیشروی (Km/h)	عرض پاشش (m)	سرعت PTO (rpm)	وزن (kg)	حجم مخزن (m^3)	ظرفیت مخزن (kg)
گریز از مرکز	۴	۱۴	۵۴۰	۸۰	۰/۲۶	۳۰۰
نوسانی	۴	۱۴	۵۴۰	۷۶	۰/۲۵	۲۷۲

مطابق استاندارد ASAEs341.2 برای جمع‌آوری دانه های پاشیده شده از بذرپاش برای بدست آوردن الگوی پاشش هر کدام از بذرپاش ها تعداد بیست عدد سینی جمع‌آوری ساخته شد. سینی ها در ردیفی با فواصل مساوی و به طور قرینه چیده شدند. فاصله همه سینی ها به جز سینی های وسطی که برای عبور چرخ های تراکتور بیشتر در نظر گرفته شده بود، مساوی در نظر گرفته شد. مقدار دانه ریخته شده در هر سینی به طور جداگانه با استفاده از

[5] Factorial experiment
[6] Randomized complete block design

ترازوی که دقت آن تا ۰/۱ گرم است وزن گردید. طرح سینی های جمع‌آوری بر مقادیری از ذرات پاشیده شده که در طول آزمایش در سینی باقی می‌مانند تاثیر می‌گذارد (Parish, 1986; Whitney *et al*., 1987). الگوی پاشش با استفاده از نمودار ستونی و با استفاده از نرم افزار EXCEL رسم گردید. مشخصات کودها و بذور آزمایشی در جدول ۲ ذکر شده است.

جدول۲: مشخصات دانه های پاشیدنی در تحقیق

ماده پاشیدنی	بذر گندم	کود اوره	کود فسفات آمونیوم
میانگین جرم هر دانه (g)	۰/۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۴
جرم مخصوص حقیقی (g/cm^3)	۱/۱۱	۱/۲۹	۱/۷۰
جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)	۰/۷۸	۰/۶۶	۰/۸۹

نتایج و بحث

عرض موثرپاشش

جدول ۴ مقایسه میانگین عرض موثر در پاشش مواد به کار رفته در تحقیق را نشان می دهد. مطابق آنچه در جدول مشاهده می‌شود، نوع دانه پاشیده شده بر عرض موثر پاشش تاثیر گذار است و عرض موثر پاشش پاشنده ها در پاشش دانه های کود اوره در سطح احتمال ۱٪ کمتر از عرض موثر پاشش پاشنده ها در پاشش دانه های کود فسفات آمونیوم و بذر گندم است. همچنین در عرض موثر پاشش دانه های کود فسفات آمونیوم و بذر گندم اختلاف معنی داری مشاهده نشد دلیل این امر، اختلاف در جرم متوسط دانه های کود اوره با جرم متوسط دانه‌های کود فسفات آمونیوم و بذر گندم می باشد.

جدول ۴: مقایسه میانگین عرض موثر پاشش دانه های مورد استفاده

	کود اوره	کود فسفات آمونیوم	بذر گندم
عرض موثر پاشش (m)	۱۰/۷۰^{B}	۱۳/۹۰^{A}	۱۳/۳۰$^{A+}$

+ میانگین ها با حروف مشترک بزرگ از نظر آماری دارای اختلاف معنی دار نمی باشند.(دانکن۱٪)

همانطور که از جدول تجزیه واریانس عرض موثر پاشش (جدول ۳) استنباط می شود، نوع ماده پاشیدنی بر عرض موثر پاشش در سطح احتمال ۱٪ معنی دار شده است، یعنی به احتمال ۹۹٪ توع ماده پاشیدنی بر پارامتر عرض موثر پاشش تاثیر می‌گذارد.

جدول۳: نتایج حاصل از تجزیه واریانس فاکتور عرض موثر پاشش

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	ارزش f
تکرار	۲	۲/۴۸۰	۱/۲۴۰	۱/۸۴۳۲
نوع پاشنده(a)	۱	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۴۸۶۵
نوع ماده پاشیدنی (b)	۲	۶۹/۴۴۰	۳۴/۷۲۰	۵۱/۶۱۰۸**
اثر متقابل(ab)	۲	۱۳/۷۶۰	۶/۸۸۰	۱۰/۲۲۷۰
وضعیت دریچه(c)	۱	۱۱/۵۶۰	۱۱/۵۶۰	۱۷/۱۸۳۸**
اثر متقابل(ac)	۱	۱۱/۵۶۰	۱۱/۵۶۰	۱۷/۱۸۳۸**
اثر متقابل(bc)	۲	۲۳/۳۶۰	۱۱/۶۸۰	۱۷/۳۶۲۲**
اثر متقابل(abc)	۲	۲۳/۳۶۰	۱۱/۶۸۰	۱۷/۳۶۲۲**

**وجود اختلاف معنی‌دار با احتمال ۹۹ درصد

همانطور که از جدول ۳ استنباط می‌شود فاکتور دستگاه بر پارامتر عرض موثر پاشش معنی‌دار نشده است یعنی بر خلاف آنچه که انتظار می‌رفت اختلاف معنی‌داری بین عرض موثر پاشش بذرپاش های نوسانی و گریزازمرکز وجود ندارد. و با توجه به جدول ۳ میزان باز بودن دریچه خروجی یا میزان نرخ پاشش بر عرض موثر پاشش بذرپاش ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده است یعنی افزایش نرخ پاشش موجب افزایش عرض موثر پاشش می‌شود که علت آن افزایش گسترش دامنه پاشش با افزایش نرخ پاشش می‌باشد.

عرض کل پاشش

نتایج حاصل از تجزیه واریانس فاکتور عرض کل پاشش در جدول ۵ نشان داده شده است با توجه به آن در سطح احتمال ۱٪ فاکتور نوع دستگاه بر عرض کل پاش معنی‌دار شده است یعنی به احتمال ۹۹٪ عرض کل پاشش بذرپاش های نوسانی و گریزازمرکز متفاوت است.

جدول ۵: نتایج حاصل از تجزیه واریانس فاکتور عرض کل پاشش

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	ارزش f
تکرار	۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
نوع پاشنده(a)	۱	۷/۸۴۰	۷/۸۴۰	۲۵/۶۶۶۷**
نوع ماده پاشیدنی (b)	۲	۲۴/۷۲۰	۱۲/۳۶۰	۴۰/۴۶۴۳**
اثر متقابل(ab)	۲	۰/۰۸۰	۰/۰۴۰	۰/۱۳۰
وضعیت دریچه(c)	۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
اثر متقابل(ac)	۱	۰/۱۶۰	۰/۱۶۰	۰/۵۲۳۸
اثر متقابل(bc)	۲	۰/۲۴۰	۰/۱۲۰	۰/۳۹۲۹
اثر متقابل(abc)	۲	۰/۵۶۰	۰/۲۸۰	۰/۸۱۶۷

**وجود اختلاف معنی‌دار با احتمال ۹۹ درصد

در جدول ۶ مقایسه میانگین عرض کل پاشش نشان می دهد که در سطح احتمال ۱٪ اختلاف عرض کل پاشش بذرپاش گریزازمرکز و نوسانی معنی‌دار است یعنی به احتمال ۹۹٪ عرض کل پاشش بذرپاش گریزازمرکز بیشتر از نوسانی است.

جدول ۶: مقایسه میانگین عرض کل پاشش بذرپاش های مورد استفاده

	بذرپاش نوسانی	بذرپاش گریزازمرکز
عرض کل پاشش (m)	۱۶/۵۳۳^{A}	۱۷/۹۰^{B}

میانگین ها با حروف متفاوت بزرگ از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار می باشند.(دانکن۱٪)

همینطور جدول ۵ نشان می دهد که تاثیر نوع ماده پاشیدنی بر عرض کل دستگاه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شده است یا به عبارتی به احتمال ۹۹٪ عرض کل پاشش بذرپاش ها در پاشش مواد به کار رفته درتحقیق با یکدیگر متفاوت است. در جدول ۷ مقایسه میانگین عرض کل پاشش مواد پاشیده شده نشان می دهد که عرض کل دانه های پاشیده با یکدیگر متفاوت است. از آنجا که میانگین جرم دانه های کود فسفات آمونیوم و بذر گندم تقریبا مساوی و بیشتر از میانگین جرم دانه کود شیمیایی اوره می باشد، دانه های کودشیمیایی اوره در فاصله

عرضی کمتری پرتاپ می‌شود یعنی با افزایش میانگین جرم دانه، عرض کل پاشش افزایش می‌یابد. از آنجا که جرم متوسط دانه های کود فسفات آمونیوم و بذر گندم مساوی است، علت افزایش عرض کل پاشش دانه های کود شیمیایی فسفات آمونیوم را می توان در زیادتر بودن جرم حجمی حقیقی و ظاهری دانه های کود شیمیایی فسفات آمونیوم جست جو کرد. البته فاکتور اصلی تاثیر گذار در عرض کل پاشش میانگین جرم دانه های پرتاپ شده است که اختلاف زیاد عرض کل پاشش دانه های کود اوره با عرض کل پاشش دانه های فسفات آمونیوم و بذر گندم این مطلب را تایید می‌کند.

جدول ۷: مقایسه میانگین عرض کل پاشش مواد مورد استفاده

	کود اوره	کود فسفات آمونیوم	بذر گندم
عرض کل پاشش (m)	۱۵/۹۰^{A}	۱۷/۹۰^{B}	۱۷/۲۰^{C}

میانگین ها با حروف متفاوت بزرگ از نظر آماری دارای اختلاف معنی دار می باشند.(دانکن ۱٪)

اثر متقابل مربوط به عوامل نوع بذرپاش و نوع ماده پاشیده شده در جدول ۵ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار نشده است اما در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شده است. در جدول ۸ مقایسه میانگین عرض کل پاشش سطوح مختلف ماده پاششی و نوع دستگاه را نشان می‌دهد همانطور که مشاهده می‌شود ترکیبات مختلف ماده پاشیدنی و نوع دستگاه در سطوح متفاوتی قرار می‌گیرند. بیشترین عرض پاشش مربوط به بذرپاش گریزازمرکز در پاشش کود فسفات آمونیوم و کمترین آن مربوط به بذرپاش نوسانی در پاشش کود اوره می‌باشد. و مشاهده می‌شود که عرض کل پاشش بذرپاش گریزازمرکز بیشتر از عرض کل پاشش بذرپاش نوسانی است و با افزایش میانگین جرم دانه پاشیده شده عرض کل پاشش بیشتر می‌شود.

جدول ۸: مقایسه میانگین عرض کل پاشش سطوح مختلف ماده پاششی و نوع دستگاه

	کود اوره	کود فسفات آمونیوم	بذر گندم
بذرپاش نوسانی (m)	۱۵/۴۰۰^{E}	۱۷/۴۰^{BC}	۱۶/۸۰^{CD}
بذرپاش گریزازمرکز (m)	۱۶/۴۰^{D}	۱۸/۴۰^{A}	۱۷/۶۰^{B}

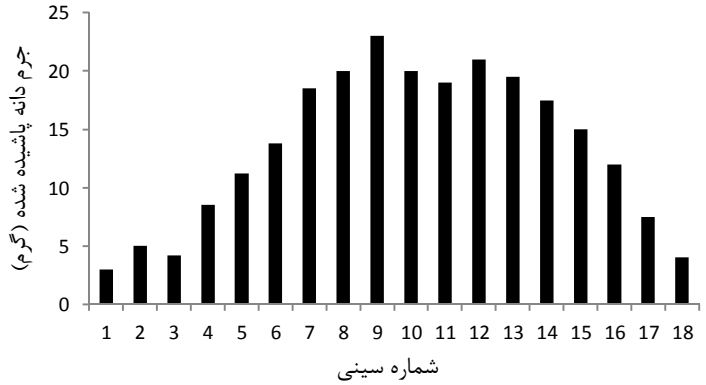
میانگین ها با حروف متفاوت بزرگ از نظر آماری دارای اختلاف معنی دار می باشند.(دانکن ۱٪)

نوع مواد پاششی و ارتفاع پاشنده از سطح زمین دو عامل اصلی در تعیین عرض پاشش به شمار می‌روند در تحقیقی که بر روی تاثیرات جرم حجمی حقیقی ذرات انجام شد به این نتیجه رسیدند که جرم حجمی حقیقی ذرات، بر خط سیر ذرات در هنگام پاشش تاثیر می‌گذارد (Wilhoit *et al.*, 1992; Brubach, 1973).

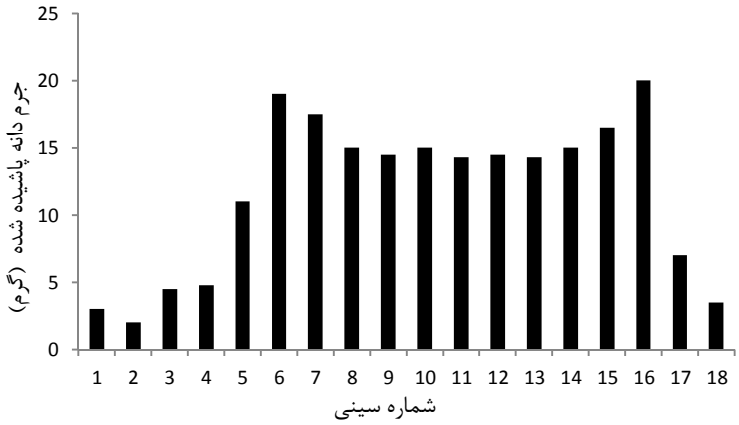
همچنین اندازه ذرات بر طولی که این ذرات پرتاپ می‌شوند تاثیر می‌گذارد و جرم حجمی ذرات پاشیدنی تاثیر گذار بر نحوه پاشش می‌باشد(Svensson, 1990).

الگوی پاشش

در شکل ۱ و ۲ هیستوگرام الگوی پاشش بذرپاش نوسانی و گریزازمرکز نشان داده شده است الگوی پاشش بذرپاش نوسانی به شکل کوهانی و الگوی پاشش بذرپاش گریزازمرکز مثلثی شکل می‌باشد. بذرپاش گریزازمرکز مقدار پاشش بیشتر در قسمت میانی عرض پاشش انجام می‌دهد که علت این را می توان در مکانیسم پاشش این بذرپاش و مسدود بودن قسمت جلوی صفحه پران به وسیله خود بذرپاش جستجو کرد.



شکل ۱: هیستوگرام الگوی پاشش بذرپاش گریزازمرکز در پاشش کود فسفات آمونیوم در وضعیت کاملاً باز دریچه پاشش



شکل ۲: هیستوگرام الگوی پاشش بذرپاش نوسانی در پاشش کود فسفات آمونیوم در وضعیت کاملاً باز دریچه پاشش

الگوی پاشش بذرپاش ها به یکی از اشکال مثلثی شکل، ذوزنقه ای، بیضی شکل و کوهانی است. الگوی مثلثی و ذوزنقه ای شکل در صورت داشتن پهلوهای متقارن و صاف و نیز همپوشانی لازم به توزیع یکنواخت مواد منجر می‌شود و در الگوی مثلثی شکل، احتمال بروز خطا بیشتر است. الگوهای کوهانی و بیضی شکل از نقطه نظر یکنواختی توزیع مواد نامطلوب بوده در صورتی که عرض موثر پخش از ۴۰ درصد کل عرض الگوی پخش بیشتر نباشد (Srivastava *et al*., 1993).

میزان باز بودن دریچه خروجی بر الگوی پاشش تاثیر زیادی دارد و طبق تحقیقات انجام شده در جریان های پاشش کم تغییرات در الگوی پاشش بیشتر به چشم می‌خورد (Parish, 2002).

نتایج تحقیقات به عمل آمده نشان می‌دهد که عرض موثر پاشش و عرض کل پاشش دانه های با میانگین جرم بیشتر و دانه های با جرم حقیقی بالاتر، بیشتر از عرض موثر و عرض کل پاشش دانه های با میانگین جرم و جرم حجمی حقیقی کمتر است و افزایش نرخ پاشش موجب بیشتر شدن عرض پاشش می‌شود و همچنین عرض کل پاشش در بذرپاش های گریزازمرکز بیشتر از نوسانی است که این مطلب در گزینش نوع ماده پاشیدنی و گزینش بذرپاش حائز اهمیت می‌باشد.

منابع

ASAE Standards, 46th ed. (1999). S341.2. Procedure for measuring distribution uniformity and calibrating granular broadcast spreaders. St. Joseph, Mich.: ASAE.

Bergstrom, T., (1979). Effekter av ojämn konstgödselfördelning-en problempresentation. Uppsala. The Swedish University of Agricultural Siciences, dept. of Agricultural Engineering. Higher seminars.

Brubach, M., (1973). Der Einfluss der Korngrösse, Granulatfestigkeit und der Reibung auf die Verteilung von Dünge-und Pflanzenschutz Granulaten, Effect of particle size, particle strength and friction on the distribution of fertilizer and plant protection granules, Berlin Dissertation TU-Berlin, p: 120.

Moller, N., (1987). Konstgodselspridning. Uppsala. The swedish university of agricultural sciences, dept. of agricultural engineering research information center. Allmant 105.

Nilsson, J., (1975). Löshantering av Konstgödsel. Uppsala. Swdish Institute of Agricultural engineering.Bullentin n:o 358.

Parish, R.L., (1986). Comparison of spreader pattern evaluation methods. Transactions of the ASAE., 29(2): 89-93.

Parish, R.L., (2002). Rate setting effects on fertilizer spreader distribution patterns. Applied Eng. Agric., 18: 301-304.

Pettersen, J.M., J.A. Svendsen and S. Ovland, (1991). A method of studying the influence of fertilizer particle size on the distribution from a twin-disc spreader. J. Agric. Eng. Res., 50(4): 291–303.

Srivastava, A.K., C.E. Goering and R.P. Rohrbach, (1993). Engineering Principles of Agricultural Machines. 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan (ASAE), USA.

Svensson, Jan E.T. (1990). Pneumatic fertilizer spreadersa review of the literature ,Institutionen for lantbruksteknik. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Agric. Eng., ISSN: 0283-0086.

Whitney, R., L. Roth and D. Kuhlman, (1987). Performance of selected granular collectors. Transactions of the ASAE., 30(2): 338-342.

Wilhoit, J.H., C.W. Wood and K.H. Yoo, (1992). Poultry litter distribution pattern evaluation. Paper No. 92-2116. Transactions of the ASAE., St. Joseph, MI.