طراحی و ارزیابی دستگاه پخش مواد دانه‌ای با ۶ پرهٔ عمودی غیر مساوی*

کمال الدین جزایری[1]

تحقیقی در زمینهٔ پخش مواد دانه ای با استفاده از نیروی‌گریز از مرکز صورت گرفته است . بررسی انجام شده شامل سه مرحلهٔ مجزای زیر میباشد :
۱ــ مرحله اول ــ دستیابی به یک فرمول تئوری برای پرتاب دانه های کشاورزی توسط یک‌دستگاه‌پخش کننده‌تحت تاءثیر نیروهای‌تانژانتی ،گریزازمرکز و اصطکاک های ناشی از تماس مواد دانه ای‌با پره های‌پخش کننده دستگاه . فرمول‌حاصله عبارتست از :

$$X_m = \%96\ V_o^2 - 3\times10^{-9}\ \frac{V_o^4}{M}$$

۲ــ مرحلهٔ دوم ــ طراحی سیستم پخش دستگاه براساس فرمول تئوری فوق بنحویکه دانه های پخش شده بصورت پوششی یکنواخت در سطح زمین گسترده شوند ، منتج به‌طرح ریزی چرخ پره دار دستگاه با ۶ پرهٔ غیرمساوی گردید .
۳ــ مرحله سوم ــ ارزیابی‌کاربردی‌طرح مذکور براساس بررسی نتایج حاصله از طرحهای اجرائی که برمبنای فرمول تئوری مرحلهٔ اول‌تحقیق پیاده گردید . حداکثرفاصلهٔ پرتاب‌توسط چرخ پره دار دستگاه در عمل با مقدار فاصلهٔ بدست آمده از فرمول تئوری تقریبا " تطابق کامل نشان داده است . یکنواختی کامل در پوشش‌دانه ها بر سطح زمین فقط در۴/۵ متر اولیه حاصل شده که با استفاده از روش انطباق ، در یک رفت و برگشت دستگاه یکنواختی نسبتا " کامل بدست آمد .

مقدمه

درکشاورزی سنتی و مکانیزه درسطح کوچک ،پخش دانه‌های‌کشاورزی (بذور ،کود های شیمیائی‌و سموم)اغلب بصورت دستپاش انجام پذیرفته و در صورت مهارت زارع از یکنواختی‌نسبتا " کافی هم برخوردار میباشند . این روش گرچه در مقیاس فوق عملی

---

* تاریخ دریافت ۵۸/۷/۲ ، تاریخ پذیرش ۶۱/۱۰/۱۴

۱ــ عضو هیئت علمی رشتهٔ مهندسی زراعی ، دانشکده کشاورزی دانشگاه جندیشاپور اهواز .

و قابل توجیه میباشد، لیکن در کشاورزی مکانیزه در سطح بزرگ بهیچوجه جوابگو و اقتصادی نیست. تلاش در جهت دستیابی به روشهائی که از نظر سرعت عمل و صرفه جوئی در نیروی انسانی متناسب با کشاورزی صنعتی در مقیاس بزرگ باشد، از مدتها پیش شروع شده(۱) ودستگاههائی بامکانیزم های متفاوت نیز اختراع شده است. لیکن استفاده از این دستگاهها درتمام شرایط، بخصوص در موقعیت کنونی کشاورزی و صنعتی کشورهای جهان سوم از نظر اقتصادی مقرون بصرفه نمی باشد. برای چنین ممالکی، دستگاههائی عملی و اقتصادی خواهد بود که حجمی کوچک و ساختمانی ساده داشته، کار کردن با آن راحت و تمیزکاری و نگهداری آن آسان، و از همه مهمتر امکان ساخت آن درمحل وجود داشته باشد. در جهت تهیهٔ چنین دستگاههائی، بخصوص در زمینهٔ استفاده ازنیروی گریز از مرکزبرای پخش دانه ها نیز تا بحال بررسیها و اقداماتی صورت گرفته است.

ساده ترین و عملی ترین شکل این دستگاهها بیشتر براساس نیروی گریز ازمرکز با استفاده از صفحات پرتابی افقی بوده است و مطالعات انجام شده برروی آنها همگی حکایت از دخالت عوامل متعددی از قبیل مقاومت هوا، اندازه و وزن و شکل دانهٔ مورد پرتاب، چگونگی مکانیزم پرتاب و بسیاری دیگر از عوامل داشته که بر درجهٔ یکنواختی در پخش اثرمیگذارند (۲). اثرات توام عوامل فوق الذکر در دستگاههائی که تا بحال با صفحهٔ پرتاب افقی ساخته شده اند، پراکندگی یکنواخت مطلوبی را تاءمین ننموده است (۱و۴). اهمیت دستیابی به دستگاهی که در ارتباط با موقعیت کنونی کشاورزی و صنعتی ایران، ضمن برخورداری از خصوصیات اقتصادی و سرعت و سهولت استفاده بتواند مواد دانه ای را در فاصلهٔ مطلوب با درجهٔ یکنواختی کافی نیز پراکنده نماید انگیزه شروع مطالعه برروی طراحی پره ها در دستگاه جدیدی با چرخ پره دار عمودی گردید. در تعقیب هدف فوق، ابتدا باتوجه به عوامل مثبت و منفی موءثر در کیفیت پرتاب دانه ها، فرمول تئوری (۵و۶) مربوطه تنظیم وسپس دستگاه مذکوربراساس این فرمول ساخته شده وکاربرد عملی آن مورد ارزیابی قرار گرفت. هدف مقالهٔ حاضر ارائه چگونگی طراحی و ساخت این دستگاه و نتایج کاربرد عملی آن میباشد.

شرح دستگاه : شکل ظاهری دستگاه مورد بحث از یک مخزن دانه، یک چرخ پره دار با ۶ پره غیرمساوی جهت پرتاب دانه ها، ناودان انتقال دانه ها از مخزن به چرخ پره دار، پیچ ارشمیدس تغذیه مرکزی در مرکز چرخ پره دار جهت کم کردن سرعت اولیهٔ دانه بهنگام ورود دانه به مرکز چرخ، یک عدد طایر کششی در انتهای دستگاه، یک

مبدل حرکت برای تبدیل و انتقال حرکت زمینی دستگاه به بهم زن مخزن و بالاخره شاسی تشکیل شده است . این دستگاه از نظر حرکتی نیمه سوار شونده بوده و دوران چرخ پره دار از شفت تراکتور(P.T.O) و دوران بهم زن از چرخ زمینی تاءمین میشود . انتقال نیرو و تبدیلات حرکتی توسط زنجیر وتسمه انجام میپذیرد (برش بخشی ازدستگاه در شکل ۲ و تصویر آن در شکل ۱ نشان داده شده است) .

روش بررسی مراحل سه گانه تحقیق

۱ــ مرحلهٔ اول ــ دستیابی به یک فرمول تئوری برای تعیین حداکثر فاصلهٔ پرتابی دانه‌ها توسط دستگاه پخش گریز از مرکز (سانتریفیوژ) با پره (تیغه) های منحنی شکل . دربررسی و رسیدن به این معادله عوامل موءثر در پرتاب عبارتند از :

B = زاویه بین شعاع چرخ پره دار و خط تماس با پره ها در مرکز چرخ پره دار برحسب درجهٔ سانتی گراد .

θ = زاویهٔ بین محل سقوط دانه بر روی پره تا محل خروجی آنها برحسب درجه سانتیگراد .

C = ظرفیت انتقالی پیچ ارشمیدس برحسب مترمکعب در ثانیه .

D = قطر خارجی حلزون پیچ ارشمیدس برحسب متر .

d = قطر داخلی حلزون پیچ ارشمیدس برحسب متر .

P = فاصلهٔ دو پیچ متوالی حلزون در پیچ ارشمیدس (نقالهٔ حلزونی) برحسب متر .

N = سرعت دورانی چرخ پره دار دستگاه برحسب دور در دقیقه .

E = بازده (راندمان) پیچ ارشمیدس برحسب نسبت درصد .

V_o = سرعت خروجی دانه ها از پره برحسب متر بر ثانیه .

V_{x_o} = مقدار V_o در محور X ها برحسب متر در ثانیه .

V_{z_o} = مقدار V_o در محور Z ها برحسب متر در ثانیه (شکل ۴) .

r = فاصله دانه از مرکز چرخ پره دار در روی پره ها برحسب متر .

$\frac{dr}{dt}$ = سرعت خطی دانه ها برحسب متر در ثانیه .

$\frac{d^2r}{dt^2}$ = شتاب خطی دانه ها برحسب متر در مجذور ثانیه .

R = حداکثر مقدار فاصلهٔ r برحسب متر .

ϕ = زاویهٔ پرتاب (زاویهٔ بین خط مماس بر دایرهٔ چرخ پره دار و خط مماس بر پره

در نقطهٔ پرتاب) برحسب درجهٔ سانتی گراد .

X_m = حداکثر فاصلهٔ پرتابی دانه از دستگاه برحسب متر .

t = **مدت‌زمانیکه‌لازم است تا دانه طول پره** (د ر داخل چرخ پره دار) را طی نماید برحسب ثانیه .

M = وزن یک دانه بر حسب کیلوگرم .

K = ضریب مقاومت هوا .

S = سطح مقطع دانه برحسب مترمربع .

r = طول منحنی پره ها برحسب متر .

دانه مجردی که در معرض پرتاب توسط یک دستگاه پره دار قرار گرفته باشد در دو حالت کاملا" متمایز قابل ارزیابی میباشد :

حالت اول ــ هنگام تماس دانه با پره (تیغه) دستگاه که پس از تماس درروی آن ها کشیده و یا غلظان تا نقطهٔ انتهائی (نقطه پرتابی) شتاب می‌گیرد .

حالت دوم ــ حرکت پرتابی بوده که حرکت دانه را از نقطهٔ خروج (نقطه پرتاب) از دستگاه تا وقتی که به زمین می‌نشیند شامل میشود .

ارزیابی حالت اول (چگونگی حرکت دانه در داخل چرخ پره دار عمودی) :

با فرض یک دانهٔ تنها در روی یک پره منحنی شکل به فاصله (r) از مرکز چرخ پره دار (چرخ گریز از مرکز) شتابهای زیر قابل بررسی می‌باشند (شکل ۳) :

شتاب حاصل از شکل پره بر روی دانه

$$D_1 = \frac{1}{r'} \frac{d^2r}{dt^2} = \frac{d^2r}{r' dt^2}$$

شتاب کورولیوس

$$D_2 = 2\omega \frac{dr}{dt} = \frac{2\omega dr}{dt}$$

شتاب گریز از مرکز

$$D_3 = \omega^2 r \sin B$$

شتاب بطرف مرکز

$$D_4 = \frac{d^2r}{dt^2} \text{ ثقلی} = g \cos \Theta$$

شتاب اصطکاکی دانه و پره

$$D_5 = \frac{d^2r}{dt^2} \text{ اصطکاک} = -\mu g \sin \Theta$$

برای رسیدن به یک فرمول نظری پرتاب جهت طراحی چرخ پره دار دستگاه، ناگزیر از حذف بعضی از عوامل مداخله کننده در طرح می‌باشیم که این عوامل بـــا فرضیات زیر محدود شده اند.

۱ــ اثر مقاومت هوا در این مرحله (فقط در داخل چرخ پره دار) قابل‌اغماض است.

۲ــ چون‌دانه ها باحداقل سرعت‌اولیه وضربه در اختیار پره ها قرارمیگیرند، در نتیجه پرش دانه در داخل چرخ پره دار صورت نمی‌گیرد.

۳ــ در تجزیه و تحلیل عوامل و فرمول یابی، یک دانه بعنوان نمونهٔ مواد مورد مصرف بکار برده میشود.

۴ــ دانه در حداکثر فاصلهٔ طی نموده بر روی منحنی پره، یعنی در قسمت بالائی پره، از چرخ پره دار ($\Theta = ۱۸۰$) خارج میشود.

از مجموعهٔ عوامل فوق و با در نظر گرفتن فرضیات مذکور معادلهٔ شماره ۱ برای ارزیابی حرکت یک دانه در داخل چرخ پره دار عمودی حاصل میشود:

$$(1) \qquad \frac{d^2r}{dt^2} = \omega^2 r - 2\omega\mu\frac{dr}{dt} - g$$

ارزیابی حالت دوم ب. (چگونگی دخالت حرکت پرتابی در طرح):

در این قسمت از حرکت دانه، مقاومت هوا، شکل و وزن دانه ها، انـدازهٔ زاویهٔ خروجی (زاویهٔ پرتاب) و سرعت خروجی دانه از چرخ پره دار عمودی اهمیت خاص‌خود رادارند. با فرض اینکه حرکت فقط در امتداد یک صفحه (در دو بعد) صورت می‌گیرد، پس از دخالت عوامل فوق، فرمول شماره ۲ نتیجه می‌گردد:

$$(2) \qquad X_m = \frac{2\,Vx_o\,Vz_o}{g} - \frac{8}{3}\,\frac{KS\,Vz_o^2\,Vx_o\,V_o}{Mg^2}$$

پس از حل معادلهٔ درجهٔ دوم دیفرانسیلی۱، معادلهٔ حرکت پرتابی فوق‌معادله ۲ بصورت ذیل ارائه می‌گردد.

$$(3) \qquad X_m = \frac{V_o^2\,\mathrm{Sin}\,\phi}{g} - \frac{8}{3}\,\frac{KSV_o^4\,\mathrm{Sin}\,\phi\,\mathrm{Sin}\,2\phi}{Mg^2}$$

پس از جایگزینی پارامترهای اندازه گیری شده در آزمایشگاه و استفاده از جداول ضرائب مقاومت هوا ، معادلهٔ نهائی حرکت دانه معادله ۴ از ابتدای تماس با پره ها تا فاصلهٔ پرتاب شده بدست می‌آید .

$$(4)\quad X_m = \%96\ V_o^2 - 3\times 10^{-9}\ \frac{V_o^4}{M}$$

طراحی دستگاه براساس معادله شماره ۴ با در نظر گرفتن یکنواختی در پراکندگی برای ۶ پرهٔ چرخ پره دار دستگاه انجام شده است .

۲ـ مرحلهٔ دوم ـ طراحی دستگاه (باتوجه به معادلهٔ نهائی بدست آمده)

برای آشنائی با اهمیت بعضی از عوامل در کیفیت پخش دانه ها ، قسمتهائی از دستگاه که طراحی آنها از اهمیت خاص برخوردارند بترتیب زیر معرفی میشوند :
اندازهٔ طول پره ها ، ترتیب قرار گرفتن آنها در درون چرخ و نوع تغذیه دانه ها بدرون چرخ پره دار از جمله عوامل فوق هستند . اندازه طول پره ها براساس معادله فوق معادله ۴ برای فواصل پرتابی مختلف و تعیین محدودهٔ پوشش توسط هر پره محاسبه گردیده است . همان طوریکه قبلا "نیز عنوان و بررسی گردید ، در محاسبهٔ اندازه طول پره ها ، اثرات مقاومت هوا بر روی دانه ها ، نیروی منتج از برخورد دانه و پره ، سرعت دورانی چرخ پره دار ، زاویهٔ خروجی دانه ، جنس و وزن دانهٔ پرتابی دخالت داشته اند . حداکثر فاصلهٔ پرتابی برای بلندترین تیغه در فرمول ۴ فاصلهٔ ۲۱/۸ متر بدست آمده که حداکثر فاصلهٔ پرتابی دانه های سموم گیاهی مورد آزمایش می‌باشد . در محاسبهٔ f (شکل ۵) از قوانین استاندارد پرهٔ پمپ ها کمک گرفته شده که در این طرح مقادیر f بین ۹/۶ و ۴۷ میلی متر متغیر می‌باشد .

نامگذاری پره ها بوسیلهٔ نمره گذاری از ۱ تا ۶ بوده ، بدینترتیب که بلندترین پره را شمارهٔ یک و سپس بترتیب کوتاهترین آن شماره ۶ نامگذاری شده است . ترتیب قرارگرفتن پره ها در درون چرخ پره دار خود یکی از مسائل این تحقیق بشمار میرفت . در ابتدا تصور میشد که درجهت عقربهٔ ساعت قرار دادن پره ها باعث پمپ شدن هوا بداخل چرخ شده و نیز باعث برخورد دانه ها می‌گردد . در یک آزمایش کیفی انجام شده ، صدق تصور فوق ثابت و ترتیب پره ها در جهت عکس عقربهٔ ساعت از ۱ تا ۶ قرارگرفتند (شکل ۶) . از عوامل دیگر موءثر در بررسی و آزمایش طرح عبارت بودند از برخورد دانه‌ها باهم که ناشی از نوع تغذیهٔ مواد بدرون چرخ پره دار بوده است . در

ارتباط با این مشکل دو نوع مکانیزم مختلف تغذیهٔ مواد بداخل چرخ پره دار مـورد استفاده‌قرارگرفت . این‌دو نوع مکانیزم بترتیب عبارتند از تغذیه سقوطی با استفاده از نیـروی ثقـل [1] و تغـذیه مـرکزی مواد [2] با استفاده از یک نقالهٔ حلزونی (پیچ ارشمیدس) آزمایش و نتایج حاصله در مکانیزم دوم ، یعنی استفاده از پیچ ارشمیـدس بعلت سه مزیت : کم کردن سرعت اولیهٔ برخورد دانه و پره، عدم برخورد دانه هـا باهم و تخفیف در پمپ شدن هوا بداخل چرخ پره دار (در اثر حرکت دورانی)کاملا" رضایت بخش بوده‌است . برهمین‌اساس در تمام آزمایشات برای ارزیابی دستگاه ازاین مکانیزم استفاده گردید . ظرفیت نقالهٔ حلزونی (پیچ ارشمیدس) مورد بحث براساس فرمول ۵ و سرعت‌حرکتی ۶/۵کیلومتر در ساعت تراکتور محاسبه، طرح ریزی و ساخته شده است :

$$C = \frac{(D^2 - d^2)P\ N\ E}{750 \times 100} \qquad (5)$$

۳ـ مرحلهٔ سوم ـ چگونگی ارزیابی دستگاه و نتایج حاصله طرح مذکور:

در آزمایشات‌کیفی‌که جهت ارزیابی‌دستگاه بعمل آمد ، نتایجی حاصل گردید که مختصرا" عبارتند از :

الف ـ نوع‌سیستم انتقال‌دانه‌ها ازمخزن‌بر روی پره‌های این نمونه دستگاهها دارای‌اهمیت خاص خود می‌باشند . دراین تحقیق از سیستم تغذیه مرکزی بوسیلهٔ‌پیچ ارشمیدس برای اینمنظور استفاده شده است . مزیت این مکانیزم درکم کردن سرعت اولیهٔ دانه در ابتدای ورود به چرخ پره دار است (شکل ۷) .

ب ـ پره ها در این دستگاه بعلت داشتن شکل قوسی ، به مقدار زیـادی در محدود کردن نیروی ضربه ای وارد بر دانه ها موءثر بوده که در این تحقیق ۷ رفتار ، هرکدام شامل سه تکرار با همین نوع خاص پره ها انجام شده است .

ج ـ طول‌پره ها که قبلا" بحث شده، باتوجه به این موضوع که در مجمـوع پوشش یکنواخت مواد پخش شده بایستی توسط ۶ پره در فواصل مختلف بوجود آید ، براساس معادله ۴ محاسبه گردیده است .

۱ـ Gravity Feeding System ۲ـ Central Feeding System

د ـ پره‌ها ازفولاد به ضخامت ^{mm}۱۸ / ۳ساخته‌شده‌که‌دارای ضریب اصصکاکی برابر ۰/۴ (اندازه گیری شده در آزمایشگاه) بوده است .

هـ ـ در انجام‌آزمایش‌از مادهٔ بی اثر یک سم گیاهی دانه ای به شکل‌استوانه که قطرهردانه آن ^{mm}۳/۵ و طول کمتر از ^{mm}۱۰ می‌باشد استفاده گردید . لازم به یادآوری است که رطوبت هوا بر روی دانه ها ، بعلت داشتن لغاب ، تاءثیری نداشته است .

و ـ باتوجه‌به اهمیت شیب زمین در دقت آزمایش با این دستگاه ، بدلیل پرتابی‌بودن حرکت‌دانه ها ،آزمایشات تفاما " برروی سطحی با شیب کمتر از ۵% انجام گرفت .

ز ـ بدلیل انجام آزمایش در هوای آزاد ، تنها راه کنترل باد که در چگونگی پرتاب دانه‌می‌توانست دخالت‌داشته باشد ، توسط انتخاب وقت آزمایش در مواقعی که سرعت باد کمتر از ۸ کیلومتر در ساعت است انجام گرفت .

ح ـ کمیت سرعت دورانی در طراحی طول پره ها (سرعت دورانی ۷۵۰ دور در دقیقه بوده است) که در تمام طول آزمایش (۷ رفتار) ثابت نگهداشته شد .

ط ـ زاویه‌خروجی (زاویه پرتاب) در پخش یکنواخت دانه ها ، بعلت دخالت در مسیر پیموده شده دانه پس از پرتاب از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده است .

براساس تعداد عوامل زیادی‌که گمان میرفت‌در طبیعت‌عمل پخش توسط‌این دستگاه خاص اثرداشته‌باشند ،تصمیم‌گرفته شدکه۸ عامل فوق را ثابت نگهداشته و یکی از حساسترین فاکتورهای آزمایش برروی‌این دستگاه ، یعنی زاویهٔ خروجی (پرتاب) را بعنوان متغیر در کلیهٔ رفتارها بکار گرفت . ارزیابی اثر زاویهٔ خروجی پره ها در روی مقدار پراکندگی‌بدینصورت‌انجام‌پذیرفت‌که زاویهٔ پره های ۲ و ۳ ، ۴ ، ۵ بمقدار۵۵ درجه و زوایای ۱ و ۶بترتیب۶۰ و ۴۵ درجه (بخاطر جلوگیری از تداخل دانه ها بعد از پرتاب) تعیین شدند . در ۷ رفتار انجام شده ، مقادیر سه زاویهٔ ۲ ، ۴ و ۶ ثابت ولی زوایای۱ ، ۳ و ۵ (جدول۱) بعنوان‌متغیرانتخاب گردیدند . پس از انجام آزمایش و وزن نمودن دانه های پراکنده شده در فواصل مختلف از نتایج بدست آمده در این وزن کردنها و ارزیابی کیفیت پخش دانه ها در تعیین بهترین ترکیب زاویه ای پره ها استفاده گردید .

جدول ۱ــ ترکیب زاویه ای در هریک از رفتارها

رفتار	پره ها	زوایای پره ها (برحسب درجه) در هر رفتار					
		۱	۲	۳	۴	۵	۶
T_1		۶۰	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵	۴۵
T_2		۵۵	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵	۴۵
T_3		۶۵	۵۵	۵۵	۵۵	۵۵	۴۵
T_4		۶۰	۵۵	۶۰	۵۵	۵۵	۴۵
T_5		۶۰	۵۵	۶۵	۵۵	۵۵	۴۵
T_6		۶۰	۵۵	۵۵	۵۵	۵۰	۴۵
T_7		۶۰	۵۵	۵۵	۵۵	۴۵	۴۵

با استفاده از روشهای تجزیه و تحلیل آماری [1] بررسی میانگین مقادیر وزنی پراکنده شده در ۳ تکرار برای هر رفتار انجام و با کمک کامپیوتر جدول ۲ بدست آمد. جدول مذکور مشخصات آماری برای پراکندگی هر رفتار را نشان می‌دهد.

جدول ۲ــ استاتیسیتک های آماری در هریک از رفتارها

رفتار	E M S	F-valul	Plob.F	R^2	CV.%
T_1	۲۲۳۲/۸	۳۵۶۷/۰	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۴	۴/۳
T_2	۲۹۶۶/۸	۲۲۳۴/۱	۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۱	۸/۷
T_3	۷۵۹۸/۶	۱۲۳۰/۰	۰/۰۰۰۱	۰/۹۷۵	۱۱/۷
T_4	۵۳۹۳/۱	۱۸۳۷/۴	۰/۰۰۰۱	۰/۹۸۳	۷/۹
T_5	۴۳۱۵/۷	۱۹۷۶/۹	۰/۰۰۰۱	۰/۹۸۴	۸/۵
T_6	۴۷۵۴/۳	۱۴۰۷/۰	۰/۰۰۰۱	۰/۹۷۸	۹/۲
T_7	۱۹۲۹/۱	۲۹۵۵/۹	۰/۰۰۰۱	۰/۹۸۹	۵/۸

۱ــ S.A.S.

برای دستیابی به پراکندگی نسبتا" کامل مواد توسط این دستگاه از روش استاندارد انطباق [1] (منحنی های ۱ تا ۷) استفاده گردید.

بعنوان مثال، پراکندگی یکنواخت موءثر برای رفتار شمارهٔ ۱ برابر ۱۰/۳ متر بوده درحالتی که حداکثر انطباق رفت و برگشت برابر ۴۰ درصد بیشتر نبوده و یکنواختی مذکور براساس طریقهٔ جمع بندی [2] نقاط در روی منحنی های انطباق بدست آمده است. لازم به تذکراست که دانه ها تا فاصلهٔ ۲۰ متری پرتاب شده ولی دراندازه‌گیری وزن دانه ها جهت رسم منحنی های پراکندگی بعد از فاصلهٔ ۱۶ متری، بدلیل ناچیز بودن دانه های پراکنده شده، وزن آنها برای هر رفت یا هر برگشت منظور نگردیده است. در تجزیه و تحلیلی که بر روی ۷ رفتار مختلف بعمل آمد، نشان داده شد که ترکیب زاویه ای رفتارشماره۴ (۴۵ و ۵۵ و ۵۵ و ۶۰ و ۵۵ و ۶۰ درجه) یکنواخت ترین پراکندگی را در طریقهٔ انطباقی ارائه می‌دهد. منحنی این یکنواختی دارای ۵/۶% حداکثر واریانس و پوشش یکنواخت موءثری برابر ۹/۴ متر و حداکثر فاصله پرتابی ۲۰ متر میباشد.

نتیجه گیری

۱ــ باوجود فرضیات متعددی که در مورد دستیابی به معادله ۴ دستگاه مورد نظر بعمل‌آمده حداکثر فاصلهٔ پرتاب این دانه ها بوسیلهٔ دستگاه مذکور، توسط این معادله قابل پیش بینی میباشد، نتایج بدست آمده نشان دهندهٔ رضایت بخش بودن معادلهٔ تئوری در رابطه با تعیین حداکثر فاصلهٔ پرتابی میباشد.

۲ــ یکی‌از عوامل اصلی یکنواختی پخش دانه های پرتابی، زاویهٔ خروجی پره ها بوده‌که با تغییر این‌زاویه بهنگامی‌که طول پره ها ثابت است میتوان طرح پخش دانه ها در سطح زمین را بطور دلخواه تغییر داد.

۳ــ فاصلهٔ پرتابی دانه‌هااز دستگاه تابعی‌از وزن و بزرگی سطح مقطع (شکل) دانه ها، سرعت دورانی چرخ پره دار، طول پره ها و همچنین زاویهٔ خروجی پره ها می‌باشد. در شرایط مساوی، دانه های بزرگ و وزین تر دورتر از دانه های کوچک و سبکتر پرتاب میشوند.

۱ــ Over lapping (ASAE)

۲ــ Super Position

۴ـ بدلیل پمپ شدن هوا بداخل چرخ پره دار، بهنگام دوران، یکنواختی کامل فقط در فاصله ۴/۵ متری از دستگاه حاصل شده است . از این فاصله به بعد با استفاده از روش انطباق (تاکمتر از ۴۰%) دوپوشش مجاور پخش شده میتوان پراکندگی از دانه ها را توسط این دستگاه ارائه داد .