طراحی ساخت وارزیابی نازل دیسکی سمپاش گریز از مرکز

مهدی آرین[1]- تیمور توکلی[2]

چکیده

در این تحقیق به منظور تعیین تاثیر عوامل موثر بر اندازه قطرات ایجاد شده توسط یک نازل دیسکی چرخان، جمعا ۹ دیسک سمپاش از جنس ورق فولادی *CK45* به ضخامت ۴ میلی متر و با اندازه اقطار ۱۰، ۱۵ و۲۰ سانتی‌متر ساخته شد که روی هریک از سه گروه اندازه یاد شده تعداد شیارهایی برابر۲۰، ۴۰ و۸۰ عدد و با عرض شیار یک میلی متر ایجاد گردید. به منظور به حرکت در آوردن دیسکها از یک موتور بنزینی دو زمانه ۱/۴۷ کیلوواتی استفاده شد. مخزن سم از آب پر شده و جریانی از آب معادل با ۷۰ سانتی‌متر مکعب بر دقیقه به ناحیه مرکزی دیسک دوار هدایت شد. سپس عملیات پاشش با هر یک از دیسکها در سه دور ۳۰۰۰، ۵۰۰۰ و ۷۰۰۰ دور بر دقیقه انجام گردید و توسط کاغذهای حساس به آب از قطرات ایجاد شده در هر مرحله نمونه‌گیری شد. کلیه آزمایشها در هر مرحله در سه تکرار انجام شد. نمونه های گرفته شده توسط نرم افزار *Win (version2) DIAS* مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و اندازه قطرات در هر مرحله تعیین گردید. تحلیل نتایج آزمایش نشان داد که تاثیر هر یک از عوامل اندازه قطر دیسک، تعداد شیار و سرعت دورانی دیسک بر اندازه قطرات در سطح یک درصد معنی‌دار است، به طوری که با افزایش هریک از این عوامل، اندازه قطرات ایجاد شده کاهش می یابد. همچنین عامل سرعت دورانی دیسک، موثرترین عامل بر اندازه قطرات تولید شده می‌باشد به طوری که ۷۴/۱ درصد از تغییرات اندازه قطرات، ناشی از تغییرات دور دیسک است. عوامل قطر دیسک با ۱۳/۶ درصد و تعداد شیار با اختصاص ۸/۱ درصد از تغییرات اندازه قطرات، دومین و سومین عوامل موثر بر اندازه قطرات تعیین گردید.

۱- کارشناس ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشیار مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

کلمات کلیدی: نازل دیسکی، سمپاش دستی و اندازه قطره.

مقدمه

بدون انجام مبارزه شیمیایی، بخش مهمی از محصولات کشاورزی توسط آفات، بیماریها و علفهای هرز از بین رفته و بدون شک کمبود واقعی در مواد غذایی پدیدار می گردد(۱). در اهمیت مبارزه با آفات، بیماریها و علفهای هرز می توان گفت که هر ساله بطور متوسط ۲۵ تا ۳۵ درصد کل محصولات کشاورزی دنیا توسط حشرات، علفهای هرز و عوامل بیماریزای گیاهی از بین می رود و این رقم در صورت عدم مبارزه تا ۸۰ درصد افزایش می یابد (۴). در مقایسه با نازلهای هیدرولیکی که محدوده نسبتاً وسیعی از اندازه قطرات را تولید می کنند، تکنیک سمپاشی با قطرات کنترل شده(CDA)[1]، تاکید بر استفاده از طیفی یکسان از قطراتی را دارد که اندازه آنها به منظور ایجاد پوششی مطلوب بر سطح هدف مورد نظر انتخاب می شود(۶). در آزمایشگاه ثابت شده است که نازلهای با انرژی چرخشی از نظر تولید قطراتی با اندازه یکسان ارزشمند می باشند(۸). نازلهای چرخان در اشکال دیسکی، فنجانی، توریهای دوار و استوانه های سوراخدار دوار ساخته شده‌اند. این نازلها علاوه بر کاربرد در سمپاشها، درخشک کنهای پاششی[2] موجود در صنایع غذایی، صنایع شیمیایی و سرامیک سازی نیز مورد استفاده قرار می گیرند (۳).

در این طرح در ابتدا نازلهای دیسکی مورد نیاز طراحی و ساخته شد. ساخت نازلهای دیسکی با موتور راه انداز احتراقی برای اولین بار در کشور انجام شده است. سپس با استفاده از کاغذهای حساس به آب در هر مرحله، از قطرات تولید شده بوسیله سمپاش، نمونه گیری شده و سپس نمونه ها به صورت الکترونیکی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و اندازه قطرات در هر مرحله تعیین گردید. استفاده از نرم افزار کامپیوتری به منظور تعیین اندازه قطرات نیز برای اولین بار در کشور در این طرح انجام شده است. تاکنون روش استفاده از میکروسکوپ و یا کاغذهای معیار استاندارد برای تعیین اندازه قطرات در کشور گزارش شده است(۲).

مواد و روشها

به منظور ثابت ماندن تمامی شرایط مربوط به خصوصیات فیزیکی و ساختمانی دیسکها و مطالعه درخصوص تأثیر سه عامل قطر دیسک، تعداد شیار و سرعت دورانی آن بر اندازه قطرات تولید شده، تمامی دیسکها از جنس یکسان ساخته شد. قطر ناحیه آبریز، قطر سوراخ مرکزی جهت عبور محور محرک دیسک و همچنین عرض شیار در تمامی دیسکها ثابت در نظر گرفته شد. ناحیه آبریز، سطحی دایره ای شکل در وسط هر دیسک است که محلول سم ابتدا روی این سطح ریخته شده و سپس در اثر نیروی گریز از مرکز به داخل شیارها رانده می

1-Controlled Droplet Application
2-Spray drier

شود(شکل۱). در ساخت هر یک از دیسکها از ورق فولادی *CK45* به ضخامت *mm* ۴ استفاده شد. به منظور جلوگیری از لغزش مایع در پاشنده های دوار وجود پره ها و یا شیارهای شعاعی بر روی دیسکها الزامی است (۷). در این حالت مایع بوسیله دیواره شیار محدود شده و در پیرامون دیسک و در هنگام خروج از آن به بیشترین سرعت ممکن دست می‌یابد(۸). لذا افزایش تعداد شیارها برای جلوگیری از لغزش مایع و پخش یکنواخت محلول حایز اهمیت است. یک راه افزایش تعداد شیارها بر سطح دیسک، ایجاد شیارهایی با عرض کم می باشد. در این طرح با توجه به محدودیت وجود تیغه های فرز با ضخامت کمتر از یک میلی‌متر، از تیغه فرز یک میلی متری به منظور ایجاد شیار بر روی هر دیسک استفاده شد. از طرفی حداکثر تعداد شیار روی هر دیسک به علت محدودیتهای کارگاهی ۸۰ شیار انتخاب شد. با در نظر گرفتن فاصله‌ای برابر با فاصله عرض شیار در روی محیط ناحیه آبریز و با استفاده از رابطه (۱)، اندازه قطر ناحیه آبریز محاسبه می گردد: (۱)

$$N = \frac{\pi}{Sin^{-1}(L/2r)}$$

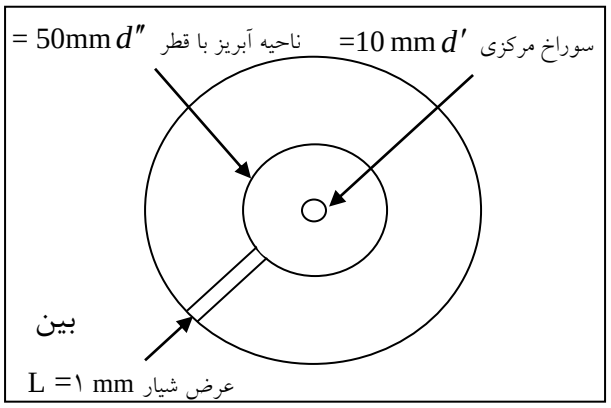
که در این رابطه : $\mathcal{N}$ = تعداد شیار، $\mathcal{L}$ = عرض شیار برحسب*(mm)* و r = شعاع ناحیه آبریز مرکزی (*mm*) است.

$$N = 2 \times 80 = 160$$

$\mathcal{L}$ *=1 mm*

$$160 = \frac{\pi}{sin^{-1}\left(\frac{1}{2r}\right)} \Rightarrow 2r \cong 50 \ \ mm$$

(مقدار $\mathcal{N}$*=160* با مساوی قرار دادن فاصله شیارها با عرض هر شیار بدست می آید.)



شکل(۱): طرحواره دیسک

دراین طرح دیسکهایی به ابعاد۱۰، ۱۵ و۲۰ سانتی‌متر ساخته شده و مورد مطالعه قرار گرفتند. همچنین به منظور تعیین اثر عامل تعداد شیار هر دیسک بر اندازه قطرات تولید شده، تعداد شیارها در آزمایشات بعدی نصف میزان قبلی، یعنی ۴۰ و۲۰ عدد در نظر گرفته‌شد. از طرفی سمپاش ساخته شده می‌بایست قابلیت تولید قطرات درشت سم را نیز داشته باشد. این قطرات در محلول پاشی مزارع به منظور مبارزه با علفهای هرز و جلوگیری از هوابردگی به کار می‌روند. ماتیوس[1] حداقل اندازه مربوط به این دسته از قطرات را برابر ۲۵۰ میکرون پیشنهاد کرده است(۱). به منظور تعیین عمق شیارهای روی دیسک از رابطه (۲) استفاده می‌شود (۷): (۲)

$$d = \frac{1.4 \times 10^4 \times (M_L)^{0.24}}{(\mathrm{n}\, D)^{0.83} \times (Nh)^{0.12}}$$

1-Matthews

که در این رابطه: d = قطر قطره(μm)، M_L = دبی جرمی مایع(kg/h)، n = سرعت دورانی دیسک(rpm)،

D = قطردیسک دوار (m)، N = تعداد شیارهای روی دیسک و h = عمق شیار (m) می باشد

با قرار دادن مقادیر مربوط به پارامترهای فوق وبا در نظر گرفتن این مهم که دیسک ۱۰ سانتی متری ۲۰ شیاره در سرعت(rpm)

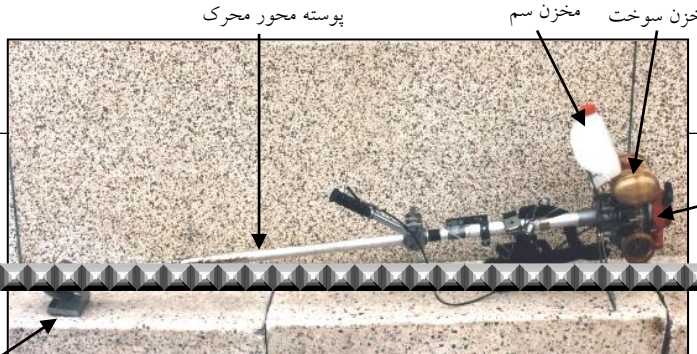
۳۰۰۰ نیز می بایست قادر به تولید قطرات درشت ۲۵۰ میکرونی باشد، حداکثر مقدار عمق شیار محاسبه می شود:

$$250 = \frac{1.4\times10^{4}\times(4.2)^{0.24}}{(3000\times0.1)^{0.83}\times(20\times h)^{0.12}} \Rightarrow h \cong 0.002 \quad (m) = 2 \quad (mm)$$

با انتخاب این مقدار h ، شیارهای دیسکها در هنگام سمپاشی با مسئله بیش باری[1] و خروج مایع از نقاطی بجز انتهای شیار مواجه نخواهند بود.

جهت تعیین مقدار تنش حداکثر از نرم‌افزار (*ANSYS version5.4*) استفاده شد. از آنجا که محاسبه مقدار تنش جهت تخمین این مهم صورت می‌گیرد که آیا در دور حداکثر، دیسک دچار گسیختگی خواهد شد یاخیر و با توجه به این امر که نیرویی که موجب اعمال تنش در دیسک می‌شود ناشی از نیروی گریز از مرکز بوده و این نیرو متناسب با جرم دیسک است ($mr\varpi^2$)، کافی است مقدار تنش در دیسکی با جرم زیاد محاسبه شود. بدلیل ضخامت یکسان تمامی دیسکها، جرم آنها متناسب با قطر دیسک خواهد بود و لذا دیسکهای با قطر cm ۲۰ بیشترین جرم را خواهند داشت. بعبارتی دیگر در ابتدا دیسک به قطرcm ۲۰ و با تعداد شیار ۲۰ عدد را مورد مطالعه قرار می‌دهیم. از طرفی ممکن است مسئله تمرکز تنش با افزایش تعداد شیارها مطرح شود که با توجه به این مسئله، تنش در دیسک cm۲۰ با ۸۰ شیار نیز توسط نرم‌افزار محاسبه و تعیین شد. مقادیر تنش قائم حداکثر دیسک ۸۰ شیاره در قسمت روی دیسک بین۱۳۷ تا ۱۷۱ مگا پاسگال و در قسمت پشتی دیسک مزبور بین۲۷۲ تا ۳۰۶ مگا پاسگال تعیین شد. مقدار تنش قائم حداکثر در ناحیه سوراخ مرکزی دیسک ۲۰ شیاره و در قسمت روی دیسک نیز در محدوده بین۱۰۰ تا ۱۳۳ مگا پاسگال و در قسمت پشت دیسک در محدوده بین۲۶۲ تا ۲۹۵ مگا پاسگال محاسبه گردید. با توجه به مقدارتنش تسلیم فولاد*CK45* که برابر با۵۰۰ مگا پاسگال است، مقدار $\tau_{cr} = MP$ محاسبه می‌شود که از مقدار $\tau_{\max} = MP$ محاسبه شده بیشتر بوده و لذا با توجه به فرضیه تنش برشی حداکثر، می‌توان نتیجه گرفت که دیسکها در حین کار دچار گسیختگی نخواهند شد.

موتور محرک دستگاه، یک موتور بنزینی دو زمانه هوا خنک است. مخزن سوخت موتور پلاستیکی بوده،۲۳۰ گرم وزن داشته و گنجایش یک لیتر بنزین را دارد. محور متحرک موتور در انتها توسط یک کلاچ وزنه ای گریز از مرکز نیروی خود را به محورانتقال نیرومنتقل می کند.



1-Overload

جهت تعیین مقدار دبی بدین ترتیب عمل شد که مخزن سم دستگاه از آب پر شد و دستگاه توسط یک کاربر با قدی حدود cm ۱۷۵ در وضعیت کاری قرار گرفت. از آب جهت تعیین تعداد و اندازه قطرات در سمپاشها و مقایسه نازلهای متفاوت استفاده می‌شود(۵و۱). دیسک با پایین آوردن پوسته محور محرک توسط کاربر در فاصله cm ۲۰ از سطح زمین و موازی با آن قرار داده شد. در این حالت فاصله مخزن سم از زمین cm ۱۲۰ اندازه گیری شد. سپس پیچ نگهدارنده لوله حامل آب را شل کرده و لوله به داخل یک بشر هدایت شد. شیر خروجی مخزن سم باز شده و ورود آب به داخل بشر به مدت یک دقیقه ادامه یافت. این زمان توسط کرنومتر ثبت گردید. با پایان یافتن زمان، ورود آب به مخزن قطع شد. با در نظر گرفتن وزن خالی بشر و توزین بشر پس از این مرحله آزمایش، وزن آب جمع آوری شده در بشر بدست آمد که با در نظر گرفتن زمان لازم و تساوی بین وزن و حجم آب، دبی خروجی حدود $۷۰ cm^3/min$ تعیین شد. کلیه آزمایشات مربوط به هر دیسک در سه سرعت ۳۰۰۰ ، ۵۰۰۰ و۷۰۰۰ دور بر دقیقه انجام شد. جهت اندازه گیری دور موتور از یک دور سنج دیجیتالی استفاده شد، بدین ترتیب که با نصب یک قطعه شبرنگ بر روی دیسک تعداد دور موتور درحالات مورد نیاز تعیین گردید.

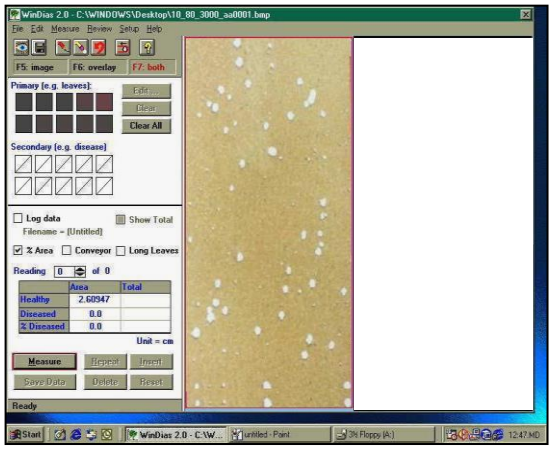
یکی از روشهای تعیین اندازه قطرات و تعداد آنها در واحد سطح استفاده از کاغذهای حساس به آب می باشد. این کاغذها آغشته به محلول برموفنل بلو[1] بوده و در حالت خشک زرد رنگ است اما به محض برخورد قطرات حاوی آب با سطح کاغذ لکه هایی آبی رنگ در نتیجه یونیزه شدن رنگ اصلی بر سطح کاغذ پدیدار می گردد(۸). این کاغذها در حال حاضر در کشور نیز تهیه می شوند (۲). جهت نمونه گیری از قطرات تولید شده در هر مرحله آزمایش از کاغذهای حساس به آب به ابعاد ۲۶×۷۶ ساخت کشور آلمان استفاده شد. چهار الوار چوبی هر یک به ابعاد ۲×۵ ×۲۵۰ سانتی متر جهت استقرار کاغذهای حساس به آب بر روی آنها تهیه شد. تمامی مراحل آزمایش به منظور احتراز از تأثیر عوامل محیطی مانند وزش باد و جریانهای هوایی، در محیط بسته کارگاه انجام شد. کلیه آزمایشها درسه روز متوالی و تحت شرایط هوای ابری انجام گردید. جهت تعیین دما و رطوبت نسبی محیط از یک دستگاه دماسنج خشک و تر استفاده شد. دمای آزمایش در محیط بسته کارگاه بین ۵-۲ درجه و رطوبت نسبی محیط حدود ۱۸ درصد تعیین گردید.

در مرحله شروع هر آزمایش پس از پر کردن مخزن سم از آب و قرار گرفتن سمپاش در وضعیت کاری، دور دیسک به میزان مورد نظررسیده و صحت آن توسط دور سنج تست می‌شد. در این مرحله شیر مخزن سم سمپاش باز شده و نمونه گیری انجام شد. هر مرحله از آزمایش در سه تکرار انجام شده و سپس از نمونه های

1-Bromo phenol blue

حاصل، تعداد ۱۰ عدد به طور تصادفی جهت انجام مراحل بعدی و تعیین اندازه قطرات انتخاب گردید. از هر یک از نمونه های انتخاب شده جهت ایجاد تصاویر قابل بررسی بوسیله نرم افزار آنالیزکننده، با یک بزرگنمایی ۹ برابری و DPI[1] برابر ۱۰۰ تصویربرداری شد. مقدار DPI برابر ۱۰۰ بصورت پیش فرض جهت اسکن تصاویر گرافیکی، توسط نرم افزار راه انداز اسکنر توصیه شده است.

در این طرح جهت اندازه گیری سطح اثر قطرات بر روی کاغذهای حساس از نرم افزار $Win\ DIAS$ استفاده شده است. این نرم افزار علاوه بر اندازه گیری سطح، قابلیت محاسبه طول، عرض، محیط، زوایا، مرکز سطح، شعاع متوسط و تعداد هدف را داراست(۹). قبل از شروع آزمایش ، نرم افزار می بایست کالیبره شد. این نرم افزار بر اساس تفاوت در رنگ هدف با رنگ مجاور آن در یک زمینه عمل می نماید. به عنوان مثال اگر هدف لکه ای آبی رنگ در زمینه ای زرد رنگ باشد، کاربر می تواند نشانگر موس را به محل لکه آبی رنگ برده و بر روی آن کلیک نماید. $Win\ DIAS$ تمام قمستهایی از تصویر که رنگی مشابه به رنگ انتخاب شده دارند را حذف نموده و به حافظه کامپیوتر منتقل می کند. مکانیزم عمل این نرم افزار به شکلی طراحی شده است که به هر رنگ به عنوان نقطه ای از یک فضای سه بعدی نگریسته می شود. به عبارت دیگر رنگ مربوط به هر پیکسل[2] انتخاب شده با نسبتی از رنگهای قرمز، سبز و آبی (RGB) تعریف می شود. اطلاعات مربوط به اندازه گیری سطح در پنجره $Review\ Area\ Meter$ و اطلاعات مربوط به تعداد هدف در پنجره$Review\ General\ Meter$ نگهداری می شود. با استفاده از فرمان $Count$ شمارش تعداد هدف میسر است. برای این منظور کافی است کمترین سطحی را که احتیاج به اندازه گیری آن می‌باشد در پنجره $Minimum\ Object\ Area$ وارد نماییم. با این کار نرم افزار کلیه اهدافی را که سطحی برابر و یا بزرگتر از مقدار یاد شده دارند را به عنوان یک هدف در نظر گرفته و سطح آنها را اندازه گیری می کند. جهت تهیه تصاویری با کیفیتی بالا به منظور استفاده در آنالیزهای کامپیوتری از یک دستگاه اسکنر$Brisa$ مدل$620P$ استفاده گردید.



1-Dots Per Inch
2-Pixel

نتایج و بحث

شکل(۳): نرم افزار در حال اندازه گیری سطح لکه ها.

با محاسبه سطح اثر قطرات و تعیین تعداد آنها و تقسیم نمودن این دو بر یکدیگر قطر اندازه قطرات تولید شده در هر مرحله از آزمایش تعیین گردید. در تمامی آزمایشها، با افزایش در مقدار سه عامل دوردیسک، قطر دیسک و تعداد شیارهای روی هر دیسک، قطرات ایجاد شده از نظر اندازه کوچکتر شدند. تحلیل داده ها با استفاده از روش رگرسیون گام به گام[1] و توسط نرم افزار $SPSS$ رابطه کلی بین عامل اندازه قطره (Y) با عوامل سرعت دورانی دیسک (X_1)، قطر دیسک (X_2) و تعداد شیار هر دیسک(X_3) را به صورت رابطه (۳) معین نمود. به منظور نشان دادن اهمیت متغیرها و درجه اولویت آنها برای ورود به فرایند رگرسیون، R^2 مربوط به هریک از متغیرها وR^2 کل گزارش شده است:

$$Y = 574.77 - 0.034X_1 - 5.89X_2 - 0.743X_3 \quad (۳)$$

$$t \rightarrow (39.68) \quad (-20.28) \quad (-8.68) \quad (-6.69)$$

$$R^2_{(X1)} = 0.741$$

$$R^2_{(X2)} = 0.136$$

$$R^2_{(x3)} = 0.081$$

$$R^2 = 0.958$$

مقادیرعددی واقع در پرانتز، مقدار آماره t (استیودنت)را نشان می دهد که در سطح یک درصد معنی دار می باشد. با توجه به مقدار عددی ضریب X_1 که همان مشتقY نسبت به X_1 (تغییرات Yنسبت به X_1) است، می توان دریافت که مقادیر عددی اندازه قطره با افزایش دور دیسک کاهش می یابد. از طرفی با توجه به مقدار $R^2_{(X1)}$ مشخص است که عامل سرعت دوران، موثرترین عامل بر اندازه قطرات تولید شده می باشد به طوری که۷۴/۱ درصد از تغییرات اندازه قطرات، ناشی ازتغییر در متغیر دور دیسک است. تجزیه و تحلیل انجام شده نشان داد که عامل قطر دیسک(X_2)، دومین عامل موثر بر اندازه قطرات تولید شده است. با توجه به ضرایب X_1 و X_2 مشخص است که با افزایش در مقدار این دو متغیر، اندازه قطرات تولید شده کاهش می یابد، بنحوی که با افزایش یک واحد از متغیرهای X_1 و X_2 ، میزان اندازه قطره بترتیب به اندازه ۰/۰۳۴ و ۵/۸۹ واحد کاهش می یابد. از طرفی تحلیل داده ها نشان می دهد که ۱۳/۶ درصد از تغییرات اندازه قطره توسط متغیر قطر دیسک توجیه می شود درحالی که در مجموع ۸۷/۷ درصد از تغییرات اندازه قطره توسط متغیرهای دور و قطر دیسک توضیح داده می شود. متغیر X_3 از درجه اهمیت کمتری در توجیه اندازه قطره برخوردار است. با توجه به $R^2_{(X3)}$ مشخص است که ۸/۱ درصد تغییرات اندازه قطره ناشی از تغییر متغیر تعداد شیار روی هر دیسک است. R^2مربوط به معادله رگرسیون (۳)، ۹۵/۸ در صد تعیین گردید.به عبارت دیگر ۹۵/۸ درصد از تغییرات متغیراندازه قطره در اثر تغییر سه متغیر X_2, X_1 و X_3 می باشد. مقادیر عددی t در معادله (۳) از لحاظ قدر مطلقی بزرگتر از ۲ می

1-Stepwise

باشد (قاعده t-۲) و این نشان می دهد که تاثیر تمامی متغیرهای X_1, X_2 و X_3 بر اندازه قطرات تولید شده به لحاظ آماری معنی‌دار است.

منابع

۱- افشاری،م. ۱۳۷۱. روشهای کاربردآفت کشها(تألیف جی.ا.ماتیوس).چاپ اول. انتشارات مؤسسه تحقیقات آفات وبیماریهای گیاهی ، ۴۶۳ ص.

۲- افشاری، م. وه. بیات اسدی. ۱۳۶۸. کاغذهای حساس به آب و کاربرد آنها در کالیبراسیون محلول پاشها در ایران. مجلهٔآفات وبیماریهای گیاهی. ۵۷ (۲،۱) : ۷۵-۷۱ .

۳- رستم خانی، م. ۱۳۶۹.آشنایی با اسپری درایر. چاپ اول. شرکت وانتشارات علمی،۶۲ص.

۴- منصوری راد، د. ۱۳۷۹. تراکتورها و ماشینهای کشاورزی.چاپ سوم. انتشارات دانشگاه بو علی سینا، ۶۸۵ ص.

5-Akhtar, S.W.and A.J. Yule. *1999.An experimental approach to producing uniform multiple droplet streams. ILASS-Europe 99.Toulouse,France.*

6-Bals, E.J. *1975. Development of CDA herbicide hand sprayer. PANS 21,345-349.*

7-Masters, K, *1991.Spray drying handbok.5th ed. New York: John Wiley & Sons, Inc. USA.*

8-Matthews, G.A. *2000.Pestiside application methods. 3rd ed. London: Black Well Science, UK.*

9-Webb, N. and D. Jenkins. *2000. WinDIAS user manual, Cambridge: Delta_T devices LTD, UK.*