

## طراحی و ساخت موزع پنوماتیکی سیرچه‌های بذری بر اساس خصوصیات فیزیکی و

### آیرودینامیکی آنها

محمد رضا بختیاری<sup>\*۱</sup>

۱- عضو هیات علمی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان

همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران

\* ایمیل نویسنده مسئول: [m.bakhtiari@areeo.ac.ir](mailto:m.bakhtiari@areeo.ac.ir)

#### چکیده:

سیر (*Allium sativum* L.) یکی از گیاهانی است که کاشت آن در ایران دارای سابقه طولانی است اما بدلیل عدم وجود ماشین‌های کاشت، داشت و برداشت مناسب، کاشت آن بصورت سنتی و در قطعات کوچک صورت می‌گیرد. همچنین با توجه به خواص دارویی و خوراکی، ارزش زیادی در دنیا پیدا نموده، بهمین دلیل از اهمیت اقتصادی فوق العاده‌ای برخوردار می‌باشد. در این مطالعه اثر رطوبت بر تعدادی از خواص فیزیکی و آیرودینامیکی به منظور طراحی و ساخت یک واحد موزع پنوماتیکی سیر بررسی گردید. این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی و در پنج تکرار انجام گردید. به منظور تعیین رابطه بین رطوبت با خواص فیزیکی و آیرودینامیکی سیر، از آنالیز رگرسیون استفاده گردید. با توجه به نتایج، میانگین طول، عرض، ضخامت، قطر متوسط هندسی و حسابی سیرچه‌ها بترتیب ۳۲/۰، ۲۱/۸، ۲۰/۹، ۲۴/۴ و ۲۴/۹ میلی‌متر بدست آمد. نتایج نشان داد که با افزایش رطوبت از ۳۵/۸٪ به ۶۰/۵٪ بر مبنای وزن تر، میانگین مساحت کل، مساحت تصویر شده، وزن هزار دانه، حجم و چگالی ظاهری سیرچه‌ها بترتیب از ۱۷۱۸/۳ به ۲۰۲۹/۱ میلی‌متر مربع، ۵۴۶/۶ به ۶۴۴/۳ میلی‌متر مربع، ۶۷۸۳/۰ به ۸۱۵۹/۳ گرم، ۵۹۱۶/۵ به ۷۳۵۶/۰ میلی‌متر مکعب و ۴۷۶/۳ به ۵۶۷/۴ کیلوگرم بر متر مکعب افزایش یافتند. مطالعات نشان داد که با افزایش رطوبت، چگالی واقعی از ۱۱۴۶/۴ به ۱۱۰۹/۳ کیلوگرم بر متر مکعب کاهش یافت. همچنین در این دامنه رطوبتی سرعت حد سیرچه‌ها از ۱۵/۶ به ۱۶/۷ متر بر ثانیه افزایش یافت. در نهایت بر اساس خواص فیزیکی و آیرودینامیکی سیرچه‌ها یک واحد موزع پنوماتیکی سیر طراحی و ساخته شد.

**کلمات کلیدی:** سیر، سیرچه، خواص فیزیکی و آیرودینامیکی، طراحی و ساخت، موزع بذر

مقدمه:

سیر<sup>۱</sup> گیاهی است از خانواده Liliaceae، که در خیلی از نقاط جهان به عنوان یک ماده غذایی، دارویی و بهداشتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مدت زمان زیادی است که گونه‌های مختلف سیر به عنوان سبزیجات، ادویه‌جات و همچنین دارو برای انواع مختلف بیماری استفاده می‌گردد (Haciseferoğulları, et al., 2005). گیاه سیر بذر ندارد و برای کاشت آن از سیرچه استفاده می‌گردد (شکل‌های ۱ و ۲). روش‌های کاشت، تراکم و اندازه‌ی سیرچه‌ها بر روی عملکرد و مولفه‌های عملکردی موثرند. هزینه‌های بالای کارگری کاشت، داشت و برداشت سیر یکی از مشکلات اساسی تولید سیر می‌باشد. از طرفی راندمان ظرفیت کارگری آن نیز پایین بوده و در حدود ۰/۰۵ ha/man/day (۰/۰۵ هکتار برای یک کارگر در یک روز) می‌باشد (Yenpayub, et al., 2005).



شکل ۲: سیرچه‌های بذری



شکل ۱: سوخ‌های سیر

معصومی و همکاران (۲۰۰۶)، تعدادی از خواص فیزیکی دو نوع سیرچه ایرانی (سفید و صورتی) را در رطوبت‌های مختلف با هم مقایسه کردند. آنها نشان دادند که در دامنه رطوبتی بین ۳۴/۹ تا ۵۶/۷ درصد بر اساس وزن تر، چگالی ظاهری، چگالی واقعی و تخلخل سیرچه‌ها با احتمال ۹۹٪ بسیار معنی‌دار ( $P < 0.01$ ) بود. آنها نتیجه گرفتند که نوع سیر تاثیر خیلی معنی‌داری ( $P < 0.01$ ) بر چگالی واقعی داشته همچنین تاثیر آن بر روی چگالی ظاهری معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) بود. در این تحقیق روابط رگرسیون بین رطوبت و خواص فیزیکی سیرچه‌ها نیز بدست آمد (Masoumi, et al., 2006).

در یک مطالعه دیگر اثر میزان رطوبت بر خواص فیزیکی و مکانیکی بذر کنف<sup>۲</sup> بررسی گردید. بر اساس این تحقیق میانگین طول، عرض، ضخامت و قطر متوسط هندسی و حسابی بذر کنف به ترتیب ۴/۹، ۴/۷، ۲/۸، ۴/۰ و ۳/۸ میلی‌متر محاسبه گردید. میانگین سطح کل، سطح تصویر شده، وزن هزار دانه و حجم بذر با افزایش رطوبت از ۶/۸ به ۲۵/۲ درصد بر پایه وزن خشک، بترتیب از ۴۶/۹ به ۵۳/۷ میلی‌متر مربع، ۹/۹ به ۱۱/۳ میلی‌متر مربع، ۳۰ به ۲۶ گرم و ۱۹/۴ به ۲۵/۰ میلی‌متر مکعب، افزایش یافت. این مطالعه نشان داد که با افزایش رطوبت، چگالی ظاهری از ۶۶۲/۳ به ۵۸۹/۳ و چگالی واقعی از ۱۳۴۱/۴ به ۱۲۰۲/۸ کیلوگرم بر متر مکعب کاهش یافت. همچنین در همان دامنه رطوبتی، ضریب اصطکاک استاتیکی و زاویه انباشتگی پُر و خالی بذور کنف بر روی سطوح مختلف (فولاد، آلومینیوم و شیشه)، افزایش یافت (Bakhtiari, et al., 2011).

<sup>۱</sup> Garlic (*Allium Sativum* L.)

<sup>۲</sup> Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.)

در مطالعه دیگری، یک نمونه ماشین کارنده مکانیکی سوار بر تراکتور جهت کشت سیرچه‌های بذری سیر طراحی و ساخته شد (Bakhtiari and Loghavi, 2009). این ماشین نه ردیفه بوده که قادر بود روی هر پشته سه ردیف محصول را با تراکم ۲۲۰۰۰۰ سیرچه در هکتار و در عمق مناسب و با فاصله بین ۱۲/۳ تا ۲۲/۷ سانتیمتر کشت نماید. نتایج نشان داد که ضریب نکاشت، چند کاشت و درصد سیرچه‌های آسیب دیده بترتیب ۱۲/۲۳، ۲/۴۳ و ۱/۴۱ درصد بودند (Bakhtiari and Loghavi, 2009). در تحقیق دیگری یک دستگاه آزمایشی ماشین کارنده ۱۰ ردیفه جهت کاشت سیرچه که توسط یک تیلر با قدرت ۵ اسب کشیده می‌شد، طراحی و ساخته شد (Benjaphragairat, et al., 2010).

مهمترین قسمت یک کارنده پنوماتیکی سیر، واحد موزع کارنده می‌باشد (John-Deere, 1981; Jacobs and Harrell, 1983). بنابراین در این تحقیق ابتدا خواص فیزیکی و آیرودینامیکی سیرچه‌های بذری سیر با توجه به تغییرات رطوبت آنها تعیین شده و در نهایت بر اساس این خصوصیات، یک واحد موزع پنوماتیکی جهت کاشت سیر طراحی و ساخته شد.

## مواد و روش‌ها:

### تعیین خواص فیزیکی و آیرودینامیکی سیرچه‌های بذری

ابتدا بصورت تصادفی ۱۰ کیلو گرم سوخ سیر از مزارع کشاورزان محلی در استان همدان جمع‌آوری گردید و پس از تمیز کردن آنها و جدا سازی ضایعات و سیرچه‌های آسیب دیده، جهت تعیین رطوبت، بر اساس استاندارد ASAE S352.2 در آونی با درجه حرارت  $130 \pm 1^\circ\text{C}$  به مدت ۵۰ دقیقه قرار داده شدند (ASABE, 1988). سپس روی سیرچه‌ها جهت رسیدن به رطوبت مورد نظر، مقدار مناسب آب پاشیده شد. نمونه‌ها در کیسه‌های پلاستیکی با ضخامت ۱۰۰ میکرو متر و در دمای ۵ درجه سانتیگراد برای مدت دو هفته در یخچال نگهداری شدند تا توزیع رطوبت در آنها یکنواخت گردد. پس از اندازه‌گیری رطوبت نمونه‌ها، رطوبت‌های حاصل شده ۳۵/۸، ۴۷/۴ و ۶۰/۵ درصد بر پایه وزن تر محاسبه گردید.

قبل از تعیین خواص فیزیکی و آیرودینامیکی سیرچه‌ها، تعداد مناسب سیرچه در محیط آزمایشگاه برای مدت ۲ ساعت نگهداری شده تا پس از رسیدن سیرچه‌های به دمای تعادل، آزمایشات تعیین خصوصیات سیر انجام پذیرد. سپس خصوصیات فیزیکی (شامل: ابعاد اصلی، قطر متوسط هندسی و حسابی، ضریب اسپکت، کرویت، مساحت کل و تصویر شده، حجم واقعی، چگالی واقعی و ظاهری و تخلخل) و خصوصیات آیرودینامیکی (شامل: سرعت حد و ضریب گیرایی) سیرچه‌ها بذری، اندازه‌گیری شدند. در این تحقیق از نرم افزار آماری SAS استفاده شد و جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، از طرح آماری کاملاً تصادفی<sup>۱</sup> در پنج تکرار استفاده

<sup>۱</sup> Completely Randomized Design (CRD)

گردید و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن<sup>۱</sup> مورد بررسی قرار گرفت. همچنین روابط بین رطوبت و خواص مکانیکی و آیرودینامیکی سیر توسط معادلات رگرسیون تعیین شد.

### ۱- خواص فیزیکی

ابعاد اصلی<sup>۲</sup>: ابعاد اصلی (شامل:  $L$ : طول،  $W$ : عرض و  $T$ : ضخامت) پنجاه سیرچه در رطوبت‌های مختلف با کولسی با دقت ۰/۰۲ میلیمتر اندازه‌گیری شد (شکل ۳).



شکل ۳: ابعاد اصلی سیرچه‌های بذری سیر

قطر متوسط هندسی<sup>۳</sup>: قطر متوسط هندسی ( $D_g$ ) سیرچه‌ها بر اساس رابطه ۱ بدست آمد (Rich and Mohsenin, 1978) ;  
(Teixeira, 2005; Garnayak, et al., 2008)

$$D_g = (LWT)^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

قطر متوسط حسابی<sup>۴</sup>: قطر متوسط حسابی ( $D_a$ ) سیرچه‌ها از رابطه ۲ تعیین گردید (Rich and Teixeira, Mohsenin, 1978) ;  
(2005; Garnayak, et al., 2008)

$$D_a = \frac{L+W+T}{3} \quad (2)$$

ضریب اسپکت<sup>۵</sup>: ضریب اسپکت ( $R_a$ ) سیرچه‌ها بر اساس رابطه ۳ تعیین گردید (Ixtaina, et al., 2008; Kabas, et al., 2007) ;

$$R_a = \frac{W}{L} \quad (3)$$

کرویت<sup>۱</sup>: کرویت ( $\phi$ ) سیرچه‌ها بر اساس رابطه ۴ بدست آمد (Abalone, et al., 2004):

<sup>۱</sup> Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

<sup>۲</sup> Principle Dimensions ( $L$ ,  $W$  and  $T$ )

<sup>۳</sup> The Geometric Mean Diameter ( $D_g$ )

<sup>۴</sup> The Arithmetic Mean Diameter ( $D_a$ )

<sup>۵</sup> The Aspect Ratio ( $R_a$ )

$$\varphi = \frac{D_g}{L} = \frac{(LWT)^{1/3}}{L} \quad (4)$$

سطح جانبی<sup>۲</sup>: سطح جانبی ( $A_s$ ) سیرچه‌ها از رابطه ۵ تعیین گردید (Özgülven and Vursavuş, 2005; Sacilik, *et al.*, 2003);  
: (Kabas, *et al.*, 2007; Isik, 2008; Ixtaina, *et al.*, 2008)

$$A_s = \pi \times D_g^2 \quad (5)$$

سطح تصویر شده<sup>۳</sup>: ضریب اسپکت ( $A_p$ ) سیرچه‌ها با استفاده از یک اسکنر<sup>۴</sup> متصل شده به کامپیوتر بدست آمد. برای این منظور تصاویر سه وجه آن توسط نرم افزار Sigma Scan Pro 5 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (Karayel, *et al.*, 2004).  
جرم هزار دانه سیرچه<sup>۵</sup>: جرم هزار دانه سیرچه ( $M_{1000}$ ) با استفاده از یک ترازوی دیجیتال<sup>۶</sup> با دقت ۰/۱ میلی گرم محاسبه گردید.  
حجم و چگالی واقعی<sup>۷</sup>: حجم واقعی یک سیرچه ( $V_s$ ) و چگالی واقعی سیرچه‌ها ( $\rho_t$ ) از روش تولوئن<sup>۸</sup> جابجا شده و با استفاده از پیکنومتر<sup>۹</sup> محاسبه گردید (Mohsenin, 1978).

چگالی ظاهری<sup>۱۰</sup>: چگالی ظاهری ( $\rho_b$ ) سیرچه‌ها با استفاده از روش استاندارد توسط یک استوانه به قطر ۳۰ سانتیمتر و ارتفاع ۱۰ سانتیمتر که از ارتفاع ۱۵ سانتیمتر پُر می‌شد و با استفاده از رابطه ۶ تعیین گردید (Özgülven & Vursavuş, 2005):

$$\rho_b = \frac{M_s}{V_c} \quad (6)$$

تخلخل<sup>۱۱</sup>: تخلخل ( $\varepsilon$ ) سیرچه‌ها بر اساس رابطه ۷ تعیین گردید (Mohsenin, 1978):

$$\varepsilon = \left( \frac{\rho_t - \rho_b}{\rho_t} \right) \times 100 = \left( 1 - \frac{\rho_b}{\rho_t} \right) \times 100 \quad (7)$$

<sup>۱</sup> The Sphericity ( $\varphi$ )

<sup>۲</sup> The surface area ( $A_s$ )

<sup>۳</sup> The projected area ( $A_p$ )

<sup>۴</sup> Epson Expression 1680, Model G780B; Seiko Epson, Nagano, Japan

<sup>۵</sup> The One Thousand Kernel Mass ( $M_{1000}$ )

<sup>۶</sup> Sartorius, BP 221S, Max = 220 g

<sup>۷</sup> The Real Volume of Each Clove ( $V_s$ ) and True Density ( $\rho_t$ )

<sup>۸</sup> Toluene

<sup>۹</sup> Pycnometer

<sup>۱۰</sup> The Bulk Density ( $\rho_b$ )

<sup>۱۱</sup> The Porosity ( $\varepsilon$ )

## ۲- خواص آیرودینامیکی

سرعت حد<sup>۱</sup>: در این مطالعه و برای هر رطوبت، سرعت حد ( $v_t$ ) سیرچه‌ها بصورت تجربی در آزمایشگاه در پنج تکرار اندازه‌گیری شد. (Mohsenin, 1978; Zewdu and Solomon, 2007):

ضریب گیرایی<sup>۲</sup>: ضریب گیرایی ( $C_d$ ) سیرچه‌ها از رابطه ۸ محاسبه گردید (Mohsenin, 1978):

$$C_d = \frac{2M_p g}{\rho_a A_p v_t^2} \quad (8)$$

### نتایج و بحث:

میانگین‌های خواص فیزیکی و آیرودینامیکی سیرچه‌های بذری در رطوبت‌های مختلف در **جدول ۱** و روابط رگرسیون آنها در **جدول ۲** درج گردیده است.

جدول ۱: میانگین‌های خواص فیزیکی و آیرودینامیکی سیرچه‌های بذری در رطوبت‌های مختلف

درصد رطوبت (بر اساس وزن تر)			واحد	خواص فیزیکی و آیرودینامیکی
۶۰/۵	۴۷/۴	۳۵/۸		
۳۳/۰۸ <sup>a</sup>	۳۱/۹۶ <sup>b</sup>	۳۰/۹۳ <sup>b</sup>	mm	طول ( $L$ )
۲۲/۸۳ <sup>a</sup>	۲۱/۶۴ <sup>b</sup>	۲۰/۷۹ <sup>b</sup>	mm	عرض ( $W$ )
۲۱/۷۳ <sup>a</sup>	۲۱/۰۸ <sup>a</sup>	۱۹/۸۹ <sup>b</sup>	mm	ضخامت ( $T$ )
۲۵/۴۱ <sup>a</sup>	۲۴/۴۳ <sup>b</sup>	۲۳/۳۹ <sup>c</sup>	mm	قطر متوسط هندسی ( $D_g$ )
۲۵/۸۸ <sup>a</sup>	۲۴/۸۹ <sup>b</sup>	۲۳/۸۷ <sup>c</sup>	mm <sup>2</sup>	قطر متوسط حسابی ( $D_a$ )
۰/۶۹ <sup>a</sup>	۰/۶۸ <sup>a</sup>	۰/۶۷ <sup>a</sup>	اعشاری	ضریب اسپکت ( $R_a$ )
۰/۷۷ <sup>a</sup>	۰/۷۶ <sup>a</sup>	۰/۷۶ <sup>a</sup>	اعشاری	کروییت ( $\phi$ )
۲۰۲۹/۱۳ <sup>a</sup>	۱۸۷۵/۰۶ <sup>b</sup>	۱۷۱۸/۲۹ <sup>c</sup>	mm <sup>2</sup>	مساحت جانبی ( $A_s$ )
۶۴۴/۳۲ <sup>a</sup>	۵۹۵/۷۵ <sup>b</sup>	۵۴۶/۶۰ <sup>c</sup>	mm <sup>2</sup>	مساحت تصویر شده ( $A_p$ )
۸۱۵۹/۳۳ <sup>a</sup>	۷۲۸۰/۶۷ <sup>b</sup>	۶۷۸۳/۰۰ <sup>b</sup>	g	جرم هزار دانه سیرچه ( $M_{1000}$ )
۷۳۵۶/۰۰ <sup>a</sup>	۶۴۴۲/۷۰ <sup>b</sup>	۵۹۱۶/۵۰ <sup>c</sup>	mm <sup>3</sup>	حجم یک سیرچه ( $V_s$ )
۱۱۰۹/۲۸ <sup>c</sup>	۱۱۳۰/۰۲ <sup>b</sup>	۱۱۴۶/۳۹ <sup>a</sup>	kg/m <sup>3</sup>	چگالی واقعی ( $\rho_i$ )
۵۶۷/۳۹ <sup>a</sup>	۵۳۷/۹۱ <sup>a</sup>	۴۷۶/۲۸ <sup>b</sup>	kg/m <sup>3</sup>	چگالی ظاهری ( $\rho_b$ )
۴۸/۸۵ <sup>b</sup>	۵۲/۳۹ <sup>b</sup>	۵۸/۴۵ <sup>a</sup>	اعشاری	تخلخل ( $\epsilon$ )
۱۶/۶۷ <sup>a</sup>	۱۶/۳۷ <sup>a</sup>	۱۵/۶۰ <sup>b</sup>	m/s	سرعت حد ( $v_t$ )
۰/۸۶ <sup>a</sup>	۰/۷۷ <sup>a</sup>	۰/۷۷ <sup>a</sup>	اعشاری	ضریب گیرایی ( $C_d$ )

میانگین‌های دارای حروف مشترک لاتین در یک سطر از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵٪ از لحاظ آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

جدول ۲: معادلات رگرسیون بین خواص فیزیکی و آیرودینامیکی سیرچه‌های بذری در رطوبت‌های مختلف (  $M = 35.8-60.5\%$  )  
(w.b.)

شماره معادله	معادله رگرسیون	$R^2$	واحد	منبع تغییرات
--------------	----------------	-------	------	--------------

<sup>۱</sup> The Terminal Velocity ( $v_t$ )

<sup>۲</sup> The Drag Coefficient ( $C_d$ )



(9)	$L = 0.0870 M + 27.8220$	$+/9999^{**}$		طول ( $L$ )
(10)	$W = 0.0828 M + 17.789$	$+/9973^*$	mm	عرض ( $W$ )
(11)	$T = 0.074 M + 17.3570$	$+/9094^{ns}$	mm	ضخامت ( $T$ )
(12)	$D_g = 0.0816 M + 20.500$	$+/9973^*$	mm	قطر متوسط هندسی ( $D_g$ )
(13)	$D_a = 0.08130 M + 20.9880$	$+/9981^*$	mm	قطر متوسط حسابی ( $D_a$ )
(14)	$A_s = 12.567 M + 1272.2$	$+/9984^*$	mm <sup>2</sup>	مساحت جانبی ( $A_s$ )
(15)	$A_p = 3.9509 M + 406.31$	$+/9985^*$	mm <sup>2</sup>	مساحت تصویر شده ( $A_p$ )
(16)	$M_{1000} = 55.965 M + 4726.9$	$+/9859^{ns}$	g	جرم هزار دانه سیرچه ( $M_{1000}$ )
(17)	$V_s = 58.52317 M + 3768.4502$	$+/8907^{ns}$	mm <sup>3</sup>	حجم یک سیرچه ( $V_s$ )
(18)	$\rho_t = -1.5042 M + 1200.6$	$+/9989^*$	kg/m <sup>3</sup>	چگالی واقعی ( $\rho_t$ )
(19)	$\rho_b = 3.6578 M + 351.98$	$+/9453^{ns}$	kg/m <sup>3</sup>	چگالی ظاهری ( $\rho_b$ )
(20)	$\varepsilon = -0.3861 M + 71.725$	$+/9660^{ns}$	اعشاری	تخلخل ( $\varepsilon$ )
(21)	$v_t = 0.0429 M + 14.159$	$+/9218^{**}$	m/s	سرعت حد ( $v_t$ )
(22)	$C_d = 0.0037 M + 0.6196$	$+/7877^{ns}$	اعشاری	ضریب گیرایی ( $C_d$ )

<sup>ns</sup>: Not significant; \*: Significant at 5% level; \*\*: Significant at 1% level

در نهایت بر اساس نتایج خواص فیزیکی و آیرودینامیکی سیرچه‌ها، یک واحد موزع پنوماتیکی سیر به شرح زیر طراحی و ساخته شد:

### طراحی و ساخت یک واحد موزع پنوماتیکی کارنده سیر:

۱- قطر حفره‌های صفحه بذر: بر اساس تحقیق باروت و اوزماری (۲۰۰۴)، شکل حفره‌های صفحه بذر بصورت دایره‌ای توصیه می‌گردد. بمنظور جلوگیری از فرار گیری بیش از یک بذر در هر حفره، بر اساس این تحقیق، شکل آنها (شکل ۴) نیز باید بصورت مخروطی با زاویه  $(2\beta)$  در نظر گرفته شود (Barut and Özmerzi, 2004). همچنین به منظور فرار گیری یک بذر در هر حفره، مناسبترین زاویه مخروط ۱۲۰ درجه می‌باشد (Singh, et al., 2005 و Bakhtiari, 2012).  
ساین و همکاران (۲۰۰۵)، بمنظور تعیین قطر حفره‌های صفحه بذر برای بذر کتان، قطر حفره‌ها را بر اساس کمتر از ۵۰٪ قطر متوسط هندسی ( $d_o \leq 50\% D_g$ ) در نظر گرفت (Singh, et al., 2005). در این تحقیق نیز بر اساس تحقیق مذکور، قطر حفره‌های<sup>۱</sup> صفحه بذر<sup>۲</sup> ( $d_o$ ) کمتر از ۵۰٪ قطر متوسط هندسی سیرچه‌های بذری در نظر گرفته شده است. بر اساس تحقیق حاضر، بیشترین قطر متوسط هندسی سیرچه‌ها (جدول ۱) ۲۵/۴۱ میلی‌متر محاسبه گردیده است. بنابراین:

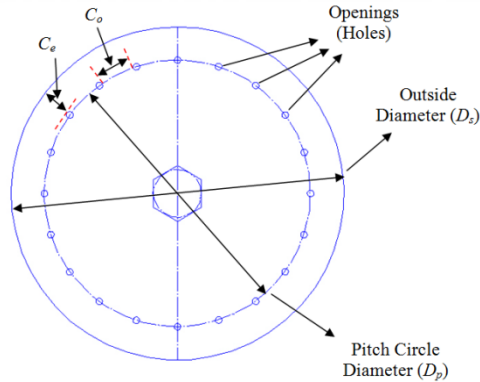
$$d_o \leq 0.50 \times D_g \text{ and } d_o \leq 0.50 \times 25.41 \text{ mm}$$

then  $d_o \leq 12.705 \text{ mm}$  (شکل‌های ۴ و ۵)

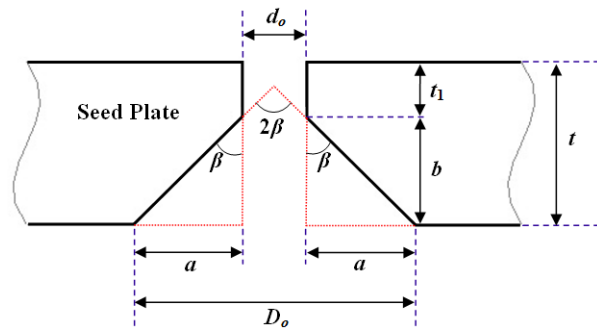
<sup>۱</sup> Openings (Holes)

<sup>۲</sup> Seed Plate





شکل ۵: قسمت‌های مختلف صفحه بذر



شکل ۴: ابعاد حفره صفحه بذر

بر اساس تحقیقات سیل و پی‌پرسون (۱۳۹۴) و زوایای ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ درجه ( $2\beta = 90, 120 \text{ and } 150^\circ$ ) برای شکل حفره بذر مخروطی، خواهیم داشت (Sial & Persson, 1984):

$$D_g \cos 45 \leq d_o < D_g \quad (23)$$

$$25.41 \cos 45 \leq d_o < 25.41, \text{ then } 17.96 \leq d_o < 25.41$$

$$25.41 \cos 60 \leq d_o < 25.41, \text{ then } 12.70 \leq d_o < 25.41$$

$$25.41 \cos 75 \leq d_o < 25.41, \text{ then } 6.57 \leq d_o < 25.41$$

بنابراین قطر حفره‌های صفحه بذر برای سیرچه‌ها باید بین ۶/۵۷ تا ۲۵/۴۱ میلی‌متر باشد. برای محاسبه قطر بیرونی صفحه بذر  $(D_o)$ ، اگر  $b = t - t_1 = 1 \text{ mm}$  باشد، قطر و زاویه مطلوب برای صفحه بذر بترتیب  $d_o = 20.0 \text{ mm}$  و  $2\beta = 150^\circ$  خواهد بود. بنابراین:

$$a = b \tan \beta = (t - t_1) \tan \beta \quad (24)$$

$$D_o = 2a + d_o = 2b \times \tan \beta + d_o \quad (25)$$

$$D_o = 2(t - t_1) \times \tan \beta + d_o \quad (26)$$

حال برای محاسبه قطر حفره‌های صفحه بذر، با در نظر گرفتن:  $d_o = 20 \text{ mm}$ ،  $b = 1 \text{ mm}$  or  $t - t_1 = 1 \text{ mm}$  و زاویه  $150^\circ$  درجه ( $2\beta = 150^\circ$ ) و معادله ۲۶، خواهیم داشت:

$$D_o = 2 \times 1 \times \tan 75 + 20 = 27.46 \approx 27.5 \text{ mm}$$

۲- تعداد حفره‌های صفحه بذر: از آنجایی که سرعت چرخشی چرخ زمینی کارنده و صفحه بذر مساوی در نظر گرفته می‌شود ( $n_s = n_w$ ) و در نظر گرفتن  $C_w$  به عنوان محیط چرخ زمینی، اگر قطر چرخ را ۲۵ اینچ ( $D_w = 25 \text{ in}$ ) در نظر بگیریم، خواهیم داشت:



$$C_w = \pi \times D_w \quad (27)$$

$$C_w = \pi \times (25 \times 2.54) = 199.5 \text{ cm} \approx 200 \text{ cm}$$

حال اگر فاصله سیرچه‌ها ( $x_s$ ) بر روی ردیف را ۱۰ سانتیمتر در نظر بگیریم، با فرض برابری نسبت چرخش چرخ زمینی به صفحه بذر ( $N_r = 1$ )، تعداد حفره‌ها از معادله ۲۸ محاسبه خواهد شد:

$$n = \frac{C_w}{x_s \times N_r} \quad (28)$$

$$n = \frac{200}{10 \times 1} = 20$$

۳- محاسبه قطر دایره حفره‌های صفحه بذر<sup>۱</sup>: این قطر بر اساس شکل ۵ به روش زیر محاسبه می‌گردد:

$$D_p = \frac{C_p}{\pi} = \frac{n \times (D_o + C_o)}{\pi} \quad (29)$$

با جایگذاری‌های  $n = 20$ ,  $D_o = 27.5 \text{ mm}$  (از معادله ۲۹ برای  $d_o = 20 \text{ mm}$ ,  $b = 1 \text{ mm}$  and  $2\beta = 150^\circ$  و  $C_o = 22.5$  mm خواهیم داشت:

$$D_p = \frac{20 \times (27.5 + 22.5)}{3.14} = 318.5 \approx 320 \text{ mm}$$

۴- قطر خارجی صفحه بذر<sup>۲</sup>: برای تعیین قطر خارجی صفحه بذر ( $D_s$ ) از معادله ۳۰ (شکل ۵) محاسبه خواهد شد:

$$D_s = D_p + D_o + 2C_e \quad (30)$$

$$D_s = 320 + 27.5 + (2 \times 16) \approx 380 \text{ mm}$$

۵- محاسبه میزان فشار منفی (مکش)<sup>۳</sup>: بر اساس این تحقیق (جدول ۱)، خواص زیر برای سیر محاسبه شده است:

قطر متوسط هندسی سیرچه‌ها ( $D_g = 25.41 \text{ mm}$ )، جرم یک سیرچه ( $M_p = 8.16 \text{ g}$ ) و مساحت تصویر شده سیرچه ( $A_p = 644.32 \text{ mm}^2$ ).

حال با استفاده از معادله ۳۱ (Singh, et al., 2005) و خواص مذکور، خواهیم داشت:

$$P_o = F_D / A_p = M_p g / A_p \quad (31)$$

<sup>۱</sup> The Pitch Circle of the Seed Plate ( $D_p$ )

<sup>۲</sup> The Outside Diameter of the Seed Plate ( $D_s$ )

<sup>۳</sup> The Vacuum of Negative Pressure ( $P_m$ )

$$P_o = ((8.16 \times 10^{-3}) \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}) / (644.32 \times 10^{-6} \text{ m}^2)$$

$$P_o = 124.24 \text{ Pa}$$

بر اساس نتایج این مطالعه برای سیرچه‌ها، با در نظر گرفتن جدول ۱: سرعت حد سیرچه‌ها ( $v_t = 16.67 \text{ m/s}$ )، ضریب گیرایی ( $C_d = 0.86$ ) و جرم مخصوص هوا ( $\rho_a = 1.168 \text{ kg/m}^3$ ) برای دمای ۳۰ درجه سانتیگراد ( $T = 30^\circ\text{C}$ ) و بر اساس جدول Table A 3-3، صفحه ۹۷۱ (Geankoplis, 2003)، خواهیم داشت:

$$P_o = \frac{F_D}{A_p} = \frac{0.5C_d\rho_a A_p v_t^2}{A_p} = 0.5C_d\rho_a v_t^2 \quad (32)$$

$$P_o = 0.5 \times 0.86 \times 1.168 \times (16.67)^2$$

$$P_o = 139.57 \text{ Pa}$$

با در نظر گرفتن بیشترین مقدار برای  $P_o = 139.57$ ,  $D_g = 24.41$  (جدول ۱)، و از معادله ۳۳ (Sial and Persson, 1984):

$$P_m = P_o \left( \frac{D_g}{d_o} \right)^2 \quad (33)$$

$$P_m = P_o \times (D_g / d_o)^2 = 139.57 \times (25.41 / d_o)^2 \quad (34)$$

If  $d_o = 5.0 \text{ mm} \rightarrow P_m = 139.57 \times (25.41 / 5.0)^2 = 3604.64 \text{ Pa} = 3.6 \text{ kPa}$   
 If  $d_o = 10.0 \text{ mm} \rightarrow P_m = 139.57 \times (25.41 / 10.0)^2 = 901.16 \text{ Pa} = 0.9 \text{ kPa}$   
 If  $d_o = 15.0 \text{ mm} \rightarrow P_m = 139.57 \times (25.41 / 15.0)^2 = 400.51 \text{ Pa} = 0.4 \text{ kPa}$   
 If  $d_o = 20.0 \text{ mm} \rightarrow P_m = 139.57 \times (25.41 / 20.0)^2 = 225.29 \text{ Pa} = 0.2 \text{ kPa}$

در نتیجه کمترین اختلاف فشار ( $P_m$ ) مورد نیاز بمنظور نگه داشتن سیرچه‌های با قطر متوسط هندسی ۲۵/۴۱ میلی‌متر و جرم ۷/۴۱ گرم در حفره صفحه بذر با اندازه بین ۵ تا ۲۰ میلی‌متر، باید حدود ۰/۲ تا ۳/۶ کیلو پاسکال باشد. در نهایت یک واحد موزع پنوماتیکی سیرچه‌های بذری طراحی و ساخته شد (شکل‌های ۶ تا ۹).

### نتیجه گیری کلی:

در این تحقیق ابتدا اثر میزان رطوبت بر خواص فیزیکی و آیرودینامیکی سیر، مورد بررسی قرار گرفت. سپس رابطه بین رطوبت با خواص فیزیکی و آیرودینامیکی سیر با استفاده از آنالیز رگرسیون، تعیین گردید. در نهایت بر اساس این خواص، یک واحد موزع پنوماتیکی به منظور کاشت سیرچه‌های بذری، طراحی و ساخته شد.

	
<p>شکل ۷: یک واحد موزع پنوماتیکی کارنده سیر (دید از بالا)</p>	<p>شکل ۶: یک واحد موزع پنوماتیکی کارنده سیر (دید از بغل)</p>
	
<p>شکل ۹: قسمت‌های باز شده موزع پنوماتیکی کارنده سیر</p>	<p>شکل ۸: قسمت‌های داخلی موزع پنوماتیکی کارنده سیر</p>

## منابع

Abalone, R., Cassinera, A., Gastón, A., and Lara, M. A., 2004. "Some physical properties of amaranth seeds". *Biosystems Engineering*, 89(1), pp. 109-117. doi: 10.1016 / j. biosystemseng. 2004.06.012.

ASABE. (1988). ASAE Standards S352.2. Moisture measurement. Ungrounded seed and seeds: St. Joseph, MI 49085-9659, USA.

Bakhtiari, M. R., 2012. "Design, development and evaluation of a kenaf pneumatic seeding machine". PhD Thesis, Universiri Putra Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia. See also URL <http://www.upm.edu.my> .

Bakhtiari, M. R., Ahmad, D., Othman, J., and Ismail, N., 2011. "Physical and mechanical properties of kenaf seed". *Applied Engineering in Agriculture*, 27(2), pp. 263-268 .

- Bakhtiari, M. R., and Loghavi, M., 2009. "Development and evaluation of an innovative garlic clove precision planter". *Journal of Agricultural Science and Technology*, 11(2), pp. 125-136 .
- Barut, Z. B., and Özmerzi, A., 2004. "Effect of different operating parameters on seed holding in the single seed metering unit of a pneumatic planter". *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28(6), pp. 435-441 .
- Benjaphragairat, J., Ito, N., and Sakurai, H., 2010. "Study of the mechanics of a 5 hp power tiller attached to a 10-row garlic planter". *Agricultural mechanization in Asia, Africa, and Latin America (AMA)*, 41(1), pp. 40-44 .
- Garnayak, D. K., Pradhan, R. C., Naik, S. N., and Bhatnagar, N., 2008. "Moisture-dependent physical properties of jatropha seed (*Jatropha curcas* L.)". *Industrial Crops and Products*, 27(1), pp. 123-129 .
- Geankoplis, C. J., 2003. *Transport processes and separation process principles* (Fourth ed.): Pearson Education, New Jersey.
- Haciseferoğulları, H., Özcan, M., Demir, F., and Çalışır, S., 2005. "Some nutritional and technological properties of garlic (*Allium sativum* L.)". *Journal of food engineering*, 68(4), pp. 463-469 .
- Isik, E., 2008. "Effect of moisture content on some physical and mechanical properties of sira bean grains". *Transactions of the ASABE*, 51(2), pp. 573-579 .
- Ixtaina, V. Y., Nolasco, S. M., and Tomás, M. C., 2008. "Physical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds". *Industrial Crops and Products*, 28(3), pp. 286-293 .
- Jacobs, C. O., and Harrell, W. R., 1983. *Agricultural power and machinery*. New York: McGraw-Hill.
- John-Deere. 1981. *Fundamental of machine operating: Planting* (2 nd ed.): Deere & Company, Moline, Illinois.
- Kabas, O., Yilmaz, E., Ozmerzi, A., and Akinci, İ., 2007. "Some physical and nutritional properties of cowpea seed (*Vigna sinensis* L.)". *Journal of Food Engineering*, 79(4), pp. 1405-1409 .

- Karayel, D., Barut, Z. B., and Özmerzi, A., 2004. "Mathematical modelling of vacuum pressure on a precision seeder". *Biosystems Engineering*, 87(4), pp. 437-444. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2004.01.011
- Masoumi, A. A., Rajabipoor, A., Tabil, L. G., and Akram, A. A., 2006. "Physical attributes of garlic (*Allium sativum* L.)". *J. Agric. Sci. Technol.*, 8, pp. 15-23 .
- Mohsenin, N. N., 1978. *Physical properties of plant and animal materials* (2nd ed.): Gordon and Breach Science Publishers, New York.
- Özgüven, F., and Vursavuş, K., 2005. "Some physical, mechanical and aerodynamic properties of pine (*Pinus pinea*) nuts". *Journal of Food Engineering*, 68(2), pp. 191-196 .
- Rich, E. C., and Teixeira, A. A., 2005. "Physical properties of mucuna (velvet) bean". *Applied Engineering in Agriculture* 21(3), pp. 437-443 .
- Sacilik, K., Öztürk, R., and Keskin, R., 2003. "Some physical properties of hemp seed". *Biosystems Engineering*, 86(2), pp. 191-198. doi: doi: 10.1016 / S1537-5110 (03) 00130-2.
- Sial, F. S., and Persson, S. P. E., 1984. "Vacuum nozzle design for seed metering". *Transactions of the ASAE*, 27(1), pp. 688-696 .
- Singh, R. C., Singh, G., and Saraswat, D. C., 2005. "Optimisation of design and operational parameters of a pneumatic seed metering device for planting cottonseeds". *Biosystems Engineering*, 92(4), pp. 429-438 .
- Yenpayub, J., Kingthong, S., and Benjaphragairat, J., 2005. "Design and development of a garlic planter in Thailand ."
- Zewdu, A. D., and Solomon, W. K., 2007. "Moisture-dependent physical properties of tef seed". *Biosystems Engineering*, 96(1), pp. 57-63 .