

بررسی اثر رطوبت بر برخی خواص فیزیکی سه رقم سویا

عبدالله گل محمدی^{۱*}، اکبر عباسی کوکجه^۲

استادیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه محقق اردبیلی

(تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۷ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۲۰)

چکیده

در این تحقیق برخی خواص فیزیکی مهم دانه سویا و تأثیر رطوبت بر آنها مورد بررسی قرار گرفت. تأثیر رقم (زان، ویلیامز و L17) و رطوبت (۸، ۱۰، ۱۲، ۱۴ و ۱۶٪ بر پایه خشک) بر ابعاد (طول، عرض، ضخامت، قطر میانگین هندسی، قطر میانگین حسابی، ضریب کرویت و سطح رویه)، وزن، چگالی حقیقی و ظاهری، تخلخل، ضریب اصطکاک ایستایی (روی پنج سطح گالوانیزه، چوب، آهن، استیل و آلومینیوم) و زاویه پایداری در قالب طرح کاملاً تصادفی ارزیابی شد. نتایج نشان داد، به استثنای چگالی ظاهری، تخلخل و زاویه پایداری اثر رقم بر ابعاد، وزن هزار دانه، حجم تک دانه و چگالی حقیقی در سطح آماری ۱٪ معنی دار بود. رطوبت اثر معنی داری در سطح آماری ۱٪ بر خواص هندسی، خواص ثقلی و خواص اصطکاکی داشت. با افزایش رطوبت از ۸٪ به ۱۶٪ (بر مبنای وزن خشک)، مقدار قطر میانگین هندسی، چگالی حقیقی و وزن هزار دانه و تخلخل به ترتیب از ۶/۷۲ به ۷/۲۴ میلی متر، ۱/۱۸۶ به ۱/۲۱۷ گرم بر سانتی متر مکعب، ۱۷۸/۴۲ به ۲۰۱/۲۱ گرم و ۳۹/۲۹٪ به ۴۸/۶۶٪ افزایش یافتند. چگالی ظاهری و درجه کرویت با افزایش رطوبت روند کاهشی داشتند. چگالی ظاهری رقم های زان، ویلیامز و L17 به ترتیب برابر با ۰/۶۶۸، ۰/۶۸۴ و ۰/۶۷۵ گرم بر سانتی متر مکعب و درجه کرویت آنها برابر با ۰/۸۲۲، ۰/۸۸۷ و ۰/۸۹۸ بدست آمد. ضریب اصطکاک استاتیکی با افزایش رطوبت افزایش یافت، به طوری که سطوح چوب و استیل با مقادیر ۰/۶۳۹ و ۰/۴۸۳ به ترتیب بیشترین و کمترین ضریب اصطکاک استاتیکی را به خود اختصاص دادند.

کلید واژگان: خواص فیزیکی، سویا، رطوبت، ضریب اصطکاک ایستایی، چگالی حقیقی.

۱- مقدمه

سویا یا لوبیای روغنی یکی از نباتات قدیمی و بومی آسیای شرق، با نام علمی گلایسین ماکس^۱ و متعلق به تیره لگومینوز می باشد. این گیاه در فارسی با نام های متفاوتی از جمله، سوژا، لوبیای روغنی، لوبیای چینی، نخود فرنگی چینی و لوبیای منچوری نامیده شده است. در زبان انگلیسی به soybean مشهور است. سویا دارای رقم های متفاوتی از نظر اندازه، شکل و رنگ می باشد [۱].

به دلیل اهمیت محصولات کشاورزی در تغذیه انسان و دام و استفاده از این محصولات در زمینه های مختلف دارویی و صنعتی، تحقیقات وسیعی در رابطه با خواص فیزیکی و مکانیکی آن ها انجام شده که از نتایج آن ها در طراحی و ساخت ماشین های مختلف در مراحل تولید و پس از برداشت آن ها برای بازاریابی استفاده می گردد. اولین گام برای تدوین استانداردهای کیفی برای محصولات کشاورزی و باغی و همچنین بهبود خطوط مختلف فراوری، اطلاع از خواص متنوع این محصولات و نحوه تغییرات آن ها به واسطه عوامل گوناگون است [۲].

کاشانی نژاد و همکاران [۳] اثر رطوبت بر خواص فیزیکی سه رقم دانه سویا را در محدوده رطوبتی ۲۴-۸ درصد (بر مبنای وزن تر) بررسی کردند. نتایج تحقیقات آن ها نشان داد که رطوبت بر همه خواص فیزیکی مورد بررسی (شامل ابعاد، میانگین قطر هندسی، سطح رویه، چگالی حقیقی، چگالی ظاهری، تخلخل، زاویه تخلیه و ضریب اصطکاک ایستایی) اثر معنی داری دارد. کیسر و همکاران [۴] خواص فیزیکی و مکانیکی سویا را مورد بررسی قرار دادند. نتایج بررسی آن ها نشان داد که با افزایش رطوبت مشخصات ابعادی (طول، عرض و ضخامت) و قطر میانگین هندسی، افزایش می یابد. حجم نمونه ها و سطح رویه ی به طور خطی با افزایش رطوبت، افزایش می یابد. کرویت، چگالی ظاهری، چگالی حقیقی و تخلخل به صورت خطی کاهش می یابد. زاویه اصطکاک داخلی و ضریب اصطکاک ایستایی با افزایش رطوبت افزایش می یابد.

هدف از انجام این تحقیق بدست آوردن خواص فیزیکی سه رقم دانه ی سویا شامل ابعاد (طول، عرض، ضخامت، قطر میانگین هندسی، قطر میانگین حسابی، ضریب کرویت و سطح رویه)، وزن هزار دانه، چگالی حقیقی و ظاهری، تخلخل،

ضریب اصطکاک ایستایی (روی پنج سطح گالوانیزه، چوب، آهن، استیل و آلومینیوم) در پنج سطح رطوبتی (۸، ۱۰، ۱۲، ۱۴ و ۱۶٪ بر پایه خشک) می باشد.

$\emptyset$	طول (mm)	L	ضریب کرویت
ρ_k	عرض (mm)	W	چگالی حقیقی (gr/cm^3)
ρ_b	ضخامت (mm)	T	چگالی ظاهری (gr/cm^3)
θ_E	قطر حسابی (mm)	D_a	زاویه پایداری تخلیه (درجه)
θ_F	قطر هندسی (mm)	D_g	زاویه پایداری پرشدگی (درجه)
μ	سطح رویه (cm^2)	S	ضریب اصطکاک استاتیکی
ε	حجم نمونه (cm^3)	V_t	تخلخل (درصد)
θ	وزن هزار دانه (gr)	M_h	زاویه آستانه حرکت توده دانه (درجه)

۲- مواد و روش ها

۲-۱- آماده سازی نمونه ها و تعیین رطوبت

اولیه

نمونه های مورد آزمون در شهریور ماه سال ۱۳۸۹ از سه رقم سویای (زان، ویلیامز و L17) کشت شده در دشت مغان واقع در استان اردبیل از مرکز توسعه دانه های روغنی تهیه شدند. دانه های سویا به طور دستی تمیز و بوجاری شد و دانه های شکسته و چروک خورده و مواد خارجی از قبیل سنگ، کاه و کلش و غیره از دانه ها جدا شدند. برای تعیین رطوبت اولیه دانه ها، بر اساس روش استاندارد وزنی [۵]، از هر رقم ۱۵ گرم و با سه تکرار برای مدت ۷۲ ساعت در دمای 103°C درون آون قرار گرفت و مقادیر رطوبت اولیه هر یک از ارقام اندازه گیری شد. با این روش، رطوبت اولیه ارقام زان، ویلیامز و L17 به ترتیب برابر با ۸/۱۶، ۷/۸۵ و ۸/۵۰٪ بر پایه خشک بدست آمد.

۲-۲- روش انجام آزمایش ها

به منظور بررسی خواص فیزیکی دانه های سویا از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی استفاده شد که متغیرهای مستقل آن، سه رقم زان، ویلیامز و L17 و پنج سطح رطوبتی (۸، ۱۰، ۱۲، ۱۴ و ۱۶٪ بر پایه خشک) بود. متغیرهای وابسته نیز ابعاد (شامل: طول، عرض، ضخامت، قطر میانگین

L = بزرگترین بعد، طول (میلی متر)

W = بزرگترین بعد عمود بر L ، عرض (میلی متر)

T = بزرگترین بعد عمود بر صفحه L و W ، ضخامت (میلی متر)

۲-۲-۲- اندازه گیری خواص ثقلی

برای اندازه گیری حجم و چگالی واقعی دانه ها از پیکنومتر با گنجایش ۵۰ میلی لیتر استفاده شد. سپس با استفاده از روابط (۵ و ۶) محاسبه گردید. آزمایش های تعیین حجم و چگالی واقعی با ۳۰ تکرار صورت گرفت [۸].

$$V_t = \frac{(M_{tp} - M_p) - (M_{pts} - M_{ps})}{\rho_t}$$

$$\rho_s = \frac{M_{ps} - M_p}{V_t}$$

که:

V_t = حجم نمونه (سانتی متر مکعب)

M_{tp} = وزن تولوئن و پیکنومتر (گرم)

M_p = وزن پیکنومتر (گرم)

M_{pts} = وزن تولوئن، پیکنومتر و نمونه (گرم)

M_{ps} = وزن پیکنومتر و نمونه (گرم)

ρ_t = چگالی تولوئن (۰/۸۷ گرم بر سانتی متر مکعب)

ρ_s = چگالی نمونه (گرم بر سانتی متر مکعب)

برای اندازه گیری چگالی ظاهری از یک ظرف به حجم ۵۰۰ میلی لیتر استفاده شد. دانه ها با سرعت ثابت از ارتفاع ۱۵ سانتی متری از سطح استوانه به داخل آن ریخته شدند [۹]. ریزش بذرها از این ارتفاع یک اثر ضربه ای در ظرف ایجاد می کند که باعث ته نشین شدن دانه ها در ظرف می شوند که این حالت مشابه شرایطی است که در انبارها در طی ذخیره و انبار کردن برای محصول ایجاد می شود [۱۰]. پس از پر شدن ظرف، بدون اینکه دانه ها فشرده شوند دانه های اضافی سطح آن خارج شد. سپس ظرف محتوی دانه توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه گیری شد. چگالی ظاهری با استفاده از معادله (۷) بدست آمد. آزمایش های تعیین چگالی ظاهری با ۱۰ تکرار

هندسی، قطر میانگین حسابی، ضریب کرویت و سطح رویه)، وزن هزار دانه، چگالی حقیقی و ظاهری، تخلخل، ضریب اصطکاک ایستایی (روی پنج سطح گالوانیزه، چوب، آهن، استیل و آلومینیوم) بود. تجزیه و تحلیل آماری داده ها به کمک نرم افزار SPSS.17 انجام شد.

نمونه های با محتوی رطوبتی بالاتر با اضافه نمودن مقدار معین آب مقطر، آماده شدند. نمونه های آماده شده در پاکت های پلی اتیلنی و به مدت ۶۰ ساعت در یخچال با دمای ۵ °C نگهداری شدند تا رطوبت به طور یکنواخت در داخل دانه ها نفوذ کند [۶].

۲-۲-۱- اندازه گیری خواص هندسی

شناخت ابعاد محوری در تعیین و طراحی اندازه حفره های ماشین های انتقال دهنده دانه ها، مانند ماشین های دقیق کار لازم است. بعد ماکزیمم دانه نشان دهنده موقعیت سکون (خوابیدگی) طبیعی دانه است و در محاسبه نیروی فشاری که باعث پارگی (ترک) مکانیکی دانه می شود، مؤثر است. قطر میانگین هندسی دانه در تعیین سطح مقطع دانه ای که در حال حرکت در ناحیه آشفته یا تقریباً آشفته جریان هوا می باشد، حائز اهمیت است [۷]. برای تعیین مشخصات ابعادی دانه ها تعداد ۳۰۰ دانه از هر تیمار به صورت تصادفی انتخاب شد. ابعاد سه گانه (قطرهای بزرگ، متوسط و کوچک) به وسیله کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی متر اندازه گیری شد. میانگین قطر هندسی، میانگین قطر حسابی، سطح رویه و ضریب کرویت با استفاده از روابط (۱ تا ۴) به دست آمد [۸].

$$D_g = \sqrt[3]{LWT}$$

$$D_a = \frac{L+W+T}{3}$$

$$S = \pi D_g^2$$

$$\phi = \frac{D_g}{L}$$

که:

D_g = میانگین قطر هندسی (میلی متر)

D_a = میانگین قطر حسابی (میلی متر)

S = سطح رویه (میلی متر مربع)

ϕ = ضریب کرویت

که در آن μ ضریب اصطکاک استاتیکی و θ زاویه آستانه حرکت توده دانه روی سطوح آزمایشی می‌باشند.

۲-۲-۴- اندازه گیری زاویه پایداری

زاویه پایداری از دو دیدگاه تخلیه و پرشدن برای نمونه‌ها در سطوح رطوبتی مختلف تعیین شد. تخلیه نمونه‌ها از محفظه‌ای مکعبی شکل به ابعاد $15 \times 15 \times 15$ سانتی متر با دریچه باز شو از جلو صورت گرفت (شکل ۱). برای تعیین زاویه پایداری تخلیه، ابتدا محفظه طی آزمایش‌های مجزا، از هر تیمار پر شد و روی یک قسمت مرتفع قرار گرفت. سپس درب جلوی محفظه یکبار باز شد تا قسمتی از توده دانه‌ها تحت نیروی وزن خود از محفظه خارج شود. زاویه طبیعی قرارگیری دانه‌ها در این حالت به زاویه تخلیه شدگی معرف است. برای اندازه‌گیری زاویه پایداری پرشدگی از یک استوانه بدون سر و ته با قطر و ارتفاع به ترتیب ۱۵ و ۲۵ سانتی متر استفاده شد. استوانه در مرکز یک صفحه مدور قرار گرفته و از دانه‌های سویا پر شد. سپس استوانه مذکور به آرامی در امتداد قائم بالا کشیده شد تا توده دانه به شکل یک مخروط درآیند [۹]. در این حالت قطر و ارتفاع مخروط ایجاد شده توسط یک گونیا و کولیس اندازه‌گیری شد. زاویه پایداری تخلیه شدگی و پرشدگی به ترتیب با استفاده از روابط (۱۰ و ۱۱) محاسبه شد. هر آزمایش در ۵ تکرار انجام گرفت.

$$\theta_E = \tan^{-1} \frac{H}{B}$$

$$\theta_F = \tan^{-1} \frac{2H}{D}$$

که θ_E و θ_F به ترتیب زاویه پایداری تخلیه و پرشدگی می‌باشند.

صورت گرفت. با در اختیار داشتن مقادیر چگالی حقیقی و ظاهری، مقدار تخلخل با استفاده از رابطه (۸) بدست آمد.

$$\rho_b = \frac{M}{V}$$

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

که:

ρ_b = چگالی توده (گرم بر سانتی متر مکعب)

M = وزن دانه‌ها (گرم)

V = حجم ظرف (سانتی متر مکعب)

ε = تخلخل (درصد)

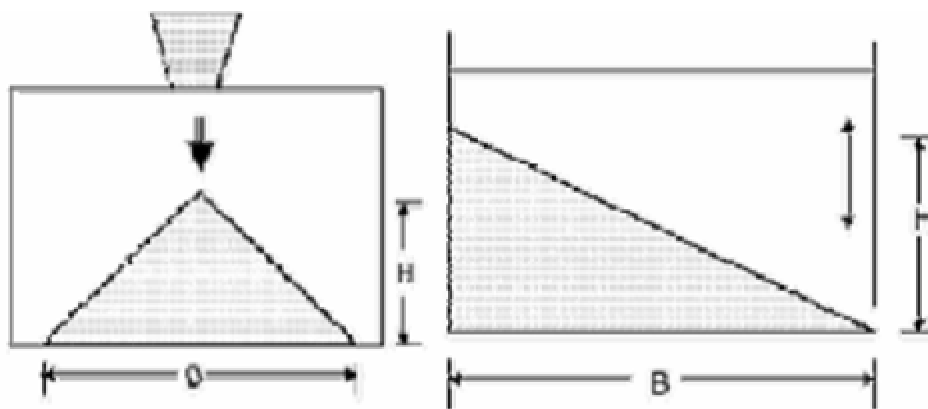
وزن دانه‌ها توسط ترازوی دیجیتال با دقت 0.001 گرم اندازه‌گیری شد، بدین ترتیب که ابتدا نمونه‌ها به ۵ قسمت مساوی تقسیم شدند، سپس از هر قسمت ۱۰۰ عدد شمارش و وزن شد و وزن هزار دانه از رابطه زیر محاسبه شد [۱۱].

(میانگین ۵ قسمت ۱۰۰ تایی) $\times 10 =$ وزن هزار دانه

۲-۲-۳- اندازه گیری ضریب اصطکاک ایستایی

برای اندازه‌گیری ضریب اصطکاک ایستایی، از سطوح اصطکاکی شیب‌دار متفاوتی از جنس چوب، ورق گالوانیزه، آهن، آلومینیوم و استیل متصل به یک نقاله مدرج استفاده شد. ابتدا ۳۰۰ گرم از هر نمونه در یک جعبه مکعب مستطیلی دو سر باز به ابعاد $4 \times 10 \times 15$ سانتی متر روی سطوح شیب‌دار قرار داده شد و بدون آنکه مکعب با سطح شیب‌دار اصطکاکی تماس داشته باشد، زاویه سطح شیب‌دار به آرامی افزایش یافت تا توده دانه در آستانه حرکت قرار بگیرد. برای هر تیمار، آزمایش در پنج تکرار انجام شد. با اندازه‌گیری زاویه سطح شیب‌دار از رابطه (۹) ضریب اصطکاک ایستایی محاسبه شد.

$$\mu = \tan \theta$$



شکل ۱ روش تعیین زاویه پایداری تخلیه (شکل راست) و پرشدگی (شکل چپ)

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ابعاد، قطرها، درجه کرویت و سطح رویه

دانه‌ها

خلاصه نتایج تجزیه واریانس آزمایش‌های مربوط به مشخصات هندسی دانه‌های سویا در جدول (۱) ارائه شده است. تجزیه

جدول ۱ تجزیه واریانس خواص فیزیکی (ابعاد) بر اساس میانگین مربعات

S (cm ²)	Ø (%)	D _a (mm)	D _g (mm)	T (mm)	W (mm)	L (mm)	df	منابع تغییرات
۱/۹۰۸ **	۲/۴۹۰ **	۹/۲۸۱ **	۹/۴۳۴ **	۸۷/۲۱۹ **	۲۲/۰۰۶ **	۲۱۲/۱۵ **	۲	رقم
۷/۶۹۶ **	۰/۰۲۹ **	۴۱/۴۸۰ **	۳۹/۶۲۵ **	۲۳/۶۲۶ **	۳۲/۳۶۵ **	۷۷/۹۲۲ **	۴	رطوبت
۰/۰۶۰ ns	۰/۰۰۵ **	۰/۲۹۵ ns	۰/۲۹۷ ns	۰/۲۷۲ ns	۰/۵۵۹ **	۲/۸۱۲ **	۸	رقم × رطوبت
۰/۰۳۳	۰/۰۰۱	۰/۱۷۶	۰/۱۷۵	۰/۲۱۸	۰/۲۰۴	۰/۳۲۹	۴۴۸۵	خطا
٪۱۱/۹۷	٪۳/۹۹	٪۵/۹۸	٪۶/۰۰	٪۷/۷۹	٪۶/۴۳	٪۷/۱۴	-	ضریب تغییرات

** در سطح ۱٪ معنی‌دار است، * در سطح ۵٪ معنی‌دار است و ns در سطح ۵٪ معنی‌دار نیست.

ارقامی که اختلاف بین قطرهایشان کمتر است از لحاظ شکلی یکنواخت‌تر بودند (کروی). ضریب کرویت تابعی از ابعاد (قطرها) بوده و به تناسب آن تغییر می‌کند. با افزایش محتوی رطوبتی هر سه قطر (طول، عرض و ضخامت) افزایش می‌یابند ولی افزایش قطر بزرگ (طول) نسبت به دو قطر دیگر بیشتر بوده و در نتیجه منجر به این می‌شود که کرویت دانه‌های سویا کاهش بیابد. این نتیجه با نتایج تحقیقات بدست آمده توسط کیپر و اوزتورک [۹] و کاشانی‌نژاد و همکاران [۶] که در مورد دانه سویا انجام داده بودند، مطابقت دارد. بیش‌ترین مقدار

با توجه به جدول ۲ مشاهده می‌شود که با افزایش محتوی رطوبتی طول، عرض، ضخامت، میانگین قطر هندسی، میانگین قطر حسابی و سطح رویه افزایش یافتند در حالی که ضریب کرویت با افزایش رطوبت کاهش یافته است. دلیل آن به این موضوع بر می‌گردد که با افزایش محتوی رطوبتی مقدار درصد آب موجود در دانه‌های سویا افزایش یافته و به طبع آن مقدار حجم و ابعاد آن افزایش می‌یابد. پارامترهای میانگین قطر هندسی و قطر حسابی و سطح رویه وابسته به ابعاد دانه می‌باشند که با افزایش ابعاد دانه مقدار آن‌ها نیز افزایش می‌یابد.

میانگین طول و عرض به ترتیب مربوط به رقم زان و ویلیامز در محتوی رطوبتی ۱۶ درصد و با میانگین به ترتیب ۸/۷۸ و ۷/۴۲ میلی‌متر و کم‌ترین مقدار میانگین طول و عرض به ترتیب در رقم L17 و زان در محتوی رطوبتی ۸ درصد و با میانگین به ترتیب ۷/۳۲ و ۶/۷۳ میلی‌متر بدست آمد. بیش‌ترین مقدار میانگین ضخامت در رقم ویلیامز و L17 با میانگین به ترتیب ۶/۱۷ و ۶/۱۰ میلی‌متر بدست آمدند که در کلاس A قرار گرفتند و کم‌ترین مقدار آن در رقم زان با میانگین ۵/۷۲ میلی‌متر بدست آمد که در کلاس B جای گرفت. بیش‌ترین میانگین ضخامت ۶/۲۰ میلی‌متر در محتوی رطوبتی ۱۶ درصد و در کلاس A و کم‌ترین مقدار ۵/۸۰ میلی‌متر در محتوی رطوبتی ۸ درصد بدست آمد. رقم ویلیامز در میانگین قطر هندسی و حسابی و همچنین سطح رویه با میانگین به ترتیب ۷/۰۵ و ۷/۰۹ میلی‌متر و ۱/۵۶۸ سانتی‌متر مربع بیشترین مقدار را دارا

است و در کلاس A قرار دارد. کم‌ترین مقدار میانگین قطر هندسی در ارقام زان و L17 با میانگین به ترتیب ۶/۹۳ و ۶/۹۰ میلی‌متر و در کلاس B قرار گرفتند. رقم L17 با میانگین قطر حسابی ۶/۹۳ میلی‌متر و میانگین سطح رویه ۱/۵۰۰ سانتی‌متر مربع کم‌ترین مقدار را دارا بود و در کلاس B قرار گرفت. بیشترین مقدار میانگین قطر هندسی، میانگین قطر حسابی و سطح رویه به ترتیب ۷/۲۴ و ۷/۳۱ میلی‌متر و ۱/۶۵۴ سانتی‌متر مربع در محتوی رطوبتی ۱۶ درصد و کم‌ترین مقدار آن‌ها در محتوی رطوبتی ۸ درصد و به ترتیب برابر با ۶/۷۲ و ۶/۷۷ میلی‌متر و ۱/۴۲۳ سانتی‌متر مربع بدست آمد. بیشترین مقدار ضریب کروی در رقم L17 و در سطح رطوبتی ۸ درصد و با میانگین ۰/۹۰۸ در کلاس A قرار گرفت و کم‌ترین آن مربوط به رقم زان که همه سطوح رطوبتی آن رقم را شامل می‌شود و در کلاس D قرار دارند.

جدول ۲ نتایج مقایسه میانگین‌های عوامل آزمایشی خواص فیزیکی (ابعاد) حاصل از آزمون L.S.D

متغیرهای مستقل	L (mm)	W (mm)	T (mm)	D _g (mm)	D _a (mm)	Ø (%)	S (cm ²)
زان	۸/۴۴ ^a	۶/۹۰ ^b	۵/۷۲ ^b	۶/۹۳ ^b	۷/۰۲ ^{ab}	۰/۸۲۲ ^c	۱/۵۱۵ ^{ab}
ویلیامز	۷/۹۶ ^b	۷/۱۴ ^a	۶/۱۷ ^a	۷/۰۵ ^a	۷/۰۹ ^a	۰/۸۸۷ ^b	۱/۵۶۸ ^a
L17	۷/۷۰ ^b	۷/۰۰ ^{ab}	۶/۱۰ ^a	۶/۹۰ ^b	۶/۹۳ ^b	۰/۸۹۸ ^a	۱/۵۰۰ ^b
٪۸	۷/۷۰ ^d	۶/۸۱ ^d	۵/۸۰ ^c	۶/۷۲ ^c	۶/۷۷ ^d	۰/۸۷۵ ^a	۱/۴۲۳ ^c
٪۱۰	۷/۸۱ ^{cd}	۶/۸۹ ^{cd}	۵/۹۰ ^{bc}	۶/۸۲ ^{bc}	۶/۸۷ ^{cd}	۰/۸۷۴ ^a	۱/۴۶۵ ^{bc}
٪۱۲	۸/۰۳ ^{bc}	۶/۹۸ ^c	۵/۹۷ ^b	۶/۹۳ ^b	۶/۹۹ ^c	۰/۸۶۷ ^b	۱/۵۱۵ ^{bc}
٪۱۴	۸/۲۱ ^b	۷/۱۱ ^b	۶/۱۱ ^{ab}	۷/۰۸ ^{ab}	۷/۱۴ ^b	۰/۸۶۶ ^b	۱/۵۸۳ ^{ab}
٪۱۶	۸/۴۳ ^a	۷/۲۹ ^a	۶/۲۰ ^a	۷/۲۴ ^a	۷/۳۱ ^a	۰/۸۶۲ ^c	۱/۶۵۴ ^a

در هر ستون و برای هر عامل آزمایشی، تفاوت میانگین‌های با حروف غیر مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است.

۳-۲- خواص ثقلی دانه و زاویه پایداری

بررسی نتایج آماری مربوط به اثر نوع رقم بر میزان وزن هزار دانه، حجم، چگالی حقیقی نشان داد که بین ارقام سویا اختلاف معنی‌داری (در سطح آماری ۱٪) وجود دارد، ولی از نظر چگالی ظاهری، تخلخل و زاویه پایداری بین ارقام تفاوت

معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج مربوط به اثر سطوح رطوبتی نیز حاکی از اثر معنی‌دار (در سطح آماری ۱٪) رطوبت بر خواص مذکور بود. اثرات متقابل رقم و رطوبت بر هیچ کدام از صفات معنی‌دار نبود (جدول ۳).

جدول ۳ تجزیه واریانس خواص فیزیکی بر اساس میانگین مربعات

منابع تغییرات	df	M _h (gr)	V _t (cm ³)	ρ _k (gr/cm ³)	ρ _b (gr/cm ³)	ε (%)	θ _e (D)	θ _f (D)
رقم	۲	۴۹/۰۰۵ ^{xx}	۰/۰۱۴ ^{xx}	۰/۰۲۴ ^{xx}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۶۳/۹۴۹ ^{ns}	۵۶/۷۲۲ ^{ns}	۳۴/۶۰۷ ^{ns}
رطوبت	۴	۱۲/۲۹۱ ^{xx}	۰/۰۰۳ ^{xx}	۰/۰۱۳ ^{xx}	۰/۰۳۶ ^{xx}	۳۵۲/۵۰۹ ^{xx}	۹۴/۷۸۷ ^{xx}	۸۳/۹۰۱ ^{xx}
رقم × رطوبت	۸	۰/۰۳۴ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۰ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۳۲۴ ^{ns}	۰/۷۸۷ ^{ns}	۱/۲۷۳ ^{ns}
خطا	-	۱/۵۱۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۷	۴۷/۲۸۹	۲۱/۰۰۹	۲۹/۰۹۶
ضریب تغییرات	-	۶/۴۹	۱۸/۵۵	۳/۶۷	۱۲/۲۲	۱۵/۷۲	۱۴/۳۸	۲۰/۷۶

xx در سطح ۱٪ معنی دار است، x در سطح ۵٪ معنی دار است و ns در سطح ۵٪ معنی دار نیست.

با توجه به جدول ۴ مشاهده شد که با افزایش محتوی رطوبتی وزن هزار دانه، حجم تک دانه، چگالی حقیقی، تخلخل، زاویه تخلیه و زاویه پرشدگی افزایش یافتند در حالی که چگالی ظاهری با افزایش رطوبت کاهش یافتند. افزایش محتوی رطوبتی دو اثر روی دانه‌های سویا دارد، یکی افزایش وزن و دیگری افزایش حجم (متورم شدن دانه). با افزایش محتوی رطوبتی ضریب کرویت دانه‌های سویا کاهش می‌یابد و با کاهش ضریب کرویت و همچنین افزایش حجم دانه‌ها خلل و فرج بین دانه‌ها زیاد شده و چگالی ظاهری کاهش می‌یابد ولی افزایش وزن دانه‌ها اثر قابل توجهی روی چگالی ظاهری ندارد. اما در چگالی حقیقی عامل افزایش وزن غالب است. تخلخل که عبارت است از حجم دانه به اضافه حجم فضای بین دانه‌ها، با افزایش محتوی رطوبتی علاوه بر اینکه حجم دانه‌ها زیاد می‌شود خلل و فرج بین دانه‌ها هم زیاد شده و به همین علت با افزایش رطوبت مقدار تخلخل نیز زیاد می‌شود.

افزایش محتوی رطوبتی موجب افزایش زاویه پایداری می‌شود زیرا با افزایش رطوبت، هر ذره با یک لایه سطحی رطوبت احاطه شده و اثر کشش سطحی ناشی از لایه رطوبت، موجب نگه دارندگی ذرات در کنار یکدیگر خواهد شد. بیشترین وزن

هزار دانه، حجم تک دانه و چگالی حقیقی به ترتیب متعلق به ارقام زان، ویلیامز و زان با مقدار میانگین به ترتیب ۲۰۵/۷۹ گرم، ۰/۱۶۸ سانتی‌متر مکعب و ۱/۲۱۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب است که در کلاس A قرار دارند. کم‌ترین وزن هزار دانه مربوط به رقم L17 با میانگین ۱۷۹/۷۶ گرم، کم‌ترین حجم متعلق به رقم L17 با میانگین ۰/۱۵۰ سانتی‌متر مکعب و کم‌ترین چگالی حقیقی مربوط به رقم L17 با میانگین ۱/۱۹۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. بیشترین مقدار وزن هزار دانه، حجم تک دانه، چگالی حقیقی و تخلخل در سطح رطوبتی ۱۶ درصد و با میانگین به ترتیب ۲۰۱/۲۱ گرم، ۰/۱۶۴ سانتی‌متر مکعب، ۱/۲۱۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب و ۴۸/۶۶ درصد و کم‌ترین مقدار آن‌ها به ترتیب برابر ۱۷۸/۴۲ گرم، ۰/۱۵۰ سانتی‌متر مکعب، ۱/۱۸۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب و ۳۹/۲۹ درصد است. بیشترین و کم‌ترین مقدار چگالی ظاهری به ترتیب در سطوح رطوبتی ۸ درصد و ۱۶ درصد و با میانگین ۰/۷۲۰ و ۰/۶۲۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب بدست آمد. بیشترین زاویه تخلیه و پرشدگی در سطح رطوبتی ۱۶ درصد و با میانگین به ترتیب ۳۴/۶۰ و ۲۸/۸۲ درجه و کم‌ترین مقدار آن‌ها با میانگین به ترتیب ۲۸/۲۳ و ۲۲/۸۴ درجه در سطح رطوبتی ۸٪ بدست آمد.

جدول ۴ نتایج مقایسه میانگین‌های عوامل آزمایشی خواص فیزیکی حاصل از آزمون L.S.D

متغیرهای مستقل	M_h (gr)	V_k (cm ³)	ρ_k (gr/cm ³)	ρ_b (gr/cm ³)	ε (%)	θ_e (D)	θ_f (D)
زان	۲۰/۵۷۹ ^a	۰/۱۵۳ ^b	۱/۲۱۶ ^a	۰/۶۶۸ ^a	۴۵/۰۱ ^a	۳۳/۵۴ ^a	۲۷/۰۵ ^a
رقم	۱۸/۳۸۴ ^b	۰/۱۶۸ ^a	۱/۱۹۷ ^{ab}	۰/۶۸۴ ^a	۴۲/۸۴ ^a	۳۱/۶۱ ^a	۲۶/۱۸ ^a
L17	۱۷/۹۷۶ ^b	۰/۱۵۰ ^b	۱/۱۹۲ ^b	۰/۶۷۵ ^a	۴۳/۳۸ ^a	۳۰/۵۳ ^a	۲۴/۷۲ ^a
سطوح	۱۷/۸۴۲ ^b	۰/۱۵۰ ^b	۱/۱۸۶ ^b	۰/۷۲۰ ^a	۳۹/۲۹ ^c	۲۸/۲۳ ^d	۲۲/۸۴ ^d
رطوبتی	۱۸/۳۸۵ ^{ab}	۰/۱۵۴ ^{ab}	۱/۱۹۴ ^{ab}	۰/۶۸۹ ^b	۴۲/۳۴ ^b	۳۰/۹۰ ^c	۲۴/۵۸ ^{cd}
	۱۹/۰۰۰ ^{ab}	۰/۱۵۷ ^{ab}	۱/۲۰۲ ^{ab}	۰/۶۷۷ ^{bc}	۴۳/۷۲ ^b	۳۱/۹۱ ^{bc}	۲۶/۱۱ ^{bc}
	۱۹/۵۵۰ ^{ab}	۰/۱۶۱ ^{ab}	۱/۲۱۰ ^{ab}	۰/۶۶۹ ^{bc}	۴۴/۷۲ ^b	۳۳/۷۷ ^{ab}	۲۷/۵۵ ^{ab}
	۲۰/۱۲۱ ^a	۰/۱۶۴ ^a	۱/۲۱۷ ^a	۰/۶۲۴ ^c	۴۸/۶۶ ^a	۳۴/۶۰ ^a	۲۸/۸۲ ^a

در هر ستون و برای هر عامل آزمایشی، تفاوت میانگین‌های با حروف غیر مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است.

۳-۳- ضریب اصطکاک استاتیکی روی

سطوح مختلف

نتایج تجزیه واریانس ضریب اصطکاک استاتیکی در جدول (۵)

ارائه شده است. نتایج حاکی از تأثیر معنی‌دار (در سطح آماری ۱٪) ارقام، سطوح رطوبتی، سطوح اصطکاک بر ضریب اصطکاک استاتیکی بود. اثرات متقابل رقم، رطوبت و سطوح اصطکاک بر ضریب اصطکاک ایستایی معنی‌دار نبود.

جدول ۵ تجزیه واریانس خواص فیزیکی (ضریب اصطکاک ایستایی) بر اساس میانگین مربعات

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
رقم	۲	۰/۲۰۱ ^{xx}
رطوبت	۴	۰/۵۹۸ ^{xx}
سطح	۴	۰/۲۶۲ ^{xx}
رقم × رطوبت	۸	۰/۰۰۵ ^{ns}
رقم × سطح	۸	۰/۰۳۱ ^{ns}
رطوبت × سطح	۱۶	۰/۰۱۲ ^{ns}
رقم × سطح × رطوبت	۳۲	۰/۰۰۴ ^{ns}
خطا	۳۰۰	۰/۰۲۴
ضریب تغییرات	-	٪۲۸/۴۳

xx در سطح ۱٪ معنی‌دار است، x در سطح ۵٪ معنی‌دار است و ns در سطح ۵٪ معنی‌دار نیست

با توجه به جدول (۶) مشاهده می‌شود که با افزایش محتوی رطوبتی ضریب اصطکاک ایستایی نیز افزایش می‌یابد. به طور کلی ضریب اصطکاک ایستایی به خصوصیات از قبیل وزن، میزان رطوبت، ویژگی‌های سطحی و همچنین سرعت لغزش و جنس سطحی که دانه روی آن قرار گرفته، بستگی دارد. با افزایش رطوبت وزن دانه‌ها زیاد شده و در نتیجه فشار عمودی

آن زیاد شده که این یکی از عوامل افزایش ضریب اصطکاک ایستایی است. علت دیگر این است که افزایش رطوبت موجب نرم شدن محصول و افزایش ضریب اصطکاک می‌شود. این نتایج با نتایج تحقیقات لوکورتو و همکاران [۱۲] که بر روی دانه سویا انجام داده، مطابقت دارد. آن‌ها دریافتند که با افزایش محتوی رطوبتی دانه، ضریب اصطکاک بین خود دانه‌ها و

ضریب اصطکاک دانه سویا بر روی سه نوع سطح مختلف در همه شرایط افزایش می‌یابد. امین و همکاران [۱۳] نیز در تحقیق خود در زمینه خواص اصطکاکی دانه عدس روی سطوح بتن، گالوانیزه، چوب و شیشه به نتایج مشابهی دست یافتند. معصومی و تبیل [۱۴] نیز به همین نتیجه برای دانه‌های نخود رسیدند. بیشترین میانگین ضریب اصطکاک ایستایی در رقم‌های زان و ویلیامز به ترتیب برابر ۰/۵۸۰ و ۰/۵۵۱ و

کم‌ترین مقدار آن در رقم L17 برابر با ۰/۵۰۱ می‌باشد. بیشترین مقدار ضریب اصطکاک ایستایی در سطح رطوبتی ۱۶ درصد و با مقدار ۰/۶۶۰ و کم‌ترین مقدار آن در سطوح رطوبتی ۸ درصد و با میانگین ۰/۴۳۹ بدست آمد. ضریب اصطکاک ایستایی در سطح چوبی بیشترین مقدار و با میانگین ۰/۶۳۹ در کلاس A قرار گرفت و سطح استیلی با میانگین ۰/۴۸۳ کم‌ترین مقدار را داشت و در کلاس C قرار گرفت.

جدول ۶ نتایج مقایسه میانگین‌های ضریب اصطکاک ایستایی حاصل از آزمون L.S.D

متغیرهای مستقل	ضریب اصطکاک ایستایی
رقم	زان
	ویلیمز
	L17
سطوح رطوبتی	۰/۵۸۰ ^a
	۰/۵۵۱ ^{ab}
	۰/۵۰۱ ^b
	۰/۴۳۹ ^d
	۰/۴۸۳ ^d
	۰/۵۳۴ ^c
سطوح اصطکاکی	۰/۶۰۳ ^b
	۰/۶۶۰ ^a
	۰/۵۴۷ ^b
	۰/۶۳۹ ^a
	۰/۵۴۰ ^b
	۰/۴۸۳ ^c
	۰/۵۱۱ ^{bc}
	آلومینیوم

در هر ستون و برای هر عامل آزمایشی، تفاوت میانگین‌های با حروف غیر مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است.

۴- نتیجه گیری

۱- با بررسی اثر عوامل رقم و رطوبت بر خواص فیزیکی دانه‌های سویا مشخص گردید که نوع رقم و سطوح رطوبتی تأثیر معنی‌داری بر خواص فیزیکی دانه‌های سویا دارد. نتایج نشان داد که رقم و رطوبت بر ابعاد (طول، عرض، ضخامت)، قطر میانگین هندسی، قطر میانگین حسابی، ضریب کرویت و سطح رویه اثر معنی‌دار (سطح آماری ۱ درصد) دارند. اثرات متقابل رطوبت و رقم نیز تأثیر معنی‌داری بر طول، عرض و ضریب کرویت در سطح آماری ۱٪ داشت، ولی تأثیر آن بر سایر موارد معنی‌دار نشد.

۲- بررسی نتایج آماری مربوط به اثر نوع رقم بر میزان وزن هزار دانه، حجم، چگالی حقیقی نشان داد که بین ارقام سویا

اختلاف معنی‌داری (در سطح آماری ۱٪) وجود دارد، ولی از نظر چگالی ظاهری، تخلخل و زاویه پایداری بین ارقام تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج مربوط به اثر سطوح رطوبتی نیز حاکی از اثر معنی‌دار (در سطح آماری ۱٪) رطوبت بر خواص مذکور بود. اثرات متقابل رقم و رطوبت بر هیچ کدام از صفات معنی‌دار نبود. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که رقم زان دارای بیشترین وزن هزار دانه، حجم، چگالی حقیقی و زاویه تخلیه بین ارقام است. برای چگالی ظاهری، تخلخل و زاویه پرشدگی بین ارقام تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

۳- نتایج تجزیه واریانس ضریب اصطکاک استاتیکی نشان داد که تفاوت بسیار معنی‌داری بین سطوح مورد آزمایش، ارقام و سطوح رطوبت وجود دارد. ضریب اصطکاک برای سطوح

- kernels related to harvesting and dehulling. *Lucrari Stiintifice*, 49. Seria Agronomic.
- [7] Calisir, S., Marakoglu, T., Ogut, H. and Ozturk, O. 2005. Physical Properties of Rapeseed. *Journal of Food Engineering*, 69: 61-66.
- [8] Mohsenin, N. N. 1986. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*, 2nd ed., Gordon and Breach Science Publishers, New York.
- [9] Kaleemullah, s., gunasekar, j.j. 2002. Moisture-dependent physical properties of areca nut kernels. *Biosystem engineering*, 82: 331-338.
- [10] Razavi, M. A., Milani, E. 2006. Some physical properties of the watermelon seeds. *African J. Agric. Res.* 1(3): 605-609.
- [11] Nel, A.A. 2001. Determinations of sunflower seed quality for processing. Ph. D, Thesis, Dept. of Plant Production and Soil Science, Univ. of Pretoria, Pretoria.
- [12] Locurto, G., Zakirov, J. 1997. Soybean Friction properties. *ASAE*. PP: 97-4108.
- [13] Amin, M. N., Hossain, M. A. and Roy, K. C. 2003. Effects of moisture content on some physical properties of lentil seeds. *Journal of Food Engineering*, 65: 83-87.
- [14] Masoumi, A. A. and Tabil, L. 2003. Physical properties of chickpea (*c. arietinum*) cultivars. *ASAE Meeting Paper*. No. 036058.

گالوانیزه، چوب، آهن، استیل و آلومینیوم با افزایش رطوبت به طور معنی داری افزایش پیدا کرد. رقم L17 با میانگین ۰/۵۰۱، دارای ضریب اصطکاک کمتری نسبت به ارقام دیگر بود. همچنین سطح چوبی با میانگین ۰/۶۳۹ بیشترین ضریب اصطکاک را نسبت به ارقام دیگر داشت.

۵- منابع

- [1] Khodabandeh, N. 1369. *Agricultural crops*, fourth edition, Tehran University Press, PP: 448. (In Farsi).
- [2] Tavakoli Hshtjin, D. 1382. *Mechanical products Agriculture*, Zanjan University Press, PP: 530. (In Farsi).
- [3] Kashaninejad, M., Ahmadi, M., Daraei, A., Chabra D. 2008. Handling and frictional characteristics of soybean as a function of moisture content and variety. *Journal Powder Technology*. 188, 1-8.
- [4] Kibar, H., Öztürk, T. 2008. Physical and mechanical properties of soybean. *Int Agrophysics*. 22: 239-244.
- [5] ASAE Standard. 2001. Moisture measurement- unground grain and seeds. *American Society of Agricultural Engineering*. PP: 567-568.
- [6] Khazaei, J., Sarmadi, M., Behzad, J. 2006. Physical properties of sunflower seeds and

Effect of moisture content on some physical properties of soybean in three varieties

Golmohammadi, A. ^{1 *}, Abbasi-Kokjeh, A. ²

1. Assist. Prof. of Agricultural Machinery Engineering Dept. of Agricultural Machinery, University of Mohaghegh Ardabili.

2. Master of Science, Machinery Engineering Dept. of Agricultural Machinery, University of Mohaghegh Ardabili.

(Received: 90/8/7 Accepted: 90/11/20)

In this study some physical properties of soybeans varieties in Ardebil were determined. The effect of variety (*Zan*, *Williams* and *L17*) and moisture content (8, 10, 12, 14 and 16% dry basis) as the main parameters on the desired properties were studied using a completely randomized design with factorial layout. Physical properties consisted of dimensions (major, intermediate and minor diameters, geometric mean diameter (GMD) and sphericity), weight, bulk and true densities, porosity, static coefficient of friction (over the surfaces of iron, wood, galvanized, steel and aluminum) and angle of repose. Results showed that, except for the true density, porosity and angle of repose the effect of variety on dimensions, weight, bulk density and static coefficient of friction was significant at 0.1% probability level. Moisture content had a significant effect on the geometric properties, the properties of gravity and friction properties. Increased from 8% to 16% moisture (dry weight basis), the geometric mean diameter, true density and porosity and seed weight of 6.72 to 7.24 mm 1.186 to 1.217 g/cm³, 178.42 to 201.21 and 39.29% to 48.66% increased heating. Bulk density and degree of spherical had a decreasing trend with increase moisture. Bulk density *Zan*, *Williams* and *L17* respective 0.668, 0.684 and 0.675 g/cm³, and the degree of spherical equivalent of 0.822, 0.887 and 0.898 respective. The wood and steel surfaces had the maximum (0.639) and the minimum (0.483) static coefficient of friction, respectively.

Keywords: Soybeans, Physical properties, Moisture, Density, Coefficient of friction, Angle of repose.

* Corresponding Author E-Mail Address: agolmohammadi42@yahoo.com