بررسی اثر رطوبت بر برخی خواص فیزیکی سه رقم سویا

عبدالله گل‌محمدی [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٪ معنی‌دار بود. رطوبت اثر معنی‌داری 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 میلی‌متر، 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 رقم‌های 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.

* مسئول مکاتبات: agolmohammadi42@yahoo.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-24]

۱- مقدمه

سویا یا لوبیای روغنی یکی از نباتات قدیمی و بومی آسیای شرق، با نام علمی گلایسین ماکس[1] و متعلق به تیره لگومینوز می‌باشد. این گیاه در فارسی با نام‌های 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 رقم‌های متفاوتی از نظر اندازه، شکل و رنگ می‌باشد [۱].

به دلیل اهمیت محصولات کشاورزی در تغذیه انسان و دام و استفاده از این محصولات در زمینه‌های مختلف دارویی و صنعتی، تحقیقات وسیعی در رابطه با خواص فیزیکی و مکانیکی آن‌ها انجام شده که از نتایج آن‌ها در طراحی و ساخت ماشین‌های مختلف در مراحل تولید و پس از برداشت آن‌ها برای بازاریابی استفاده می‌گردد. 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 آن‌ها 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 وزن‌تر) بررسی کردند. نتایج تحقیقات آن‌ها 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. کیبر و همکاران [۴] خواص فیزیکی و مکانیکی سویا را مورد بررسی قرار دادند. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که با افزایش رطوبت مشخصات ابعادی (طول، عرض و ضخامت) و قطر میانگین هندسی، افزایش می‌یابد. حجم نمونه‌ها و سطح رویه‌ی به طور خطی با افزایش رطوبت، افزایش می‌یابد. کرویت، چگالی ظاهری، چگالی حقیقی و تخلخل به صورت خطی کاهش می‌یابد. زاویه اصطکاک داخلی و ضریب اصطکاک ایستایی با افزایش رطوبت افزایش می‌یابد.

هدف از انجام این تحقیق بدست آوردن خواص فیزیکی سه رقم دانه‌ی 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) می‌باشد.

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

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده سازی نمونه‌ها و تعیین رطوبت اولیه

نمونه‌های 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 دانه‌های روغنی تهیه شدند. دانه‌های سویا به طور دستی تمیز و بوجاری شد و دانه‌های شکسته و چروک خورده و مواد خارجی از قبیل سنگ، کاه و کلش و غیره از دانه‌ها جدا شدند. برای تعیین رطوبت اولیه‌ی دانه‌ها، بر اساس روش استاندارد وزنی [۵]، از هر رقم ۱۵ گرم و با سه تکرار برای مدت ۷۲ ساعت در دمای ۱۰۳ ^oC 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 آزمایش‌ها

به منظور بررسی خواص فیزیکی دانه‌های 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

1. Glycine max

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-24]

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 داده‌ها به کمک نرم افزار SPSS.17 انجام شد.

نمونه‌های با محتوی رطوبتی بالاتر با اضافه نمودن مقدار معین آب مقطر، آماده شدند. نمونه‌های آماده شده در پاکت‌های پلی اتیلنی و به مدت ۶۰ ساعت در یخچال با دمای ۵ ^{o}C نگه‌داری شدند تا رطوبت به طور یکنواخت در داخل دانه‌ها نفوذ کند [۶].

۲-۲-۱- اندازه‌گیری خواص هندسی

شناخت ابعاد محوری در تعیین و طراحی اندازه حفره‌های ماشین‌های انتقال دهنده دانه‌ها، مانند ماشین‌های 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 می‌شود، مؤثر است. قطر میانگین هندسی دانه در تعیین سطح مقطع دانه‌ای که در حال حرکت در ناحیه آشفته یا تقریباً آشفته جریان هوا می‌باشد، حائز اهمیت است [۷]. برای تعیین مشخصات ابعادی دانه‌ها تعداد ۳۰۰ دانه از هر تیمار به صورت تصادفی انتخاب شد. ابعاد سه‌گانه (قطرهای بزرگ، متوسط و کوچک) به وسیله کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. میانگین قطر هندسی، میانگین قطر حسابی، سطح رویه و ضریب کرویت با استفاده از روابط(۱ تا ۴) به دست آمد [۸].

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

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

$$S = \pi D_g^2$$

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

که:

D_g = میانگین قطر هندسی (میلی‌متر)

D_a = میانگین قطر حسابی (میلی‌متر)

S = سطح رویه (میلی‌متر مربع)

Ø = ضریب کرویت

L = بزرگ‌ترین بعد، طول (میلی‌متر)

W = بزرگ‌ترین بعد عمود بر L، عرض (میلی‌متر)

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

۲-۲-۲- اندازه‌گیری خواص ثقلی

برای اندازه‌گیری حجم و چگالی واقعی دانه‌ها از پیکنومتر با گنجایش۵۰ میلی‌لیتر استفاده شد. سپس با استفاده از روابط (۵ و ۶) محاسبه گردید. آزمایش‌های 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 (سانتی‌متر مکعب)

M_{tp} = وزن تولوئن و پیکنومتر (گرم)

M_p = وزن پیکنومتر (گرم)

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

M_{ps} = وزن پیکنومتر و نمونه (گرم)

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

ρ_s = چگالی نمونه (گرم بر سانتی‌متر مکعب)

برای اندازه‌گیری چگالی ظاهری از یک ظرف به حجم۵۰۰ میلی‌لیتر استفاده شد. دانه‌ها با سرعت ثابت از ارتفاع ۱۵ سانتی متری از سطح استوانه به داخل آن ریخته شدند [۹]. ریزش بذرها از این ارتفاع یک اثر ضربه‌ای در ظرف ایجاد می‌کند که باعث ته نشین شدن دانه‌ها در ظرف می‌شوند که این حالت مشابه شرایطی است که در انبارها در طی ذخیره و انبار کردن برای محصول ایجاد می‌شود [۱۰]. پس از پر شدن ظرف، بدون اینکه دانه‌ها فشرده شوند دانه‌های اضافی سطح آن خارج شد. سپس ظرف محتوی دانه توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. چگالی ظاهری با استفاده از معادله (۷) بدست آمد. آزمایش‌های تعیین چگالی ظاهری با ۱۰ تکرار

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-24]

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 سانتی‌متر مکعب)

M = وزن دانه‌ها (گرم)

V = حجم ظرف (سانتی‌متر مکعب)

ε= تخلخل (درصد)

وزن دانه‌ها توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه-گیری 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) × ۱۰ = 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 ۴×۱۰×۱۵ سانتی‌متر 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.

$$\mu = \tan\theta$$

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

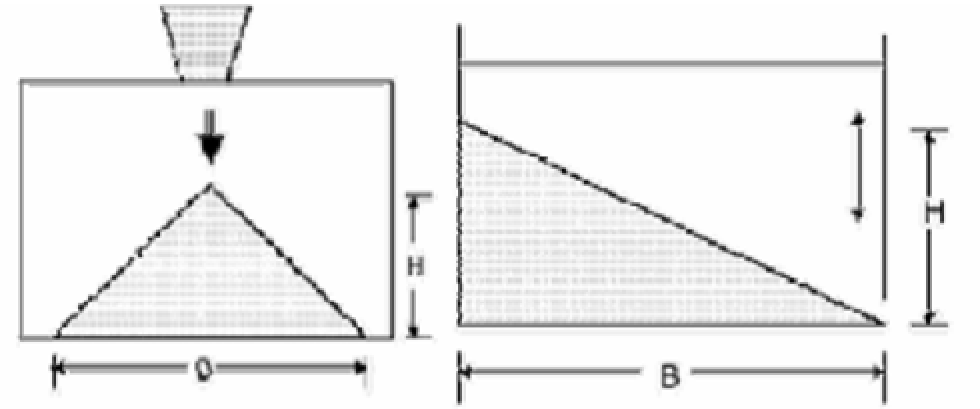
زاویه پایداری از دو دیدگاه تخلیه و پرشدن برای نمونه‌ها در سطوح رطوبتی مختلف تعیین شد. تخلیه نمونه‌ها از محفظه‌ای مکعبی شکل به ابعاد ۱۵×۱۵×۱۵سانتی متر با دریچه باز شو از جلو صورت گرفت (شکل ۱). برای تعیین زاویه پایداری تخلیه، ابتدا محفظه طی آزمایش‌های مجزا، از هر تیمار پر شد و روی یک قسمت مرتفع قرار گرفت. سپس درب جلوی محفظه یکباره 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 اندازه-گیری 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.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-24]



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 آماری اثر رقم و رطوبت بر ابعاد (طول، عرض، ضخامت)، قطر میانگین هندسی، قطر میانگین حسابی، ضریب کرویت و سطح رویه حاکی از تفاوت معنی دار (سطح آماری ۱ درصد) بین ارقام بود. اثرات متقابل رطوبت و رقم نیز اثر معنی‌داری بر طول، عرض و ضریب کرویت در سطح آماری ۱٪ داشت، لیکن اثر آن بر سایر موارد معنی‌دار نبود.

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

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

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

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. 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 کیبر و اوزتورک [۹]و کاشانی‌نژاد و همکاران [۶]که در مورد دانه سویا انجام داده بودند، مطابقت دارد. بیش‌ترین مقدار

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-24]

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 میلی-متر 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 کرویت 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)
رقم	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
سطوح رطوبتی	٪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).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-24]

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 **	۰/۰۱۴ **	۰/۰۲۴ **	۰/۰۰۳ ns	۶۳/۹۴۹ ns	۵۶/۷۲۲ ns	۳۴/۶۰۷ ns
رطوبت	۴	۱۲/۲۹۱ **	۰/۰۰۳ **	۰/۰۱۳ **	۰/۰۳۶ **	۳۵۲/۵۰۹ **	۹۴/۷۸۷ **	۸۳/۹۰۱ **
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

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

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-24]

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)
رقم	زان	۲۰/۵۷۹ a	۰/۱۵۳ b	۱/۲۱۶ a	۰/۶۶۸ a	۴۵/۰۱ a	۳۳/۵۴ a	۲۷/۰۵ a
	ویلیامز	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 رطوبتی	٪۸	۱۷/۸۴۲ b	۰/۱۵۰ b	۱/۱۸۶ b	۰/۷۲۰ a	۳۹/۲۹ c	۲۸/۲۳ d	۲۲/۸۴ d
	٪۱۰	۱۸/۳۸۵ ab	۰/۱۵۴ ab	۱/۱۹۴ ab	۰/۶۸۹ b	۴۲/۳۴ b	۳۰/۹۰ c	۲۴/۵۸ cd
	٪۱۲	۱۹/۰۰۰ ab	۰/۱۵۷ ab	۱/۲۰۲ ab	۰/۶۷۷ bc	۴۳/۷۲ b	۳۱/۹۱ bc	۲۶/۱۱ bc
	٪۱۴	۱۹/۵۵۰ ab	۰/۱۶۱ ab	۱/۲۱۰ ab	۰/۶۶۹ bc	۴۴/۷۲ b	۳۳/۷۷ ab	۲۷/۵۵ ab
	٪۱۶	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 معنی دار (در سطح آماری ۱٪) ارقام، سطوح رطوبتی، سطوح اصطکاکی بر ضریب اصطکاک استاتیکی بود. اثرات متقابل رقم، رطوبت و سطوح اصطکاکی 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 ××
رطوبت	۴	۰/۵۹۸ ××
سطح	۴	۰/۲۶۲ ××
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

×× در سطح ۱٪ معنی‌دار است، × 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 خصوصیاتی 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

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-24]

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	۰/۵۸۰ a
	ویلیامز	۰/۵۵۱ ab
	L17	۰/۵۰۱ b
سطوح رطوبتی	٪۸	۰/۴۳۹ d
	٪۱۰	۰/۴۸۳ d
	٪۱۲	۰/۵۳۴ c
	٪۱۴	۰/۶۰۳ b
	٪۱۶	۰/۶۶۰ a
سطوح اصطکاکی	گالوانیزه	۰/۵۴۷ b
	چوب	۰/۶۳۹ a
	آهن	۰/۵۴۰ b
	استیل	۰/۴۸۳ c
	آلومینیوم	۰/۵۱۱ bc

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 دانه-های 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 معنی دار (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

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-24]

گالوانیزه، چوب، آهن، استیل و آلومینیوم با افزایش رطوبت به طور معنی‌داری 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 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.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-24]

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 EngineeringDept. 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/cm^3, 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/cm^3, 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

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-04-24]