Archive of SID

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۸ شمارهٔ۱، نیمهٔ اول ۱۳۹۶، صفحهٔ ۴۴-۳۳

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 8, No. 1, 2017, p. 33-44
DOI: 10.22067/ijpr.v8i1.47352

مطالعه برخی خواص فیزیکی عدس و علف‌هرز شیرسگ و پارامترهای مؤثر بر جداسازی علف‌هرز از تودهٔ عدس در حین جداسازی توسط جداکننده میز ثقلی

هادی باقری[۱]، منصور راسخ[۲*] و محمد حسین کیانمهر[۳]

۱- دانشجوی دکتری مکانیک ماشین های کشاورزی، گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲- دکتری مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشیار، گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۳- محمدحسین کیانمهر، دکتری مکانیک ماشین‌های کشاورزی، استاد، دانشگاه تهران، پاکدشت، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۱۸

چکیده

در پژوهش حاضر برخی از خواص فیزیکی عدس و علف‌هرز شیرسگ شامل وزن هزار دانه، چگالی حقیقی، چگالی توده، تخلخل و ضریب اصطکاک استاتیکی اندازه‌گیری شد. همچنین از یک جداکننده ثقلی برای جداکردن علف‌هرز شیرسگ همراه دانه‌های عدس استفاده شد. دستگاه مورد استفاده در این تحقیق دارای پنج پارامتر قابل‌تنظیم (شیب‌های طولی و عرضی میز، دامنه و فرکانس نوسان میز و سرعت هوا) می‌باشد که تأثیر این پارامترها برای حصول به حداکثر جداسازی علف‌هرز شیرسگ همراه دانه‌های عدس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که افزایش شیب عرضی میز از ۰/۵ به یک درجه و افزایش شیب طولی میز از ۱/۲۵ تا ۲ درجه سبب افزایش جداسازی علف‌هرز شیرسگ همراه توده عدس شد. همچنین اثر عدد بدون بعد $(V/a\omega)$ که نسبت نیروی اینرسی جریان هوای دمیده‌شده به عدس‌ها به نیروی ناشی از نوسان را نشان می‌دهد، در نسبت جداسازی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که در مقدار $(V/a\omega)=$ ۱۷۱، شیب عرضی میز یک درجه و شیب طولی میز ۲ درجه، درصد جداسازی ناخالصی علف‌هرز شیرسگ همراه توده عدس به ۱۴/۲ درصد می‌رسد. پس از تعیین مناسب‌ترین دامنه نوسان میز و سرعت هوا با استفاده از اطلاعات شیب طولی میز، شیب عرضی میز و ثابت $(V/a\omega)$ اقدام به استخراج روابط تعیین درصد جداشوندگی علف‌هرز شیرسگ از توده عدس توسط نرم‌افزار دیتافیت گردید.

واژه‌های کلیدی: جداکننده ثقلی، خواص فیزیکی، عدس، علف‌هرز

مقدمه

عدس (*Lens culinaris* Medik) یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی بوده و در سراسر جهان کشت می‌گردد (Joshi *et al*., 2013; Kaur *et al*., 2014). کاهش عملکرد عدس به‌میزان بیش از ۸۰ درصد، به‌علت رقابت علف‌هرز ثبت شده است (Pooja *et al*., 2013). اغلب، علف‌های‌هرز با گیاه زراعی همزمانی رسیدن دارند؛ در نتیجه موقع برداشت محصول بذرشان مخلوط می‌شود و باعث به‌وجود آمدن مشکلات زیادی می‌شود. شیرسگ (*Euphorbia helioscopia*) یکی از علف‌های‌هرز در مزارع عدس می‌باشد. در روند مکانیزه‌کردن فعالیت‌های مرتبط با محصول عدس اعم از انبارداری، سورتینگ (درجه‌بندی)، بسته‌بندی، حمل‌ونقل و سایر موارد، در اولین گام نیاز به اطلاعاتی جامع و کامل از خصوصیات و شرایط عدس و مواد خارجی همراه آن است. از طرف دیگر تعیین خواص فیزیکی محصولات کشاورزی نیز به‌عنوان مبنایی برای طراحی و ساخت ماشین‌ها و تجهیزات انتقال، درجه‌بندی و فرآوری محصولات کشاورزی همیشه مورد توجّه بوده است. اصولاً طراحی ماشین‌های کشاورزی بدون توجّه به این پارامترها امکان‌پذیر نیست و یا به نتایج ضعیف می‌انجامد (Mohsenin, 1986). پژوهش‌های متعددی در زمینه افزایش خلوص حبوبات برداشت شده و تعیین خصوصیات فیزیکی و آیرودینامیکی محصولات کشاورزی صورت پذیرفته است. از جمله تحقیقاتی که توسط دستگاه جداکننده ثقلی صورت پذیرفته، پژوهش مقایسه‌ای Falconer (2003) است که بر روی روش‌های قدیمی و روش‌های جدید جداسازی ثقلی انجام گرفته و در آن مزایا، معایب، اصول و متغیرهای هر روش بررسی شده است. این محقق بیان نمود که انتخاب وسیله جداسازی مناسب برای کاربرد مشخص باید همیشه به‌وسیله آزمایش‌های تجربی در اولویت قرار گیرد، درحالی‌که بهینه‌سازی عملیات جداسازی در شرایط تولید نیاز به بررسی کارخانه تحت پارامترهای مختلفی دارد. Moshatati (2009) در پژوهشی به تفکیک بذر گندم

*نویسنده مسئول: تلفن: ۰۴۵۳۳۵۱۲۰۸۱، دورنگار: ۰۴۵۳-۳۵۱۰۸۰۹،
dr.mara1349@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

توسط جداکننده ثقلی پرداخت. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که می‌توان بذور گندم را در پنج دسته مختلف تفکیک کرد. Kashi (2010) با استفاده از یک دستگاه جداکننده‌ثقلی توانست به جداسازی یولاف وحشی از گندم بپردازد. دستگاه مورد استفاده در پژوهش کاشی دارای پنج پارامتر قابل‌تنظیم (شیب طولی میز، شیب عرضی میز، فرکانس نوسان میز، دامنه نوسان میز و سرعت هوا) بود. نتایج پژوهش نشان داد که در شیب طولی میز چهار درجه، شیب عرضی میز یک درجه، فرکانس نوسان میز ۴۵۰ سیکل بر دقیقه، سرعت هوای ۵/۷ متر بر ثانیه و دامنه نوسان میز هفت میلی‌متر، حداکثر میزان جداسازی برابر با مقدار ۵۶/۲۴ درصد می‌باشد. وی همچنین تأثیر معنی‌داری از نوع محصول و سطوح رطوبتی بر روی خواص فیزیکی بذور گندم و یولاف یافت. وی بیان داشت چگالی ذره یولاف و گندم به‌ترتیب برابر با ۰/۹۰۲ و ۱/۳۲۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب بوده و چگالی توده یولاف و گندم به‌ترتیب برابر با ۰/۴۳۹ و ۰/۸۱۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب بوده است. تحقیقات متعددی در زمینه تعیین خواص فیزیکی و آیرودینامیکی محصولات کشاورزی انجام شده است. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به تحقیقات انجام‌گرفته بر روی نخود (Konak *et al*., 2002)، عدس (Bagherpour *et al*., 2010; Amin *et al*., 2004)، گیلاس (Naderiboldaji *et al*., 2008)، توت‌فرنگی (Samimi & Khodaei, 2010)، زردآلو (Jannatizadeh *et al*., 2008) و هسته انگور (Rasekh & Syahmansour, 2012) اشاره نمود. با توّجه به اهمیّت درجه‌بندی، بسته‌بندی، طراحی تجهیزات انتقال و غیره، نیاز به شناخت خواص فیزیکی و جداسازی مواد خارجی موجود در توده عدس می‌باشد. با توجه به اهمیت موضوع و نظر به این‌که در مورد خواص فیزیکی و همچنین جداسازی علف‌هرز شیرسگ از دانه‌های عدس، توسط دستگاه جداکننده ثقلی مطالعه خاصی صورت نگرفته است، در پژوهش حاضر به بررسی خواص فیزیکی عدس و علف‌هرز شیرسگ پرداخته شد و همچنین تأثیر تنظیم پارامترهای مختلف دستگاه جداکننده ثقلی و اثرات مختلف آن‌ها در جداسازی علف‌هرز شیرسگ از دانه‌های عدس مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر ابتدا نمونه عدس برداشت‌شده (رقم بیله‌سوار) از مزارع استان اردبیل تهیه گردید و به آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشگاه تهران انتقال داده شد. توده عدس مورد آزمایش دارای درجه خلوص ۶۸ درصد بود. خواص فیزیکی عدس و علف‌هرز شیرسگ به‌صورت زیر به‌دست می‌آید. جرم نمونه و همچنین وزن هزار دانه عدس و علف‌هرز شیرسگ با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱گرم اندازه‌گیری شد. چگالی حقیقی عدس و علف‌هرز شیرسگ(P_t) از روش جابه‌جایی مایع (تولوئن) توسط جرم معینی از عدس و علف‌هرز سگ‌شیر و با استفاده از استوانه مدرج، طبق رابطهٔ۱، تعیین شد (Ghasemi *et al*., 2008).

$$P_t = \frac{m_t}{V_t} \quad (۱)$$

که در رابطه ۱، m_t جرم نمونه بر حسب گرم، V_t حجم مایع جابجا شده بر حسب سانتی‌متر مکعب است.

چگالی توده عدس و چگالی توده علف‌هرز شیرسگ (P_b)، با اندازه‌گیری وزن حاصل از ریختن دانه عدس و علف‌هرز شیرسگ از ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر (با ریزش یکنواخت) در ظرفی به حجم ۵۰۰ میلی‌لیتر، طبق رابطه ۲ تعیین شد (Owolarafe *et al*., 2006).

$$P_b = \frac{m_b}{V_b} \quad (۲)$$

که در رابطه ۲، m_b جرم توده بر حسب گرم، V_b حجم استوانه مورد استفاده بر حسب سانتی‌متر مکعب است.

درصد تخلخل عدس و علف‌هرز شیرسگ با استفاده از چگالی توده و چگالی حقیقی از رابطه ۳ محاسبه شد (Aydin, 2003).

$$\varepsilon = \left[1 - \frac{P_b}{P_t}\right] \times ۱۰۰ \quad (۳)$$

ضریب اصطکاک استاتیکی عدس و علف‌هرز شیرسگ با استفاده از دستگاه شیب‌سنج و توسط سطوح اصطکاکی ورق آهن گالوانیزه و تخته چندلایه اندازه‌گیری شد. بدین‌صورت که توده محصول درون قوطی نازک حلبی که فاقد سر و تَه بود، قرار داده شد و روی سطح قرار گرفت. سپس قوطی نازک را به‌اندازه کمی بالا آورده تا لبه‌های آن با سطح تماس نداشته باشد و فقط دانه‌ها با سطح در تماس باشند. زاویه شیب سطح به‌طور تدریجی و به‌آرامی افزایش یافت و به‌محض مشاهده کوچک‌ترین لغزش قوطی محتوی مواد، شیب دستگاه با دقّت یک درجه اندازه‌گیری و قرائت شد. ضریب اصطکاک استاتیکی با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شد (Mohsenin, 1986).

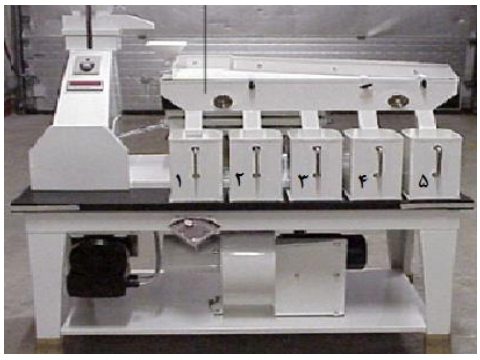
$$\mu_s = \tan\phi \quad (۴)$$

آزمایش‌های مربوط به تعیین وزن هزار دانه، چگالی حقیقی، چگالی ظاهری، تخلخل و ضریب اصطکاک استاتیکی برای دانه‌های عدس و علف‌هرز شیرسگ، در طرح پایه کاملاً تصادفی در ۱۰ تکرار انجام شد (آزمایش۱).

www.SID.ir

Archive of SID

برای جداسازی علف‌هرز شیرسگ از دانه‌های عدس از دستگاه جداکننده ثقلی مدل (*LA-K*) ساخت دانمارک[1] استفاده شد (شکل ۱).



شکل ۱- دستگاه جداکننده ثقلی
Fig. 1. Gravity table separator

در شکل۲ طرح‌واره نمای قائم سطح میز و محدوده تقریبی حرکت مواد روی سطح میز نشان داده شده است. در این دستگاه پارامترهای شیب طولی میز (۰ تا ۶ درجه در جهت محور x در شکل شماره ۲)، شیب عرضی میز (۰ تا ۳ درجه)، سرعت هوا (۰ تا ۱۳/۳ متر بر ثانیه)، فرکانس نوسان میز (۰ تا ۵۰۰ سیکل بر دقیقه) و دامنه نوسان میز (۵، ۷، ۹ و ۱۱ میلی‌متر) قابل تنظیم می‌باشد. همچنین دستگاه دارای پنج عدد ظرف (جعبه) می‌باشد که با انجام تنظیمات مناسب، مواد سنگین‌تر به سمت راست میز (ظرف شماره ۵) و مواد سبک‌تر به سمت چپ (ظرف شماره ۱) منتقل می‌شوند. با تنظیم صحیح پارامترهای اصلی دستگاه می‌توان به جداسازی علف‌هرز شیرسگ از عدس دست یافت. همان‌طورکه در شکل۲ نشان داده شده است، مواد با وزن های مختلف، در قسمت‌های متفاوتی قرار می‌گیرند. مواد از داخل مخزن در حال ارتعاش بر روی میز دستگاه ریخته می‌شوند. با افزایش شیب طولی میز و شیب عرضی میز، ارتفاع میز در جهت مثبت x (شیب طولی) و جهت مثبت y (شیب عرضی) افزایش می‌یابد. لذا گوشه پایین‌تر سمت چپ میز (نقطه O) کمترین ارتفاع را دارد. مواد در امتداد ضلع OB از میز خارج می‌شوند. میز در جهت محور x حرکت رفت و برگشتی دارد و جریان هوا از زیر میز به مواد واقع بر روی آن برخورد می‌کند.

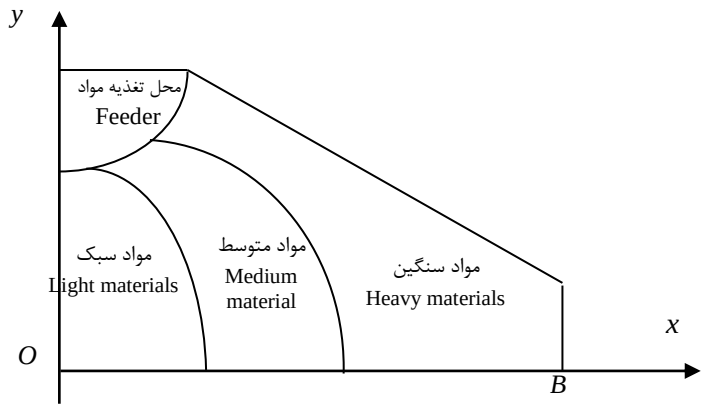
در اثر ارتعاش میز و هوای دمیده‌شده توسط دستگاه جداکننده میز ثقلی، مواد سبک‌تر بر روی مواد سنگین‌تر شناور شده و در اثر شیب‌های طولی و عرضی میز، در گوشه پایین‌تر سمت چپ میز، جدا می‌شوند و قسمت‌های سنگین‌تر که در تماس با میز باقی می‌مانند، در اثر حرکت رفت و برگشتی میز به بالای شیب طولی میز (گوشه پایینی سمت راست میز) منتقل شده و از آنجا خارج می‌شوند.

به‌منظور تعیین تأثیر پارامترهای شیب طولی میز، شیب عرضی میز و فرکانس نوسان میز بر درصد جداسازی علف‌هرز شیرسگ از دانه‌های عدس، آزمایش فاکتوریل در طرح پایه کاملاً تصادفی در شرایط شیب عرضی میز در سه سطح ۰/۵، یک و ۱/۵ درجه، شیب طولی میز در چهار سطح ۱/۲۵، ۱/۵، ۱/۷۵ و ۲ درجه و فرکانس نوسان میز در سه سطح ۳۸۰، ۴۰۰ و ۴۲۰ سیکل بر دقیقه انتخاب شد (آزمایش۲). در مرحله دوم با داشتن مقادیر مطلوب سه پارامتر حاصل از آزمایش۲، تأثیر پارامترهای مربوط به سرعت هوا در چهار سطح ۳/۶، ۴/۵ ، ۵/۷ و ۶/۶ متر بر ثانیه و دامنه نوسان میز در دو سطح پنج و هفت میلی‌متر در قالب آزمایش فاکتوریل در طرح پایه کاملاً تصادفی نیز بررسی گردید (آزمایش۳) و تمام آزمایش‌ها در پنج تکرار انجام شد. در هر آزمایش مقدار دانه‌های عدس به‌همراه علف‌هرز شیرسگ برداشت شده از محل خروج دانه‌های سبک (گوشه پایینی سمت چپ میز در شکل ۱) برداشته و به‌وسیله دستگاه بذرشمار الکترونیکی پنج نمونه ۱۰۰تایی از آن‌ها شمارش و انتخاب شد. سپس با مشاهده تک‌تک دانه‌ها و میانگین‌گیری، درصد جداسازی علف‌هرز شیرسگ همراه دانه‌های عدس، در هر آزمایش معلوم شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C انجام شد. پس از تعیین مناسب‌ترین دامنه نوسان میز و سرعت هوا با استفاده از اطلاعات شیب طولی میز، شیب عرضی میز و سه مقدار بدون بعد $(V/a\omega)$ اقدام به استخراج روابط تعیین درصد جداشوندگی علف‌هرز شیرسگ از توده عدس توسط نرم‌افزار *Datafit* گردید. مقدارهای بدون بعد $(V/a\omega)$ با تبدیل واحد پارامترهای سرعت هوا ۵/۷متر بر ثانیه، دامنه نوسان میز پنج میلی‌متر و فرکانس نوسان میز ۳۸۰، ۴۰۰ و ۴۲۰ سیکل بر دقیقه، به‌دست آمد.

[1] LA-K (Westrup A/S Denmark)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- طرح‌واره نمای قائم از سطح میز جداکننده ثقلی
Fig. 2. Schematic vertical view of the surface of the gravity table separator

نتایج و بحث

نتایج مربوط به برخی از خواص فیزیکی عدس و علف‌هرز شیرسگ (آزمایش اول) در جدول ۱ و تجزیه واریانس آزمایش دوم نیز در جدول ۲ نشان داده شده است. همچنین مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل سه‌گانه (فرکانس نوسان میز، شیب عرضی میز و شیب طولی میز) در جدول ۳ آمده است.

جدول ۱- نتایج مقایسه میانگین برخی از خواص فیزیکی دانه عدس و علف‌هرز شیرسگ
Table 1. The results of mean comparison of some physical properties of lentil seeds and Euphorbia helioscopia weed

علف‌هرز شیرسگ *Euphorbia helioscopia* weed	عدس Lentil	خواص فیزیکی Physical properties
9.70(0.13) b	57.03(0.11) a	جرم هزار دانه (گرم) Mass of 1000 seeds (g)
1.03(0.036) b	1.21(0.004)a	چگالی حقیقی (گرم بر سانتی‌متر مکعب) True density ($g.cm^{-3}$)
0.81(0.015) a	0.78(0.003) b	چگالی توده (گرم بر سانتی‌متر مکعب) Bulk density ($g.cm^{-3}$)
20.96(0.37) b	35.59(0.34) a	تخلخل (درصد) Porosity (%)
0.30(0.010) b	0.39(0.01) a	ضریب اصطکاک استاتیکی (ورق آهن گالوانیزه) (درجه) Coefficient of static friction (Galvanized iron sheet (degrees))
0.445(0.005) a	0.37(0.003) b	ضریب اصطکاک استاتیکی (تخته چندلایه)(درجه) Coefficient of static friction (Plywood (degrees))

- حروف غیرمشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد
- اعداد داخل پرانتز بیانگر انحراف معیار نمونه

*Different letters show significant differences at probability level of 1%.
Values in parentheses are standard deviations.

اثر اصلی فاکتورهای فرکانس نوسان میز و شیب طولی میز در سطح احتمال یک درصد و شیب عرضی میز در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). اثر متقابل دوگانه شیب عرضی میز و شیب طولی میز و اثر متقابل دوگانه شیب عرضی میز و فرکانس نوسان میز نیز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و اثر سه‌گانه شیب طولی میز، شیب عرضی میز و فرکانس نوسان میز در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید.

افزایش شیب طولی میز از ۱/۲۵ تا ۲ درجه و افزایش شیب عرضی میز از ۰/۵ درجه به یک درجه، سبب افزایش درصد جداسازی علف‌هرز شیرسگ همراه دانه‌های عدس شد (جدول۳). علت این امر در نحوه انتقال مواد بر روی سطح میز است که در شرایط فوق توزیع مواد روی سطح میز یکنواخت‌تر بوده و به‌همین علت شناورسازی علف‌هرز شیرسگ همراه دانه‌های عدس بهتر می‌شود و در نتیجه جداسازی توسط

www.SID.ir

Archive of SID

دستگاه افزایش یافت. همچنین در فرکانس نوسان میز ۴۲۰ سیکل بر دقیقه حرکت مواد روی سطح میز یکنواخت نبوده و نسبت به فرکانس نوسان میز ۴۰۰ سیکل بر دقیقه به‌دلیل آشفتگی حرکت مواد تغذیه‌شده روی سطح میز، جداسازی کاهش می‌یابد. لذا مشخص می‌شود که حداکثر جداسازی علف‌هرز شیرسگ همراه دانه‌های عدس در شیب طولی میز ۲ درجه، شیب عرضی میز یک درجه و فرکانس نوسان میز ۴۰۰ سیکل بر دقیقه برابر ۱۴/۲ درصد حاصل می‌شود (جدول۳).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس آزمایش دوم

Table 2. The results of variance analysis of second experiment

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean square
شیب طولی میز longitudinal slope	3	462.9**
شیب عرضی میز latitudinal slope	2	995.1*
شیب طولی میز و شیب عرضی میز longitudinal slope and latitudinal slope	6	57.9**
فرکانس نوسان میز frequency of oscillation	2	1221.6**
شیب طولی میزو فرکانس نوسان میز longitudinal slope and frequency of oscillation	6	9.3^{ns}
شیب عرضی میز و فرکانس نوسان میز latitudinal slope and frequency of oscillation	4	110.8**
شیب طولی میز، شیب عرضی میز و فرکانس نوسان میز longitudinal slope, latitudinal slope and frequency of oscillation	12	25.2*
خطا Error	144	142.4
کل Total	179	

^{ns}عدم اختلاف معنی‌دار. **معنی‌دار در سطح یک درصد. *معنی‌دار در سطح پنج درصد. CV= 13.63%

**Significant at less than 1% probability level; *Significant at less than 0.5% probability level; ns: Not significant; CV=13.63%

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه شیب طولی میز، شیب عرضی میز و فرکانس نوسان میز (LSD=1.24)

Table 3. The results of the mean comparison of mutual triplet effect longitudinal slope, frequency of oscillation and latitudinal slope (LSD=1.24)

شیب طولی میز (درجه) longitudinal slope(°)	شیب عرضی میز (درجه) latitudinal slope(°)	فرکانس نوسان میز (سیکل بر دقیقه) frequency of oscillation (cycles/min)		
		380	400	420
1.25	0.5	7 gh	7 gh	1 m
	1	8 fg	10 de	4 jk
	1.5	2 lm	6 hi	1 m
1.5	0.5	9 ef	9 ef	2 lm
	1	11 cd	12 bc	5 ij
	1.5	3 kl	7 gh	1 m
1.75	0.5	11 cd	12 bc	5 ij
	1	12 bc	13 ab	6 hi
	1.5	4 jk	8 fg	2 lm
2	0.5	12 bc	13 ab	6 hi
	1	13 ab	14.2 a	10 de
	1.5	5 ij	9 ef	2 lm

نتایج تجزیه واریانس آزمایش سوم در حالت شرایط بهینه شیب طولی میز ۲ درجه، شیب عرضی میز یک درجه و فرکانس نوسان میز ۴۰۰ سیکل در دقیقه حاصل از آزمایش دوم، در آزمایش فاکتوریل با دو عامل دامنه نوسان میز در دو سطح پنج و هفت میلی‌متر و سرعت هوا در چهار سطح ۳/۶، ۴/۵، ۵/۷ و ۶/۶ متر بر ثانیه در طرح پایه کاملاً تصادفی، در جدول۴ نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس آزمایش سوم

Table 4. The results of variance analysis of third experiment

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean square
دامنه نوسان میز Amplitude of oscillation	1	52.9**
سرعت هوا Air Velocity	3	344.9**
سرعت هوا و دامنه نوسان میز Air velocity and amplitude of oscillation	3	159.3**
خطا Error	32	28.8
کل Total	39	

**معنی‌دار در سطح یک درصد. CV=15.68%

**Significant at less than 1% probability level, CV=15.68%.

جدول ۵- اثرات متقابل دوگانه سرعت هوا و دامنه نوسان میز (*LSD*=1.65)

Table 5. The results of the mean comparison of mutual binary effect air velocity and amplitude of oscillation (LSD=1.65)

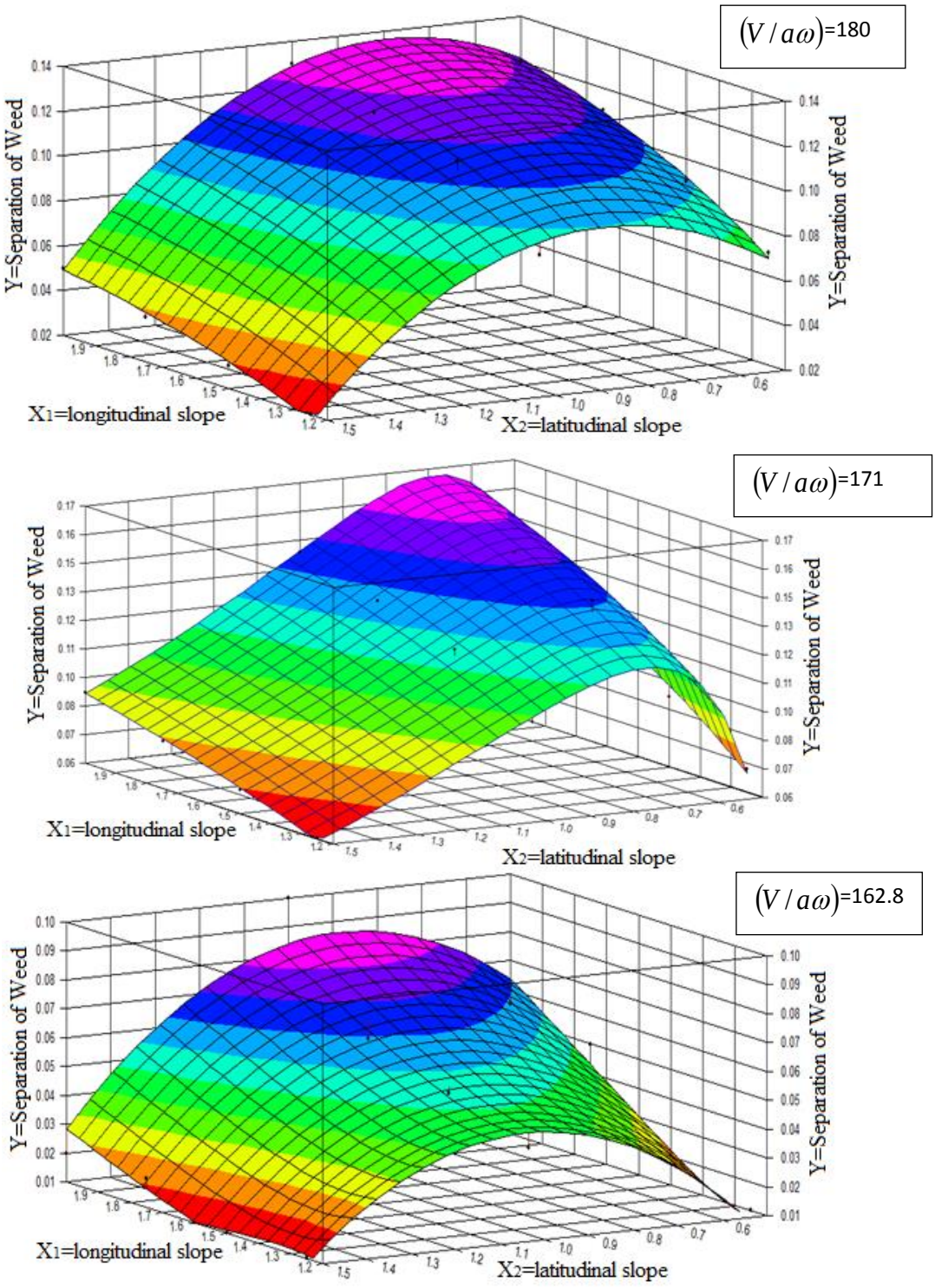
سرعت هوا (متر بر ثانیه) Air velocity ($m.s^{-1}$)	دامنه نوسان میز (میلی‌متر) Amplitude of oscillation (mm)
3.6 1e	5
4.5 8.2 b	
5.7 14.2 a	
6.6 5.4 cd	
3.6 4.8 d	7
4.5 5.4 cd	
5.7 6.8 bc	
6.6 2.6 e	

نتایج نشان داد که اثر اصلی فاکتورهای سرعت هوا و دامنه نوسان میز و اثر متقابل دوگانه سرعت هوا و دامنه نوسان میز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۴). همچنین نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه سرعت هوا در دامنه نوسان میز نشان داد که بهترین سرعت هوا و دامنه نوسان میز برای جداسازی علف‌هرز شیرسگ همراه توده عدس به‌ترتیب ۵/۷ متر بر ثانیه و پنج میلی‌متر می‌باشد (جدول ۵). علت، این است که در دامنه نوسان میز پنج میلی‌متر انتقال مواد روی سطح میز یکنواخت‌تر بوده و به همین‌علت شناورسازی علف‌هرز شیرسگ روی دانه‌های عدس بهتر می‌شود و در نتیجه جداسازی توسط دستگاه افزایش می‌یابد. البته شایان ذکر است که در دامنه نوسان میز برابر با هفت میلی‌متر، انتقال مواد به‌سمت راست لبه خروجی میز انجام نمی‌شود و سطح میز به‌طور کامل از مواد تغذیه‌شده پوشانده نشد و لذا جداسازی کاهش می‌یابد. نتایج حاصل از مقادیر شیب طولی میز، شیب عرضی میز و مقدار بدون بعد $(V/a\omega)$ به‌همراه مناسب‌ترین رابطه ریاضی، برای تعیین درصد جداشوندگی علف‌هرز شیرسگ از توده عدس، در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است.

بر اسن اساس، کاهش مقدار بدون بعد $(V/a\omega)$ از ۱۸۰ به ۱۷۱، سبب افزایش میزان جدایش علف‌هرز شیرسگ از توده عدس شد (شکل۳)، ولی کاهش میزان $(V/a\omega)$ از ۱۷۱ به ۱۶۲/۸۵ باعث کاهش میزان جداسازی علف‌هرز شیرسگ از توده عدس گردید. علت آن است که در $(V/a\omega)=۱۸۰$ (دامنه نوسان میز برابر پنج میلی‌متر، فرکانس نوسان میز ۳۸۰ سیکل بر دقیقه و سرعت هوای ۵/۷ متر بر ثانیه) و در $(V/a\omega)=۱۶۲/۸۵$ (دامنه نوسان میز برابر پنج میلی‌متر، فرکانس نوسان میز ۴۲۰سیکل بر دقیقه و سرعت هوای ۵/۷متر بر ثانیه) سطح میز به‌طور کامل از مواد پوشانده نشده و جداسازی کاهش می‌یابد، اما در مقدار $(V/a\omega)=۱۷۱$ (دامنه نوسان میز برابر پنج میلی‌متر، فرکانس نوسان میز ۴۰۰ سیکل بر دقیقه و سرعت هوای ۵/۷متر بر ثانیه) توزیع مواد روی سطح میز، به سبب افزایش فرکانس نوسان میز از ۳۸۰ به ۴۰۰ سیکل بر دقیقه، یکنواخت‌تر شده و در نتیجه شناورسازی علف‌هرز شیرسگ روی توده عدس انجام شده و این امر سبب افزایش جداسازی علف‌هرز شیرسگ از توده عدس شده است. شکل ۴ درصد جداسازی علف‌هرز شیرسگ از توده عدس را برای شرایط شیب‌های طولی میز و مقدار بدون بعد $(V/a\omega)$ در شرایط شیب عرضی میز نشان می‌دهد. بر این اساس، با افزایش شیب عرضی میز از ۰/۵ به یک درجه و افزایش شیب طولی میز از ۱/۲۵ به ۲ درجه، درصد جداسازی علف‌هرز شیرسگ افزایش، ولی با افزایش شیب عرضی میز از یک به ۱/۵ درجه، درصد جداسازی علف‌هرز شیرسگ کاهش یافت. علت آن این است که در شیب عرضی میز یک درجه و شیب طولی میز ۲ درجه، سطح میز بهتر با مواد پوشانده شده و شناورسازی علف‌هرز شیرسگ روی دانه عدس بهتر انجام می‌شود و لذا درصد جداسازی علف‌هرز شیرسگ افزایش می‌یابد. در جدول ۶، مدل‌های ریاضی درصد جداسازی علف‌هرز شیرسگ از عدس توسط دستگاه جداکننده ثقلی در شرایط مختلف شیب عرضی میز (χ_1)و مقدار بدون بعد $(V/a\omega)$ با ضریب تبیین بالا ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

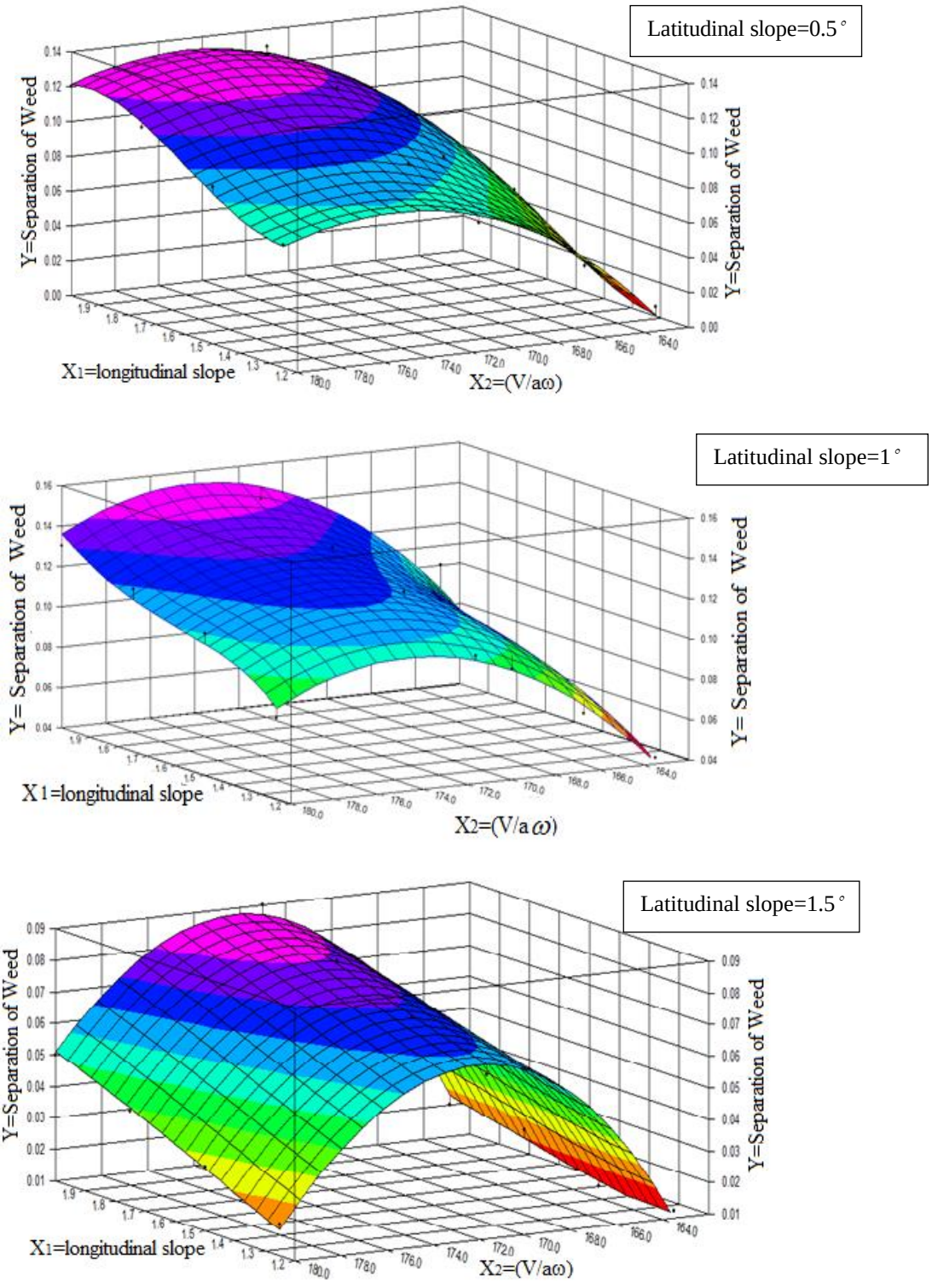


شکل ۳- میزان جداسازی علف‌هرز شیرسگ از توده عدس با تغییرات شیب عرضی میز و شیب طولی میز و در شرایط مقدار بدون بعد $(V/a\omega)$

Fig. 3. The extent of separation of *Euphorbia helioscopia* weed from lentil bulk with the longitudinal and latitudinal slopes under the conditions dimensionless number $(V/a\omega)$.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- میزان جداسازی علف‌هرز شیرسگ از توده عدس با تغییرات مقدار بدون بعد $(V/a\omega)$ و شیب طولی میز و در شرایط شیب عرضی میز

Fig. 4. The extent of separation of *Euphorbia helioscopia* weed from lentil bulk with the longitudinal slope and dimensionless number $(V/a\omega)$ under the conditions latitudinal slope of the table

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- مدل‌های ریاضی پیش‌بینی‌شده (شیب طولی میز (χ_1)، شیب عرضی میز(χ_2))

Table 6. The predicted mathematical models (longitudinal slope (χ_1), latitudinal slope (χ_2))

پارامتر Parameter		مدل ریاضی Predicted mathematical models	R^2
مقدار بی بعد $(V/a\omega)$ dimensionless number	180	$Y = 0.122 - \frac{0.177}{X_1} + 0.242 \times X_1^2 - \frac{2.964}{X_1^2} - 0.175 \times X_2^2 + 7.190 \times \frac{X_2}{X_1}$	0.91
	171	$Y = -3.869 - \frac{0.152}{X_1} + \frac{0.397}{X_2} - \frac{8.051}{X_1^2} - \frac{0.122}{X_2^2} - \frac{8.213}{X_2 \times X_1}$	0.96
	162.85	$Y = 0.270 - \frac{0.824}{X_1} + 0.207 \times X_2 + \frac{0.438}{X_1^2} - 0.152 \times X_2^2 + 1.24 \times \frac{X_2}{X_1}$	0.95
شیب‌عرضی میز (درجه) latitudinal slope of the table (°)	0.5	$Y = -13.01 - 2.17 \times X_1 + 1.44 \times X_1^2 - 0.3 \times X_1^3 + \frac{4947.18}{X_2} - \frac{432330}{X_2^2}$	0.93
	1	$Y = -8.27 + 0.6 \times \ln(X_1) - 1.22 \times \ln(X_1^2) + 0.91 \times \ln(X_1^3) + 0.24 \times X_2 - 0.145 \times X_2^2$	0.95
	1.5	$Y = -19.27 - \frac{0.857}{X_1} + \frac{6753.48}{X_2} + \frac{0.14}{X_1^2} - \frac{585888}{X_2^2} + \frac{101.65}{X_2 \times X_1}$	0.92

نتیجه‌گیری

برخی از خواص فیزیکی عدس از جمله وزن هزار دانه (۵۷/۰۳گرم)، چگالی حقیقی (۱/۲۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب)، چگالی توده (۰/۷۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب)، ضریب اصطکاک استاتیکی (ورق آهن گالوانیزه ۰/۳۹ درجه، تختهٔ چندلایه ۰/۳۷درجه) و تخلخل (۳۵/۵۹درصد) و همچنین علف‌هرز شیرسگ از جمله وزن هزار دانه (۹/۰۷ گرم)، چگالی حقیقی (۱/۰۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب)، چگالی توده (۰/۸۱گرم بر سانتی‌متر مکعب)، ضریب اصطکاک استاتیکی (ورق آهن گالوانیزه ۰/۳۰ درجه، تختهٔ چندلایه ۰/۴۴۵ درجه) و تخلخل (۲۰/۹۶ درصد) به‌دست آمد.

افزایش شیب عرضی میز دستگاه جداکننده ثقلی از ۰/۵درجه به یک درجه و افزایش شیب طولی میز از ۱/۲۵ درجه به ۲ درجه باعث افزایش درصد جداسازی علف‌هرز شیرسگ همراه دانه‌های عدس می‌گردد.

در مقدار عدد بدون بعد $(V/a\omega)$=۱۷۱ (فرکانس نوسان میز ۴۰۰ سیکل بر دقیقه، دامنه نوسان میز پنج میلی‌متر و سرعت هوای ۵/۷ متر در ثانیه)، شیب عرضی میز یک درجه و شیب طولی میز ۲درجه، بیشترین درصد جداسازی برابر ۱۴/۲ درصد بود. در این حالت دانه‌های عدس خروجی دارای کمترین علف‌هرز شیرسگ است. ولی در دامنه نوسان میز برابر با هفت میلی‌متر، در حرکت مواد روی سطح میز آشفتگی ایجاد شد و سطح میز به‌طور کامل از مواد تغذیه شده، پوشانده نشده و لذا شناورسازی علف‌هرز شیرسگ روی عدس به نحو مطلوب انجام نمی‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1. Amin, M.N., Hossain, M.A., and Roy, K.C. 2004. Effects of moisture content on some physical properties of lentil seeds. Journal of Food Engineering 65(1): 83-87.
2. Aydin, C. 2003. Physical properties of almond nut and kernel. Journal of Food Engineering 60(3): 315-320.
3. Bagherpour, H., Minaei, S., and Khoshtaghaza, M.H. 2010. Selected physic-mechanical properties of lentil seed. International Agrophysics 24(1): 81-84.
4. Falconer, A. 2003. Gravity separation: Old technique/New methods. Physical Separation in Science & Engineering 12(1): 31-48.
5. Ghasemi, M.G., Mobli, H., Jafari, A., Keyhani, A.R., Soltanabadi, M.H., and Rafiee, S. 2008. Some physical properties of rough rice (*Oryza sativa* L.) grain. Journal of Cereal Science 47(3): 496-501.
6. Jannatizadeh, A., Naderi Boldaji, M., Fatahi, R., Ghasemi Varnamkhasti, M., and Tabatabaeefar, A. 2008. Some postharvest physical properties of Iranian apricot (*Prunus armeniaca* L.) fruit. International Agrophysics 22(2): 125-131.
7. Joshi, M., Aldred, P., McKnight, S., Panozzo, J.F., Kasapis, S., Adhikari, R., and Adhikari, B. 2013. Physicochemical and functional characteristics of lentil starch. Carbohydrate Polymers 92(2): 1484-1496.
8. Kashi, M. 2010. Investigate the possibility of separating wild oats (*Avena sativa*) of wheat by gravity separator. MSc. Thesis, Faculty of Agriculture. University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. (In Persian).
9. Kaur, S., Cogan, N.O.I., Stephens, A., Noy, D., Butsch, M., Forster, J.W., and Materne, M. 2014. EST-SNP discovery and dense genetic mapping in lentil (*Lens culinaris* Medik.) enable candidate gene selection for boron tolerance. Theoretical and Applied Genetics 127: 703-713.
10. Konak, M., Carman, K., and Aydin, C. 2002. Physical properties of chickpea seeds. Biosystems Engineering 82(1): 73-78.
11. Mohsenin, N.N. 1986. Physical Properties of Plant and animal Materials. (2nd Ed.), New York: Gordon and Breach Science Publishers.
12. Moshatati, A., Hejazi, A., Kianmehr, M.H., Sadat Noori, S.A., and Gharineh, M.H. 2009. Effect of seed weight on germination and growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedling pishtaz variety. Electronic Journal of Crop Production 2(1): 137-144. (In Persian with English Summary).
13. Naderiboldaji, M., Khadivi khub, A., Tabatabaeefar, A., Ghasemi Varnamkhasti, M., and Zamani, Z. 2008. Some physical properties of sweet cherry (*Prunus avium* L.) fruit. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences 3(4): 513-520.
14. Owolarafe, O.K., Olabige, M.T., and Faborode, M.O. 2006. Physical and mechanical properties of two varieties of fresh oil palm fruit. Journal of Food Engineering 78(4): 1228-1232.
15. Pooja, D., Anamika, G., and Sarveshwara, R. 2013. Chemical weed management in lentil. Indian Journal of Weed Science 45(3): 189-191.
16. Rasekh, M., and Syahmansor Khorin, Y. 2012. Study of some physical properties of grape seed (Askari variety). The 7th National Conference on Mechanics of Agricultural Machines and Mechanization. Shiraz University, Shiraz, Iran. (In Persian).
17. Samimi, H., and Khodaei, J. 2010. Some physical properties of strawberry (Kurdistan variety). World Applied Science Journal 13(2): 206-212.

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 8, No. 1, 2017, p. 33-44

Study of properties of lentils and weed of *Euphorbia helioscopia* and the parameters affecting the separation that from lentils by gravity table separator

Bagheri[1], H., Rasekh[2*], M. & Kianmehr[3], M.H.

1- Ph.D student, Faculty of Agricultural Technology and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil , Iran
2- Associate professor, Faculty of Agricultural Technology and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
3- Professor, Department of Arotechnology, College of Abouraihan, University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran

Received: 8 June 2015
Accepted: 9 September 2015

DOI: 10.22067/ijpr.v8i1.47352

Introduction

Lentil (*Lens culinaris* Medik) is an important and highly nutritious crop belonging to the family of legumes. Lentil is cultivated worldwide but competition with weeds is a problem affecting production and can reduce performance by more than 80%. Euphorbia helioscopia weed is a major weed in lentil cultivation. In the first place, it is necessary to have a thorough and comprehensive knowledge about the characteristics of the lentils and the accompanying impurities to mechanize the process of automatizing activities related to lentils such as warehousing, sorting (grading), packaging, transportation and other activities. On the other hand, physical and aerodynamic properties of agricultural products were always regarded as significant because those are the basis for designing and construction of agricultural and machineries, transport equipment, grading and processing of agricultural products. Designing agricultural machineries was impossible without regarding these parameters, or it would lead to weak results. The study of physical properties and separation of Euphorbia helioscopia weed from lentil by a gravity separator is of extreme importance. Since no study has been done to date, in this work physical properties of lentil and *Euphorbia helioscopia* weed are investigated. Moroever, the effects of different parameters of a gravity separator and their influence on the separation of *Euphorbia helioscopia* weed from lentil seeds are evaluated.

Materials & Methods

In the present research, lentil samples were taken from farms in Ardebil province (Bileh-Savar cultivar) and transferred to the seed technology laboratory at the University of Tehran. In addition, some physical properties of lentil and weed of *Euphorbia helioscopia* including mass of 1000 seeds, volume, true and bulk densities and porosity and static coefficient of friction (two types of friction surface: galvanized iron sheet and particle board) were measured. In addition, in this research, a gravity separator apparatus was used for separating weed of *Euphorbia helioscopia* from lentils. A Laboratory Gravity Separator Type LA-K (Westrup A/S Denmark) was used to separate *Euphorbia helioscopia* weed from lentil seeds. Influence of parameters of machine table (longitudinal and latitudinal slopes, oscillation frequency and amplitude and velocity of air) have been studied for obtaining of maximum separation of weed of *Euphorbia helioscopia* from lentils. Data analysis and comparison of means were done by using MSTAT-C software and Duncan's Multiple Range Test.

Results & Discussion

The obtained results show the main effects oscillation of frequency, latitudinal slope, and longitudinal slope, the mutual binary effect of latitudinal and longitudinal slope, the mutual binary effect of the latitudinal slope and the frequency of oscillation were significant at a 1% and the mutual binary effect of the

∗**Corresponding Author:** dr.mara1349@gmail.com; Tel: 04533512081

www.SID.ir

Archive of SID

longitudinal slope and the frequency of oscillation significant at a 5%. However, the mutual triple effect of oscillation frequency, longitudinal slope, and latitudinal slope was not significant. Furthermore, results showed that increase of latitudinal slope of table and increase of longitudinal slope from 1.25 to 2 degrees increased separation of weed of *Euphorbia helioscopia* from lentils. The results of the experiment showed that the separation of *Euphorbia helioscopia* weed from lentils get to maximum 14.2 percent .After determining most suitable amplitude and velocity of air, using data from the longitudinal slope, latitudinal slope and dimensionless number $(V/a\omega)$ was used to calculate mathematical relations of separation percentage of *Euphorbia helioscopia* weed from lentil clumps using Datafit software.

Conclusion

1. Physical properties obtained for lentil were as weight of 1000 seeds (57.03 g), true density (1.214 g cm^{-3}), bulk density (0.782 g cm^{-3}), coefficient of static friction (galvanized iron sheet (0.394 degrees) and particle board (0.37 degrees)), porosity (35.59 %), and the *Euphorbia helioscopia* weed including weight of 1000 seeds (5.69 g), true density (0.857 g cm^{-3}), bulk density (0.538 g cm^{-3}), coefficient of static friction (galvanized iron sheet (0.32 degrees) and particle board (0.40 degrees)), porosity (37.2 %).
2. Increased latitudinal slope of the table from 0.5° to 1° and longitudinal slope of the table from 1.25° to 2° result in increased separation percentage of wild oat weed from lentil seeds.
3. The results demonstrated that at settings of longitudinal slope of 2°, latitudinal slope 1°, and frequency of oscillation 400 cycles min^{-1}, the maximum separation was 14.2%. In this case, the output lentil seeds contained the least amount of wild oat weeds.

Key words: Gravity separation, Lentil, Physical properties, Weed

www.SID.ir