Archive of SID
DOI: 10.22059/IJBSE.2019.272069.665138 مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۵۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹ (ص ۱۷۰-۱۶۱)

Investigation on the Separation of Wheat Bulk Impurities with Gravity Separator Table

SAEED AGAAZIZI[1], MANSOUR RASEKH[1*], YOUSEF ABBASPOUR GILANDEH[1], MOHAMADHOSEIN KIANMEHR[2]

1. Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agricultural Technology and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardibil, Iran

2. Department of Biosystems Engineering, University of Tehran, College of Abouraihan, Pakdasht, Iran

(Received: Dec. 23, 2018- Revised: Aug. 14, 2019- Accepted: Sep. 23, 2019)

ABSTRACT

Presence of foreign materials with the product is one of the important problems of wheat production. The economic value of the produced wheat and the degree of purity of the produced seeds increases with the separation of wheat mass impurities. Hence, in this research, a gravity separator table was used to remove impurities from wheat bulk. The machine has adjusting five parameters of air velocity, frequency of oscillation, amplitude of oscillation, longitudinal slope and latitudinal slope of the table. The effect of these parameters was studied to achieve maximum impurity separation from wheat bulk. Statistical analysis was performed in two factorial experiments based on completely randomized design. In the first experiment, the effects of three parameters of longitudinal slope, latitudinal slope and frequency of oscillation of the table were investigated and in the second experiment the effect of two other parameters was investigated. Also, using dimensional analysis, a dimensionless number parameter $\frac{V}{a\omega}$ was obtained which was effective in evaluating the effect and reducing the number of parameters. The results showed that the maximum separation of impurities from wheat bulk was 87.03% at longitudinal slope of 2.5 °, latitudinal slope of 1.5 °, frequency of oscillation of 395 cycles per minute, amplitude of oscillation of 5 mm and air velocity of 6.75 m/s,. Also, with increasing longitudinal slope from 2.5 ° to 4.5 °, latitudinal slope from 0.75 ° to 2.5 ° (in most cases) and the amplitude of oscillation of the table from 5 to 7 mm, the separation of impurities was reduced and with increasing the air velocity from 5.25 to 6.75 m/s the separation of impurities was increased.

Key words: Wheat, Gravity separator, Impurity, Oscillation Frequency

* Corresponding Author Email: rasekh1397@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی جداسازی ناخالصی‌های توده گندم با دستگاه جداکننده میز وزنی

سعید آقاعزیزی[۱]، منصور راسخ[۱*]، یوسف عباسپور گیلانده[۱]، محمدحسین کیانمهر[۲]

۱. گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲. گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان، پاکدشت، ایران.

(تاریخ دریافت: ۲/ ۱۰/ ۱۳۹۷- تاریخ بازنگری:۲۳/ ۵/ ۱۳۹۸- تاریخ تصویب: ۱۶/ ۷/ ۱۳۹۸)

چکیده

یکی از مشکلات مهم مزارع تولید گندم وجود مواد خارجی همراه با محصول است. با جداسازی ناخالصی‌های توده گندم، ارزش اقتصادی گندم تولیدی و درجه خلوص بذر تولیدی افزایش می‌یابد. ازاین‌رو در این تحقیق از یک جداکننده میز وزنی برای جدا کردن ناخالصی‌ها از توده گندم استفاده شده است. دستگاه مذکور دارای پنج پارامتر قابل تنظیم سرعت هوا، دامنه نوسان، فرکانس نوسان، شیب طولی و شیب عرضی میز می‌باشد که تأثیر این پارامترها برای دستیابی به حداکثر جداسازی ناخالصی از توده گندم مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز آماری در قالب دو آزمایش فاکتوریل در طرح پایه کاملاً تصادفی انجام شد. در آزمایش اول اثر سه پارامتر شیب طولی، شیب عرضی و فرکانس نوسان میز و در آزمایش دوم اثر دو پارامتر دیگر بررسی شد. همچنین با استفاده از روش آنالیز ابعادی، پارامتر بدون بعد $\frac{V}{a\omega}$ حاصل شد که در بررسی اثر و کاهش تعداد پارامترها مؤثر بود. نتایج نشان داد در شیب طولی °۲/۵، شیب عرضی °۱/۵، فرکانس نوسان ۳۹۵ سیکل بر دقیقه، دامنه نوسان ۵ میلی‌متر و سرعت هوای ۶/۷۵ متر بر ثانیه بیشترین جداسازی ناخالصی‌ها از توده گندم برابر ۸۷/۰۳ درصد حاصل شد. همچنین با افزایش شیب طولی از °۲/۵ به°۴/۵، افزایش شیب عرضی از °۰/۷۵ به °۲/۲۵ (در اکثر موارد) و افزایش دامنه نوسان میز از ۵ به ۷ میلی‌متر جداسازی ناخالصی‌ها کاهش و با افزایش سرعت هوا تا ۶/۷۵ متر بر ثانیه جداسازی ناخالصی‌ها افزایش نشان داد.

واژه‌های کلیدی: گندم، جداکننده وزنی، ناخالصی، فرکانس نوسان.

مقدمه

گندم از اولین گیاهانی است که کشت و زرع شده و از پرمصرف‌ترین و باارزش‌ترین غلات برای بشر به شمار می‌رود. گندم در الگوی غذایی سه‌چهارم جمعیت جهان که عمدتاً شامل ملل فقیر و کم‌درآمد می‌شود، به دلیل مغذی و ارزان بودن نسبت به سایر مواد غذایی مشابه، جایگاه مهمی دارد (MirTorabi *et al.*, 2010). گندم محصول اصلی زراعی در ایران است که تولید سالانه آن ۱۱/۰۹ میلیون تن می‌باشد و ۷۲/۴ درصد از کل سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی را به خود اختصاص می‌دهد که معادل ۵/۶ میلیون هکتار گزارش شده است (Fao, 2016).

بوجاری، تمیز کردن و جداسازی دانه‌ها سبب کاهش مشکلات ایجاد شده در طی فرایند کاشت، تسهیل در عملیات داشت، کاهش فضای موردنیاز برای انبار، افزایش عملکرد محصول و افزایش بازارپسندی می‌گردد. فرایند تمیز کردن و جداسازی اساسی‌ترین کار در یک سامانه درجه‌بندی دانه‌ای است و از فرایندهای بسیار مهم و کلیدی برای بازاریابی و بازارپسندی دانه‌ها محسوب می‌شود. یکی از عوامل بسیار مهمی که بر جنبه‌های مختلف محصول گندم تأثیر دارد مرغوبیت بذر گندم است. درجه مرغوبیت محصول باعث افزایش و یا کاهش بازارپسندی می‌شود. برای بهبود مرغوبیت محصول و جدا نمودن دانه‌های سالم از دانه‌های آسیب‌دیده استفاده از جداکننده ضرورت پیدا می‌کند (Ebrahimi & Askari asli arde, 2015). یکی از مشکلات مهم مزارع تولید گندم وجود مواد خارجی همراه با محصول است. میزان آلودگی توده در سیلوهای نگهداری توده‌های دانه‌ای شاخصی از کیفیت محصول بوده و در قیمت‌گذاری آن نقش مهمی را ایفا می‌کند.

به طور کلی ناخالصی‌های موجود در توده دانه گندم به پنج دسته کلی شامل: مواد خارجی غیر نباتی (شن و خاک)، مواد خارجی نباتی (کاه و کلش و برگ)، دانه‌های نباتی غیر از غله (بذر علف‌های هرز)، سایر غلات (جو، یولاف و...) و گندم‌های نامرغوب، فاسد و یا شکسته تقسیم‌بندی می‌شوند (Kashi, 2009).

Rasekh *et al.*, (2005) جداسازی گندم سن زده از گندم سالم توسط جداکننده میز وزنی را بررسی کرد و نتیجه گرفت دستگاه جداسازی میز وزنی در شرایط شیب عرضی ۲ درجه، شیب طولی ۳ درجه، فرکانس نوسان ۴۵۰ سیکل بر دقیقه و سرعت هوای ۸ متر بر ثانیه بهترین عملکرد را در جداسازی گندم

* نویسنده مسئول: rasekh_ma@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

سن زده از سالم دارد. Bagheri *et al*., (2017a) از آنالیز ابعادی جهت تعیین پارامترهای مؤثر دستگاه جداکننده میز وزنی برای کمینه نمودن ناخالصی موجود در توده عدس استفاده کردند. آن‌ها از یک دستگاه جداکننده میز وزنی با پارامترهای قابل تنظیم شیب عرضی میز (در سه سطح)، شیب طولی میز (در پنج سطح)، دامنه نوسان میز (در دو سطح)، فرکانس نوسان در (چهار سطح) و سرعت هوای ثابت در ۵/۷ متر بر ثانیه برای جداسازی ناخالصی‌های توده دانه عدس استفاده نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش شیب عرضی میز از ۰/۵ به ۱ درجه و افزایش شیب طولی میز از ۱ تا ۲ درجه سبب افزایش جداسازی ناخالصی موجود در توده عدس می‌شود. همچنین اثر عدد بدون بعد $\frac{V}{a\omega}$ (سرعت جریان هوای دمیده شده به سمت میز به حاصل‌ضرب دامنه در سرعت نوسان میز) در نسبت جداسازی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که در $\frac{V}{a\omega} = ۱۷۱$، شیب عرضی میز ۱ درجه و شیب طولی میز ۲ درجه، درصد جداسازی ناخالصی موجود در توده عدس به بیشترین مقدار می‌رسد. در تحقیقی امکان جداسازی یولاف وحشی از گندم به‌کمک جداکننده وزنی توسط Kashi (2009) مورد بررسی قرار گرفته است. ایشان در آزمایش‌های خود از یک دستگاه جداکننده وزنی با پنج پارامتر قابل تنظیم استفاده کردند. نتایج نشان داد: در شیب طولی میز ۴ درجه، شیب عرضی میز ۱ درجه و فرکانس نوسان ۴۵۰ سیکل بر دقیقه، سرعت هوای ۵/۷ متر بر ثانیه و دامنه نوسان ۷ میلی‌متر حداکثر جداسازی یولاف از گندم حاصل شد و مقدار آن برابر ۵۶/۲۴ درصد گردید. Egbali & Bargaee (2003) جداسازی سه رقم گندم را در سه نوع دستگاه بوجاری ایرانی بررسی کردند. در ارزیابی آن‌ها تأثیر پارامترهایی شامل میزان تغذیه، میزان باد و اندازه الک بر میزان پاک‌شدگی ناخالصی‌ها از بذر ارقام گندم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد، جداسازی دستگاه‌ها معنی‌دار است به نحوی که بیشترین مقدار جداسازی در آزمایش‌های آن‌ها ۸۴ درصد به دست آمد. همچنین گزارش کردند که مقدار جداسازی به رقم گندم نیز بستگی دارد. Chenari *et al*., (2012) آزمایشی به‌منظور ارزیابی و تعیین بازده ماشین‌های بوجاری بذر گندم انجام دادند. فرآیند بوجاری کردن در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح کاملاً تصادفی با چهار فاکتور: سه نوع ماشین، دو میزان تغذیه، سه سرعت باد و سه رقم بذر گندم در سه تکرار انجام شد و اثر عوامل مذکور بر جداسازی ماشین بررسی گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که هر چهار فاکتور اثر معنی‌داری بر روی جداسازی دارند و مشخص شد که ماشین بوجاری کیمبریا بیشترین جداسازی که دارد برابر ۸۶/۷۲ درصد می‌باشد. همچنین آن‌ها گزارش دادند جداسازی در رقم بهرنگ با مقدار ۸۴/۳۱ درصد بهتر از ارقام دیگر صورت می‌گیرد. ضمناً مشخص شد که کاهش نرخ تغذیه و همچنین افزایش سرعت باد باعث افزایش جداسازی می‌شود.

Muhammad *et al*., (2013) در تحقیقی اقدام به طراحی، ساخت و ارزیابی دستگاه بوجاری غلات کردند. دستگاه ساخته شده در یک آزمایش با محصولات سورگوم، سویا و ارزن در سه سطح از نرخ تغذیه و سه سطح از سرعت فن، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد بهترین عملکرد در جداسازی به میزان ۹۵٪، ۹۸٪ و ۹۱٪ و درصد دانه‌های از دست رفته به میزان ۰/۶۳٪، ۰/۸۱٪ و ۰/۷۵٪ به ترتیب برای ارزیابی محصولات سورگوم، سویا و گندم به دست آمد. Rouzegar *et al*., (2013) در تحقیقی اقدام به ارزیابی یک جداکننده نیوماتیکی آزمایشگاهی کردند. ارزیابی آن‌ها شامل پارامترهای محتوای رطوبتی (۱۲ و ۱۸ درصد بر پایه‌تر)، میزان نرخ تغذیه (۱۳، ۲۵ و ۳۲ کیلوگرم بر دقیقه) و دور فن مکنده (۸۵۰، ۹۵۰ و ۱۱۵۰ دور در دقیقه) در چهار تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان پاک‌کنندگی به مقدار ۹۹/۵۵ درصد در دور فن ۸۵۰ دور در دقیقه می‌باشد. همچنین با افزایش محتوای رطوبتی دانه و با افزایش نرخ تغذیه میزان پاک‌کنندگی به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. Simoniyan & Yiljep (2008) تلفات پاک‌کنندگی دانه‌های سورگوم را در یک کوبنده آزمایشگاهی سورگوم بررسی نمودند. نتایج آزمایش‌های آن‌ها نشان داد با افزایش نوسان الک، میزان پاک‌کنندگی کاهش و تلفات افزایش می‌یابد همچنین با افزایش نرخ تغذیه و افزایش جریان هوا، تلفات پاک‌کنندگی افزایش می‌یابد. Ebrahimi & Askari asli arde, (2015) اقدام به ارزیابی یک جداکننده آزمایشگاهی برای جداسازی و درجه‌بندی دانه‌های گندم کردند. آزمایش‌های آن‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با پارامترهای سه سرعت دورانی فن و سه نرخ تغذیه با محصول گندم رقم *آذر ۲* انجام شد. نتایج نشان داد افزایش نرخ تغذیه همراه با کاهش دور فن باعث افزایش پاک‌کنندگی می‌گردد. آن‌ها بیشترین میزان پاک‌کنندگی را در شرایط فوق ۹۸/۸۷ درصد گزارش کردند.

در این تحقیق سعی می‌شود با استفاده از یک جداکننده میز وزنی، پارامترهای مؤثر در جداسازی ناخالصی موجود در توده گندم بررسی شود و با تعیین تنظیم صحیح پارامترهای دستگاه، حداکثر جداسازی ناخالصی‌های موجود در توده گندم حاصل شود. چنانچه بتوان محصولی فاقد بذور علف‌های هرز و ناخالصی‌های دیگر تولید کرد، محصول تولیدی ارزش اقتصادی بالایی خواهد داشت و همچنین چنانچه از این محصول برای بذر استفاده شود، محصول تولیدی درجه خلوص بیشتری خواهد داشت و مانع از

www.SID.ir

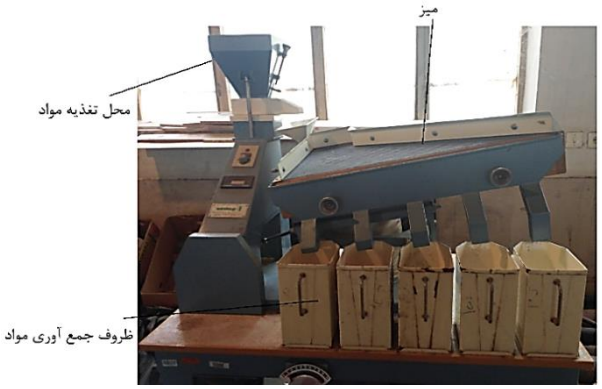
Archive of SID

افزایش ناخالصی بذر علف هرز در محصول آتی خواهد شد و با توجه به رقابت علف هرز با گندم در مزرعه، عملکرد گندم نیز افزایش خواهد یافت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از گندم رقم *آذر ۲* استفاده شده است. توده گندم تهیه شده دارای ناخالصی‌های شامل: جو، یولاف، کاه و کلش، بذور علف‌های هرز و دانه شکسته بود.

دستگاه جداکننده میز وزنی مورد استفاده مدل LA-K ساخت شرکت WESTRUP دانمارک بود. این دستگاه بر اساس چگالی دانه‌ها آن‌ها را از هم جدا می‌کند و تصویر آن در شکل ۱ نشان داده شده است.

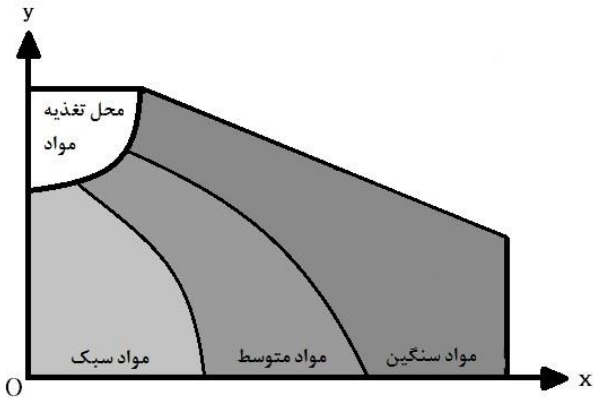


شکل ۱- دستگاه جداکننده میز وزنی

دستگاه جداکننده میز وزنی دارای یک میز است که در دو جهت طولی و عرضی شیب‌دار بوده و سطح آن مشبک و سوراخ‌دار و شبکه‌بندی آن از نوع خاصی است. میز حرکت نوسانی رفت و برگشتی دارد. جریان رو به بالای هوا، از زیر میز به دانه‌ها برخورد می‌کند. دامنه نوسان دستگاه، زوایای طولی و عرضی میز و سرعت نوسان میز به وسیله اهرم‌های واقع در روی دستگاه تنظیم شد.

شکل ۲ نمای قائم سطح میز را نشان می‌دهد. در این دستگاه مواد از مخزن مرتعش روی میز دستگاه ریخته می‌شوند. ارتفاع میز در جهت مثبت x (شیب طولی) و جهت مثبت y (شیب عرضی) افزایش می‌یابد. لذا گوشه پایین‌تر سمت چپ میز نقطه‌ی O کمترین ارتفاع را دارد. مواد در امتداد ضلع Ox 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 نیروی هوا، مواد سبک‌تر بر روی مواد سنگین‌تر شناور شده و در اثر شیب‌های طولی و عرضی میز در گوشه‌ی 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 (گوشه پایینی سمت راست میز) منتقل شده و در آنجا از میز خارج می‌شوند.

برای اندازه‌گیری سرعت هوا در دستگاه جداکننده وزنی از بادسنج دیجیتال با دقت ۰/۱ متر بر ثانیه استفاده شد.



شکل ۲- طرح‌واره میز دستگاه جداکننده میز وزنی

به‌منظور تعیین تأثیر پارامترهای شیب طولی میز، شیب عرضی میز، فرکانس نوسان میز، دامنه نوسان میز و سرعت هوای دمیده شده بر درصد جداسازی مواد ناخالصی از توده دانه گندم از دو آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی استفاده شد. در آزمایش اول از سه شیب عرضی میز (۰/۷۵، ۱/۵ و ۲/۲۵ درجه)، سه شیب طولی میز (۲/۵، ۳/۵ و ۴/۵ درجه) و چهار فرکانس نوسان میز (۳۹۵، ۴۱۵، ۴۳۵ و ۴۵۵ سیکل بر دقیقه) در پنج تکرار برای تعیین سطح بهینه‌ی هر پارامتر برای رسیدن به بیشترین درصد جداسازی استفاده شد. در آزمایش دوم با داشتن مقادیر مطلوب سه پارامتر حاصل از آزمایش اول، تأثیر پارامترهای مربوط به چهار سرعت هوا (۵/۲۵، ۶، ۶/۷۵ و ۷/۵ متر بر ثانیه) و دو دامنه نوسان میز (۵ و ۷ میلی‌متر) در پنج تکرار بر درصد جداسازی ناخالصی توده دانه گندم بررسی شد. در هر آزمایش مقداری از دانه‌های گندم به همراه ناخالصی‌ها از محل خروج مواد سبک (گوشه پایینی سمت چپ میز در شکل ۲) برداشته و به وسیله دستگاه بذر شمار الکترونیکی سه نمونه ۲۰۰ تایی از آن‌ها شمارش و انتخاب شد. سپس با مشاهده تک‌تک دانه‌ها و جداسازی دانه‌های سالم گندم از توده‌های ۲۰۰ تایی و شمارش آن‌ها درصد جداسازی ناخالصی‌های توده دانه گندم به دست آمد. 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 ($\frac{V}{a\omega}$) نمودارهای تعیین درصد جداسازی ناخالصی توده دانه گندم توسط نرم‌افزار Datafit بدست آمد. مقادیر بدون بعد ($\frac{V}{a\omega}$) با در نظر گرفتن سرعت هوای ۶ متر بر ثانیه و دامنه نوسان میز ۵ میلی‌متر در چهار فرکانس نوسان میز (۳۹۵، ۴۱۵، ۴۳۵ و ۴۵۵ سیکل بر دقیقه) به ترتیب برابر ۱۸۲/۲۷، ۱۷۳/۴۹، ۱۶۵/۵۱ و ۱۵۸/۲۴ محاسبه شد.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس تأثیر پارامترهای شیب طولی میز، شیب عرضی میز و فرکانس نوسان میز بر میزان جداسازی ناخالصی‌های موجود در توده دانه گندم در جدول ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، اثر اصلی فاکتورهای فرکانس نوسان میز، شیب عرضی میز، شیب طولی میز و اثرات متقابل دوتایی شیب عرضی میز و شیب طولی میز، فرکانس نوسان میز و شیب طولی میز و فرکانس نوسان میز و شیب عرضی میز و اثرات متقابل سه‌تایی فرکانس نوسان میز و شیب طولی میز و شیب عرضی میز در سطح احتمال ۱ درصد، معنی‌دار شد.

در جدول شماره ۲ نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌تایی شیب طولی میز، شیب عرضی میز و فرکانس نوسان میز نشان داده شده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل شیب طولی، شیب عرضی و فرکانس نوسان میز بر درصد جداسازی ناخالصی‌ها از توده گندم

منابع تغییرات	میانگین مربعات	درجه آزادی
فرکانس نوسان میز	۱۴۷۸/۶۳۴**	۳
شیب طولی میز	۳۴۹۳/۳۷۲**	۲
فرکانس نوسان میز و شیب طولی میز	۴۴۶/۹۳۸**	۶
شیب عرضی میز	۲۲۰۸/۱۵۶**	۲
فرکانس نوسان میز و شیب عرضی میز	۱۵۴/۶۴۴**	۶
شیب طولی میز و شیب عرضی میز	۸۳۶/۳۶۱**	۴
فرکانس نوسان میز، شیب طولی میز و شیب عرضی میز	۲۳۵/۳۱۸**	۱۲
خطا	۳۳/۰۲۱	۱۴۴
کل	-	۱۷۹
ضریب تغییرات	۱۲/٪۸۱	

** وجود اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد.

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه شیب طولی میز، شیب عرضی میز و فرکانس نوسان میز

شیب طولی (درجه)	شیب عرضی (درجه)	فرکانس نوسان میز (دور بر دقیقه)			
		۳۹۵	۴۱۵	۴۳۵	۴۵۵
	۰/۷۵	۷۶/۲۳^{a}	۶۳/۱^{cd}	۷۲/۳۳^{ab}	۷۸/۴۷^{a}
۲/۵	۱/۵	۷۸/۹^{a}	۶۴/۱۳^{bcd}	۶۵/۶^{bcd}	۶۵/۹۳^{bcd}
	۲/۲۵	۶۳/۳۷^{cd}	۴۸/۵۳^{ghi}	۵۲/۹^{efg}	۶۴/۹۷^{bcd}
	۰/۷۵	۶۴/۲۳^{bcd}	۶۵/۵۷^{bcd}	۶۳/۴۳^{cd}	۷۸/۷۷^{a}
۳/۵	۱/۵	۵۳/۶^{efg}	۳۴/۳^{k}	۴۲/۷۳^{hij}	۶۳/۰۷^{cd}
	۲/۲۵	۵۸/۲۳^{def}	۳۹/۴^{jk}	۴۲/۰۷^{ijk}	۵۲/۹^{efg}
	۰/۷۵	۴۷/۱^{ghij}	۴۷/۴۷^{ghij}	۵۰/۴۷^{fgh}	۶۰/۵^{cde}
۴/۵	۱/۵	۳۴/۶۳^{k}	۴۸/۰۳^{ghi}	۶۳/۸۳^{cd}	۶۷/۸۷^{bc}
	۲/۲۵	۵۱/۱^{fgh}	۵۱/۰۷^{fgh}	۴۶/۵^{ghij}	۵۱/۷۷^{fg}

همان‌طورکه در جدول ۲ مشاهده می‌شود، افزایش شیب طولی میز از ۲/۵ تا ۴/۵ درجه و افزایش شیب عرضی میز از ۰/۷۵ تا ۲/۲۵ درجه (در اکثر موارد) سبب کاهش درصد جداسازی ناخالصی‌ها می‌شود. این نتیجه به علت نحوه انتقال مواد بر روی سطح میز است. همچنین با افزایش فرکانس نوسان میز، درصد جداسازی ناخالصی‌ها از توده گندم کاهش می‌یابد، به نظر می‌رسد با افزایش فرکانس نوسان میز آشفتگی حرکت مواد بر روی سطح میز بیشتر شده و الگوی صحیح حرکت مواد روی سطح میز حاصل نشده و مواد سبک روی مواد سنگین شناور نمی‌شود و این امر باعث کاهش جداسازی ناخالصی‌ها می‌شود. همچنین از جدول ۲ مشخص می‌شود که حداکثر جداسازی ناخالصی توده دانه گندم با توجه به اثرات متقابل عوامل در شیب طولی میز ۲/۵ درجه، شیب عرضی میز ۱/۵ درجه و فرکانس نوسان میز ۳۹۵ سیکل بر دقیقه برابر ۷۵/۰۵ درصد می‌باشد.

در جدول شماره ۳ نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل دامنه نوسان میز و سرعت هوای دمیده شده به میز نشان داده شده است.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل دامنه نوسان میز و سرعت هوا

منابع تغییرات	میانگین مربعات	درجه آزادی
دامنه نوسان میز	۴۰۱۳/۳۳۱**	۱
سرعت هوا	۳۰۲/۴۷۳**	۳
دامنه نوسان و سرعت هوا	۳۵۷/۵۰۳**	۳
خطا	۵۳/۹	۳۲
کل	-	۳۹
ضریب تغییرات	۱۰/٪۴۵	

** وجود اثر معنی‌داری در سطح ۱ درصد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳ نشان می‌دهد که اثر اصلی عوامل سرعت هوا و دامنه نوسان میز و اثر متقابل دوگانه دامنه نوسان میز و سرعت هوا در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است. همچنین نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه سرعت هوا و دامنه نوسان میز در جدول ۴ نشان داده شده است.

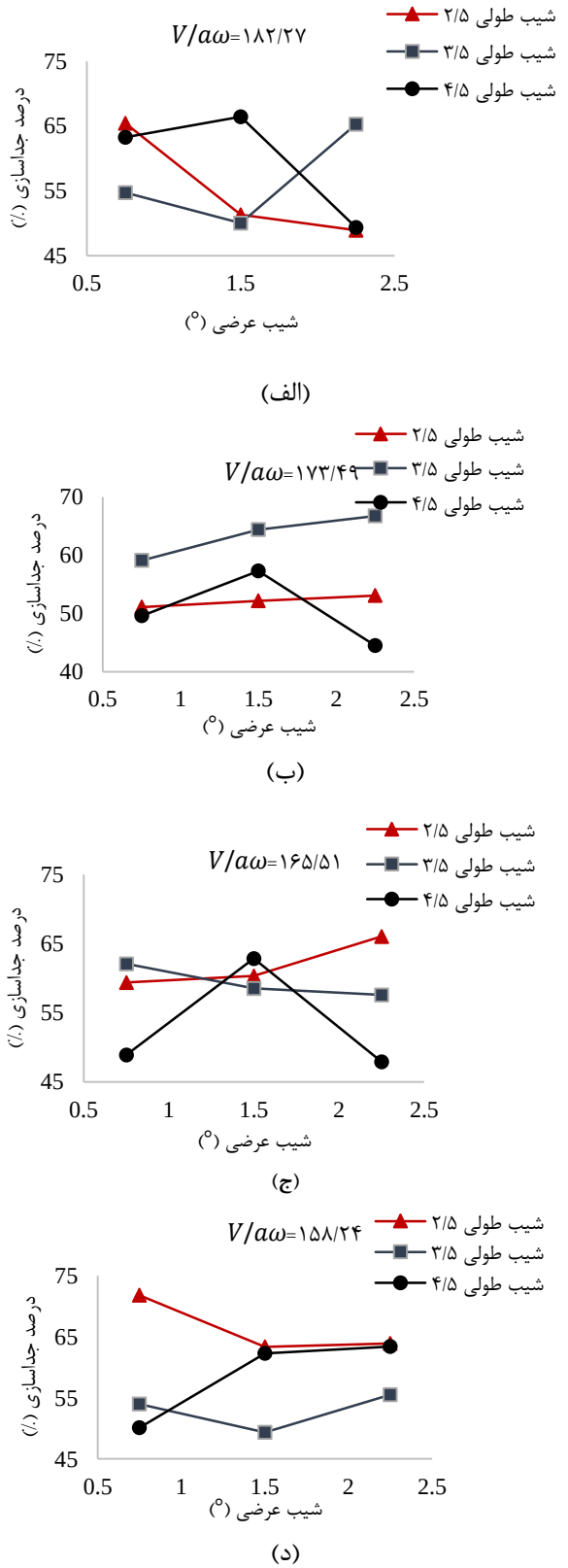
جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه دامنه نوسان و سرعت هوا

دامنه نوسان میز (میلی‌متر)	سرعت هوا (متر بر ثانیه)			
	۵/۲۵	۶	۶/۷۵	۷/۵
۵	۷۵/۷^{bcd}	۸۱/۷۶۷^{ab}	۸۷/۰۳۳^{a}	۷۶/۶۶۶^{bc}
۷	۶۱/۳۳۳^{d}	۷۱/۳^{cd}	۵۳/۸^{e}	۴۹/۶^{e}

جدول ۴ نشان می‌دهد که بهترین سرعت هوا و دامنه نوسان میز برای جداسازی ناخالصی همراه توده گندم به ترتیب ۶/۷۵ متر بر ثانیه و ۵ میلی‌متر می‌باشد، که در این شرایط درصد جداسازی ناخالصی‌های توده گندم برابر ۸۷/۰۳۳ درصد است. در دامنه نوسان میز ۵ میلی‌متر انتقال مواد روی سطح میز یکنواخت‌تر بوده و به نظر می‌رسد به همین علت شناورسازی ناخالصی‌ها روی دانه گندم بهتر صورت گرفته و در نتیجه جداسازی توسط دستگاه افزایش یافته است. ضمناً در دامنه نوسان ۷ میلی‌متر سطح میز به طور کامل و یکنواخت از مواد تغذیه‌شده پوشانده نمی‌شد و به همین علت جداسازی کاهش نشان داده است. با توجه به مطالعات Basati (2018)، سرعت حد دانه گندم حدود ۷ متر بر ثانیه گزارش شده است، بر همین اساس می‌توان نتیجه گرفت سرعت ۷/۵ متر بر ثانیه باعث اغتشاش در جریان دانه‌ای بر روی سطح میز و کاهش جداسازی ناخالصی‌ها می‌شود. از طرفی سرعت هوای کمتر از ۶/۷۵ متر بر ثانیه توانایی شناورسازی مواد سبک روی گندم سالم را نداشته و باعث افت مقدار جداسازی در سرعت هوای پایین‌تر می‌شود. Ebrahimi & Askari asli arde (2015)، در ارزیابی یک دستگاه جداکننده نیوماتیکی گندم گزارش کردند کاهش دور فن دمنده منجر به افزایش بازده جداسازی ناخالصی‌ها از توده گندم می‌شود.

علت عدم شناورسازی مواد سبک روی سنگین در دامنه نوسان میز ۷ میلی‌متر این است که چون قسمتی از سطح میز در این دامنه با مواد پوشانده نمی‌شود جریان هوای دمیده شده به سطح میز از قسمت‌هایی از میز که با مواد تغذیه شده پوشانده نشده است بدون برخورد با دانه‌ها به بالا منتقل شده و لذا عمل شناورسازی و حصول به الگوی صحیح حرکت مواد روی سطح میز انجام نمی‌شود.

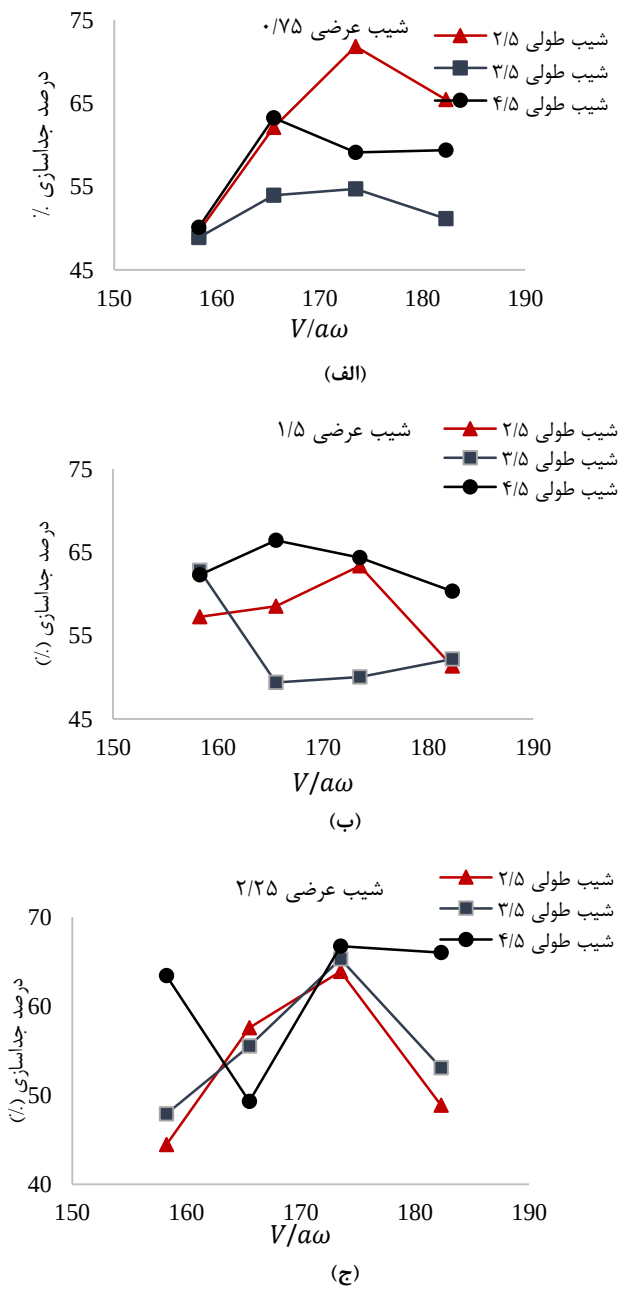
نتایج درصد جداسازی ناخالصی‌ها از توده گندم بر حسب مقدار محاسبه شده برای پارامتر بدون بعد $\frac{V}{a\omega}$ به ترتیب در شکل ۳ (الف) تا (د) آمده است.



شکل ۳- (الف) تا (د) درصد جداسازی ناخالصی از توده گندم با تغییر شیب عرضی میز و در شرایط مختلف شیب طولی میز و ثابت $\frac{V}{a\omega}$

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- (الف) تا (ج) درصد جداسازی ناخالصی از توده گندم با تغییر مقدار بدون بعد $\frac{V}{a\omega}$ و در شرایط مختلف شیب طولی میز و شیب عرضی میز

شکل ۴ (الف) نشان می‌دهد در شیب عرضی ۰/۷۵ درجه و شیب طولی ۲/۵ درجه با افزایش مقدار $\frac{V}{a\omega}$ از مقدار ۱۵۸/۲۴ تا ۱۸۲/۲۷ درصد جداسازی ابتدا تا سطح بالایی افزایش و سپس کاهش می‌یابد. در شیب طولی ۳/۵ درجه روند تغییرات بعد از یک افزایش و سپس کاهش حالت ثابت به خود می‌گیرد و در شیب طولی ۴/۵ درجه نیز مشابه شیب طولی ۲/۵ درجه ابتدا تغییرات به صورت افزایشی و سپس روند نزولی با شیب ملایم دارد. این نوع تغییرات در شیب عرضی ۰/۷۵ درجه به جهت مقدار پایین شیب به نظر می‌رسد بیشتر متأثر از تغییرات فرکانس باشد

شکل ۳- (الف) تا (د) نشان می‌دهد با توجه به شکل ۳- (الف) در پارامتر بدون بعد $\frac{V}{a\omega} = ۱۸۲/۲۷$ در شیب طولی ۲/۵ درجه با افزایش شیب عرضی درصد جداسازی کاهش می‌یابد. در شیب طولی ۳/۵ درجه با افزایش شیب عرضی درصد جداسازی ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد. همچنین در شیب طولی ۴/۵ درجه تغییرات درصد جداسازی ناخالصی‌ها از توده گندم به صورت ابتدا افزایش و سپس کاهش است. در شکل ۳ – (ب) که تغییرات را در مقدار پارامتر بدون بعد $\frac{V}{a\omega} = ۱۷۳/۴۹$ نشان می‌دهد، مشاهده می‌شود روند تغییرات درصد جداسازی ناخالصی‌ها از توده گندم در شیب طولی ۲/۵ و ۳/۵ درجه با افزایش شیب عرضی افزایش می‌یابد اما تغییرات در شیب طولی ۴/۵ درجه مشابه تغییرات در شکل ۳ – (الف) برای این حالت به صورت ابتدا افزایشی و سپس کاهشی است. در شکل ۳- (ج) نیز مقدار جداسازی ناخالصی‌ها از توده گندم در شیب طولی ۲/۵ درجه با افزایش شیب عرضی افزایش می‌یابد. در شیب طولی ۳/۵ درجه با افزایش شیب عرضی جداسازی کاهش یافت. در این شکل نیز مشابه دو شکل قبل در شیب طولی ۴/۵ درجه با افزایش شیب عرضی درصد جداسازی ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد. با توجه به شکل ۳- (د) بیشترین میزان جداسازی در پارامتر بدون بعد $\frac{V}{a\omega} = ۱۵۸/۲۴$، شیب طولی ۲/۵ درجه و شیب عرضی ۰/۷۵ درجه بدست آمده است. به نظر می‌رسد شیب عرضی کمتر باعث می‌شود مواد تغذیه‌شده مدت‌زمان بیشتری در روی سطح میز باقی بمانند که منجر به حرکت یکنواخت‌تر مواد شده و جداسازی را افزایش می‌دهد.

نتایج یافته‌های این تحقیق با نتایج گزارش شده در مطالعات Bagheri *et al.*, (2014a) بر روی تعیین پارامترهای مؤثر دستگاه جداکننده وزنی برای کمینه نمودن ناخالصی موجود در توده دانه عدس مطابقت دارد. نتایج آزمایشات آن‌ها نشان داد، در مقدار پارامتر بدون بعد $\frac{V}{a\omega} = ۱۷۱$، شیب عرضی میز ۱ درجه و شیب طولی میز ۲ درجه درصد جداسازی ناخالصی موجود در توده عدس به ۹۰/۲ درصد می‌رسد. همچنین Kashi (2009) در تحقیق خود بر لزوم حرکت یکنواخت مواد بر روی سطح میز جداکننده وزنی برای دستیابی به حداکثر جداسازی یولاف وحشی از گندم تأکید می‌کند.

نتایج آزمایش‌ها برای درصد جداسازی ناخالصی‌ها از توده گندم بر حسب تغییرات پارامتر بدون بعد $\frac{V}{a\omega}$ در شرایط مختلف شیب‌های طولی و عرضی میز در شکل ۴ (الف) تا (ج) نشان داده شده است.

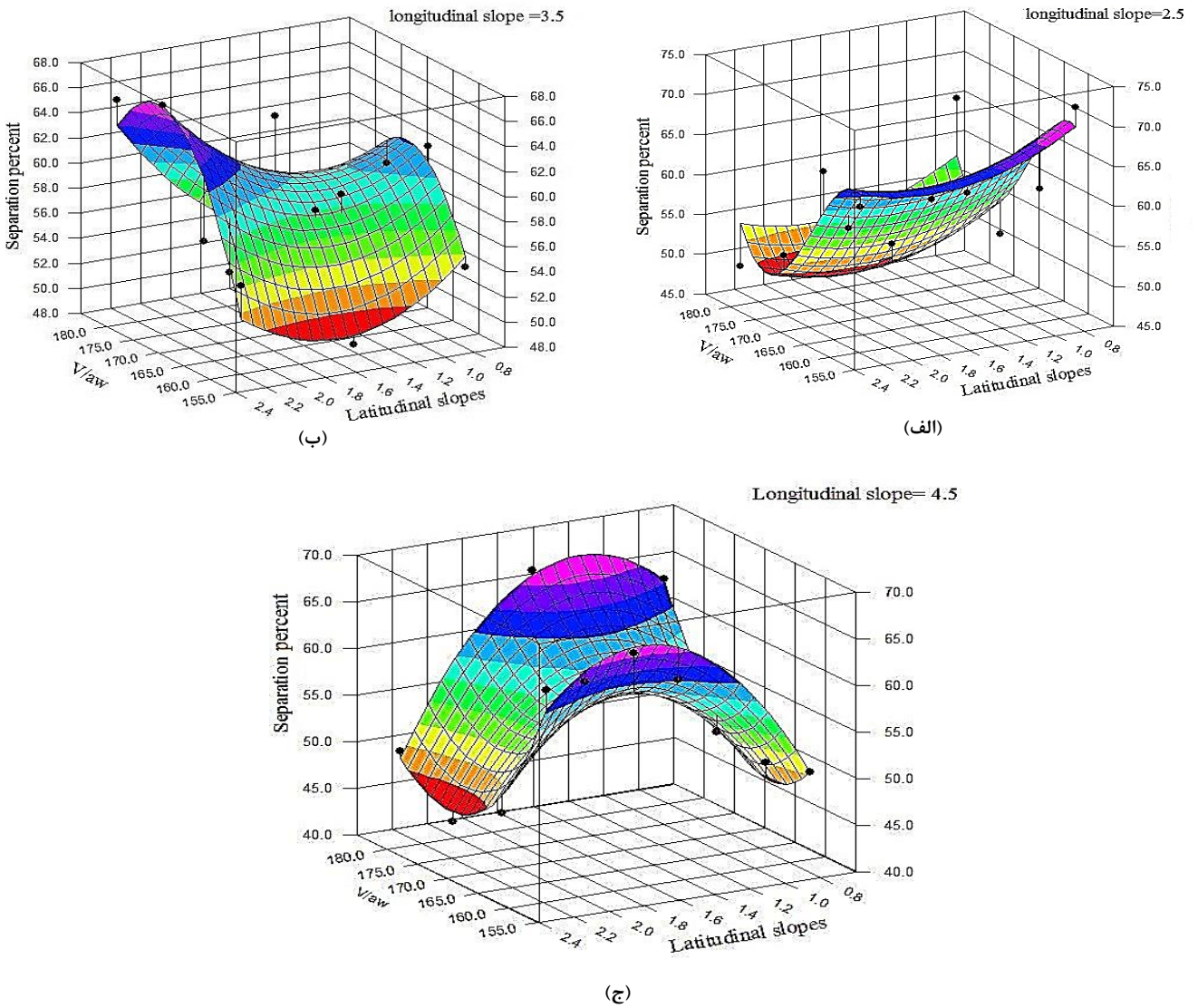
www.SID.ir

Archive of SID

که افزایش این پارامتر باعث آشفتگی حرکت مواد روی سطح میز شده و مانع شناورسازی صحیح مواد سبک بر روی مواد سنگین می‌شود. همچنین در شیب عرضی ۱/۵ درجه که در شکل ۴ (ب) نشان داده شده است درشیب‌های طولی ۲/۵ و ۴/۵ درجه روند تغییرات به صورت ابتدا افزایشی می‌باشد که در ادامه افزایش مقدار پارامتر بدون بعد $\frac{V}{a\omega}$ تا مقدار ۱۸۲/۲۷ منجر به کاهش شدید درصد جداسازی در شیب طولی ۲/۵ و افت ملایم میزان جداسازی در شیب طولی ۴/۵ درجه می‌شود. در شیب طولی ۳/۵ درجه روند تغییرات متفاوت بوده و ابتدا کاهش شدید در مقدار جداسازی مشاهده شده که با افزایش مقدار $\frac{V}{a\omega}$ افزایش خفیف اتفاق می‌افتد. شکل ۴ (ج) تغییرات درصد جداسازی را در شیب عرضی ۲/۲۵ درجه درشیب‌های طولی مختلف نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در شیب طولی ۲/۵ درجه روند تغییرات ابتدا کاهش و سپس افزایش است که در نهایت حالت ثابت به خود می‌گیرد درحالی‌که درشیب‌های طولی ۳/۵ و ۴/۵ درجه درصد جداسازی با شیب تقریباً یکسان ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد. نتایج آزمایش‌های Rasekh *et al.*, (2005) نشان داد با افزایش شیب عرضی میز از ۰/۵ به ۲ درجه و کاهش شیب طولی از ۵ به ۳ درجه منجر به افزایش میزان جداسازی گندم سن زده از گندم سالم می‌شود.

شکل شماره ۵- (الف) تا (ج) میزان جداسازی ناخالصی‌ها از توده دانه گندم بر حسب تغییرات مقدار بدون بعد $\frac{V}{a\omega}$ و شیب عرضی میز و در شرایط شیب‌های طولی میز را نشان می‌دهد.

در جدول ۵ روابط رگرسیونی درصد جداسازی مربوط به شکل ۴ آورده شده است.



شکل ۵- (الف) تا (ج)، میزان جداسازی ناخالصی‌ها از توده دانه گندم با تغییرات مقدار بدون بعد $\frac{V}{a\omega}$ و شیب عرضی میز و در شرایط شیب طولی میز.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- روابط رگرسیونی درصد جداسازی ناخالصی‌ها

شیب عرضی میز	شیب طولی میز	رابطه رگرسیونی	R^2
	۲/۵	$Y = -0.0791x^2 + 27.636x - 2343.5$	۰/۹۷۸
۰/۷۵	۳/۵	$Y = -0.0343x^2 + 11.764x - 953.94$	۰/۹۹۶
	۴/۵	$Y = 0.0077x^3 - 3.997x^2 + 688.06x - 39370$	۱
	۲/۵	$Y = -0.0061x^3 + 3.0581x^2 - 510.83x + 28459$	۱
۱/۵	۳/۵	$Y = 0.0616x^2 - 21.362x + 1899.5$	۰/۹۰۳
	۴/۵	$Y = -0.0309x^2 + 10.406x - 811.23$	۰/۹۳
	۲/۵	$Y = -0.1124x^2 + 38.497x - 3233.8$	۰/۹۷۵
۲/۲۵	۳/۵	$Y = -0.0817x^2 + 28.114x - 2356.9$	۰/۸۵۷
	۴/۵	$Y = -0.0169x^3 + 8.6509x^2 - 1477.5x + 84029$	۱

* (Y درصد جداسازی و x پارامتر بدون بعد $\frac{V}{a\omega}$ است).

با توجه به محدودیت انتخاب شیب‌های طولی و عرضی مختلف در طی آزمایش به جهت وقت‌گیر بودن، ارائه نمودارهای سه‌بعدی و یکپارچه شکل ۵ (الف) تا (ج) روند صحیح تغییرات درصد جداسازی ناخالصی‌های توده گندم را به صورت یکنواخت و پیوسته نشان می‌دهد. همچنین با توجه به جدول شماره ۵ که روابط با ضریب تبیین بالا را برای حالت‌های مختلف شیب‌های عرضی و طولی و پارامتر بدون بعد $\frac{V}{a\omega}$ نشان می‌دهد می‌توان از این روابط رگرسیونی با معلوم بودن شیب طولی میز و شیب عرضی میز، درصد جداسازی ناخالصی‌ها را بدست آورد. Bagheri *et al.*, (2017b) با استفاده از دو پارامتر شیب طولی و مقدار بدون بعد $\frac{V}{a\omega}$ اقدام به ارائه مدل‌های ریاضی پیش‌بینی‌شده برای درصد جداسازی علف هرز شیر سگ از توده دانه عدس کرد که بیشترین ضریب تبیین با مقدار ۰/۹۵ مربوط به یک معادله درجه ۳ برای پارامتر شیب عرضی برابر با ۱ درجه بود.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش‌های فاکتوریل انجام شده برای تعیین سطوح مناسب از عوامل متغیر در دستگاه جداساز میز وزنی شامل فرکانس نوسان میز، شیب طولی میز، شیب عرضی میز، دامنه نوسان میز و سرعت هوا نشان داد، افزایش شیب طولی میز از ۲/۵ تا ۴/۵ درجه سبب کاهش جداسازی ناخالصی‌ها از توده گندم می‌شود، علت این نتیجه این است که با افزایش شیب طولی از ۲/۵ به ۴/۵ درجه قسمت‌هایی از سمت راست میز با مواد پوشانده نمی‌شود و جریان هوای دمیده شده به میز از این قسمت بدون برخورد به دانه‌ها خارج شده و لذا شناورسازی مواد سبک به‌خوبی انجام نمی‌شود. افزایش شیب عرضی میز از ۰/۷۵ تا ۲/۲۵ درجه در اکثر موارد (به‌جز شیب طولی ۴/۵ درجه و فرکانس نوسان ۳۹۵ و ۴۱۵ سیکل بر دقیقه) سبب کاهش درصد جداسازی ناخالصی‌ها می‌شود. مشاهدات عینی هنگام آزمایش نشان داد در شیب عرضی ۲/۲۵ درجه قسمت‌هایی از سطح میز (نزدیک به لبه بالای شکل ۲) با مواد پوشانده نشده و لذا باعث کاهش جداسازی ناخالصی‌ها شده است. از همین رو فرکانس نوسان ۳۹۵ سیکل بر دقیقه، شیب طولی ۲/۵ درجه و شیب عرضی ۱/۵ درجه بهترین سطوح در آزمایش اول با جداسازی ۷۸/۹ درصد می‌باشد. از طرفی در همین آزمایش فرکانس نوسان ۴۱۵ سیکل بر دقیقه و شیب‌های طولی و عرضی میز به ترتیب ۳/۵ و ۱/۵ درجه با میزان جداسازی ۳۴/۳ درصد، کمترین مقدار جداسازی را داشته است. در آزمایش دوم هم که با سطوح مطلوب از آزمایش اول (فرکانس نوسان ۳۹۵ سیکل بر دقیقه، شیب طولی ۲/۵ درجه و شیب عرضی ۱/۵ درجه) و متغیرهای دامنه نوسان میز و سرعت هوا انجام شد، دامنه نوسان ۵ میلی‌متر و سرعت هوای ۶/۷۵ متر بر ثانیه با ۸۷/۰۳ درصد جداسازی نقطه بهینه تمامی پارامترهای دستگاه برای دستیابی به بیشترین بازده جداسازی را نشان داد. همچنین مشاهده شد با افزایش سرعت هوا تا محدوده ۶/۷۵ متر بر ثانیه درصد جداسازی ناخالصی‌ها از توده دانه گندم افزایش می‌یابد، که این امر می‌تواند ناشی از سرعت حد دانه‌های گندم باشد. ضمناً مشاهدات نشان داد، در دامنه نوسان ۷ میلی‌متر سطح میز به طور کامل از مواد تغذیه‌شده پوشانده نمی‌شود و از آنجائی که برای حصول به حداکثر جداسازی باید سطح میز به طور کامل با مواد پوشانده شود تا عمل شناورسازی مواد سبک روی سنگین به‌خوبی انجام شود؛ لذا در دامنه نوسان میز ۷ میلی‌متر جداسازی ناخالصی‌ها کاهش می‌یابد.

REFERENCES

Bagheri, H., Rasekh, M. & Kianmehr. M.H. (2017a). Using of dimensional analysis to determine the parameters of gravity separator table device to minimize impurities in bulk lentils. *Journal of*

www.SID.ir

Archive of SID

Agricultural Machinery, 7(1), 247-259. (In Farsi)

Bagheri, H., Rasekh, M. & Kianmehr, M. H. (2017b). Study of properties of lentils and weed of *Euphorbia helioscopia* and the parameters affecting the separation that from lentils by gravity table separator. *Iranian Journal of Pulses Research*. 1(8), 33-44. (In Farsi)

Basati,Z (2018). Discrimination of Sunn Pest-Damaged samples from sound wheat kernels using physical properties, mechanical and light characteristics by computational intelligence. PhD dissertation, University of Mohaghegh Ardebili, Ardebil, Iran.

Chenari, M., Shahid zadeh, M. & Javadi. A. (2012). Evaluate the efficiency of wheat seed cleaning machines. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 14(2), 69-80. (In Farsi)

Ebrahimi, R. & Askari asli arde, E. (2015). Evaluation of a pneumatic separator wheat. In: Proceedings of *The 3rd International Conference on Modern Ideas in Agriculture, the Environment and Tourism*, 31 August, University of Mohaghegh Ardebili, Ardebil, Iran, pp. 1-7.

Egbali, A. & Bargaee, A. (2003). Determination of the efficiency and evaluation of wheat seed seedlings in arid and semi-tropical regions. In: Proceedings of *The 3rd student Conference on Agricultural Machinery and Mechanization Engineering*, University of Tabriz Tabriz, Iran, pp. 1-13.

Food and Agriculture Organization. (2016). *Biodiversity: Agricultural biodiversity in FAO*. Retrieved November 12, 2016, from http://www.fao.org/*biodiversity*.

Kashi, M. (2009). Investigating the possibility of separating wild oats from wheat by weight separation device. Master's dissertation, University of Mohaghegh Ardebili, Ardebil, Iran.

MirTorabi, M., Hoseeni, S. & Alizadeh. N. (2010). Factors affecting wheat farmers' attitudes on wheat waste management (Case Study: Hashtgerd wheat farmers). *Journal of Agricultural Extension and Education Research*, 4(3), 1-13. (In Farsi).

Muhammad, U.S., Abubakar, L.G., Isiaka, M. & Davies, R.M. (2013). Design and evaluation of a cleaning machine. *Applied Science Reports*, 1(3): 62-66.

Rasekh, M., Tavakoli, T., Firooz Abadi, B. and Kianmehr. M.H. (2005). Experimental studying of performance of gravity separator apparatus in separation of sunn Pest–Damaged wheat. *Journal of Food Science and Technology*, 2(3), 33-47. (In Farsi)

Rouzegar, M.R., Askari Asli-Arde, E., Abbaspour-Gilandeh, Y. & Khalifeh, A.A. (2013). Study effects of moisture content, feed rate and fan revolution on separation efficiency in a paddy laboratory winnower. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(21): 2576-2578.

Simoniyan, K.J. & Yiljep, Y.D. (2008). Investigation grain separation and cleaning efficiency distribution of a conventional stationary rasp-bar sorghum thresher. *Agricultural Engineering International: the CIGR Journal*, 13 pp.

www.SID.ir