بررسی خواص مهندسی و بهینه‌سازی وزن هزار دانه نخود با استفاده از الگوریتم ژنتیک

علی‌رضا قدس‌ولی[1]، محسن مختاریان[2*]، حمید بخش آبادی[3]، محمدمهدی نعمت‌شاهی[2]

[1]استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، گرگان، ایران

[2]باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

[3]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: 1392/5/11 تاریخ پذیرش: 1393/1/17

چکیده

در این پژوهش خصوصیات هندسی شامل طول، عرض، ضخامت، میانگین حسابی و هندسی قطر، سطح جانبی، مساحت تصویر و ضریب کرویت و خصوصیات ثقلی شامل وزن هزار دانه، حجم، دانسیته‌ی واقعی و توده و تخلخل سه نوع دانه‌ی نخود (ارقام آرمان، هاشم و 93-93) و تأثیر میزان رطوبت روی آنها مورد بررسی قرار گرفت. طرح آماری مورد استفاده، طرح کاملاً تصادفی در قالب آزمایش فاکتوریل با سه سطح رقم و چهار سطح رطوبت (4×3) بود. همچنین در این پژوهش، وزن هزار دانه ارقام مختلف دانه نخود بر حسب تابعی از رطوبت و ابعاد محوری (طول، عرض و ضخامت) با کمک الگوریتم ژنتیک بهینه‌سازی گردید. تأثیر رقم روی تمامی خصوصیات فیزیکی دانه‌ی ارقام نخود مورد تحقیق به جز ضخامت و تخلخل معنی‌دار (0/05 و P<0/01) بود. میزان رطوبت روی تمامی خصوصیات فیزیکی دانه‌ی ارقام نخود به جز ضریب کرویت (P<0/01) معنی‌دار گردید. مدل الگوریتم ژنتیک توانست وزن هزار دانه ارقام آرمان، هاشم و 93-93 نخود را به ترتیب با 70، 30 و 70 نسل ژنتیکی بهینه نماید. مقادیر ضریب تبیین بعد از بهینه‌سازی برای ارقام آرمان، هاشم و 93-93 نخود به ترتیب 0/985، 0/993 و 0/984 پیش‌بینی گردید.

واژه‌های کلیدی: نخود، خصوصیات فیزیکی، الگوریتم ژنتیک، رطوبت.

*نویسنده مسوول: mokhtarian.mo@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir

1-مقدمه

نخود[1] (*Cicero arietinum*) یکی از مهمترین حبوبات است که سرشار از پروتئین و نشاسته بوده و در رژیم غذایی انسان حائز اهمیت است. از نظر سطح زیر کشت در جهان، نخود در بین حبوبات در رده سوم قرار دارد، ولی در ایران که یکی از خاستگاه‌های این گیاه به شمار می‌رود، در بین انواع حبوبات چه از نظر سطح زیر کشت و چه از نظر تولید در درجه اول اهمیت قرار دارد، به طوری که به جز در استانهای شمالی کشور در اکثر نقاط کشور کشت می‌شود (3). سطح زیر کشت نخود در ایران حدود 667760 هکتار است که 95 درصد آن در شرایط دیم کشت می‌شود. میانگین عملکرد جهانی نخود 820 کیلوگرم در هکتار است و ترکیه با 950 کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد را دارد. ایران با میانگین عملکرد 400 کیلوگرم در هکتار کمترین تولید در واحد سطح را دارد (7). افزایش روز افزون نقش اقتصادی محصولات کشاورزی و غذایی در جوامع امروزی و پیچیدگی فناوری‌های مدرن برای تولید (کاشت، داشت و برداشت)، حمل و نقل، ذخیره‌سازی، فراوری، نگهداری، ارزیابی کیفی، توزیع، بازاریابی و مصرف این محصولات، نیازمند درک دقیق و صحیح خواص فیزیکی است. خواص فیزیکی بر خصوصیات انتقال هیدرودینامیکی و پنوماتیکی، سرد کردن و حرارت دادن مواد غذایی تاثیر می‌گذارد. مهم‌ترین خواص هندسی عبارتند از شکل، اندازه (ابعاد محوری)، قطرهای هندسی و حسابی، سطح و کرویت. کرویت جزء معیارهای تعیین شکل دانه به شمار می‌رود و توصیف قابل درکی از شکل دانه ارائه می‌دهد. غلتاندن دانه‌ها روی سطوح مختلف به ضریب کرویت بستگی دارد و این فاکتور باید در طراحی تجهیزات مورد نیاز جهت حمل و نقل و پوست‌گیری مورد توجه قرار گیرد کاهش میزان کرویت مواد با کاهش قابلیت جریان‌پذیری و افزایش توان لازم برای انتقال آنها همراه است (5). ابعاد محوری اصلی دانه‌ها در انتخاب غربال‌های بوجاری و محاسبه نیروی لازم در آسیاب کردن حائز اهمیت است. همچنین جهت محاسبه سطح و حجم دانه‌ها که در مدل‌سازی فرآیندهای خشک کردن، هوادهی، گرم و سرد کردن از اهمیت برخودارند، کاربرد دارند. تعیین ابعاد محوری در طراحی ماشین‌آلات کاشت، بوجاری، جور کردن و توزیع اندازه ذرات و تأثیر و درجه‌بندی در عملیات کاهش اندازه جهت کمینه مصرف انرژی ضروری است. عامل مهم در محاسبه نیروی فشاری که باعث شکستن مکانیکی (پارگی، ترک) دانه می‌شود بعد بیشینه دانه که نشان دهنده موقعیت ایستا (خوابیدگی) طبیعی دانه است می‌باشد (5، 29). دانسیته توده و تخلخل مهم‌ترین عواملی هستند که در طراحی سیستم‌های خشک کردن و هوادهی مورد توجه قرار می‌گیرند. همچنین این خواص در طراحی فضای انبار به عنوان یک عامل اساسی در نظر گرفته می‌شود (5). تاکنون تحقیقات مختلفی درباره خواص فیزیکی محصولات کشاورزی مغز پسته (9، 31)، دانه فندق و مغز آن (8)، ذرت شیرین (16)، کتان (15)، عدس (5، 11، 18)، لوبیا قرمز (21)، سویا (6، 24)، سورگوم (30)، سیاه دانه (33)، شاهدانه (32) و نخود (34) صورت گرفته است. همچنین آل حسینی و همکاران (1390) نیز در پژوهش خود خصوصیات هندسی، ثقلی و اصطکاکی دو رقم شمشیری و پفکی نخود فرنگی را بر حسب تابعی از رطوبت مورد مطالعه قرار دادند (1).

هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر رطوبت بر برخی خواص فیزیکی سه رقم نخود استان گلستان و ارائه‌ی اطلاعات پایه و ضروری به صنایع مختلف تبدیلی-غذایی مرتبط با دانه‌های نخود، جهت بهینه‌سازی عملیات و فراوری آن‌ها می‌باشد. همچنین در این پژوهش با توجه به اهمیت وزن هزار دانه در فرآیند آسیابانی و میزان استخراج آرد حاصله، این پارامتر به عنوان تابعی از رطوبت و ابعاد محوری توسط روش ژنتیک الگوریتم بهینه‌سازی گردید.

2- مواد و روش‌ها

2-1- آماده‌سازی نمونه‌ها و تعیین میزان رطوبت

سه واریته تجاری مهم و زراعی دانه نخود به نام‌های آرمان، هاشم و 93-93 برای این کار تحقیقاتی انتخاب گردید. این واریته‌ها (هر یک به میزان 20 کیلوگرم) از بخش اصلاح و تهیه نهال و بذر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان تهیه گردید. جداسازی مواد خارجی، دانه‌های شکسته و نارس به وسیله دست انجام و در نهایت با توجه به 4 سطح رطوبتی مورد نظر در این آزمایش، 20 کیلوگرم نمونه اختیار که به 4 بخش مساوی جهت انجام اندازه‌گیری صفات مختلف تقسیم گردید. میزان رطوبت پایه هر نمونه با استفاده از روش (ASAE, No S352.2, 1997) در آون 2 ± 103 درجه سانتی‌گراد تا رسیدن

1- Chickpea

Archive of SID

www.SID.ir

به رطوبت ثابت تعیین شد (12). جهت تعیین مقدار میانگین رطوبت، آزمایشات در سه تکرار انجام پذیرفت. جهت تهیه نمونه‌هایی با درصد رطوبت بالاتر و مطابق با سطوح رطوبتی مورد نظر در آزمایش مقادیر محاسبه شده‌ای از آب مقطر به نمونه‌ها افزوده شد. مقدار آب مقطر اضافه شده به وسیله رابطه (1) زیر تعیین گردید:

$$Q = \frac{W_i(M_f - M_i)}{100 - M_f} \quad (1)$$

در این معادله، Q مقدار آب اضافه شده بر حسب کیلوگرم، W_i جرم نمونه اولیه بر حسب کیلوگرم، M_i محتوای رطوبتی اولیه نمونه بر مبنای خشک، M_f محتوای رطوبتی نهایی نمونه بر مبنای خشک می‌باشد. پس از افزودن آب مقطر به نمونه موجود در یک کیسه پلی‌اتیلنی و همزدن، درب کیسه دوخته شد و به مدت حداقل یک هفته جهت توزیع یکنواخت رطوبت و جلوگیری از رشد کپک در محیط یخچال 5 درجه سانتی گراد قرار گرفت (9). بعد از پایان یافتن مدت مشروط‌سازی، جهت اطمینان از متعادل‌سازی توزیع رطوبت، مجددا محتوای رطوبتی نمونه‌ها تعیین گردید. ضرورت دارد که قبل از انجام هر آزمایش درجه حرارت نمونه‌های تهیه شده تا درجه حرارت اتاق افزایش یابد. تمامی آزمایشات خصوصیات فیزیکی دانه‌ها در 4 سطح رطوبتی 7/1، 13/4، 20/5 و 28/5 درصد (بر اساس وزن‌تر) و هر یک در 5 تکرار به انجام رسید و میانگین آنها گزارش شد.

2-2- تعیین خصوصیات هندسی

با استفاده از کولیس دیجیتال (ATCO، ساخت چین، دقت 0/01 میلی‌متر) با دقت 0/01 میلی‌متر، اندازه‌گیری‌های ابعادی (L طول، W عرض، T ضخامت) برای صد دانه از هر رقم به صورت تصادفی صورت پذیرفت و سپس با توجه به روابط 2 تا 7، قطر متوسط حسابی (D_a) و هندسی (D_g)، کرویت (φ) و سطح جانبی (S) برای آن‌ها تعیین شد (29):

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

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

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

$$S = pD_g^{\ 2} \quad (5)$$

مساحت سطح تصویر دانه‌ها با استفاده از رابطه پیشنهادی بیلانسکی و همکاران[1] (1962) محاسبه گردید (15).

$$L_1 = (L + W)/2 \quad (6)$$

که A مساحت سطح تصویر به میلی‌متر مربع؛ L، طول دانه به میلی‌متر؛ L_1، میانگین طول و عرض دانه میلی‌متر.

$$A = (p\,LL_1)/4 \quad (7)$$

2-3- تعیین خصوصیات ثقلی

به منظور تعیین وزن هزار دانه (W_{1000}) از ترازوی الکترونیکی با دقت 0/001 استفاده شد.

دانسیته توده[2] دانه ها توسط روش ارائه شده توسط مختاریان و همکاران (1390) انجام گردید (9) و توسط رابطه (8) دانسیته توده نمونه‌ها تعیین گردید. باید توجه داشت که نمونه به هیچ وجه فشرده نشود. این آزمایش در 5 تکرار انجام شد.

$$r_b = \frac{m}{V_b} \quad (8)$$

در این معادله m وزن نمونه بر حسب کیلوگرم، V_b حجم ظرف استوانه‌ای بر حسب متر مکعب و ρ_b دانسیته توده نخود بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب می باشد.

برای تعیین دانسیته ذره[3] نخود از اصل جابجایی مایع، برگرفته از قانون شناوری ارشمیدس استفاده گردید و توسط روابط (9) تا (10) دانسیته ذره محاسبه گردید (9):

$$V_k = \frac{(M_t - M_p) - (M_{pts} - M_{ps})}{r_t} \quad (9)$$

$$r_k = \frac{(M_{ps} - M_p)}{V_k} \quad (10)$$

در این معادلات M_t وزن تولوئن، M_p وزن استوانه مدرج خالی، M_{pts} وزن استوانه خالی همراه با نمونه و تولوئن، M_{ps} وزن استوانه مدرج خالی همراه با نمونه، ρ_t دانسیته تولوئن در دمای آزمایشگاه، V_k حجم نمونه و ρ_k دانسیته ذره نمونه می‌باشد.

درصد تخلخل توده دانه‌ها از رابطه (11) محاسبه گردید. این آزمایش نیز برای بدست آوردن میانگین تخلخل در 5 تکرار انجام پذیرفت (9).

$$e_b = \frac{(r_k - r_b)}{r_k} \times 100 \quad (11)$$

[1] - Bilanski et al, 1962
[2] - Bulk density (ρ_b)
[3] - Kernel density (ρk)

Archive of SID

www.SID.ir

4-2- تجزیه و تحلیل آماری و روش بهینه‌سازی

جهت آنالیز آماری نمونه‌های نخود از طرح کاملاً تصادفی در قالب آزمایش فاکتوریل استفاده گردید. کلیه آزمایشات در 5 تکرار انجام و میانگین مقادیر حاصل گزارش گردید. جهت مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری 1 درصد با کمک نرم افزار SAS استفاده گردید. همچنین لازم به ذکر است که به منظور بهینه‌سازی ضرایب مدل ارقام مختلف دانه نخود، از مدل ژنتیک الگوریتم استفاده گردید. ویژگی‌هایی نظیر، تعداد نسل‌ها[1] (بین 0 تا 200)، اندازه جمعیت[2] (100)، تعداد جهش[3] (2) و بقای هر نسل[4] (50) برای بهینه‌سازی داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است که برای مدلسازی رگرسیون خطی چند متغیره از نرم افزار Minitab نسخه 15 استفاده شد.

3- نتایج و بحث

3-1- بررسی خصوصیات هندسی دانه نخود طی خیساندن

نتایج تجزیه واریانس خصوصیات هندسی شامل ابعاد محوری (طول، عرض و ضخامت)، میانگین حسابی و هندسی قطر، سطح جانبی، مساحت تصویر یا سایه‌نگار و ضریب کرویت دانه نخود ارقام آرمان، هاشم و 93-93 در جدول 1 نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، تیمار رقم روی خصوصیات هندسی طول، میانگین حسابی قطر، میانگین هندسی قطر، سطح جانبی، مساحت تصویر و ضریب کرویت در سطح آماری یک درصد ($P<0/01$) و روی عرض در سطح آماری پنج درصد تأثیر معنی‌دار داشت ($P<0/05$) در حالی که روی میزان ضخامت تأثیر معنی‌دار در سطح آماری یک درصد مشاهده نگردید ($P<0/01$). تأثیر میزان رطوبت روی تمامی خصوصیات هندسی به جز ضریب کرویت در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. تأثیر اثر متقابل رقم × میزان رطوبت روی تمامی خصوصیات هندسی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار نگردید ($P<0/01$).

تغییرات مقادیر خصوصیات هندسی دانه نخود ارقام آرمان، هاشم و 93-93 همراه با افزایش میزان رطوبت به ترتیب در شکل‌های 1 تا 4 نشان داده شده است. نتایج سایر محققین (4) نیز مؤید تأثیر رقم روی مقدار ابعاد محوری طول، عرض و ضخامت دانه نخود می‌باشد چنان که آنها طول، عرض و ضخامت دانه نخود واریته کاکا در رطوبت 8/2 درصد را به ترتیب 7/65 میلی‌متر، 5/43 میلی‌متر و 5/31 میلی‌متر گزارش نموده‌اند که از نتایج تحقیق حاضر کمتر است. در تحقیق دیگری مقادیر طول، عرض و ضخامت دانه نخود واریته کوچباسی به ترتیب 9/342 میلی‌متر، 7/722 میلی‌متر و 7/752 میلی‌متر گزارش شده که اندکی از نتایج این تحقیق بیشتر است (26). همچنین آل حسینی و همکاران (1390) نیز در پژوهش خود به این نتیجه دست یافتند که رقم تاثیر معنی‌دار بر روی خصوصیات هندسی نخود داشت. آنها دو رقم شمشیری و پفکی نخود فرنگی را مطالعه نمودند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که طول، عرض و ضخامت رقم پفکی از شمشیری بیشتر بود (1). همانطور که مشاهده گردید، میزان رطوبت تأثیر معنی‌دار ($P<0/01$) روی خصوصیات هندسی دانه نخود ارقام مورد بررسی داشت (جدول 1). بیشینه مقادیر در مورد صفات مورد نظر که در بالاترین سطح رطوبتی (سطح چهارم، 28/5 درصد) مشاهده شده بود نسبت به کمینه آنها در پایین‌ترین سطح رطوبتی (سطح اول، 7/1 درصد) به ترتیب طول 6/9 درصد، عرض 7/4 درصد، ضخامت 9/2 درصد، میانگین حسابی قطر 7/6 درصد، میانگین هندسی قطر 7/8 درصد، سطح جانبی 16/2 درصد و مساحت تصویر 14/2 درصد بیشتر بود (شکل‌های 1، 2 و 3). در تحقیق دیگر گزارش گردید که با افزایش میزان رطوبت از 5/2 درصد تا 16/5 درصد، مقدار مساحت تصویر دانه نخود واریته کوچباسی 22/4 درصد افزایش می‌یابد (26). همچنین نتایج مشابه در مورد دانه فندق و مغز آن (8)، عدس (11)، کتان (15)، لوبیا قرمز (21)، سویا (24)، سورگوم (30)، پسته و مغز آن (31)، نخود (1) و سیاه دانه (33) گزارش گردید. به نظر می‌رسد تغییر در ابعاد محوری (طول، عرض و ضخامت) با افزایش رطوبت در دانه ارقام نخود، به علت جذب رطوبت و به دنبال آن تورم لایه آلرون سلول‌های آندوسپرم دانه و پُر شدن منافذ و لوله‌های موئین موجود در ساختار دانه با آب باشد. به بیان دیگر این تورم به اثر جذب آب در فضاهای بین سلولی و پلیمرهای نشاسته نسبت داده می‌شود (17).

[1] - Generation
[2] - Population
[3] - Mutation
[4] - Survivors per generation

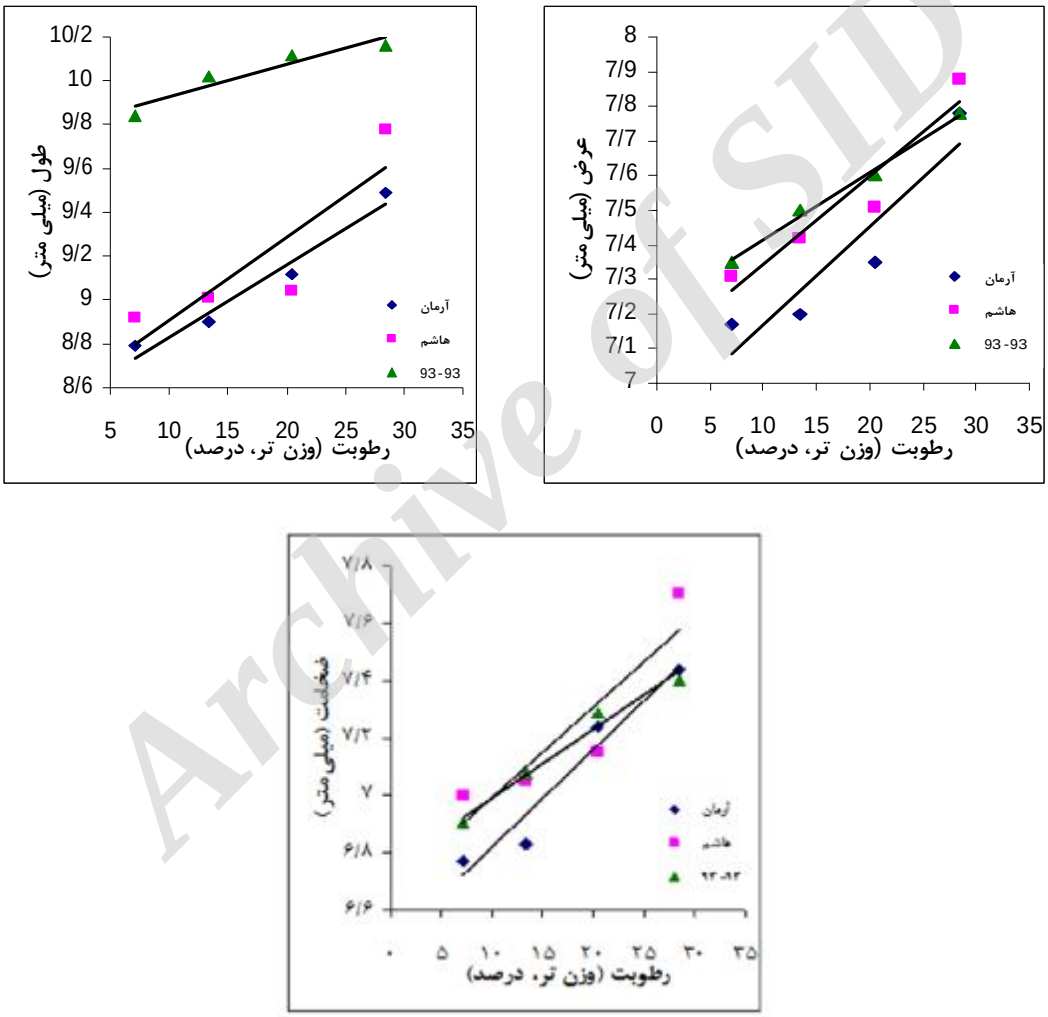
Archive of SID

www.SID.ir

جدول 1- نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های هندسی دانه نخود ارقام مورد آزمایش

منبع تغییر	طول	عرض	ضخامت	میانگین حسابی قطر	میانگین هندسی قطر	مساحت سطح جانبی	مساحت تصویر	ضریب کرویت
رقم	5/5820**	0/1889*	0/1419	0/8920**	0/6937**	0/1751**	670/3673**	0/0156**
رطوبت	1/0800**	0/8124**	1/1787**	1/0034**	1/0256**	0/2648**	201/6215**	0/0002
رقم × رطوبت	0/1353	0/0222	0/0664	0/0570	0/0531	0/0122	16/5005	0/0001
C.V	3/16	3/04	3/19	2/89	2/90	5/84	6/00	1/32

**معنی‌دار در سطح یک درصد/ *معنی‌دار در سطح پنج درصد/ بدون ستاره: معنی‌دار نیست.



شکل 1- تأثیر میزان رطوبت روی ابعاد محوری (طول، عرض و ضخامت) دانه نخود ارقام مورد آزمایش

Archive of SID

www.SID.ir

در تحقیق دیگر مقدار میانگین هندسی قطر دانه نخود رقم کاکا 6/04 میلی‌متر گزارش شده است (4) که از نتایج آزمایش حاضر (دانه رقم آرمان 7/79، رقم هاشم 7/93 و رقم 93-93؛ 8/16 میلی‌متر) کمتر می‌باشد.

سطح جانبی دانه نخود رقم 93-93 با اختلاف معنی‌دار ($P<0/01$) نسبت به مورد مشابه خود در ارقام آرمان و هاشم به ترتیب 9/7 و 5/7 درصد بیشتر بود (شکل 3). مساحت سطح در جداسازی دقیق و صحیح، حمل و نقل و انتقال حرارت و جرم کاربرد داشته و در بعضی فرآیندها نظیر جداسازی مواد اضافی از دانه‌ها در خلال عملیات تمیز کردن به وسیله اسباب پنوماتیکی استفاده می‌شود. در تحقیق دیگری مقدار مساحت تصویر برای دانه نخود واریته کوچباسی 1/16 سانتی‌متر مربع گزارش شده است (26). همچنین آل حسینی و همکاران (1390) نیز در پژوهش خود میانگین سطح جانبی نخود فرنگی ارقام شمشیری و پفکی را به ترتیب 1/63 سانتی‌متر مربع و 2/33 سانتی‌متر مربع گزارش نمودند (1).

مشاهده شد که ضریب کرویت دانه رقم هاشم با اختلاف معنی‌دار 5/78 درصد بیشتر از ضریب کرویت دانه رقم 93-93 و بدون اختلاف معنی‌دار 0/46 درصد بیشتر از ضخامت دانه رقم آرمان است (شکل 4). در تحقیق دیگری میزان کرویت دانه نخود رقم کاکا 0/790 گزارش شده است (4). در تحقیق دیگری ضریب کرویت معادل 0/83 برای دانه نخود گزارش شده است (28). آل حسینی و همکاران (1390) نیز در پژوهش خود میانگین ضریب کرویت ارقام نخود فرنگی شمشیری و پفکی را به ترتیب 0/83 و 0/84 گزارش نمودند (1).

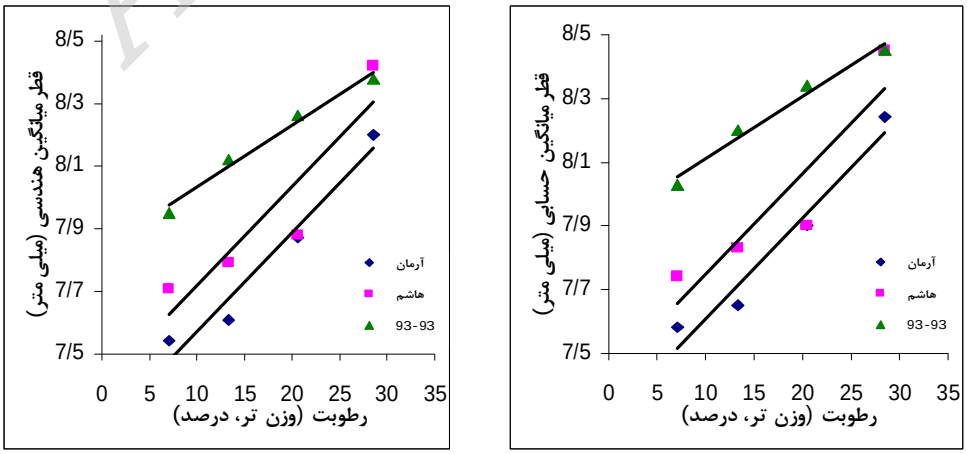
3-2- بررسی خصوصیات ثقلی دانه نخود طی خیساندن

نتایج مربوط به تجزیه واریانس خصوصیات ثقلی دانه نخود ارقام آرمان، هاشم و 93-93 در جدول 2 آورده شده است. تأثیر رقم در سطح آماری یک درصد روی خصوصیات وزن هزار دانه، حجم و دانسیته توده و در سطح آماری پنج درصد روی دانسیته ذره معنی‌دار بود ولی اثر معنی‌داری ($P<0/01$) روی صفت تخلخل مشاهده نشد. تأثیر میزان رطوبت روی تمامی خصوصیات ثقلی معنی‌دار ($P<0/01$) بود. در حالی که تأثیر متقابل رقم × میزان رطوبت روی خصوصیات وزن هزار دانه، تخلخل و دانسیته توده معنی‌دار ($P<0/01$) گردید و تأثیر معنی‌دار روی دانسیته ذره و حجم مشاهده نگردید.

جدول 2- جدول تجزیه واریانس ویژگی‌های ثقلی دانه نخود ارقام مورد آزمایش

منبع تغییر	وزن هزاردانه	دانسیته ذره	دانسیته توده	حجم	تخلخل
رقم	25924/4212 **	35521/2667*	3027/2667 **	1/1772 **	68/2782
رطوبت	34247/8404 **	50984/5778**	14864/6833 **	0/9787 **	283/9237 **
رقم × رطوبت	768/0729 **	2958/7778	1663/7333 **	0/0232	72/2431 **
C.V	3/56	7/49	1/25	7/04	12/80

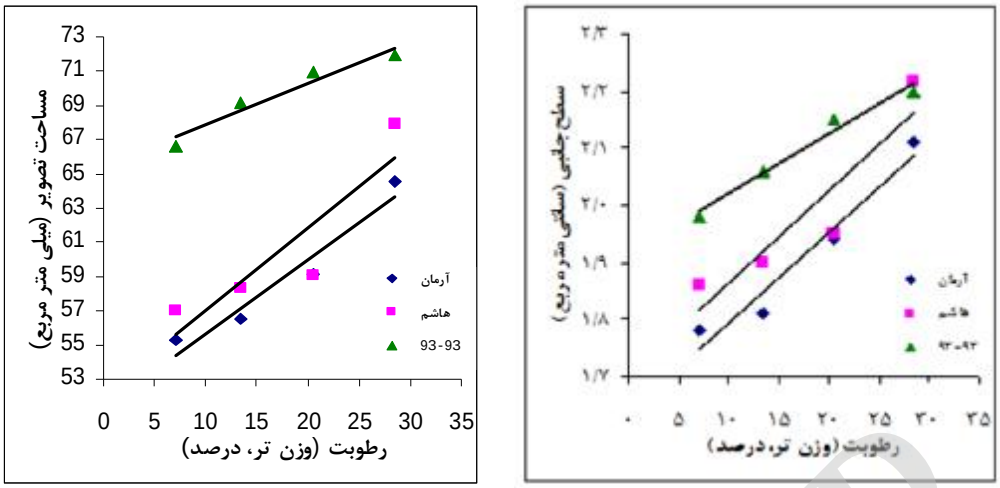
**معنی‌دار در سطح یک درصد/ *معنی‌دار در سطح پنج درصد/ بدون ستاره: معنی‌دار نیست.



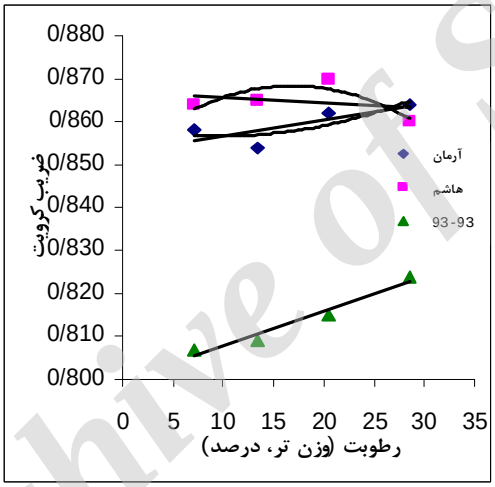
شکل 2- تأثیر میزان رطوبت روی میانگین حسابی و هندسی قطر دانه نخود ارقام مورد آزمایش

Archive of SID

www.SID.ir



شکل 3- تأثیر میزان رطوبت روی سطح جانبی و مساحت تصویر (سایه‌نگار) دانه نخود ارقام مورد آزمایش



شکل 4- تأثیر میزان رطوبت روی ضریب کرویت دانه نخود ارقام مورد آزمایش

تغییرات مقادیر خصوصیات ثقلی شامل وزن هزار دانه[1]، حجم، دانسیته ذره، دانسیته توده و تخلخل دانه نخود ارقام آرمان، هاشم و 93-93 همراه با افزایش میزان رطوبت به ترتیب در شکل‌های 5 تا 7 نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود میزان وزن هزار دانه نخود رقم 93-93 نسبت به موارد مشابه خود در ارقام آرمان و هاشم به ترتیب 17/4 و 18/5 درصد بیشتر بود. در گزارش دیگری وزن دانه نخود رقم کوچباسی معادل 0/324 گرم آمده است (26) که در هر دو مورد نتایج این تحقیق مقادیر بیشتری را نشان می‌دهد. رضوی و همکاران (1389) وزن هزار دانه نخود دسی واریته‌ی کاکا را 134/54 گرم گزارش نموده‌اند (4). در رابطه با افزایش وزن هزار دانه همراه با افزایش میزان رطوبت، نتایج مشابهی در مورد دانه‌های دیگری مانند ذرت شیرین (16)، عدس (5، 18)، لوبیا قرمز (21)، سویا (6)، سورگوم (30)، شاهدانه (32) و نخود (34) به دست آمده است. آل حسینی و همکاران (1390) نیز در پژوهش خود میانگین وزن هزار دانه ارقام نخود فرنگی شمشیری و پفکی را به ترتیب 214/01 و 359/83 گزارش نمودند (1).

دانسیته ذره دانه نخود رقم هاشم نسبت به مورد مشابه خود در رقم 93-93 بدون اختلاف معنی‌دار ($P<0/05$) 1/8 درصد و نسبت به مورد مشابه خود در رقم آرمان با اختلاف معنی‌دار ($P<0/05$) 6/6 درصد بیشتر بود (شکل 6). در گزارش دیگری دانسیته ذره دانه نخود رقم کوچباسی معادل 1428 کیلوگرم بر متر مکعب

[1] Thousand kernel mass (TKM)

Archive of SID

www.SID.ir

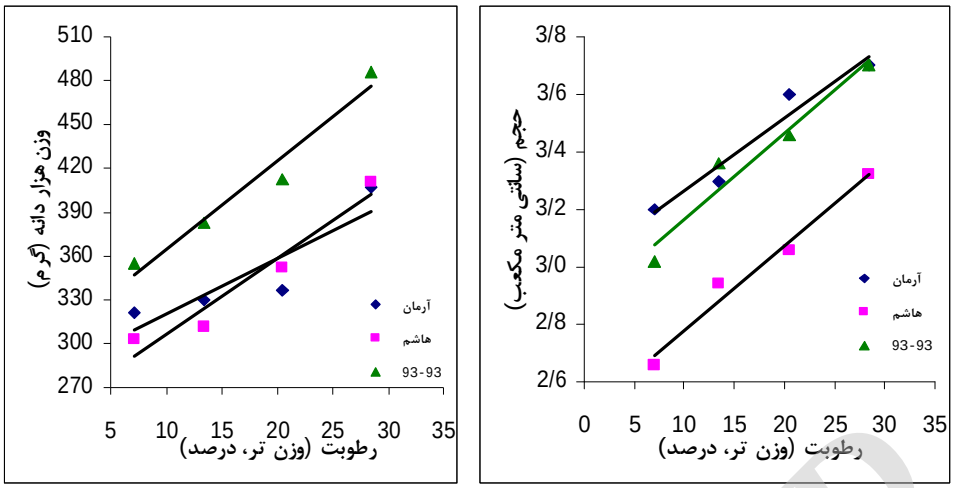
آمده است (26). رضوی و دیگران (1389) دانسیته ذره دانه نخود دسی واریته‌ی کاکا را 1495/32 کیلوگرم بر متر مکعب گزارش نموده‌اند که مقادیر بیشتری از نتایج این تحقیق را در بر دارد (4). آل حسینی و همکاران (1390) نیز در پژوهش خود میانگین دانسیته ذره ارقام نخود فرنگی شمشیری و پفکی را به ترتیب 1193/57 کیلوگرم بر متر مکعب و 1192/60 کیلوگرم بر متر مکعب گزارش نمودند (1). همچنین، دانسیته توده نخود رقم هاشم نسبت به مورد مشابه خود در ارقام آرمان و 93-93 با اختلاف معنی‌داری ($P<0/05$) به ترتیب 2/0 و 3/2 درصد بیشتر بود. در تحقیق دیگری میزان دانسیته توده نخود رقم کوچباسی معادل 800 کیلوگرم بر متر مکعب گزارش شده است (26) و رضوی و دیگران (1389) دانسیته توده نخود دسی واریته کاکا را 860/83 کیلوگرم بر متر مکعب گزارش نموده‌اند که در هر دو مورد نتایج این تحقیق (آرمان 768/85 کیلوگرم بر متر مکعب ، هاشم 784/35 کیلوگرم بر متر مکعب و 93-93 760/0 کیلوگرم بر متر مکعب) مقادیر کمتری را نشان می‌دهد (4). همچنین آل حسینی و همکاران (1390) نیز در پژوهش خود میانگین دانسیته توده ارقام نخود فرنگی شمشیری و پفکی را به ترتیب 672/87 کیلوگرم بر متر مکعب و 654/20 کیلوگرم بر متر مکعب گزارش نمودند (1).

نتایج تحقیق حاضر مبنی بر کاهش میزان دانسیته توده همراه با افزایش میزان رطوبت با نتایج کوناک و همکاران، (2002) که کاهشی از 800 به 741/4 کیلوگرم بر متر مکعب را گزارش نموده است همسویی داشته (26) ولی در مورد دانسیته ذره که در این آزمایش با افزایش میزان رطوبت افزایش داشت و در تحقیق کوناک و همکاران، (2002) کاهشی از 1428 به 1368 کیلوگرم بر متر مکعب را نشان داده، همخوانی ندارد (26). کاهش دانسیته توده با افزایش رطوبت، در مطالعات مشابه‌ی که بر روی دانه‌های بادام زمینی (13)، کتان (15)، عدس (5)، لوبیا قرمز (21) و نخود (34) انجام گرفته نیز دیده شده است. البته در چند مطالعه دیگر، دانسیته توده دانه‌های رقم نخود QP-38 (14)، کدوتنبل (23) و فندق (25) با افزایش رطوبت زیاد شده است. این حالت به دلیل نرخ افزایش حجم سریعتر دانه نسبت به افزایش جرم بوده که سبب کاهش دانسیته توده گردید. به بیان دیگر افزایش جرم دانه‌های نخود در نتیجه جذب رطوبت کمتر از انبساط حجمی توده‌ی دانه با افزایش رطوبت است (5). احتمالاً این شیوه واکنش مربوط به ویژگی‌های ساختاری دانه می‌باشد (22). به نظر می‌رسد که اختلاف در ویژگی‌های ترکیبات دیواره سلولی و محتویات درون آندوسپرم سبب این حالت می‌گردد. جذب رطوبت و به دنبال آن تورم لایه آلرون سلول‌های آندوسپرم دانه و پُر شدن منافذ و لوله‌های موئین موجود در ساختار دانه با آب، سبب افزایش حجم و تغییر ابعاد محوری دانه نخود می‌شود. به بیان دیگر این تورم به اثر جذب آب در فضاهای بین سلولی و پلیمرهای نشاسته نسبت داده می‌شود (17). همانطور که در شکل 6 نشان داده شده است، نرخ درصد کاهش دانسیته توده بالاتر از نرخ درصد افزایش دانسیته واقعی در حین افزایش محتوای رطوبتی است. بنابراین افزایش تخلخل دانه‌های نخود قابل توجیه است (20). در تحقیقات مشابهی که بر روی ویژگی‌های فیزیکی برخی از ارقام عدس (5)، لوبیا قرمز (21)، سویا (6) و سیاه دانه (33) صورت گرفته، تخلخل همانند نتایج تحقیق حاضر با افزایش رطوبت، افزایش یافته است. برخلاف این نتایج، تخلخل دانه‌های سویا (19) و هندوانه (27) کاهش یافته است. آل حسینی و همکاران (1390) نیز در پژوهش خود میانگین تخلخل ارقام نخود فرنگی شمشیری و پفکی را به ترتیب 43/65 درصد و 45/10 درصد گزارش نمودند (1).

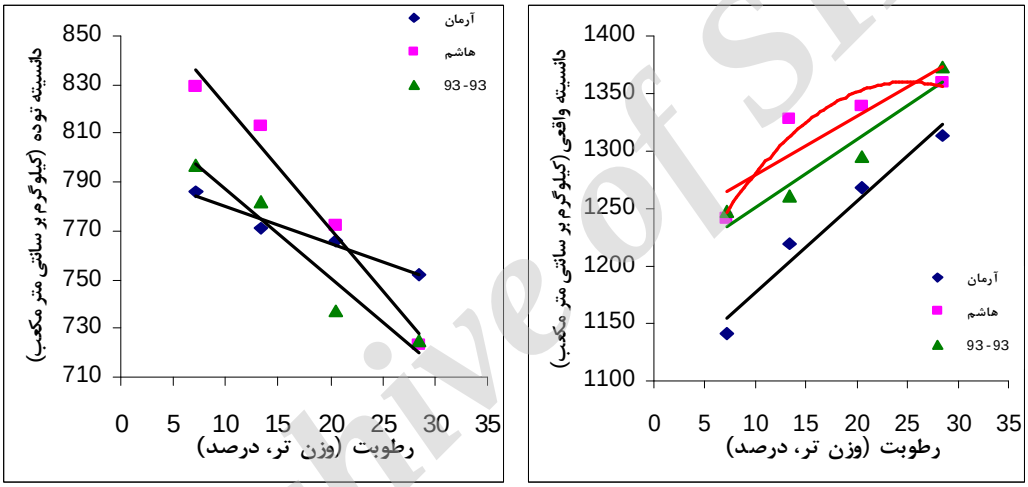
تخلخل دانه نخود رقم هاشم نسبت به مورد مشابه خود در رقم 93-93 با اختلاف معنی‌دار ($P<0/05$) 9/8 درصد و نسبت به مورد مشابه خود در رقم آرمان بدون اختلاف معنی‌دار ($P<0/05$) 7/0 درصد بیشتر بود (شکل 7). در تحقیق دیگری میزان تخلخل نخود رقم کوچباسی معادل 44 درصد گزارش شده است (26) و رضوی و دیگران (1389) تخلخل نخود دسی واریته کاکا را 41 درصد گزارش نموده‌اند که در هر دو مورد نتایج این تحقیق (آرمان 37/34 درصد ، هاشم 39/97 درصد و 93-93، 36/4 درصد) مقادیر کمتری را نشان می‌دهد (4). افزایش حجم در اثر بالا رفتن رطوبت را می‌توان به جذب آب توسط دانه‌ها نسبت داد. به نظر می‌رسد تفاوت در جذب آب در سه رقم نخود مورد آزمایش از اختلاف در ویژگی‌های ترکیبات دیواره سلولی و محتویات درون آندوسپرم آنها نشأت می‌گیرد. همچنین بیشینه مقدار تخلخل در سطح رطوبتی سوم (البته بدون اختلاف معنی‌دار با سطح رطوبتی چهارم) مشاهده شد که نسبت به کمینه آن در پایین‌ترین سطح رطوبتی (سطح اول)، 29/7 درصد بیشتر بود.

Archive of SID

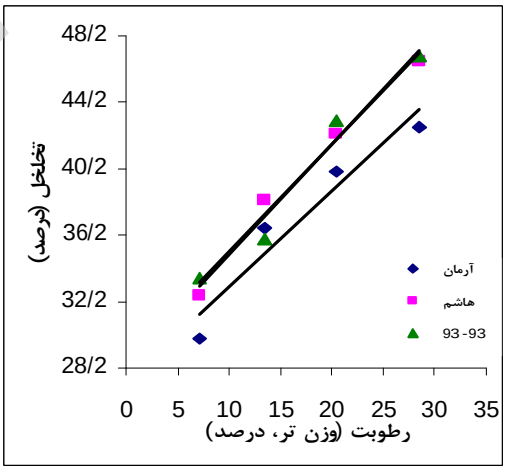
www.SID.ir



شکل 5- تأثیر میزان رطوبت روی وزن هزار دانه و حجم دانه نخود ارقام مورد آزمایش



شکل 6- تأثیر میزان رطوبت روی دانسیته توده و واقعی دانه نخود ارقام مورد آزمایش



شکل 7- تأثیر میزان رطوبت روی میزان تخلخل دانه نخود ارقام مورد آزمایش

Archive of SID

www.SID.ir

3-3- پیش‌بینی وزن هزار دانه توسط ژنتیک الگوریتم

وزن دانه بر حسب وزن هزار دانه بیان می‌شود و تابعی از اندازه و چگالی دانه است. بین وزن هزار دانه و قابلیت آسیاب رابطه مستقیم وجود دارد، یعنی هر چه وزن هزار دانه بالاتر باشد آرد بیشتری استخراج می‌شود. وزن هزار دانه در گونه‌های مختلف ارقام زراعی و شرایط محیطی مختلف متغیر می‌باشد. ارقام مختلف در شرایط آب و هوایی مشابه، دارای وزن هزار دانه متفاوتی هستند که این امراز تاثیرعوامل ژنتیکی (در کنار عوامل محیطی) بر تعیین وزن هزار دانه گیاه حکایت دارد (2). در این پژوهش با توجه به اهمیت قابل ملاحظه وزن هزار دانه، این شاخص مهندسی بر حسب تابعی از رطوبت و ابعاد محوری (طول، عرض و ضخامت)، به روش ژنتیک الگوریتم بهینه‌سازی گردید. الگوریتم ژنتیکی یک تکنیک بهینه‌سازی مرکب بوده که از طریق همانندسازی فرآیندهای تکاملی بیولوژیکی مانند آنچه در ژنتیک انجام می‌شود برای رسیدن به یک مقدار بهینه از مجموعه‌ای از ویژگی‌های متفاوت تعریف شده، به بررسی می پردازد (10).

از داده‌های بدست آمده برای مدل‌سازی استفاده گردید و مدل-های ریاضی با استفاده از رگرسیون خطی چند متغیره برای توصیف وزن هزار دانه بعنوان تابعی از رطوبت و ابعاد محوری (طول، عرض و ضخامت) توسعه داده شد (رابطه 12).

$$TKM = f(M_c, L, W, T) \qquad (12)$$

معادله رگرسیونی کلی بر حسب تابعی از رطوبت و ابعاد محوری به صورت زیر بیان می‌گردد:

$$TKM(g) = a M_c + a'L + bW + gT + d \qquad (13)$$

که در این معادله TKM وزن هزار دانه (گرم) بوده که تابعی از رطوبت (M_c)، ویژگی‌های هندسی شامل طول (L)، عرض (W) و ضخامت (T) دانه نخود می‌باشد. α، α'، β، γ و δ ضرایب ثابت مدل رگرسیونی می‌باشند.

در جدول 3 مقادیر ضرایب معادله 13 برای ارقام مختلف دانه نخود ارائه شده است. مقادیر ضرایب گزارش شده، نشان دهندهٔ ضرایب مدل رگرسیونی قبل از بهینه‌سازی مدل می‌باشد.

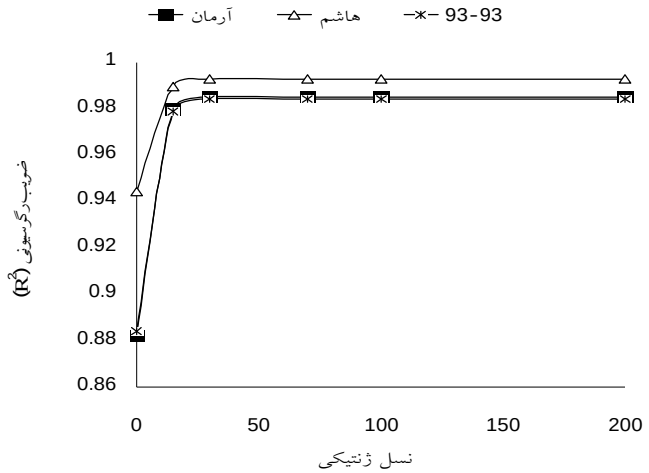
جدول 3- ضرایب مدل رگرسیونی قبل از بهینه‌سازی برای ارقام مختلف دانه نخود (مدل‌های بدست آمده در دامنه رطوبت 28/5-7/1 (%وزن‌تر) قابل تقریب می‌باشد)

رقم	ضرایب مدل					R^2
	α	α'	β	γ	δ	
آرمان	+4/39	-29/8	+97/8	-66/9	+293	0/882
هاشم	+4/78	+18/4	-29/0	+16/1	+195	0/944
93-93	+6/53	-0/80	-35/6	+6/80	+524	0/884

به منظور بهینه‌سازی ضرایب مدل ارقام مختلف دانه نخود، از مدل ژنتیک الگوریتم استفاده گردید. ویژگی‌هایی نظیر، تعداد نسل ها (بین 0 تا 200)، اندازه جمعیت (100)، تعداد جهش (2) و بقای هر نسل (50) برای بهینه‌سازی داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت. شکل 8 تغییرات میزان ضریب تبیین را در مقابل نسل‌های ژنتیکی نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌گردد، در کلیه ارقام دانه نخود با افزایش تعداد نسل ژنتیکی از 0 تا حدود 70، ضریب تبیین روند صعودی را داشته و در 70 نسل ژنتیکی به حداکثر مقدار خود می‌رسد. بهترین تعداد نسل ژنتیکی برای تخمین ضرایب مدل از طریق روش آزمون و خطا تعیین گردید. به طور کلی، نتایج نشان داد که بهترین تعداد نسل ژنتیکی برای بهینه شدن ضرایب مدل رگرسیونی برای ارقام آرمان، هاشم و 93-93 به ترتیب 70، 30 و 70 نسل ژنتیکی بدست آمد. مقادیر ضرایب ثابت مدل بعد از بهینه‌سازی در تعداد نسل ژنتیکی بهینه برای هر رقم در جدول 4 نشان داده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

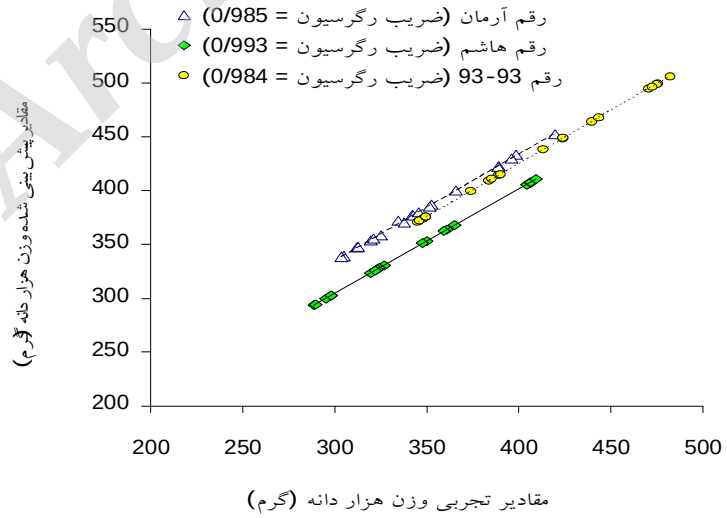


شکل 8- تغییرات مقادیر ضریب رگرسیونی در نسل‌های مختلف ژنتیکی، در پیش‌بینی وزن هزار دانه ارقام مختلف دانه نخود.

جدول 4- ضرایب مدل رگرسیونی بعد از بهینه‌سازی برای ارقام مختلف دانه نخود (دامنه رطوبت قابل قبول 28/5-7/1 (%وزن‌تر))

رقم	ضرایب مدل					R^2	تعداد نسل ژنتیکی بهینه
	α	α'	β	γ	δ		
آرمان	+4/1954	-30/4453	+101/728	-65/9626	+301	0/985	70
هاشم	+4/6285	+17/5529	-28/00	+15/8456	+203	0/993	30
93-93	+6/4127	-0/79674	-34/5996	+6/5630	+545	0/984	70

نمودار حساسیت مدل مقادیر پیش بینی شده توسط مدل ژنتیک الگوریتم در برابر مقادیر تجربی در پیش‌بینی وزن هزار دانه ارقام مختلف دانه نخود در شکل 9 نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد، داده‌ها به طور تصادفی در اطراف خط رگرسیونی با ضریب تبیین بالاتر از 0/984 قرار گرفته‌اند که این خود دلیلی بر ارزیابی دقیق مدل ژنتیک الگوریتم در پیش‌بینی وزن هزار دانه ارقام مختلف دانه نخود می‌باشد.



شکل 9- مقادیر پیش‌بینی شده در برابر مقادیر تجربی مدل الگوریتم ژنتیک در پیش‌بینی وزن هزار دانه ارقام مختلف دانه نخود.

Archive of SID

www.SID.ir

4-نتیجه‌گیری

1- به جز ضخامت، تیمار رقم تاثیر معنی‌دار روی خصوصیات هندسی طول، میانگین حسابی قطر، میانگین هندسی قطر، سطح جانبی، مساحت تصویر و ضریب کرویت در سطح آماری یک درصد (P<0/01) و روی عرض در سطح آماری پنج درصد تأثیر معنی‌دار داشت (P<0/05) به طوری که رقم 93-93 بیشترین امتیاز آماری را در بین سایر ارقام داشت.

2- با توجه به تأثیر معنی‌دار میزان رطوبت (P<0/01) روی تمامی خصوصیات هندسی به جزء ضریب کرویت، بیشینه مقادیر در مورد طول، عرض، ضخامت، میانگین حسابی و هندسی قطر، سطح جانبی و مساحت تصویر با اختلاف معنی‌دار (P<0/01) در بالاترین سطح رطوبتی (سطح چهارم، 28/5 درصد بر اساس وزن‌تر)، مشاهده گردید.

3- تأثیر رقم در سطح آماری یک درصد روی خصوصیات وزن هزار دانه، حجم و دانسیته توده و در سطح آماری پنج درصد روی دانسیته ذره معنی‌دار بود ولی اثر معنی‌داری (P<0/01) روی صفت تخلخل مشاهده نشد. همچنین تأثیر میزان رطوبت روی تمامی خصوصیات ثقلی معنی‌دار (P<0/01) گردید.

4- نتایج بهینه‌سازی وزن هزار دانه ارقام مختلف دانه نخود بر حسب تابعی از رطوبت و ابعاد محوری (طول، عرض و ضخامت)، به روش ژنتیک الگوریتم بیانگر دقت بالای مدل ژنتیک الگوریتم در پیش‌بینی ارقام مورد بررسی بود. به طوری که این مدل توانست وزن هزار دانه ارقام آرمان، هاشم و 93-93 نخود را به ترتیب با 70، 30 و 70 نسل ژنتیکی بهینه نماید.

5-منابع

1. آل حسینی، ع.، توکلی‌پور، ح.، قدس‌ولی، ع.ر.، جعفری، س.م. 1390. بررسی ویژگی‌های فیزیکی دو رقم نخود فرنگی. *مجله‌ی علمی پژوهشی علوم و فناوری غذایی*. 3(1): 50-43.

2. امینی، م.، 1390، تجارت و علوم گندم، گروه صنعتی و پژوهشی زر. صفحه 31.

3. بیابانی، ع.، 1388، اثر آرایش‌های کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و برخی خصوصیات زراعی نخود (*Cicer arietinum*) رقم فیلیپ، مجله *الکترونیک تولید گیاهان زراعی*، جلد دوم، شماره دوم، صفحات 24-15.

4. رضوی، م. ع. زایرزاده، ا.خفاجی، ن. و پهلوانی، م. 1389. بررسی برخی خواص فیزیکی و بذر و لپه نخود دسی واریته کاکا. *پژوهش‌های حبوبات ایران*، جلد 1، شماره 1، 83-77.

5. زاهدی، س. م. ت. طاهری، ا. موسوی، س. م. و جعفری، س. م. 1388. بررسی اثر محتوای رطوبتی بر شاخص‌های فیزیکوشیمیایی دو رقم عدس کشت شده در ایران. *فصلنامه‌ی علوم و فناوری غذایی*، سال اول، شماره اول. سبزوار.

6. فرهنگ‌مهر، ع. قدس‌ولی، ع. ر. و حدادخداپرست، م. ح. 1388. بررسی خواص فیزیکی دانه‌ی سویا. *فصلنامه‌ی علوم و فناوری غذایی*، سال اول، شماره سوم. سبزوار.

7. صباغ‌پور، س.ح.، صفی خانی، م.، پزشکپور، پ.، جهانگیری، ع.، سرپرست، ر.، کرمی، ا.، پورسیاه بیدی، م.، شهریاری، د.، محمودی، ف. و کشاورز، ک. 1389. آزاد، رقم جدید نخود زراعی برای مناطق معتدل و نیمه گرمسیری ایران در شرایط دیم. *مجله به‌نژادی نهال و بذر*. 2، 295-293.

8. کرمانی، ع. 1387. برخی خواص فیزیکی و مکانیکی فندق و مغز آن. مجموعه مقالات پنجمین کنگره *ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون*، دانشگاه فردوسی مشهد.

9. مختاریان، م.، توکلی پور، ح. و کوشکی، ف.، 1390، پیش بینی خواص فیزیکی پسته با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی در طی فرآوری، *فصلنامه‌ی علوم و فناوری غذایی*، سال سوم، شماره سوم. سبزوار.

10. مختاریان، م. و کوشکی، ف.، 1391، امکان‌سنجی استفاده از مدل‌های مختلف پیش‌بینی کننده در تخمین جرم دانه‌ی پسته و تعیین مناسب‌ترین مدل، *نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی*، جلد 22، شماره 3. تبریز.

11. 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.

12. ASAE S352.2. 1997. Moisture Measurement-Unground Grain and Seeds, ASAE standards vol. 555, ASAE, St. Joseph, MI.

13. Aydin, C. 2007. Some engineering properties of peanut and kernel. *Journal of Food Engineering*, 79(3), 810-816.

14. Baryeh, E.A. Mangope, B. K. 2003. Some physical properties of QP-38 variety pigeon pea. *Journal of Food Engineering*, 56(1), 59-65.

15. Bilanski, W. K., Collins, S. K. and Chu, P. 1962. Aerodynamic Properties of seed grains.

Archive of SID

www.SID.ir

16. Bülent Coşkun, M., Yalçin, I. and Özarslan, C. 2006. Physical properties of sweet corn seed (Zea mays saccharata Sturt.). *Journal of Food Engineering*, 74(4), 523-528.
17. Çağatay Selvi, K., Pinar, Y. and Yeşiloğlu, E. 2006. Some Physical Properties of Linseed. *Biosystems Engineering*, 95(4), 607-612.
18. Çarman K. 1996. Some Physical Properties of Lentil Seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 63(2), 87-92.
19. Deshpande, S. D., Bal, S. and Ojha, T. P. 1993. Physical Properties of Soybean. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 56(2), 89-98.
20. Gupta, R. K., and Das, S. K. 1997. Physical Properties of Sunflower Seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 66(1), 1-8.
21. Isik, E., and Ünal, H. 2007. Moisture-dependent physical properties of white speckled red kidney bean grains. *Journal of Food Engineering*, 82(2), 209-216.
22. Jayan, P.R., and Kumar, V. G. F. 2004. Planter design in relation to the physical properties of seeds. *Journal of Tropical Agriculture*, 42(1-2), 69-71.
23. Joshi, D. C., Das, S. K. and Mukherjee, R. K. 1993. Physical Properties of Pumpkin Seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 54(3), 219-229.
24. Kashaninejad, M., Ahmadi, M., Daraei, A., and Chabra, D. 2008. Handling and frictional characteristics of soybean as a function of moisture content and variety. *Powder Technology*, 188(1), 1-8.
25. Kibar, H. and Ozturk, T. 2008. The effect of moisture content on the physico-mechanical properties of some hazelnut varieties. *Journal of Stored Products Research*, 44(1), 1-5.
26. Konak, K., Çarman, K. and Aydin, C. 2002. Physica; properties of chick pea seeds. *Biosystems Engineering*, 82, 144-169.
27. Koocheki, A., Razavi, S. M. A., Milani, E., Moghadam, T. M., Abedini, M., Alamatiyan, S., and et al. 2007. Physical properties of watermelon seed as function of moisture content and variety. *International Agrophysics*, 21, 349-359.
28. Kural, H. and Çarman, K. 1997. Aerodunamic properties of seed crops. National Symposium on Mechanisation in Agriculture, Tokat, Turkey, p. 615-623.
29. Mohsenin, N. N. 1986. Physical properties of plant and animal materials. New York: Gorden and Breach.
30. Mwithiga, G. and Sifuna, M.M. 2006. Effect of moisture content on the physical properties of three varieties of sorghum seeds. *Journal of Food Engineering*, 75(4), 480-486.
31. Razavi, S. M. A., Emadzadeh, B., Rafe, A. and Amini, M. A. 2007. The physical properties of pistachio nut and its kernel as a function of moisture content and variety: Part I. Geometrical properties. *Journal of Food Engineering*, 81(1), 209-217.
32. Sacilik, K., Öztürk, R., and Keskin, R. 2003. Some Physical Properties of Hemp Seed. *Biosystems Engineering*, 86(2), 191-198.
33. Solomon, W. K. and Zewdu, A. D. 2009. Moisture-dependent physical properties of niger (Guizotia abyssinica Cass.) seed. *Industrial Crops and Products*, 29(1), 165-170.
34. Yalçin, I. 2007. Physical properties of cowpea (Vigna sinensis L.) seed. *Journal of Food Engineering*, 79(1), 57-62.

Archive of SID

www.SID.ir