نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۷ شمارهٔ۲، صفحهٔ ۱۲۴-۱۰۹، نیمهٔ دوم ۱۳۹۵

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 2, 2016, p. 109-124
DOI: 10.22067/ijpr.v7i2.44931

اثرات روش‌های مختلف کم‌آبیاری بر خواص فیزیکی، مکانیکی و بیولوژیکی لوبیای قرمز

عبداله ایمان‌مهر[1] و ناصر گنجی خرم‌دل[2]*

۱- عضو هیئت علمی (استادیار) گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی دانشگاه اراک، a-imanmehr@araku.ac.ir
۲- عضو هیئت علمی (استادیار) گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه اراک

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۷/۰۱

چکیده

تحقیق حاضر، با هدف بررسی تأثیر پنج روش آبیاری شامل آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، قطره‌ای سطحی، بارانی سنترپیوت، بارانی ثابت و آبیاری سطحی اصلاح‌شده و چهار سطح نیاز آبی گیاه شامل ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵درصد بر خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و بیولوژیکی دانه لوبیای قرمز (رقم ناز) انجام شد. آزمایش‌ها به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه‌تکرار اجرا گردید. در این تحقیق پارامترهای ابعاد، قطر متوسط هندسی، کرویت، حجم، سطح ، دانسیته حجمی، دانسیته واقعی، تخلخل، سختی دانه، زاویه استقرار، ضریب اصطکاک، شاخص شناوری، درصد جوانه‌زنی و قدرت دانه اندازه‌گیری شد و اثر تیمارهای آزمایش بر فاکتورهای فوق بررسی گردید. نتایج نشان داد که بزرگترین ابعاد دانه و قطر هندسی لوبیا با سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و کمترین ابعاد دانه با سیستم آبیاری بارانی سنترپیوت به‌دست آمد. تنها نیاز آبی و اثر متقابل آن با سیستم آبیاری اثرات معنی‌داری را بر درصد کرویت دانه نشان‌داد. مقادیر دانسیته حجمی تحت سیستم آبیاری سطحی بیشترین مقدار (۷۲۲گرم بر لیتر) و تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی کمترین مقدار (۶۸۹ گرم بر لیتر) بود. دانسیته واقعی، درصد تخلخل و شاخص شناوری توسط تیمارهای آزمایش تحت تأثیر قرار نگرفتند. بیشترین رطوبت دانه متعلق به دانه‌های تولیدی تحت سیستم‌های آبیاری بارانی ثابت و محور گردشی (۱۶/۴ و ۱۶درصد) بود. وزن صددانه و حجم دانه با افزایش مقدار آب مصرفی روند صعودی داشتند. بیشترین حجم دانه لوبیا (mm^3) ۸۷۶، تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و با بیشترین میزان آب مصرفی برابر ۱۲۵درصد نیاز آبی به‌دست آمد. بیشترین زاویه استقرار دانه‌ها برابر ۲۳/۲درجه و ضریب اصطکاک ۰/۳۸۷، تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و کمترین زاویه استقرار برابر ۲۰/۴درجه و ضریب اصطکاک استاتیکی برابر ۰/۳۵۵ تحت آبیاری سطحی اصلاح‌شده حاصل گردید. سختی دانه تحت تأثیر هیچ‌یک از تیمارهای مقدار آب مصرفی و سیستم‌های آبیاری قرار نگرفت. بیشترین سختی دانه ($61/5\ N/mm^2$) در سیستم آبیاری زیرسطحی و کمترین مقاومت دانه ($56/3\ N/mm^2$) در سیستم آبیاری سطحی حاصل گردید. نتایج آنالیز آماری خصوصیات بیولوژیکی نشان‌داد که تنها سیستم آبیاری اثر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی دانه دارد و بیشترین درصد جوانه‌زنی برابر ۹۴/۷درصد مربوط به دانه‌های تولید شده تحت سیستم آبیاری سطحی اصلاح‌شده و پس از آن آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، قطره‌ای سطحی، بارانی ثابت و در نهایت سیستم بارانی سنتر پیوت بود.

واژه‌های کلیدی: خواص بیولوژیکی، خواص فیزیکی، خواص مکانیکی، سیستم‌های آبیاری، کم‌آبیاری، لوبیای قرمز

مقدمه

لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی خانواده بقولات است که در دنیای جدید یکی از منابع مهم پروتئینی و کالری در تغذیه انسان محسوب می‌شود (Graham & Ranalli, 1997; Lymo *et al.*, 1992; Geil *et al.*, 1994). بر اساس آمار انتشاریافته سطح زیرکشت جهانی این گیاه بالغ بر ۲۴میلیون هکتار با متوسط عملکرد جهانی در حدود ۶۰۰کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Graham & Ranalli, 1997). سطح زیر کشت این گیاه در ایران ۱۲۵هزار هکتار با میانگین عملکردی بیشتر از متوسط عملکرد جهانی در حدود ۱۴۷۰کیلوگرم در هکتار گزارش شده است. (Ghafari Khligh, 2000). خواص فیزیکی و مکانیکی دانه، کیفیت و تولید دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بنابراین باید به‌عنوان پارامترهای اصلی در طراحی ماشین‌های کشاورزی نظیر کارنده‌ها، برداشت‌کننده‌ها، ماشین‌های تمیزش دانه، ماشین‌های درجه‌بندی، ماشین‌های خشک‌کُن و تجهیزات ذخیره‌سازی درنظرگرفته شود (Harmond *et al.*, 1962 & Zoerb, 1976). برخی

* **نویسنده مسئول:** اراک، خیابان شهیدبهشتی، دانشگاه اراک، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی آب، کد پستی: ۸۳۴۹-۸-۳۸۱۵۶، تلفن همراه: ۰۹۳۹۳۹۷۵۲۵۷
n-ganjikhorramdel@araku.ac.ir

خصوصیات فیزیکی دانه کلزا (در سه‌سطح رطوبتی ۴/۷، ۱۳/۱۴ و ۲۳/۹۶درصد (بر پایه وزن تَر) اندازه‌گیری و آنالیز گردید. بر اساس نتایج حاصله، تمام ابعاد دانه‌ها با افزایش سطح رطوبتی افزایش یافت. تخلخل، سطح مقطع، وزن هزاردانه و سرعت حد دانه‌ها با افزایش رطوبت افزایش و دانسیته حجمی و کرویت کاهش یافت (Calisir *et al*., 2005). بررسی خصوصیات فیزیکی سویا در محدودهٔ رطوبتی ۸/۷درصد تا ۲۵درصد بر پایه خشک، شامل ابعاد هندسی، قطر میانگین هندسی، ضریب کرویت، سطح خارجی دانه، حجم و جرم دانه، وزن هزاردانه و جرم‌مخصوص حقیقی و جرم‌مخصوص ظاهری، نتایج نشان‌داد که با افزایش رطوبت، به‌جز جرم‌مخصوص ظاهری که کاهش یافت، دیگر خواص ذکرشده با افزایش رطوبت افزایش یافتند (Deshpande *et al*., 1993). در تحقیقی خصوصیات فیزیکی و بیولوژکی دانه گلرنگ، تحت تأثیر رطوبت بررسی شد. نتایج نشان‌داد که با افزایش رطوبت ضریب کرویت، قطرمیانگین هندسی، حجم و جرم دانه افزایش یافت. همچنین با افزایش رطوبت درصد جوانه‌زنی افزایش و درصد قدرت دانه‌ها کاهش یافته است (Baumler *et al*., 2006). در تحقیقی دیگر خصوصیات فیزیکی دانه پنبه از قبیل شامل ابعاد هندسی، قطر میانگین هندسی، حجم، ضریب کرویت، تخلخل، جرم‌مخصوص حقیقی، جرم‌مخصوص ظاهری، وزن هزاردانه، ضریب اصطکاک، سرعت حد و نیروی لازم برای جداکردن پوسته بررسی شد. نتایج نشان‌داد به‌جز جرم‌مخصوص ظاهری، تخلخل و نیروی لازم برای جداکردن پوسته که با افزایش رطوبت کاهش یافتند و دیگر پارامترهای ذکرشده افزایش یافتند (Ozarslan, 2002). در پژوهشی دیگر تأثیر رطوبت بر برخی خصوصیات فیزیکی دانهٔ آفتاب‌گردان مطالعه شد. نتایج نشان‌داد که با افزایش رطوبت، جرم‌مخصوص ظاهری کاهش و ضریب اصطکاک، جرم‌مخصوص حقیقی، تخلخل و سرعت حد افزایش یافتند (Gupta & Das, 1997). بررسی خصوصیات بیولوژیکی دانه گندم نشان‌داد با افزایش رطوبت از ۵/۵درصد تا ۸/۱۷درصد (بر پایه تَر) درصد جوانه‌زنی افزایش و درصد قدرت دانه‌ها کاهش می‌یابد (El Raie *et al*., 1996). یکی از راه‌های اصولی برای جلوگیری از بروز صدمات مکانیکی، شناخت ویژگی‌های مقاومتی محصول تحت شر ایط مختلف است. برای حصول به‌این اطلاعات، انجام آزمون‌های مکانیکی مانند آزمون فشاری مفید خواهد بود. نیروی لازم برای گسیختگی دانه معیار مناسبی برای طراحی با کارآیی و کیفیت بالاتر می‌باشد که از آن می‌توان به‌عنوان اصول اولیه و اساسی در طراحی و تنظیم قسمت‌های مختلف ماشین‌هایی که با دانه در ارتباط می‌باشند، استفاده کرد (Bargale & Irudayaraj, 1995). اطلاع از خواص مکانیکی و فاکتورهای مؤثر در گسیختگی محصولات کشاورزی برای مدل‌سازی و طراحی سیستم‌های خُردکُن و ماشین‌های پس از برداشت اهمیت دارد (Afkari Sayyah & Minaei, 2004). در تحقیقی اثر پارامترهای خشک‌کُن شامل سه‌سطح رطوبت (۱۰، ۱۲ و ۱۴ درصد بر مبنای خشک)، سه‌سطح دمای خشک‌کردن (۵۰ ۶۰ و ۷۰ درجه سلسیوس) و سه‌رقم سویا (هیل، پرشینگ و گرگان۳) بر خواص مکانیکی دانه سویا موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان‌داد با افزایش رطوبت از ۱۰ به ۱۴درصد مقادیر نیروی لازم برای گسیختگی و انرژی لازم برای گسیختگی افزایش داشته است و با افزایش دمای خشک‌کردن از ۵۰ به ۷۰درجه سیلسیوس، نیروی لازم برای گسیختگی دانه نیز افزایش می‌یابد. (Alami *et al*., 2009). در تحقیق دیگری اثر اندازه دانه در سه سطح (ریز، متوسط و درشت)، رطوبت در سه سطح (۷، ۱۲و ۱۶درصد بر پایه تَر) و جهت بارگذاری در ۲سطح (پهلو و از رو) بر نیروی لازم برای گسیختگی و انرژی لازم برای گسیختگی دانه سه رقم نخود ایرانی (بیونژ، کاکا و جم) تحت اثر نیروهای شبه‌اِستاتیک مطالعه شد. نتایج نشان‌داد با افزایش رطوبت از ۷ به ۱۶درصد، نیروی لازم برای گسیختگی کاهش و انرژی لازم برای گسیختگی افزایش داشت. نیرو و انرژی لازم برای گسیختگی دانه در بارگذاری از پهلو به‌طور معنی‌داری بیشتر از بارگذاری از رو به‌دست آمد (Khazaei *et al*., 2004). در پژوهشی دیگر خواص مکانیکی دانه لوبیاچیتی رقم محلی مشکین‌شهر در یک آزمایش فاکتوریل با سه‌عامل رطوبت، جهت بارگذاری و سرعت بارگذاری تعیین شد. نتایج این تحقیق نشان‌داد با افزایش رطوبت، نیروی لازم برای گسیختگی کاهش، ولی انرژی لازم برای گسیختگی و تغییر شکل در نقطه گسیختگی افزایش داشته است. همچنین نیروی لازم برای گسیختگی، انرژی لازم برای گسیختگی و تغییر شکل در نقطه گسیختگی در بارگذاری در جهت عرض دانه بیشتر از بارگذاری در جهت ضخامت دانه بوده است. علاوه‌بَراین، با افزایش سرعت بارگذاری، نیروی لازم برای گسیختگی، انرژی لازم برای گسیختگی و تغییر شکل در نقطه گسیختگی کاهش داشته است (Gahhari Kermani, 2011). در تحقیق دیگری بررسی اثر محتوای رطوبتی بر خواص مکانیکی نشان‌داد که با افزایش رطوبت تغییر شکل در نقطه شکست و انرژی لازم برای شکست افزایش، ولی نیروی لازم برای شکست کاهش می‌یابد (Altuntaş & Yildiz, 2005). در تحقیقی خواص مکانیکی لوبیا به‌صورت تابعی از

محتوای رطوبتی تعیین گردید و مشخص شد که مقاومت در برابر پوست‌شدگی دانه‌های لوبیا با افزایش محتوای رطوبتی، از ۱۰۰/۷۶ به ۵۹/۰۱ نیوتن کاهش می‌یابد (Tekin *et al.*, 2006). اثر سرعت ضربه و محتوای رطوبتی بر آسیب‌های مکانیکی دانه‌های لوبیای سفید تحت بارگذاری ضربه‌ای موردبررسی قرار گرفت و معلوم گردید که با افزایش سرعت ضربه از پنج به ۱۲متر بر ثانیه، آسیب مکانیکی از ۳/۲۵ به ۳۷/۵درصد افزایش می‌یابد و با افزایش محتوای رطوبتی از پنج به ۱۵درصد، میانگین دانه‌های آسیب‌دیده ۱/۴برابر کاهش پیدا می‌کند (Khazaei, 2008). با توجه به اهمیت موضوع و ضرورت اطلاع از خواص لوبیای قرمز به‌منظور استفاده در سیستم‌های فرآوری، تحقیق حاضر با اهداف زیر انجام شده است:

اثر سیستم‌های مختلف آبیاری در تعیین خواص فیزیکی لوبیا شامل: ابعاد، قطر میانگین هندسی، کرویت، سطح، حجم، دانسیته واقعی، دانسیته حجمی، تخلخل و شاخص شناوری.

اثر سیستم‌های مختلف آبیاری در تعیین خواص مکانیکی لوبیا شامل: ضریب اصطکاک استاتیکی، زاویه استقرار دینامیکی و سختی دانه.

اثر سیستم‌های مختلف آبیاری در تعیین خواص بیولوژیکی لوبیا شامل: درصد جوانه‌زنی و درصد قدرت دانه.

از آنجا که اطلاع از خواص فیزیکی و مکانیکی، پایه و اساس طراحی و بهینه‌سازی ماشین‌های فرآوری این محصولات را تشکیل می‌دهد و خواص بیولوژیکی در شناسایی ارقام پُربازده و اقتصادی مؤثر است و با توجه به مطالعات اندک در تجمیع این نتایج در زمینه بقولاتی نظیر لوبیا، هدف این مقاله مطالعه این خواص می‌باشد.

مواد و روش‌ها

دانه‌های لوبیا تحت پنج‌سیستم آبیاری مختلف (قطره‌ای زیرسطحی، قطره‌ای سطحی، سنترپیوت، بارانی ثابت و روش سطحی اصلاح شده[1]) کشت گردیدند. چهار سطح میزان آب آبیاری شامل ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵درصد از نیاز آبی برای گیاه لوبیا در هر سیستم آبیاری بر طبق اطلاعات ایستگاه هواشناسی محلی موجود (شهر اصفهان) تعیین گردید (جدول ۱). در پایان، تمام پلات‌ها به‌صورت دستی برداشت گردید و برای مدت ۲۱روز در معرض هوای آزاد قرار گرفت تا خشک شود. سپس غلاف‌ها و دانه‌ها به‌صورت دستی جدا گردید. حدود ۱۰کیلوگرم دانه تمیز برای انجام محاسبات درنظر گرفته شد (رطوبت ۶درصد بر پایه تَر).

جدول ۱- کل میزان آب مورد نیاز آبیاری (متر مکعب در هر مرتبه) و تعداد آبیاری در سیستم‌های مختلف

Table 1. Total of water reqirement (M^3 per irrigation) and No. of irrigation in different systems

سیستم‌های آبیاری Irrigation system	۵۰درصد نیاز آبی %50 of Water requirement		۷۵درصد نیاز آبی %75 of Water requirement		۱۰۰درصد نیاز آبی %100 of Water requirement		۱۲۵درصد نیاز آبی %125 of Water requirement	
	آب مصرفی در هر دوره Water use in period (m^3)	تعداد آبیاری No. of irrigation	آب مصرفی در هر دوره Water use in period (m^3)	تعداد آبیاری No. of Irrigation	آب مصرفی در هر دوره Water use in period (m^3)	تعداد آبیاری No. of Irrigation	آب مصرفی در هر دوره Water use in period (m^3)	تعداد آبیاری No. of Irrigation
قطره‌ای زیرسطحی Sub surfase trickle	460	27	690	27	920	27	1150	27
قطره‌ای سطحی Surfase trickle	460	27	690	27	920	27	1150	27
سنتر پیوت Center pivot	590	19	890	19	1180	19	1480	19
بارانی ثابت Solid set	590	19	890	19	1180	19	1480	19
آبیاری سطحی اصلاح‌شده Modified surfase irrigation	520	3	780	4	1040	4	1300	4

[1] Modified surface irrigation

خواص فیزیکی دانه لوبیا

سه‌بُعد اصلی دانه‌های لوبیای تازه شامل طول (a)، پهنا (b) و ضخامت (c) توسط یک کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱میلی‌متر اندازه‌گیری شد. ابعاد ۳۰۰دانه در هر آزمایش اندازه گرفته شد. با کمک این سه‌بُعد، قطر میانگین هندسی (d_g)، ضریب کرویت (ϕ) و حجم (V) دانه‌ها توسط روابط (۱) تا (۳) تعیین گردید (Mohsenin, 1970).

$$d_g = (a.b.c)^{(\frac{1}{3})} \quad (۱)$$

$$\phi = (\frac{d_g}{a}) \times 100 \quad (۲)$$

$$V = \pi(a.b.c)/6 \quad (۳)$$

خواص حجمی دانه لوبیا

محتوی رطوبتی دانه

محتوی رطوبتی دانه‌های لوبیا با استفاده از نمونه‌های ۲۰گرمی که در آون[2] در درجه حرارت ۱۰۵درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ساعت قرار داده شد، تعیین گردید و سپس بر حسب درصد ارائه شد.

دانسیته واقعی دانه‌ها

ابتدا وزن ۱۰۰عدد دانه با کمک ترازوی الکتریکی اندازه‌گیری گردید (W). حجم واقعی دانه‌ها (V_a) با غوطه‌ور ساختن نمونه‌ها در یک استوانه مدرج پُر از آب و اندازه‌گیری حجم جابه‌جایی آب محاسبه شد. سپس دانسیته واقعی (ρ_a) بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب با استفاده از رابطه زیر به‌دست آمد:

$$\rho_a = W/V_a \quad (۴)$$

دانسیته حجمی دانه‌ها

دانسیته حجمی (ρ_b) با اندازه‌گیری وزن نمونه‌های دانه لوبیا که در استوانه‌ای به گنجایش یک‌لیتر بدون فشردگی ریخته شد به‌دست آمد.

تخلخل دانه‌ها

تخلخل دانه‌های لوبیا با داشتن دانسیته واقعی و حجمی و با کمک رابطه زیر به‌دست آمد (Mohsenin, 1970):

$$\%\varepsilon = (1 - \frac{\rho_b}{\rho_a}) \times 100 \quad (۵)$$

شاخص شناوری[3]

شاخص شناوری رابطه‌ای بین ضریب پُرشدگی و کل سطح جانبی دانه است و برابر مقدار زیر می‌باشد (El Raie *et al.*, 1996).

(۶)

FI(شاخص شناوری) = وزن دانه/(gr) کل سطح جانبی دانه/(cm^2)

برای محاسبه سطح جانبی دانه‌ها (S_p) از رابطه زیر استفاده شد (McCabe *et al.*, 1986).

$$S_p = \pi d_g^2 \quad (۷)$$

خواص مکانیکی دانه

ضریب اصطکاک استاتیکی

ضریب اصطکاک استاتیکی نمونه دانه‌های لوبیا (به وزن ۱۰۰گرم) با اندازه‌گیری تانژانت زاویه‌ای که ظرف نمونه دانه‌ها، بدون تماس لبه ظرف و تنها برقراری تماس دانه‌ها، شروع به لغزش بر روی سطح شیب‌دار فولادی داشته باشد (شکل ۱) از رابطه زیر به‌دست آمد (Sitkei, 1986).

$$\mu = \tan(\alpha) \quad (۸)$$

زاویه استقرار دینامیکی

وسیله نشان‌داده‌شده در شکل۲، برای اندازه‌گیری زاویه استقرار طبیعی دینامیکی (تخلیه) دانه‌های لوبیا به‌کار رفت. نمونه دانه‌ها در یک جعبه قرار داده شد و از یک دریچه که در تَه آن تعبیه گردید به‌جریان درآمد که به‌موجب آن یک سطح قیفی‌شکل در جعبه و یک سطح مخروطی‌شکل در پایین جعبه تشکیل شد که قطر هیدرولیک (D) ۲۰سانتی‌متر و ارتفاع ریزش (H) ۱۵سانتی‌متر است. زوایای این سطح با سطح اُفق، زاویه استقرار طبیعی دینامیکی می‌باشد که اندازه‌گیری شد (Sitkei, 1986).

سختی دانه

سختی دانه با استفاده از یک دستگاه مطابق شکل۳ اندازه‌گیری گردید که نیروی اعمالی موردنیاز جهت شکستن دانه را ایجاد و نشان می‌دهد. این دستگاه در دانشگاه اراک طراحی و ساخته شد. رابطه زیر برای محاسبه سختی دانه استفاده شد (Sitkei, 1986). پروب دستگاه استوانه‌ای به قطر ۲میلی‌متر و سرعت بارگذاری ثبت شده توسط ان‌کودر دستگاه پنج میلی‌متر بر دقیقه بود.

(۹) سختی دانه = (N) نیروی شکست / (mm^2) سطح تماس

[2] Forced Convection

[3] Floating Index

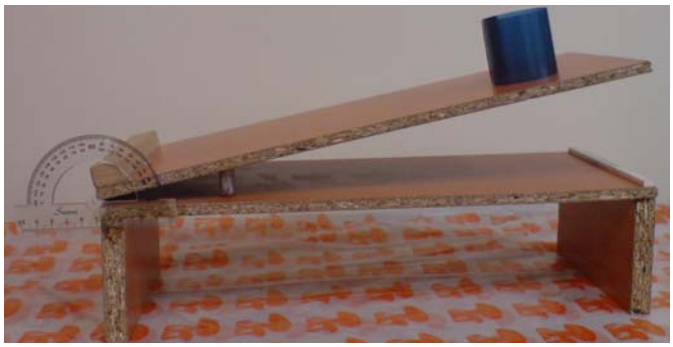
خواص بیولوژیکی دانه لوبیا

درصد جوانه‌زنی دانه‌ها

نمونه‌های ۱۰۰عددی از دانه در چهارتکرار در هر آزمایش بر روی کاغذ در پتری‌دیش‌های ۱۲/۵سانتی‌متری در دمای ۲۰درجه سانتی‌گراد برای دوره هفت‌روزه قرار داده شد تا جوانه بزنند. درصد جوانه‌زنی به‌صورت زیر محاسبه گردید (El Raie *et al*., 1996).

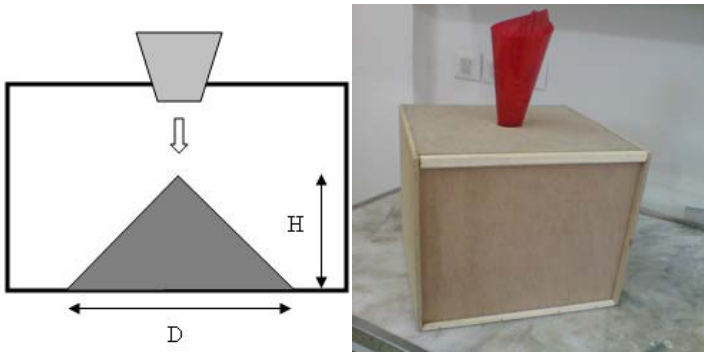
(۱۰)

۱۰۰×(کل دانه‌ها/تعداد دانه‌های جوانه‌زده)= درصد جوانه‌زنی



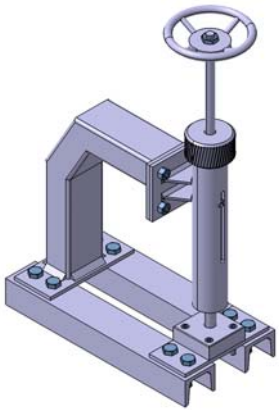
شکل۱- سطح شیبدار جهت اندازه‌گیری ضریب اصطکاک استاتیکی (Sitkei, 1986)

Fig. 1. Sloping surface for static friction coefficient measurement (Sitkei, 1986)



شکل۲- مکانیزم اندازه‌گیری زاویه استقرار دینامیکی دانه‌ها (Sitkei, 1986)

Fig. 2. Mechanism for measurement of seed dynamic establishment (Sitkei, 1986)



شکل۳- دستگاه اندازه‌گیری سختی دانه

Fig. 3. Measurement unit of seed hardness

جدول ۲- اثر سیستم آبیاری، نیاز آبی و اثر متقابل بر ابعاد، حجم و درصد کرویت دانه لوبیا

Table 2. Effect of irrigation system, water requirement and reciprocal in dimension, volume and sphericity percent of bean seed

تیمارها Treatment	طول دانه Seed height (mm)	پهنای دانه Seed width (mm)	ضخامت دانه Seed thickness (mm)	حجم دانه Seed volume (mm^3)	قطر هندسی Geometric Diameter (mm)	کرویت Spherity (٪)
سیستم آبیاری Irrigation system						
قطره‌ای زیرسطحی = S_1 sub surface trickle = S1	13	9.6	6.6	816	9.3	70.1
قطره‌ای سطحی = S_2 surface trickle=S2	12.7	9.5	5.8	731	8.9	70.2
سنتر پیوت = S_3 center pivot=S3	12.4	9.5	5.7	667	8.7	70.7
آبیاری ثابت = S4 Solid set= S4	12.8	9.7	6.4	793	9.2	71.7
آبیاری سطحی اصلاح شده= S_5 Modified surface irriation= S5	12.1	9.3	6.1	681	8.7	71.9
LSD	0.32	N.S.	N.S.	26.03	0.28	N.S.
نیاز آبی Water requirement						
W_1 = 50% ETC	11.9	9.2	5.9	647	8.58	72.3
W_2 = 75% ETC	12.5	9.6	6.1	738	9.03	72.3
W_3 = 100% ETC	12.9	9.6	6.2	775	9.08	70.3
W_4 = 125% ETC	13	9.5	6.2	790	9.18	68.8
LSD	N.S.	N.S.	N.S.	24.01	0.48	1.63
اثر متقابل سیستم آبیاری و نیاز آبی Irrigation system× water requirement						
W1×S1	12.5	9.4	6.3	740	9.05	72.4
W2×S1	13	9.5	6.3	778	9.2	70.6
W3×S1	13.5	9.9	6.5	869	9.54	70.6
W4×S1	12.8	9.5	7.2	876	9.75	66.9
W1×S2	11.9	9.3	5.9	653	8.68	72.9
W2×S2	12.4	9.3	6.1	703	8.9	71.8
W3×S2	13	9.6	6	749	9.08	69.8
W4×S2	13.6	9.7	5.2	818	9.04	66.4
W1×S3	11.8	9	6.3	563	8.26	70
W2×S3	12.5	9.7	5.7	691	8.84	70.7
W3×S3	12.5	9.9	5.7	705	8.9	71.2
W4×S3	12.6	9.2	6.1	707	8.91	70.7
W1×S4	12.4	9.4	6.3	734	8.73	70.4
W2×S4	12.8	10.6	6.4	868	9.54	74.5
W3×S4	12.9	9.4	6.6	800	9.3	72.1
W4×S4	13.1	9.3	6.3	768	9.15	69.8
W1×S5	10.8	9	5.6	544	8.17	75.6
W2×S5	11.7	9.1	6.1	649	8.66	74
W3×S5	12.7	9.4	6.3	752	8.58	67.6
W4×S5	13.1	9.6	6.2	780	9.21	70.3
LSD	N.S	N.S	N.S.	58.8	0.43	3.96

درصد قدرت دانه

نمونه‌هایی شامل ۱۰۰عدد دانـه در چهـارتکـرار در هـر آزمایش بر روی کاغذ در پتری‌دیش‌های ۱۲/۵سـانتی‌متـری و تحت دمای ۱۰درجه سانتی‌گراد برای هفت‌روز نگهداری شـد تا جوانه بزنند. درصد قدرت دانه به‌صورت زیـر محاسـبه شـد (El Raie *et al*., 1996):

(۱۱)

۱۰۰ ×(کل دانه‌ها/تعداد دانه‌های جوانه‌زده)= درصد قدرت دانه

آنالیز اماری

اطلاعات جمع‌آوری‌شده از آزمـایش فاکتوریـل در قالـب طرح بلوک کامل تصادفی تجزیه و تحلیل واریـانس گردیـد و آزمـون LSD بـرای مقایسـه میـانگین‌هـا بـه‌کـار رفـت (Snedecor, 1956).

نتایج و بحث

اثرات سیستم آبیاری و نیاز آبی گیاه بر خواص هندسی دانه لوبیا

اطلاعات ارائه‌شده در جدول۲ نشان می‌دهد که سیسـتم آبیاری، نیاز آبی و اثر متقابل آنها (به‌جز اثر معنی‌دار سیسـتم آبیاری بر طول دانه)، بر ابعاد دانه (طول، پهنا و ضخامت) اثـر معنی‌داری ندارد. درحالی‌که حجم دانه محاسـبه‌شـده و قطـر هندسی اختلاف معنی‌داری ناشی از اثر سیستم آبیـاری، نیـاز آبی و اثر متقابل آنها را نشان می‌دهد.

ابعاد

بزرگ‌ترین ابعاد شـامل ۱۳mm طـول، ۹/۶mm پهنـا و ۶/۶mm ضخامت (با حجم $816mm^3$) هنگامی‌که دانه لوبیا با سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی آبیـاری گردیـد، بـه‌دسـت آمد؛ درحالی‌که کمترین ابعـاد دانـه شـامل ۱۲/۴mm طـول، ۹/۵mm پهنـا و ۵/۷mm ضـخامت (بـا حجـم $667mm^3$) هنگامی‌که سیستم آبیاری بارانی سنترپیوت مورد استفاده قرار گرفت، به‌دست آمد. افزایش ابعاد دانه و حجم دانـه‌هـا تحـت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسـطحی احتمـالاً بـه‌دلیـل میـزان نسبتاً زیاد آب در محدوده ریشه، تلفات تبخیر کمتر و آبشویی موادغذایی توسط آبدوی یا نفوذ عمیق آب و درنتیجه افزایش انتقال متابولیت‌ها به‌سمت دانه‌ها می‌باشد. از طرف دیگر، باید توجه کرد که اگرچه ابعاد دانه (طول، پهنـا و ضـخامت) هـیچ اختلاف معنی‌داری را نشان نمـی‌دهنـد، حجـم دانـه بـه‌طـور معنی‌داری توسط میزان آب کاربردی تغییر می‌کند.

حجم

حجم دانه با افزایش نیاز آبی افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که همین‌که نیاز آبی از ۵۰درصد به ۱۲۵درصد افزایش می‌یابـد، حجم دانه به‌طور تدریجی از $647mm^3$ بـه $790mm^3$ بیشـتر می‌شود. بیشترین حجم دانه $876mm^3$ در دانه‌هـای تولیـدی تحت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و بیشترین میزان آب مصرفی (۱۲۵درصد نیاز آبی) حاصل شد. می‌توان نتیجـه گرفـت کـه فاکتورهای کشاورزی مورد کاربرد نظیر سیستم آبیاری و نیـاز آبی ممکن است بر ابعاد دانه اثر بگذارنـد؛ در نتیجـه کشـاورز باید به تنوع ابعاد دانه و حجم آن در یک توده دانه حتی اگـر برای یک درجهٔ انتشار معین باشد، توجه داشته باشد؛ چون‌که شرایط تولید مختلف بر ابعاد دانه هنگـام اسـتفاده از وسـایل جداسازی و درجـه‌بنـدی بـرای طراحـی یـا انتخـاب فرآینـد تأثیرگذار است.

قطر هندسی

سیستم آبیاری، نیاز آبی و اثر متقابل آنهـا دارای اثـرات معنی‌داری بـر قطـر هندسـی دانـه اسـت و سیسـتم آبیـاری قطره‌ای زیرسطحی بزرگترین قطر هندسـی ۹/۳mm را ارائـه می‌دهد، درحالی‌که مقادیر قطر هندسی برای دانه‌های تولیدی تحـت سیسـتم‌هـای آبیـاری بـارانی سـنترپیوت و سـطحی (۸/۷mm) ثبت گردید. این نتایج با نتایج ابعاد و حجـم دانـه مشابه است؛ از این‌رو حـالتی مشـابه اثـرات سیسـتم آبیـاری به‌دست آمد. درنتیجه تنوع قطر هندسـی دانـه ممکـن اسـت به‌دلیل تنوع به‌دست‌آمده در ابعـاد دانـه در آزمـایش آبیـاری مشـابه باشـد. مقـادیر آب مـورد اسـتفاده بـرای لوبیـا دارای اختلاف‌های معنی‌داری بر قطر هندسی دانه اسـت و افـزایش تدریجی میزان آب از ۵۰درصد نیاز آبی به ۱۲۵درصد نیاز آبی باعـث مـی‌شـود قطـر هندسـی بـه‌تـدریج از ۸/۵۸mm بـه ۹/۱۸mm افـزایش یابـد. بیشـترین قطـر هندسـی دانـه (۹/۵۷mm) زمانی ثبت گردید که دانه‌ها تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و میزان آب کاربردی ۱۲۵درصد نیاز آبـی تولید شد.

کرویت

تنها نیاز آبی و اثر متقابل آن با سیسـتم آبیـاری اثـرات معنی‌داری را بر درصد کرویت دانه نشان‌داد. همـین‌کـه ابعـاد دانه و همین‌طور حجـم محاسـبه‌شـده آن افـزایش مـی‌یابـد، کرویت دانه برعکس کاهش می‌یابد. یعنی افزایش ابعاد دانه و افزایش انتقال متابولیت‌ها به‌سوی دانه باعث گِـردشـدن دانـه نگردید.

جدول ۳- اثر سیستم آبیاری، نیاز آبی و اثر متقابل بر خواص حجمی دانه لوبیا

Table 3. Effect of irrigation system, water requirement and reciprocal on volumetric properties of bean seed

تیمارها Treatment	دانسیته حجمی Bulk density ($g.l^{-1}$)	دانسیته واقعی Actual density ($g.cm^{-3}$)	تخلخل Prosity (%)	شاخص شناوری Floating index ($cm^2.g^{-1}$)	وزن ۱۰۰ دانه Weight of 100 seeds (g)	محتوی رطوبتی Moisture content (%)
سیستم آبیاری Irrigation system						
قطره‌ای زیرسطحی = S_1 sub surface trickle = S1	689	1.24	42.5	8.3	61.5	16
قطره‌ای سطحی = S_2 surface trickle=S2	708	1.25	42.8	7.5	60.2	15.4
سنتر پیوت = S_3 center pivot=S3	717	1.22	45	7.2	56.4	16
آبیاری ثابت = S4 Solid set= S4	691	1.25	44.3	8	59.6	16.4
آبیاری سطحی اصلاح شده= S_5 Modified surface irriation= S5	722	1.22	44	7	56.3	15.7
LSD	17.1	N.S.	N.S.	N.S.	2.94	0.36
نیاز آبی Water requirement						
W_1 = 50% ETC	725	1.25	43.6	7.3	56.3	15.6
W_2 = 75% ETC	701	1.22	43.2	7.6	58.7	14.6
W_3 = 100% ETC	690	1.24	44	7.6	60.4	16.3
W_4 = 125% ETC	704	1.24	44	7.8	59.8	16.9
LSD	11.1	N.S.	N.S.	N.S.	1.58	0.22
اثر متقابل سیستم آبیاری و نیاز آبی Irrigation system× water requirement						
W1×S1	694	1.25	43	8	58.9	15.2
W2×S1	681	1.23	41	8.4	59.8	15.7
W3×S1	684	1.23	43	8.7	66.3	15.8
W4×S1	698	1.25	43	7.9	61.5	17.1
W1×S2	714	1.25	40	7.2	56.9	14.3
W2×S2	723	1.25	44	7.6	59.3	15.5
W3×S2	698	1.25	43	7.3	60.5	15.6
W4×S2	697	1.27	44	7.7	63.9	16.1
W1×S3	753	1.24	48	7.5	54.1	16.7
W2×S3	723	1.22	44	6.2	58.2	12.1
W3×S3	680	1.23	45	7.7	59.8	17.3
W4×S3	713	1.22	43	7.5	53.6	17.7
W1×S4	712	1.26	44	8.1	57.4	16.8
W2×S4	649	1.26	42	9.2	59.6	14.1
W3×S4	701	1.26	45	6.8	60.2	17.3
W4×S4	701	1.22	46	8	61.2	17.4
W1×S5	753	1.24	43	5.9	54.3	15.2
W2×S5	733	1.18	45	6.4	56.7	15.5
W3×S5	688	1.23	44	7.7	55.4	15.6
W4×S5	714	1.25	44	8.1	58.6	16.4
LSD	N.S	0.4	N.S.	N.S.	3.84	0.54

درحالی‌که دانه‌هایی که کوچکترین ابعاد دانـه را ناشـی از تأثیر میزان آب (۵۰درصد نیاز آبی) داشته‌اند، بیشترین درصـد کرویت را نشان‌دادند. باید نتیجـه گرفـت کـه یـک همبسـتگی منفی بین حجم و کرویت دانه وجـود دارد. ایـن یافتـه‌هـا یـک نتیجه‌گیری مهم در اصـول مـورد اسـتفاده در طراحـی وسـایل درجه‌بندی و جداسازی دانه ارائه می‌دهد.

اثرات سیستم آبیاری و نیاز آبی گیاه بر خواص حجمی دانه لوبیا

اطلاعات ارائه شده در جدول۳ اثرات سیستم آبیاری، نیاز آبی و اثر متقابل آنها را برخواص حجمی دانه‌های لوبیا نشان می‌دهد.

دانسیته حجمی

سیستم آبیاری و نیاز آبی گیاه اثرات معنی‌داری را بر دانسیته حجمی نشان می‌دهند، درحالی‌که اثر متقابل آنها معنی‌دار نیست. مقادیر دانسیته حجمی تحت تأثیر سیستم آبیاری تغییر می‌کند، به‌طوری‌که سیستم آبیاری سطحی بیشترین مقدار (gr/l ۷۲۲) و سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی کمترین مقدار (gr/l ۶۸۹) را دارد. قابل‌توجه این‌که این دو سیستم به‌ترتیب بیشترین و کمترین درصد کرویت را دارا هستند که عامل کرویت باعث شده حفره‌های بین دانه‌ها با افزایش درصد کرویت، کاهش یابد. در نتیجه دانه‌هایی که دارای درصد کرویت بالا و فضاهای بین دانه‌ای کمتری هستند، بیشترین دانسیته حجمی را دارند؛ از این‌رو کاهش فضاهای بین دانه‌ای باعث می‌شود تعداد دانه‌هایی که در یک حجم معین قرار می‌گیرند، افزایش یابد و بالعکس. از طرف دیگر دانه‌هایی با کمترین ابعاد و حجم که تحت کمترین میزان آب آبیاری مورد استفاده (۵۰درصد نیاز آبی) تولید شده است، بیشترین دانسیته حجمی را نشان‌داده‌اند (gr/l ۷۲۵). حجم دانه دارای اثرات قابل‌توجهی بر دانسیته حجمی است، یعنی تیمارهایی نظیر افزایش آب آبیاری مورد استفاده در افزایش ابعاد دانه و نتیجتاً افزایش کل فضاهای بین‌دانه‌ای دخیل است و درنتیجه دانسیته حجمی کاهش می‌یابد.

دانسیته واقعی

دانسیته واقعی، درصد تخلخل و شاخص شناوری توسط تیمارهای آزمایش تحت تأثیر قرار نگرفتند، در نتیجه تحلیل آماری، داده‌های به‌دست‌آمده معتبر نیستند (جدول ۳). نوع پلیمرهای ذخیره در لپه‌ها، محتوی رطوبتی و ظرفیت پُرشدگی، فاکتورهایی هستند که بر دانسیته واقعی دانه اثرگذار است. اگرچه این تحقیق اثرات معنی‌داری از تیمارهای به‌کاررفته بر برخی فاکتورهای تأثیرگذار بر دانسیته واقعی را نشان‌داد، اثرات منتج از این فاکتورها براین‌که دانسیته واقعی تحت تأثیر قرار گیرد، تأکید نمی‌کند. بسیار قابل‌درک است، اگر ما نتیجه بگیریم که تیمارهای آزمایش، پلیمرهای ذخیره در لپه‌ها را که فاکتورهای بسیار مهمی در دانسیته واقعی است را تحت تأثیر قرار نداده است. بنابراین انجام تیمارهای آزمایش هیچ اثری را بر دانسیته واقعی نشان نمی‌دهد.

تخلخل و شاخص شناوری

به‌طور مشابه، درصد تخلخل اختلاف‌های معنی‌داری را نشان نمی‌دهد، حتی زمانی‌که فاکتورهایی نظیر ابعاد دانه، حجم و کرویت که تخلخل را تحت تأثیر قرار می‌دهد، اختلاف معنی‌داری دیده نشد. ضمناً تغییر ابعاد دانه اثری بر سطح نداشته است، درحالی‌که بر شاخص شناوری به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای تأثیرگذار است. می‌توان نتیجه گرفت که دانسیته واقعی دانه، درصد تخلخل و شاخص شناوری خواص فیزیکی هستند که وابسته به فاکتورهای آزمایشات ما نیستند.

وزن ۱۰۰دانه و محتوی رطوبتی

داده‌های ارائه‌شده در جدول۳ نشان می‌دهد که سیستم آبیاری، نیاز آبی و اثر متقابل آنها دارای اثر معنی‌داری بر وزن ۱۰۰دانه و محتوی رطوبتی دانه است. بیشترین رطوبت دانه متعلق به دانه‌های تولیدی تحت سیستم‌های آبیاری بارانی ثابت و محور گردشی (۱۶/۴ و ۱۶درصد) است که این محتوی رطوبتی بالا به‌واسطه رطوبت بالای حاکم بر پوشش گیاه در حین فرآیند آبیاری است و درنتیجه، دانه‌ها در ابتدا و قبل از این‌که در معرض هوای خشک قرار داده شوند، محتوی رطوبتی بالایی دارند، بنابراین تغییر در محتوی رطوبتی نهایی دانه مشخص می‌کند که دانه تولیدشده تحت رطوبت نسبتاً بالا دارای محتوی بیشتری است و در نتیجه زمان بیشتری برای خشک‌کردن آنها نسبت به دانه‌های تولیدی تحت سایر سیستم‌های آبیاری لازم است. محتوی رطوبتی بالا در وزن ۱۰۰دانه سهمی ندارد، زیرا تیمارهایی که محتوی رطوبتی بالایی داشته‌اند، وزن ۱۰۰دانه کمتری را نشان می‌دهند؛ درحالی‌که دانه‌های که حجم و ابعاد دانه بزرگ‌تری را دارند (آبیاری قطره‌ای زیرسطحی)، بزرگترین وزن ۱۰۰دانه را نشان می‌دهد (۶۱/۵گرم). به‌این‌معنی که ظرفیت پُرشدگی دانه بر وزن ۱۰۰دانه تأثیرگذارتر است تا محتوی رطوبتی.

جدول ۴- اثر سیستم آبیاری، نیاز آبی و اثر متقابل بر خواص مکانیکی دانه لوبیا

Table 4. Effet of irrigation system, water requirement and cross effect on mechanical bean characteristics

تیمارها Treatment	زاویه استقرار(درجه) Establishment angle (degree)	ضریب اصطکاک Friction coefficient	سختی دانه Seed hardness (N/mm^2)
سیستم آبیاری Irrigation system			
S_1 = قطره‌ای زیرسطحی sub surface trickle = S1	23.2	0.388	61.5
S_2 = قطره‌ای سطحی surface trickle=S2	22	0.379	60.1
S_3 = سنتر پیوت center pivot=S3	20.6	0.370	56
S4 = آبیاری ثابت Solid set= S4	20.9	0.360	59.6
S_5 =آبیاری سطحی اصلاح شده Modified surface irriation= S5	20.4	0.355	56.3
LSD	1.73	0.008	N.S.
نیاز آبی Water requirement			
W_1 = 50% ETC	21.2	0.379	62
W_2 = 75% ETC	21.7	0.374	59
W_3 = 100% ETC	21.7	0.366	57.6
W_4 = 125% ETC	21	0.363	56.2
LSD	N.S.	0.008	N.S.
اثر متقابل سیستم آبیاری و نیاز آبی Irrigation system× water requirement			
W1×S1	22.9	0.39	66.4
W2×S1	23.8	0.383	61.3
W3×S1	23.3	0.39	59.3
W4×S1	22.8	0.387	58.9
W1×S2	21.3	0.387	63.9
W2×S2	23.5	0.383	60.5
W3×S2	23.5	0.370	59.3
W4×S2	19.8	0.377	56.5
W1×S3	20.8	0.390	59.9
W2×S3	21.1	0.390	56.3
W3×S3	20.3	0.344	54.1
W4×S3	20.3	0.357	53.7
W1×S4	20.5	0.370	61.9
W2×S4	20.6	0.357	60.3
W3×S4	20.3	0.370	59.6
W4×S4	22.3	0.344	57.4
W1×S5	20.7	0.357	58.6
W2×S5	19.4	0.357	56.7
W3×S5	21.3	0.357	55.5
W4×S5	20.1	0.351	54.3
LSD	N.S	0.02	N.S.

وزن ۱۰۰دانه به‌طور معنی‌داری با افزایش آب آبیاری تا میزان ۱۰۰درصد نیاز آبی افزایش می‌یابد (۶۰/۴گرم)، ضمناً محتوی رطوبتی در دانه لوبیا همین‌که آب آبیاری تا ۱۲۵درصد نیاز آبی بیشتر می‌شود، افزایش می‌یابد (۱۶/۹درصد). بنابراین، بیشترین وزن ۱۰۰دانه از دانه‌های تولیدی تحت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و میزان آب آبیاری ۱۰۰درصد نیاز آبی به‌دست آمده است (۶۶/۳گرم). اگرچه، بیشترین محتوی رطوبتی دانه زمانی به‌دست آمد که دانه‌ها تحت سیستم آبیاری گردشی و با میزان آب آبیاری ۱۲۵درصد نیاز آبی تولید شده‌اند. کشاورز و مهندس کشاورزی باید به وزن ۱۰۰دانه توجه داشته باشد، زیرا این پارامتر در تعیین دانه‌های با کیفیت خوب، بسیار مهم است. همچنین محتوی رطوبتی دانه پارامتر مهمی است که کشاورز را در فرآیند موردنیاز و سطح مناسب خشک‌کردن جهت انتقال و ذخیره ایمن دانه‌ها کمک می‌کند.

اثرات سیستم آبیاری و نیاز آبی گیاه بر خواص مکانیکی و اصطکاکی دانه لوبیا

نتایج ارائه‌شده در جدول۴ نشان می‌دهد که تنها سیستم آبیاری دارای اثر معنی‌داری بر زاویه استقرار دانه است، به‌گونه‌ای که بیشترین زاویه استقرار (۲۳/۲درجه) برای دانه‌های تولیدی تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به‌دست آمد؛ درحالی‌که کمترین مقدار زاویه استقرار (۲۰/۴درجه) تحت سیستم آبیاری سطحی اصلاح‌شده نتیجه گردید.

زاویه استقرار

بیشتربودن زاویه استقرار دانه‌ها تحت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، به‌دلیل بیشتربودن ابعاد دانه‌های تولیدی تحت این سیستم آبیاری در مقایسه با ابعاد دانه‌های تولیدی تحت سایر سیستم‌های آبیاری است. از طرف دیگر، باید توجه کرد که نیاز آبی و اثر متقابل آن با سیستم آبیاری اثرات معنی‌داری را بر زاویه استقرار نشان نداده است. زاویه استقرار دانه‌ها پارامتری است که نقش کلیدی در طراحی ماشین‌های انتقال دانه ایفا می‌کند.

ضریب اصطکاک استاتیکی

ضریب اصطکاک استاتیکی دانه‌های لوبیا بر روی سطح فولادی به‌طور معنی‌داری توسط سیستم آبیاری، نیاز آبی گیاه و اثر متقابل آنها تحت تأثیر قرار گرفت، به‌گونه‌ای که بیشترین مقدار ضریب اصطکاک (۰/۳۸۷) تحت آبیاری با سیستم قطره‌ای زیرسطحی بود، درحالی‌که کمترین مقدار ضریب اصطکاک (۰/۳۵۵) تحت آبیاری با سیستم سطحی اصلاح‌شده به‌دست آمده است. این نتایج به‌واسطه افزایش سطح تماس بین دانه‌ها و سطح فلز، در نتیجه افزایش ابعاد دانه‌ها تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی حاصل گردید. از طرف دیگر، ضریب اصطکاک دانه‌ها با افزایش نیاز آبی گیاه از ۵۰درصد تا ۱۲۵درصد نیاز آبی، از ۰/۳۷۹ به ۰/۳۶۳ کاهش یافت. کاهش اصطکاک به‌دلیل افزایش ظرفیت پُرشدن دانه و محتوی رطوبتی است؛ زیرا باعث می‌شود دانه کمترین انقباض (کوچک‌شدن) و چروکیدگی را داشته باشد و درنتیجه ضریب اصطکاک دانه‌ها کاهش یابد.

سختی دانه

نتایج نشان داد که سیستم آبیاری، نیاز آبی و اثر متقابل آنها تأثیر معنی‌داری بر سختی دانه لوبیا ندارد. بر اساس نتایج، سیستم آبیاری، نیاز آبی و اثر متقابل آنها تأثیر معنی‌داری بر سختی دانه لوبیا ندارد. تیمارهای آزمایش اثر معنی‌داری بر سختی دانه نداشت. بیشترین سختی دانه ($61/5 N/mm^2$) در سیستم آبیاری زیرسطحی و کمترین مقاومت دانه ($56/3 N/mm^2$) در سیستم آبیاری سطحی حاصل گردید. از لحاظ نیاز آبی بیشترین مقاومت دانه ($62 N/mm^2$) در نیاز آبی ۵۰درصد به‌دست آمد و با افزایش نیاز آبی مقاومت دانه کاهش یافت.

اثرات سیستم آبیاری و نیاز آبی گیاه بر خواص بیولوژیکی دانه لوبیا

نتایج آنالیز آماری در جدول۵ نشان می‌دهد که تنها سیستم آبیاری دارای اثر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی دانه بود. بیشترین درصد جوانه‌زنی (۹۴/۷درصد) مربوط به دانه‌های تولیدشده تحت سیستم آبیاری سطحی اصلاح‌شده و پس از آن آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (۹۳/۳درصد)، قطره‌ای سطحی (۹۲درصد)، بارانی ثابت (۹۰/۷درصد) و در نهایت سیستم بارانی سنتر پیوت (۸۹/۳درصد) است.

درصد جوانه‌زنی

قابل‌توجه این‌که سیستم‌هایی که باعث پاشش آب بر روی پوشش گیاه نمی‌شوند، درصد جوانه‌زنی بالایی دارند و آنهایی‌که آب آبیاری را بر روی گیاه اسپری می‌کنند، به‌علت ایجاد رطوبت بالا در اطراف گل‌آذین‌هایی که غلاف‌ها را شکل می‌دهند، کمترین درصد جوانه‌زنی را نشان‌دادند. میزان آب آبیاری مصرفی و اثر متقابل آن با سیستم آبیاری اثرات معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی نشان نداد.

جدول ۵- اثر سیستم آبیاری، نیاز آبی و اثر متقابل بر خواص بیولوژیک دانه لوبیا

Table 5. Effect of irrigation system, water requirement and cross effect on biological bean characteristic

تیمارها Treatment	جوانه‌زنی دانه (درصد) Seed germination (%)	قدرت دانه (درصد) Seed power (%)
سیستم آبیاری Irrigation system		
S_1 = قطره‌ای زیرسطحی sub surface trickle = S1	93.3	75.2
S_2 = قطره‌ای سطحی surface trickle=S2	92	78.4
S_3 = سنتر پیوت center pivot=S3	89.3	82.3
S4 = آبیاری ثابت Solid set= S4	90.7	76.2
S_5 =آبیاری سطحی اصلاح شده Modified surface irriation= S5	94.7	79.9
LSD	4.42	6.45
نیاز آبی Water requirement		
W_1 = 50% ETC	92.7	80.7
W_2 = 75% ETC	84.1	78.8
W_3 = 100% ETC	86.9	76.1
W_4 = 125% ETC	92	78
LSD	N.S.	N.S.
اثر متقابل سیستم آبیاری و نیاز آبی Irrigation system× water requirement		
W1×S1	93.3	81
W2×S1	78.7	66.3
W3×S1	85.3	76.3
W4×S1	93.3	77.3
W1×S2	96	96
W2×S2	86.7	72.3
W3×S2	93.3	69.7
W4×S2	92	75.7
W1×S3	92	73.3
W2×S3	88	83.7
W3×S3	78.7	84.7
W4×S3	89.3	87.3
W1×S4	85.3	73.3
W2×S4	74	83.7
W3×S4	84	84.7
W4×S4	90.7	87.3
W1×S5	96.7	80
W2×S5	93.3	88
W3×S5	93.3	75.3
W4×S5	94.7	76.3
LSD	N.S	7.74

اگرچه سیستم آبیاری بارانی سنترپیوت کمترین درصد جوانه‌زنی را نشان‌داد، دارای بیشترین درصد قدرت دانه (۸۲/۳درصد) بود و سیستم آبیاری سطحی اصلاح‌شده بعد از آن با مقدار (۷۹/۹درصد) قرار داشت و با سیستم آبیاری سنترپیوت اختلاف معنی‌داری نداشت. سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در مقایسه با سایر سیستم‌های آبیاری، دانه‌هایی با کمترین درصد قدرت دانه تولید نمود (۷۵/۲درصد). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که درصد قدرت دانه پاسخ متفاوتی نسبت به درصد جوانه‌زنی دانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی دارد.

قدرت دانه

مقادیر آب آبیاری اثرات معنی‌داری بر درصد قدرت دانه نشان نداد. درضمن، اثرات متقابل آن با سیستم آبیاری بر درصد قدرت دانه معنی‌دار بود. دانه‌های تولیدشده تحت سیستم آبیاری سطحی و مقدار آب ۵۰درصد نیاز آبی بیشترین درصد قدرت دانه (۹۶درصد) را داشتند.

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر پنج‌روش آبیاری و چهارسطح آب مصرفی نیاز آبی گیاه بر خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و بیولوژیکی دانه لوبیای قرمز انجام شد. خلاصه نتایج به‌صورت زیر است:

- بزرگ‌ترین ابعاد، قطر هندسی و حجم دانه لوبیا با سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و کمترین ابعاد دانه با سیستم آبیاری بارانی سنترپیوت به‌دست آمد.
- دانسیته حجمی تحت تأثیر سیستم آبیاری سطحی بیشترین و تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی کمترین است.
- بیشترین رطوبت دانه متعلق به دانه‌های تولیدی تحت سیستم‌های آبیاری بارانی ثابت و محور گردشی است.
- بیشترین وزن ۱۰۰دانه تحت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و میزان آب آبیاری ۱۰۰درصد نیاز آبی و بیشترین محتوی رطوبتی دانه‌ها تحت سیستم آبیاری گردشی و با میزان آب آبیاری ۱۲۵درصد نیاز آبی به‌دست آمد.
- بیشترین و کمترین زاویه استقرار به‌ترتیب تحت سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و آبیاری سطحی اصلاح شده است.
- بیشترین مقدار ضریب اصطکاک تحت آبیاری با سیستم قطره‌ای زیرسطحی بود، درحالی‌که کمترین مقدار ضریب اصطکاک تحت آبیاری با سیستم سطحی اصلاح‌شده به‌دست آمد.
- بیشترین سختی دانه در سیستم آبیاری زیرسطحی و کمترین آن در سیستم آبیاری سطحی حاصل گردید.
- بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به سیستم آبیاری سطحی اصلاح‌شده و پس از آن آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، قطره‌ای سطحی، بارانی ثابت و در نهایت سیستم بارانی سنتر پیوت بود.
- اگرچه سیستم آبیاری بارانی سنترپیوت کمترین درصد جوانه‌زنی را نشان‌داد، دارای بیشترین درصد قدرت دانه بود.

منابع

1. Afkari Sayyah, A.H., and Minaei, S. 2004. Behavior of wheat kernels under quasi-static loading and its relation to grain hardness. Journal of Agricultural Science and Technology 6: 11-19.
2. Alami, H., Khoshtayhaza, M.H., and Minaei, S. 2009. Determination of mechanical properties of soybean. Iranian Journal of Food Science and Technology 6(2): 113-124. (In Persian).
3. Altuntaş, E., and Yildiz, M. 2005. Effect of moisture content on some physical and mechanical properties of faba been (*Vicia faba* L.) grains. Journal of Food Engineering 78(1): 174-183.
4. Bargale, P.C., and Irudayaraj, J. 1995. Some mechanical properties and stress relaxation characteristics of lentils. Canadian Agriculture Engineering 36(4): 247-254.
5. Baümler, E., Cuniberti, A., Nolasco, S.M., and Riccobene, I.C. 2006. Moisture dependent physical and compression properties of safflower seed. Journal of Food Engineering 72: 134-140.
6. Calisir, S., Marakoglu, T., Ogut, H., and Ozturk, O. 2005. Physical properties of rapeseed. Journal of Food Engineering 69: 61-66.
7. Deshpande, S.D., Bal, S., and Ojha, T.P. 1993. Physical properties of soybean. Journal of Agricultural Engineering Research 56(2): 89-98.
8. El-Raie, A.E.S., Hendawy, N.A., and Taib, A.Z. 1996. Study of the physical and engineering properties for some agricultural products. Misr Journal of Agricultural Engineering 13(1): 211-226.

9. Gahhari Kermani, F. 2011. Determination of some physical and mechanical properties of a common Iranian variety of kidney bean Grains. MSc. Thesis, Faculty of Agriculture. University of Mohaghegh Ardabili. Ardabil, Iran (in Persian).
10. Geil, P.B., and Anderson, J.W. 1994. Nutrition and health implications of dry beans: a review. Journal of the American College of Nutrition 13(6): 549-558.
11. Ghafari Khaligh, G. 2000. Scattering of bean in iran. Seed and Plant Improvement Institute. Education Publication, 11p. (In Persian).
12. Graham. P.H., and Ranalli, P. 1997. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L). Field Crops Research 53:131-146.
13. Gupta, R.K., and Das, S.K. 1997. Physical properties of sunflower seeds. Journal of Agricultural Engineering Research 66(1): 1-8.
14. Harmond, J.E., Brand-Enburg & Jensen, L.A. 1962. Physical properties of seeds. Trans. ASAE 8(1):30-32.
15. Khazaei, J. 2008. Characteristics of mechanical strength and water absorption in almond and its kernel. Cercetări Agronomic in Moldova Xli(1) (133): 37-51.
16. Khazaei, J., Rajabipour, A., Mohtasebi, S and Behrozielar, M. 2004. Determination of force and energy required for rupture of chickpea kernel in quasi-static loading. Iranian Journal of Agricultural Science 35(3): 765-766. (In Persian).
17. Lyimo, M., Mugula, J., and Elias, T. 1992. Nutritive composition of broth from selected bean varieties cooked for various periods. Journal of the Science of Food & Agriculture 58(4): 535-539.
18. McCabe, W.L., Smith, J.C., and Harriott, P. 1986. Unit Operations of Chemical Engineering. NY: McGraw-Hill.
19. McCabe, W.L., Smith, J.C., and Harriott, P. 1986. Unit Operations of Chemical Engineering. NY: McGraw-Hill.
20. Mohsenin, N.N. 1970. Physical Properties of Plant and Animal Material. Volume 1. Gorden and Beach Sc. Pub. Inc. New York, pp. 58-60.
21. Özarslan, C. 2002. Physical properties of cotton seed. Biosystems Engineering 83: 169-174.
22. Sitkei, G. 1986. Mechanics of Agricultural Materials. Elsever Sc. Pub., Amesterdam, Netherlands 13-23.
23. Snedecor, G.W. 1956. Statistical Methods. 5th Ed. Iowa State Univ. Press., Ames, Iowa, USA.
24. Tekin, Y., Isik, E., Unal, H., and Okorsoy, R. 2006. Physical and mechanical properties of Turkish Goynuk Bombay Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Pakistan Journal of Biological Sciences 9(12): 2229-2235.
25. Zoerb, G.C. 1976. Instruction and measurement techniques for determining physical properties of farm products. Trans. ASAE 10(1): 100-104.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 7, No. 2, 2016, p. 109-124

Effects of different irrigation methods on physical, mechanical and biological properties of red bean

Imanmehr[1], A. & Ganji Khorramdel[2*], N.

1. Assistant professor of Agricultural Machinery Mechanics, Faculty of Agriculture, Arak University, Arak, Iran
2. Assistant professor of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Arak University, Arak, Iran

Received: 25 May 2015
Accepted: 23 September 2015

DOI: 10.22067/ijpr.v7i2.44931

Introduction

Dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) or common beans have been characterized as a nearly perfect food because of their high protein, fiber, perebiotic and vitamin B (Lymo *et al*, 1992; Geil *et al*., 1994). Dry beans can also be grown in a variety of eco-agricultural regions. As a result, dry beans are used throughout the world representing 50% of the grain legumes consumed as a human food source. Bean forms a good source of income for farm families. In Iran, bean is a major source of food security, readily available and popular food to both the urban and rural population. Of the different dry bean varieties grown in Iran; "Red, Naz, Goli and Sayad "account for vast majority in term of production and consumption. Although all the varieties contain similar major components (protein, fat, carbohydrates and minerals), each have unique minor physical, mechanical and biological profiles that can affect their functional food outcomes. Yet, dry bean is understudied with research programs remaining critically underfunded compared to other commodities. Therefore, the objective of this study was to provide physical, mechanical and biological information on Red dry bean as an important crop.

Materials and Methods

The beans were selected and cleaned manually. It was ensured that the seeds were free of dirt, broken and immature once, and other foreign materials. The experiment was carried out for five irrigation methods (sub-surface trickle, surface trickle, sprinkler center pivot, solid set sprinkler and modified surface irrigation) and four water levels of crop water requirement (50%, 75%, 100% and 125%) on yield and physical and mechanical properties of red bean landraces in central of Iran. Experiments were conducted in a randomized complete block design with three replications for one year in Isfahan. In this research parameters such as geometrical diameter, sphericitypercent, angle of repose and grain strength were measured and the effect of experimental treatments on these parameters were investigated.

Results and Discussion

Physical, mechanical and biological properties of agriculturally, nutritionally and industrially valuated seed materials are important in designing the equipment for harvest, transport, storage, processing, cleaning, hulling and milling. The analysis results showed that increasing the amount of using water, increased the grain volume. Else the irrigation systems showed different effects on kernel parameters. It was notable that none of the treatments of using water and irrigation systems did not affect the grain hardness. With increasing water requirement from 50% to 125%, the volume seeds of bean gradually increased from 647 cubic mm to 790 cubic mm. Most of bean seed volume with 876 cubic mm was achieved with 125% water requirement under sub-surface trickle irrigation

* **Corresponding Author:** n-ganjikhorramdel@araku.ac.ir; Mobile: 09393975257

system. The most of establishment angle of seed with 23.2 degree and friction coefficient with 0.387 was achieved under sub surface trickle irrigation respectively and the least of them with 20.4 degree and 0.355 was achieved under modified surface irrigation respectively. The results of statistical analysis of biological characteristics showed that only irrigation system had a significant effect on germination of seeds. The maximum percent of germination was 94.7% in modified irrigation system and then sub surface trickle, surface trickle, solid set and center pivot respectively.

Conclusion

This study provided basic information on physical, mechanical and biological properties of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) The current investigation was conducted on dry red bean. Physical, mechanical and biological attributes including geometrical diameter, sphericity percent, angle of repose and grain strength, seed mass, seed size, seed density and seed germination were measured and the effect of experimental treatments on these parameters were also investigated. The results of this study are expected to be useful for plant breeders, consumers and the food industry.

Key words: Biological properties, Deficit irrigation, Irrigation systems, Mechanical properties, Physical properties, Red Bean seed