

طراحی، ساخت و ارزیابی سامانه دیجیتالی اندازه‌گیری لغزش و سرعت پیشروی مناسب برای تراکتورهای دو چرخ محرک موجود در کشور

مهدی خسروی^{۱*} - محمد حسین عباسپورفرد^۲ - محمد حسین آق‌خانی^۳

تاریخ دریافت: ۹۰/۴/۸

تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۰/۴

چکیده

سرعت پیشروی و لغزش پارامترهای تعیین کننده بازده کشتی در تراکتور هستند. اغلب تراکتورهای موجود به دلیل عدم وجود استاندارد در زمینه تجهیز تراکتورها به وسایل اندازه‌گیری، فاقد ابزاری جهت اندازه‌گیری و نمایش لغزش و سرعت پیشروی هستند. در این پژوهش سامانه‌ای جهت اندازه‌گیری توام لغزش و سرعت پیشروی در تراکتورهای دوچرخ محرک طراحی و پس از ساخت، ارزیابی گردید. برای تعیین سرعت پیشروی واقعی و تئوری تراکتور از چهار انکودر چرخان برای اندازه‌گیری همزمان چرخش چرخ‌های جلو و عقب تراکتور استفاده شد. برای تعیین لغزش و سرعت پیشروی برنامه‌ای در یک میکروکنترلر ATmega16PU با استفاده از خروجی انکودرها تدوین گردید، که قادر به نمایش دیجیتالی مقادیر اندازه‌گیری شده بود. میکروکنترلر به گونه‌ای برنامه‌ریزی شد که اثر سرش (لغزیدن) چرخ‌های جلوی تراکتور بر روی مقادیر اندازه‌گیری شده حذف شود. در مرحله ارزیابی لغزش و سرعت پیشروی اندازه‌گیری شده به وسیله سامانه با مقادیر محاسبه شده لغزش و سرعت پیشروی به روش متعارف، مقایسه گردیدند. نتایج ارزیابی سامانه نشان داد که متوسط بیشینه اختلاف بین مقادیر سرعت پیشروی و لغزش اندازه‌گیری شده توسط سامانه با مقادیر متناظر محاسبه شده به روش متعارف، در همه شرایط ارزیابی (بر روی آسفالت و در مزرعه) به ترتیب برابر با $0/2$ و $2/4$ درصد بود. سامانه با تغییرات اندک قابلیت کنترل لغزش در محدوده بیشینه بازده کشت و نصب بر روی انواع تراکتور دوچرخ محرک را دارا می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: انکودر چرخان، لغزش، سرعت پیشروی، میکروکنترلر

مقدمه

هایی به بازار عرضه می‌شوند که بسیاری از پارامترهای عملکردی مربوط بخود را اندازه‌گیری و کنترل می‌کنند، اما به دلیل قیمت بالایی که دارند بسیاری از کشاورزان ایرانی که بصورت خرده‌پا هستند توانایی خرید آن‌ها را ندارند. با این وجود می‌توان با بهینه‌سازی و تجهیز وسایل موجود به سامانه‌های مختلف کنترلی، عملکرد مزرعه‌ای تراکتورها و ادوات کشاورزی را بهبود داده و از این طریق گامی مؤثر در مسیر تکامل مکانیزاسیون کشاورزی در شرایط جدید کشور برداشت. سرعت پیشروی و لغزش تراکتور از پارامترهای مهم در فرایندهای آزمون، ارزیابی و بهینه‌سازی عملکرد مزرعه‌ای تراکتور و ادوات کشاورزی هستند که باید اندازه‌گیری شوند. به‌عنوان مثال برای محاسبه توان لازم برای کشیدن ادوات کشاورزی، دانستن سرعت پیشروی و برای به‌دست آوردن بهترین بازده کشتی، دانستن لغزش لازم است (Behroozi-Lar., 1989).

امروزه فن‌آوری‌های مختلفی مانند استفاده از انواع حسگرها و سامانه موقعیت یاب جهانی (GPS) برای اندازه‌گیری سرعت پیشروی

با توجه به محدود بودن منابع سوخت‌های فسیلی و مکانیزه شدن عملیات کشاورزی، توسعه ماشین‌آلات در جهت استفاده از سوخت‌های غیرفسیلی، برای دسترسی به بازده بالاتر و مصرف سوخت کم‌تر مهم و ضروری می‌نماید. از طرفی با توجه به اجرای طرح هدفمندکردن یارانه‌ها و واقعی شدن قیمت حامل‌های انرژی، فشار ناشی از آن به بخش کشاورزی جدی است. در نتیجه بهبود راندمان مصرف انرژی در فعالیت‌های مختلف کشاورزی اجتناب ناپذیر می‌باشد. تراکتورها از منابع مهم قدرت در کشاورزی مکانیزه می‌باشند که بخش عمده‌ای از انرژی مصرفی در بخش کشاورزی را به خود اختصاص می‌دهند. اگرچه امروزه در سطح جهانی تراکتورها و ماشین

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی و دانشیاران گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*) نویسنده مسئول: (Email: m_khohaf@yahoo.com)

جلو در تراکتورهای دو چرخ محرک (Beppler and Shaw, 1980; James et al., 1981; Raheman and Jha., 2007; Parnav et al., 2010). در این روش اندازه‌گیری سرعت واقعی به شرایط خاک، نوع خاک‌ورزی و هم‌چنین سرش در چرخ‌های جلو بستگی دارد. بیشترین خطای مشاهده شده در نتایج اندازه‌گیری سرعت واقعی در این روش ۲ درصد گزارش شده است (James et al., 1981).

۳- اندازه‌گیری مستقیم سرعت به‌وسیله حسگرهای راداری که با اثر داپلر^۳ کار می‌کنند و یا از طریق تعیین موقعیت لحظه‌ای وسیله با استفاده از سیستم موقعیت یاب جهانی. (Tsuha et al., 1982; Turner., 1993; Keskin and Sait., 2006; Chosa et al., 2007). استفاده از حسگرهای راداری و گیرنده‌های GPS دقت بالایی در اندازه‌گیری سرعت واقعی فراهم می‌کنند، اما قیمت بالای آن‌ها از دامنه کاربردشان کاسته است.

بررسی منابع نشان می‌دهد که اندازه‌گیری سرعت واقعی از طریق چرخ‌های جلو به دلیل توزیع وزن تراکتور و شناوری بهتر، در همه شرایط کاری تراکتور، دقت بالاتری نسبت به چرخ پنجم دارد (James et al., 1981).

استفاده از گیرنده‌های GPS، اگر چه از توانایی بالقوه‌ای در اندازه‌گیری سرعت واقعی تراکتور برخوردارند، ولی به دلیل هزینه نسبتاً بالا و محدودیت‌هایی که برای کشورهایی مثل ایران از طرف مسئولین این سامانه ایجاد می‌شود، عموماً دارای خطای زیادی است که برای این چنین کاربردی قابل قبول نبوده و حتی در برخی از شرایط غیرقابل استفاده است. حسگرهای راداری از دقتی متناسب با هزینه اولیه برخوردار نبوده و قادر به نشان دادن سرعت‌های کمتر از 0.5 kmh^{-1} نیز نمی‌باشند. این حسگرها به خصوص در زمین‌هایی که حاوی بقایای گیاهی بلندتر از ۳۵ Cm هستند و هنگام وزش باد، از خطای زیادی در اندازه‌گیری سرعت واقعی برخوردار هستند (Turner., 1993).

در مزرعه لغزش اغلب با شمارش دوران چرخ‌های تراکتور و محاسبات تئوری اندازه‌گیری می‌شود. از متداولترین روش‌های محاسبه لغزش در مزرعه، روش ۱۰ دور است که در سال ۱۹۸۳ توسط مؤسسه انرژی و یومینگ در غالب این رابطه ارائه شد (Turner, 1993):

$$S = \left[\frac{10 - n}{10} \right] \times 100 \quad (2)$$

در این رابطه مسافتی که تراکتور تحت بار به ازای چرخش ۱۰ دور چرخ محرک می‌پیماید، علامت گذاری می‌شود. سپس تعداد دوران

و لغزش توسعه و کاربرد پیدا کرده اند (Tompkins et al., 1988; Raheman and Jha., 2007; Parnav et al., 2010). با توجه به نازل بودن قیمت حسگرها در قیاس با دستگاه‌های گیرنده GPS و از طرفی محدودیت دسترسی به این سامانه در مناطق مختلف، کاربرد حسگرها برای اندازه‌گیری سرعت پیشروی و لغزش بیشتر شده است.

اندازه‌گیری دقیق لغزش در شرایط کاری تراکتور در مزرعه، کار آسانی نیست. علی‌رغم وجود ابزارهای اندازه‌گیری لغزش، بسیاری از تراکتورهایی که وارد بازار کشور می‌شوند و تمامی مدل‌های قدیمی موجود، فاقد سیستمی برای اندازه‌گیری و نمایش لغزش هستند. بر این اساس در شرایط کاری تراکتور در مزرعه، لغزش اغلب به صورت دستی اندازه‌گیری و یا تخمین زده می‌شود که برای عملیات دقیق کشاورزی و امور تحقیقاتی مناسب نیست (Turner, 1993).

از آنجا که اندازه‌گیری لغزش به طور مستقیم امکان پذیر نیست، لغزش را با اندازه‌گیری سرعت یا مسافت پیموده شده در دو حالت تحت بار و بدون بار می‌توان محاسبه نمود. معادله‌ای که لغزش (S) را بر حسب درصد بیان کند به شرح زیر است:

$$S = \left[1 - \frac{U_0}{U_1} \right] \times 100 \quad (1)$$

در این رابطه U_0 و U_1 به ترتیب مقدار اندازه‌گیری شده (سرعت یا مسافت) تحت بار و بدون بار است. اگر سرعت‌ها اندازه‌گیری شوند، مقدار اندازه‌گیری شده تحت بار همان سرعت پیشروی واقعی در حین استفاده از نیروی مالبندی تراکتور و مقدار اندازه‌گیری شده بدون بار همان سرعت تئوری حاصل از دوران چرخ‌های محرک تراکتور خواهد بود. در حالتی که مسافت‌های پیموده شده اندازه‌گیری می‌شوند، صورت معادله فاصله پیموده شده تحت بار و مخرج آن فاصله پیموده شده بدون بار است (Paulsen and Zebra, 1971).

لغزش همچنین از طریق اندازه‌گیری سرعت دورانی و شعاع غلثشی چرخ‌ها قابل محاسبه است. در تراکتورهای دو چرخ محرک سرعت تئوری با اندازه‌گیری تعداد دوران چرخ‌های محرک و سرعت واقعی از یکی از روش‌های زیر محاسبه می‌شوند:

۱- اندازه‌گیری مقدار دوران چرخ کمکی (چرخ پنجم^۱) (Luth et al., 1978; Bedri et al., 1981; Tompkins et al., 1988). اندازه‌گیری سرعت واقعی از این روش به نوع خاک و سرش^۲ در چرخ پنجم وابسته است و باید شناوری چرخ در ناهمواری‌های زمین فراهم گردد.

۲- اندازه‌گیری دوران یکی از چرخ‌های متحرک تراکتور مثل چرخ

یک چرخ دندانه‌دار یا یک صفحه مدور شفاف^۲ حاوی خطوط تاریک^۳ است. رزولوشن^۴ حسگر به تعداد دندانه‌های چرخ دندانه‌دار یا تعداد خطوط تاریک صفحه شفاف وابسته است. این حسگرها برای هر دور چرخش چرخ ۳۶۰ پالس تولید می‌کنند.

سرعت تئوری چرخ‌های چپ و راست تراکتور از طریق پالس دریافتی از انکودرهای هر کدام از چرخ‌های محرک طرف چپ و راست تراکتور و محیط غلتشی همان چرخ (با توجه به مشخصات تایر مورد استفاده در چرخ) محاسبه می‌شود. سرعت تئوری تراکتور نیز از حاصل ضرب میانگین پالس‌های دریافتی از انکودرهای چرخ‌های عقب در محیط غلتشی همان چرخ‌ها تعیین می‌گردد. سرعت واقعی تراکتور از حاصل ضرب میانگین پالس‌های دریافتی از انکودرهای چرخ‌های جلو در محیط غلتشی همان چرخ‌ها (با توجه به مشخصات تایر مورد استفاده در چرخ) محاسبه می‌شود.

تدوین برنامه محاسباتی میکروکنترلر

میکروکنترلرها در واقع نوع پیشرفته‌ای از ریزپردازنده‌ها^۵ هستند که می‌توان با دادن و نوشتن دستورات مناسب از آن‌ها خروجی‌های مطلوب گرفت. به بیان دیگر میکروکنترلرها، کنترل کننده‌های قابل برنامه‌ریزی هستند. همه ریز پردازنده‌ها سه عمل اساسی انتقال اطلاعات، محاسبه و منطق و تصمیم‌گیری را انجام می‌دهند. در این پژوهش از یک میکروکنترلر ATMEGA16PU ساخت شرکت Atmel استفاده شده است. از محاسن آن می‌توان به سرعت پردازش بالا و توان مصرفی کم، حافظه برنامه و داده غیر فرار و قابلیت بالای نوشتن و پاک کردن حافظه داخلی اشاره نمود. برنامه نویسی میکروکنترلر به زبان بیسیک انجام شد و با استفاده از کامپایلر بسکام^۶ به میکروکنترلر منتقل شد. خروجی انکودرها به صورت دیجیتالی به جعبه حاوی میکروکنترلر و نمایشگر ارسال می‌شود و بدین ترتیب لغزش و سرعت پیشروی محاسبه شده بر روی نمایشگر نشان داده می‌شود.

تعداد دور چرخ‌های جلو و عقب تراکتور بر مبنای پالس‌های ارسالی از انکودرهای چرخان در مدت زمان T ثانیه به ترتیب از روابط ۳ و ۴ محاسبه می‌شوند:

$$N_{Fi} = \frac{E_{Fi}}{360 \times T}; i = l, r \quad (3)$$

چرخ محرک تراکتور در حالت بدون بار (n) برای پیمودن همان مسافت شمرده و لغزش محاسبه می‌شود.

هدف از انجام این پژوهش طراحی و ساخت دستگاه اندازه‌گیری است که لغزش و سرعت را در تراکتورهای دو چرخ محرک با دقت قابل قبولی نمایش دهد، قابلیت کنترل لغزش در محدوده بیشینه بازده کششی را داشته باشد، هزینه ساخت و تعمیر و نگهداری آن در حد قابل قبولی بوده و بر روی تراکتورهای متداول کشور قابل نصب باشد. در این پژوهش برای اندازه‌گیری سرعت واقعی از دو حسگر بر روی چرخ‌های جلوی تراکتور استفاده شد و میکروکنترلر به گونه‌ای برنامه‌ریزی گردید که سرش این چرخ‌ها (سرعت دورانی صفر) در محاسبات سرعت واقعی بی‌اثر باشد. علاوه بر این با نصب دو حسگر بر روی چرخ‌های محرک، سرعت تئوری نیز برای هر چرخ محرک تراکتور مجزا اندازه‌گیری شد، تا لغزش چرخ‌های محرک تراکتور جداگانه اندازه‌گیری و نمایش داده شوند.

مواد و روش‌ها

در سامانه ساخته شده سرعت پیشروی تئوری تراکتور (سرعت پیشروی متناظر با سرعت دورانی چرخ‌های محرک) از روی میانگین سرعت دورانی چرخ‌های محرک (عقب تراکتور) و سرعت پیشروی واقعی تراکتور از روی میانگین سرعت دورانی چرخ‌های جلوی تراکتور محاسبه می‌گردد. به این منظور سیگنال‌های ارسالی از حسگرهای (انکودر شافت) روی هر چهار چرخ تراکتور به طور هم‌زمان به میکروکنترلر ارسال می‌شود. برای اندازه‌گیری و نمایش لغزش چرخ‌های محرک چپ و راست تراکتور، سرعت تئوری هر کدام از چرخ‌های محرک به طور جداگانه از طریق سرعت دورانی همان چرخ محاسبه می‌شود. علاوه بر لغزش چرخ‌های چپ و راست، میانگین آن‌ها (بر حسب درصد) به همراه سرعت پیشروی تراکتور بر حسب kmh^{-1} بر روی نمایشگر سامانه که به صورت مجتمع با یک صفحه کلید ساخته شده است (شکل ۱)، نمایش داده می‌شوند.

انتخاب انکودر و نصب آن

برای اندازه‌گیری سرعت دورانی چرخ‌های تراکتور ۴ انکودر نوری چرخان^۱ مدل E50S8-360-T-24 ساخت کارخانه Autonics کره جنوبی انتخاب و بر روی بدنه تراکتور نصب شدند (شکل ۲). انکودرهای مورد استفاده دارای فرستنده، چرخ مبدل و گیرنده هستند که با قطع و وصل پرتو نوری ارسالی از فرستنده توسط چرخ مبدل خروجی به صورت آنالوگ و نهایتاً دیجیتال تولید می‌کنند. چرخ مبدل

1- Rotary Encoder

2-Transparent Disk

3- Opaque Stripes

4- Resolution

5- Micro Processor

6- Bascom

$$N_{Ri} = \frac{E_{Ri}}{360 \times T}; i = l, r \quad (4)$$



شکل ۱- نمایشگر سامانه و محل نصب آن بر روی داشبورد تراکتور

Fig. 1. Overall view of measuring system and the location of display box on tractor's dashboard



شکل ۲- استقرار انکودرهای چرخان بر روی تراکتور: (۱) محل نصب انکودرهای چرخ‌های عقب، (۲) محل نصب انکودرهای چرخ‌های جلو

Fig. 2. Installation of rotary encoders on tractor: (1) position of rear wheel encoders, (2) Front wheel encoders

$$V_i = R_{Ri}(N_{Ri} + N_{Rv}) \quad (6)$$

$$V_i = R_{Fi}(N_{Fi} + N_{Fv}) \quad (7)$$

لغزش‌های چرخ سمت چپ (%), راست (%), و لغزش میانگین (%)
از روابط ۸ و ۹ محاسبه می‌شوند:

$$S_i = \left[1 - \left(\frac{V_i}{V_{Ri}} \right) \right] \times 100; i = l, r \quad (8)$$

$$S_{avg} = \left[1 - \left(\frac{V_i}{V} \right) \right] \times 100 \quad (9)$$

در روابط فوق E و N به ترتیب بیانگر تعداد دور و تعداد پالس‌های دریافت شده از چرخ مورد نظر، اندیس‌های R و F متناظر با چرخ‌های جلو و عقب و اندیس‌های l و r متناظر با چرخ‌های سمت راست و چپ می‌باشند.

بر این اساس سرعت تئوری چرخ‌های چپ و راست، سرعت تئوری میانگین و سرعت واقعی تراکتور به ترتیب از روابط ۵، ۶ و ۷ محاسبه می‌گردند:

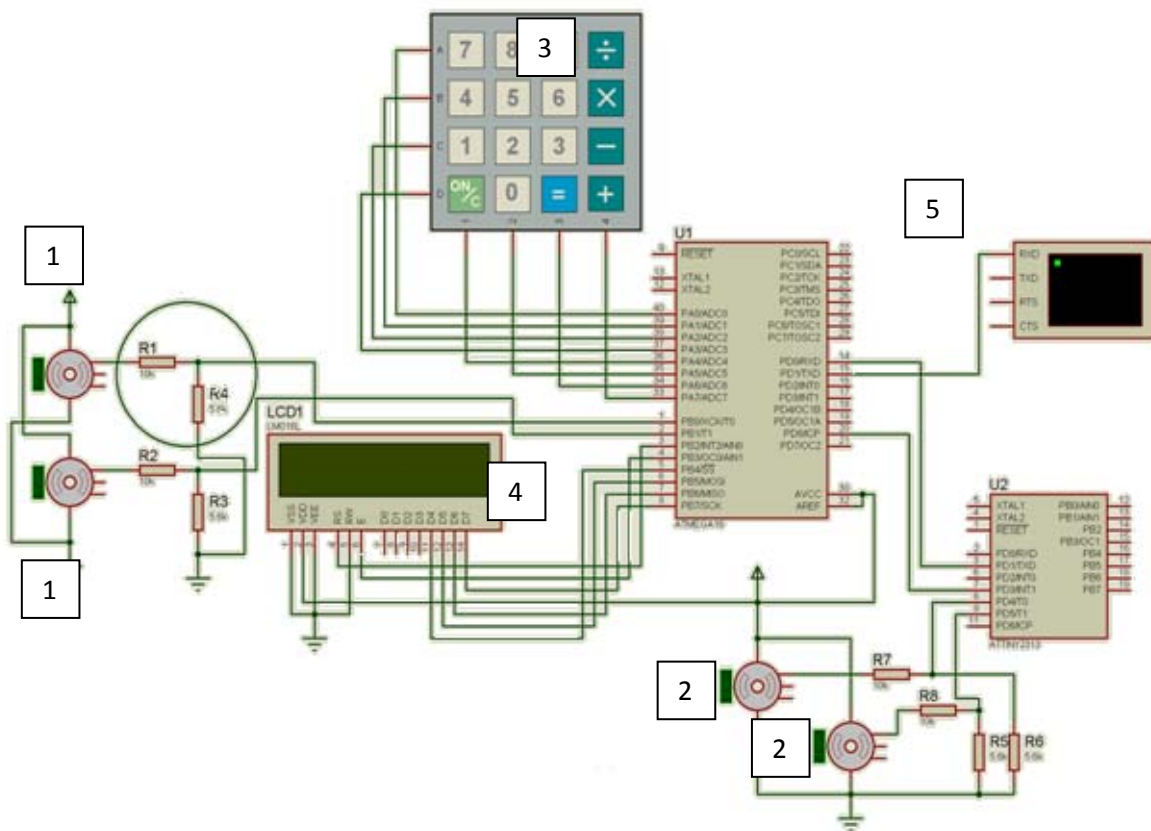
$$V_{Ti} = 2R_{Ri}N_{Ri}; i = l, r \quad (5)$$

$$V = \pi R_F (N_{P1} + N_{P2})$$

(۱۰)

سرعت پیشروی تراکتور (kmh^{-1}) نیز از رابطه ۱۰ به دست

می‌آید.



شکل ۳- شماتیک نحوه اتصال اجزای سامانه: (۱) حسگر چرخ عقب، (۲) حسگر چرخ جلو، (۳) صفحه کلید، (۴) نمایشگر و (۵) خروجی قفل دیفرانسیل

Fig. 3. Schematic diagram of measurement system: (1) rear wheel sensor, (2) front wheel sensor, (3) keyboard, (4) LCD and (5) output for differential lock.

قفل دیفرانسیل را آزاد کند. تکمیل مکانیزم‌های الکترو مکانیکی این فرایند در تکمیل این پروژه صورت می‌گیرد. برای تغییر در ابعاد تایر تراکتورها جهت نصب سامانه بر روی انواع تراکتور دو چرخ محرک، صفحه کلیدی به صورت مجتمع با نمایشگر سامانه در نظر گرفته شد که در شکل ۱ قابل رویت است.

بدین ترتیب لغزش و سرعت پیشروی توسط سامانه اندازه‌گیری و بر روی نمایشگر نشان داده می‌شوند. در شکل ۳ نحوه اتصال اجزای سامانه به پایه‌های میکروکنترلر نشان داده شده است.

اعتبارسنجی سامانه^۱

مشخص نمودن دقت انکودرهای سامانه

برنامه به گونه‌ای نوشته شده که اگر سرعت دورانی چرخ‌های جلوی تراکتور هنگام عملیات شدید کشاورزی به صورت لحظه‌ای صفر گردد (بروز پدیده سرش لحظه‌ای چرخ)، به منظور پایداری محاسبات، میانگین ۴ پالس قبلی دریافتی به محاسبات وارد گردد. در برنامه تدوین شده تدبیری جهت کنترل لغزش نیز لحاظ شده است. با توجه به اینکه در خاک‌های کشاورزی بیشترین بازده کشش در لغزش بین ۱۰ تا ۱۵ درصد اتفاق می‌افتد، هنگامی که لغزش چرخ سمت چپ، راست و یا لغزش میانگین آن‌ها به ۱۵ درصد و یا بیشتر برسد توسط برنامه یک پالس تحریک ارسال می‌گردد. از طرف دیگر با کاهش مقادیر فوق به کمتر از ۱۱ درصد نیز یک پالس دیگر ارسال می‌گردد. بدین ترتیب می‌توان قفل دیفرانسیل را با یک مکانیزم هیدرولیکی و تحریک الکتریکی در لغزش بیشتر از ۱۵ درصد درگیر نمود تا مقدار لغزش کاهش یافته و تحریک دوم در لغزش ۱۱ درصد

پالس‌های دریافتی از انکودرها و لغزش‌های اندازه‌گیری شده توسط سامانه ثبت گردید. نتایج این بررسی‌ها در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است. ضریب همبستگی بسیار نزدیک به یک، ضریب زاویه نزدیک به یک و میزان انحراف از مبدا خیلی کوچک و نزدیک به صفر نشان از صحت و دقت بالای میکروکنترلر در محاسبه مقادیر مورد نظر از روابط دارد. اختلافات جزئی رخ داده می‌تواند به دقت اندازه‌گیری حسگرها و گرد کردن اعداد در طی انجام محاسبات مرتبط باشد.

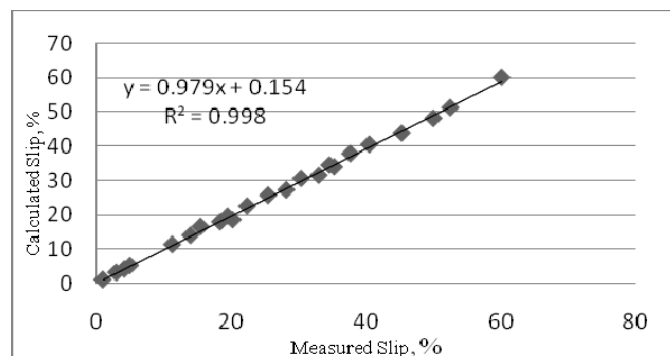
بررسی انطباق مقادیر اندازه‌گیری شده در شرایط معلوم لغزش

در این مرحله به بررسی و ارزیابی عملکرد سامانه از طریق لغزش‌هایی پرداخته شد که مقدار آن‌ها از قبل مشخص بودند. به این منظور به ترتیب چرخ‌های محرک طرف چپ و راست تراکتور بالا برده شد و لغزش چپ و راستی که سامانه اندازه‌گیری می‌کرد، ثبت گردید.

دقت انکودرهای چرخان سامانه به کمک یک دورسنج دیگر (دارای رزولوشن به مراتب بالاتر) موجود در آزمایشگاه ابزار و اندازه‌گیری گروه ماشین‌های کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد مورد بررسی قرار گرفت. دورسنج مذکور یک نمونه انکودر چرخان بود که در هر دور چرخش ۳۶۰۰ پالس تولید می‌کرد. به این منظور هر دو چرخ محرک تراکتور همزمان بالا برده شد و در دور ثابت موتور و دنده‌های مختلف، دور چرخ یک طرف با شفت انکودر و طرف دیگر با دور سنج فوق‌الذکر اندازه‌گیری گردید. بیشینه اختلاف مقادیر اندازه‌گیری شده $\pm 0/1$ دور بود که به اختلاف رزولوشن حسگرها مربوط می‌شد.

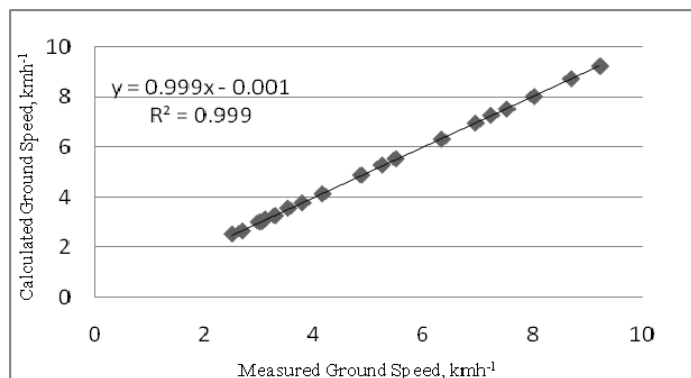
بررسی صحت و دقت محاسباتی میکروکنترلر

در مرحله دوم به کمک نرم افزار Code Vision پالس‌های ارسالی از شفت انکودرها و مقادیر سرعت پیشروی و لغزشی که سامانه نشان می‌داد ثبت شدند. سپس لغزش و سرعت پیشروی از روی پالس‌های دریافتی و با توجه به روابط ارائه شده در بخش‌های قبل این مقاله، محاسبه شدند. عملیات فوق برای سرعت‌های مختلف تراکتور (دور ثابت موتور و استفاده از دنده‌های مختلف) تکرار شد و



شکل ۴- مقایسه لغزش اندازه‌گیری شده توسط سامانه با لغزش محاسبه شده از روابط

Fig. 4. Comparison of measured slip by developed system and calculated from equations



شکل ۵- مقایسه سرعت پیشروی اندازه‌گیری شده توسط سامانه با سرعت پیشروی محاسبه شده از روابط

Fig. 5. Comparison of measured ground speed by developed system and calculated from equations

برای ارزیابی سامانه لغزش سنج بر روی سطح آسفالت، ابتدا باد لاستیک چرخ‌های عقب تراکتور فرگوسن 285 تا 20 Psi و چرخ‌های جلو آن تا 35 Psi تنظیم گردید. برای دستیابی به لغزش‌های بالا، به وسیله تراکتور 285 یک تراکتور دیگر که نیروی مقاوم در برابر حرکت ایجاد می‌کرد، به تراکتور مورد آزمایش متصل گردید. تراکتوری که به صورت یدک کشیده می‌شد، دارای یک شیر قابل تنظیم بر روی مانیفولد گازهای خروجی^۱ بود. در حالی که تراکتور خاموش بود و در دنده 4 سنگین کشیده می‌شد با تنظیم مقدار بسته شدن شیر مذکور، مقدار نیروی مقاوم در برابر حرکت افزایش می‌یافت. برای ایمنی بیشتر، مخزن سوخت این تراکتور تخلیه شده بود. بدین ترتیب لغزشی که سامانه در دور موتور ثابت 2000 دور در دقیقه در دنده‌های 2 سنگین (2L)، 3 سنگین (3L) و 4 سنگین (4L) اندازه‌گیری می‌نمود با لغزشی که از رابطه 2 محاسبه می‌شد، مقایسه گردید.

نتایج ارزیابی سامانه بر روی آسفالت (شکل 6) نشان داد مقادیر اندازه‌گیری شده و محاسبه شده لغزش به روش متعارف با ضریب 0/95 همبستگی داشتند. بیشترین اختلاف مشاهده شده بین مقادیر لغزش اندازه‌گیری شده توسط سامانه با لغزشی که از رابطه 2 محاسبه شده بود $\pm 1/6$ درصد بود که غالباً در لغزش‌های بیشتر از 30 درصد اتفاق افتاده بود.

بیشترین اختلاف بین مقادیر سرعت پیشروی که نمایشگر سامانه نشان می‌داد با مقادیر محاسبه شده $\pm 0/2$ کیلومتر بر ساعت بود و ضریب همبستگی بین مقادیر اندازه‌گیری شده توسط سامانه و مقادیر محاسبه شده بیش از 0/99 بود (شکل 7). همان‌طور که در نمودار شکل 7 مشخص است با توجه به پارامترهایی مثل ضریب همبستگی، ضریب زاویه خط بسیار نزدیک به یک و میزان انحراف از مبدأ ناچیز می‌توان نتیجه گرفت که سرعت پیشروی با دقت مطلوبی اندازه‌گیری می‌شود. به علاوه این مقایسه با یک مقدار مطلق صورت نگرفته، بلکه مقایسه‌ای با مقدار سرعت پیشروی محاسبه شده به روش مسافت - زمان است که خود نیز دارای خطای ناشی از اندازه‌گیری مسافت و زمان می‌باشد.

ارزیابی سامانه در مزرعه

برای ارزیابی سامانه در مزرعه، لغزش اندازه‌گیری شده توسط سامانه در حالی که تراکتور مسی فرگوسن 285 با گاوآهن برگردان دار 3 خیش زمین را شخم می‌زد، با لغزشی که از رابطه 2 محاسبه می‌شد، مقایسه گردید. برای دستیابی به لغزش‌های مختلف جهت

با توجه به اینکه در شرایطی که یکی از چرخ‌های تراکتور از زمین بلند شود و تراکتور در دنده قرار گیرد سرعت پیشروی صفر خواهد بود، در حالی که چرخ محرک طرف چپ تراکتور بالا بود، نمایشگر سامانه مقادیر زیر را نمایش می‌داد:

$$S_x = 100 (\%), \quad S_y = 0 (\%), \quad S_{\text{ave}} = 0 (\%), \quad V = 0 (\text{kmh}^{-1})$$

و در حالی که چرخ محرک طرف راست تراکتور بالا بود،

نمایشگر سامانه مقادیر زیر را نمایش می‌داد:

$$S_x = 0 (\%), \quad S_y = 100 (\%), \quad S_{\text{ave}} = 0 (\%), \quad V = 0 (\text{kmh}^{-1})$$

بدین ترتیب مقادیر لغزشی که سامانه نشان می‌داد با مفروضات

لغزش مطابقت داشت.

بررسی عملکرد سامانه در اندازه‌گیری سرعت پیشروی و حذف اثر سرش

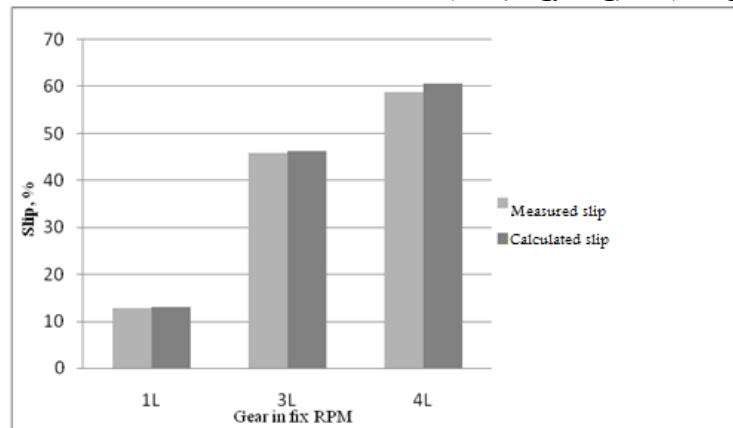
برای مشخص نمودن دقت سرعت پیشروی نمایش داده شده توسط سامانه، هر دو چرخ جلوی تراکتور بالا برده شد و با سرعت‌های دورانی متفاوت به حرکت در آمد. سپس تعداد دور چرخ‌های هر طرف در مدت زمان 10 ثانیه شمرده و سرعت محاسبه گردید و با مقداری که نمایشگر نشان می‌داد مقایسه شد. در حالی که دور چرخ‌های جلوی تراکتور متفاوت بود، بیشترین مقدار تفاوت بین سرعتی که نمایشگر نشان می‌داد با سرعت محاسبه شده $\pm 0/1 \text{ kmh}^{-1}$ بود.

همان‌گونه که پیشتر ذکر گردید، چنانچه سرعت دورانی چرخ‌های جلو در حین حرکت صفر گردد (چرخ سرش داشته باشد)، میکروکنترلر میانگین 4 پالس قبلی را که از همان چرخ ارسال می‌شود، در نظر می‌گیرد. برای مشخص نمودن ادعای فوق، چرخ‌های جلوی تراکتور پس از بالا رفتن به حرکت درآورده شدند. سپس به ترتیب یکی از چرخ‌های طرف چپ و راست برای مدت زمان یک ثانیه ثابت شده و دوباره چرخ مذکور به حرکت در آمد. مقادیر سرعت پیشروی که سامانه اندازه‌گیری می‌کرد در طول فرآیند ثبت گردید. با توجه به این که مقدار سرعت پیشروی از رابطه 10 از میانگین دور چرخ‌های جلو به دست می‌آید، هنگامی که یکی از چرخ‌های جلوی تراکتور از حرکت باز بایستد، باید سرعتی که نمایشگر سامانه نشان می‌دهد حداقل نصف گردد. اما تغییر محسوسی در سرعت پیشروی که نمایشگر سامانه نشان می‌داد مشاهده نشد. بنابراین تدبیر اتخاذ شده در تدوین برنامه میکروکنترلر جهت حذف اثر سرش لحظه‌ای در مقدار سرعت پیشروی و لغزش اندازه‌گیری شده توسط سامانه مفید بود.

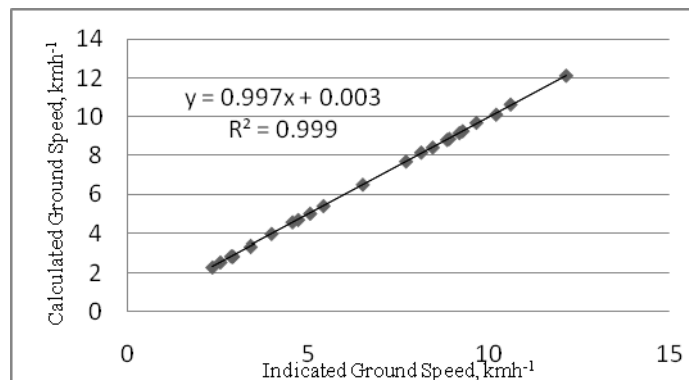
نتایج و بحث

ارزیابی سامانه بر روی آسفالت

ارزیابی سامانه، آزمایش‌ها با متغیرهای مستقلی از قبیل سرعت پیشروی، فشار باد تایرها و عمق شخم به شرح سطوح زیر انجام شد:



شکل ۶ - نمودار مقایسه لغزش‌ها بر روی آسفالت
Fig. 6. Comparison of slip on asphalt surface



شکل ۷ - نمودار مقایسه سرعت پیشروی نشان داده شده توسط سامانه با سرعت پیشروی محاسبه شده بر حسب (kmh^{-1}) بر روی آسفالت
Fig. 7: Comparison of indicated ground speed (kmh^{-1}) and calculated ground speed (kmh^{-1}) on asphalt surface

مقادیر اندازه‌گیری و محاسبه شده را می‌توان به تغییرات شدید لحظه‌ای در مقادیر اندازه‌گیری شده و این واقعیت که به هر صورت هر دو روش دارای خطای اندازه‌گیری هستند مرتبط دانست. بیشترین اختلاف مشاهده شده بین سرعت پیشروی که نمایشگر سامانه نشان می‌داد و سرعت پیشروی که از روش مسافت-زمان در مزرعه محاسبه شده بود برابر با ± 0.2 کیلومتر بر ساعت بود. در شکل ۹ نمودار مقایسه بین سرعت اندازه‌گیری شده توسط سامانه و سرعت اندازه‌گیری شده به روش متعارف در مزرعه نشان داده شده است. برای این کمیت نیز با توجه به ضریب زاویه، انحراف از مبدأ و ضریب همبستگی می‌توان نتیجه گرفت که سامانه به‌خوبی و دقت لازم این کمیت را اندازه‌گیری می‌کند.

نتیجه‌گیری

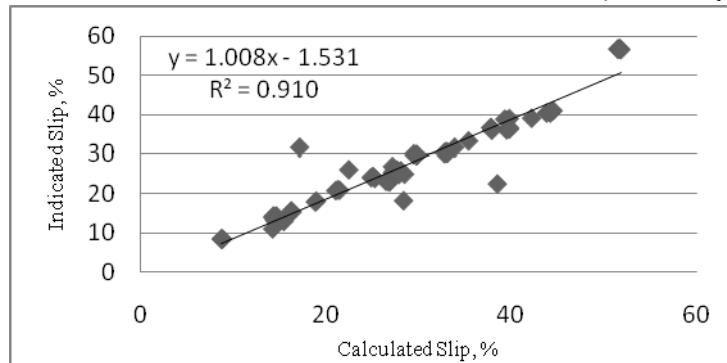
سامانه قابلیت اندازه‌گیری و نمایش لغزش چرخ‌های محرک چپ و راست را به طور جداگانه دارد. در آزمون‌های انجام شده مقادیر

اندازه‌گیری‌ها در سه فشار مختلف باد تایرها برحسب Psi به صورت (۱۶، ۲۰ و ۲۵ برای چرخ‌های عقب و به ترتیب ۳۰، ۳۵ و ۴۰ برای چرخ‌های جلو)، در دو عمق ۱۵ و ۳۰ سانتی‌متر و در دور موتور ثابت ۱۸۰۰ دور در دقیقه برای سه سرعت پیشروی مختلف در دنده‌های ۲، ۳ و ۴ سنگین انجام شد.

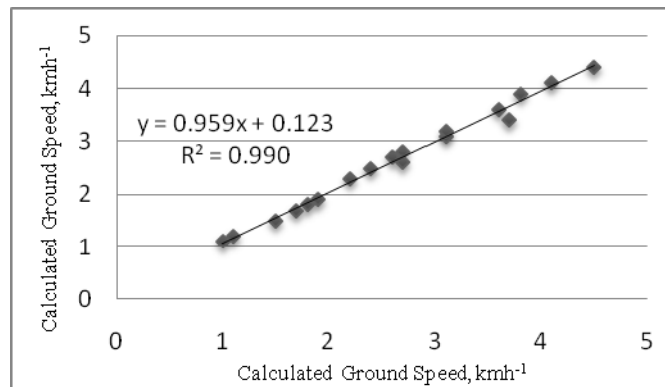
کلیه مراحل ارزیابی سامانه در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام گرفت.

نتایج مقایسه لغزش‌های اندازه‌گیری شده توسط سامانه با لغزش‌های محاسبه شده به روش متعارف و با استفاده از رابطه ۲ در شکل ۸ نشان داده شده است. بیشترین مقدار اختلاف بین مقادیر لغزش اندازه‌گیری شده و محاسبه شده $\pm 2/4$ درصد بود که در لغزش‌های بیشتر از ۳۵ درصد اتفاق افتاده بود. در مجموع با توجه به نمودار و مقادیر ضریب زاویه، ضریب همبستگی و انحراف از مبدأ می‌توان نتیجه گرفت که سامانه اندازه‌گیری متناسب با روش تجربی مقدار لغزش را تشخیص و اندازه‌گیری نموده است. دلیل عدم انطباق

لغزش اندازه‌گیری شده توسط سامانه با مقادیر لغزشی که از شمارش تعداد دور همان چرخ محاسبه شده بود، مقایسه گردید.



شکل ۸- نمودار مقایسه لغزش نشان داده شده توسط سامانه با لغزش محاسبه شده برگرفته از همه داده‌های آزمون در مزرعه
 Fig. 8. Comparison between indicated and calculated slip from all data of farm tests



شکل ۹- نمودار مقایسه سرعت پیشروی نشان داده شده توسط سامانه با سرعت پیشروی محاسبه شده بر حسب (kmh⁻¹) در مزرعه
 Fig. 9: Comparison between indicated ground speed (kmh⁻¹) and calculated Ground Speed (kmh⁻¹) on farm

تراکتور در حین عملیات شخم بر مقدار لغزش و سرعت پیشروی که سامانه اندازه‌گیری می‌کرد موثر نبود و تدبیر اتخاذ شده در تدوین برنامه جهت حذف اثر سرش موثر بود. کاربرد دو انکودر چرخان برای اندازه‌گیری سرعت چرخ‌های جلو جهت افزایش دقت مقادیر اندازه‌گیری شده نیز مفید بود. ارزیابی سامانه در آسفالت و مزرعه نشان داد دقت اندازه‌گیری لغزش با افزایش لغزش تغییر محسوسی نداشت و سامانه برای لغزش‌های بالا از قابلیت اعتماد مناسبی برخوردار بود. چنانچه سامانه ساخته شده به صورت تجهیزات استاندارد توسط کارخانه‌های سازنده بر روی تراکتور نصب گردد، در مدیریت مصرف انرژی در شرایط مختلف کاری تراکتور نقش بسزایی خواهد داشت.

اما در پژوهش‌هایی که توسط سایر محققین انجام گرفته بود همواره لغزش میانگین اندازه‌گیری شده با لغزشی که از شمارش دوران یا سرعت خطی یکی از چرخ‌های محرک محاسبه می‌شد، مقایسه شده بود. بدیهی است مقایسه دو کمیت متفاوت (لغزش میانگین اندازه‌گیری شده و لغزش یکی از چرخ‌های محرک که محاسبه شده بود) توسط سایر محققین، مقایسه درستی نبوده و ممکن است نتایج پژوهش‌های انجام گرفته در این زمینه را دستخوش تغییر کرده باشد. زیرا در مقادیر اندازه‌گیری شده لغزش توسط سامانه در همه شرایط آزمایش حداقل ۱/۴ درصد اختلاف بین مقادیر لغزش‌های چپ، راست و لغزش میانگین مشاهده شد. بررسی‌ها نشان داد اثر سرش (لغزیدن) در چرخ‌های جلوی

منابع

- 1- Bedri, A.R., W., Marely, W.F., Buchele, and T. Smay. 1981. Tractor performance monitor based on a single-chip microcomputer. ASAE, Paper No: 49085.
- 2- Behrooz-Lar, M. 1989. Tractors Construction & Application. Iranian Agricultural Extension Publications, Tehran, Iran

- 3- Beppler, D.C., and M.D. Shaw. 1980. Tractor instrument package for field energy studies. ASAE, Paper No: 80-1522.
- 4- Chosa, T.N., M., Omine, and K. Itani. 2007. Dynamic performance of global positioning system velocity sensor for extremely accurate. *Journal of Biosystem Engineering*, 97: 3-9.
- 5- James, G., D.R., DeVoe, and D. Batchelder. 1981. A microcomputer based data acquisition system for tractors. ASAE, Paper No: 81-1578.
- 6- Keskin, M., and Sait, M.D. 2006. Feasibility of low-cost receivers for ground speed measurement. *Computer and Electronics in Agriculture*, 54: 36-43.
- 7- Luth, H.J., V.G., Floyd, and R.P. Heise, 1978. Evaluating energy requirements of machines in the field. ASAE, Paper No: 78-1588.
- 8- Parnav, P.K., K.P., Pandey, and V.K. Tewari. 2010. Digital slipmeter for agricultural 2WD tractors. *Computer and Electronics in Agriculture*, 73: 188-193.
- 9- Paulsen, G., and G.C. Zebra. 1971. Automatic indication of Tractor-Wheel slip. ASAE, Paper No: 71-584.
- 10- Raheman, H., and Jha, S.K. 2007. Wheel slip measurement in 2WD tractor. *Journal of Terramechanics*, 44: 89-94.
- 11- Tompkins, F.D., W.E., Hart, R.S., Freeland, L., Wikerson, and R. Wilhelm, 1988. Comparison of tractor ground speed measurement techniques. ASAE, 31(2): 369-372.
- 12- Tsuha, W.K., A.M., McConnell, and P.A. Witt, 1982. Radar ground speed measurement for agricultural vehicles. ASAE, Paper No:82-5513
- 13- Turner, P.E. 1993. Slip measurement using dual radar guns. ASAE, Paper No: 93-1031.

بررسی و تعیین میزان توان، سوخت مورد نیاز و برخی خواص فیزیکی خاک در چند روش خاک‌ورزی

محمد یونسی الموتی^{*۱} - احمد شریفی^۲

تاریخ دریافت: ۹۰/۵/۳

تاریخ پذیرش: ۹۰/۹/۲۶

چکیده

با استفاده از برنامه عملیات زراعی می‌توان به میزان قابل توجهی در مصرف سوخت و انرژی صرفه‌جویی نمود. پیش‌بینی میزان دقیق سوخت مورد نیاز برای عملیات خاک‌ورزی مشکل می‌باشد. تغییرات میزان رطوبت، نوع خاک و عمق شخم مستقیماً بر میزان سوخت مصرفی اثر می‌گذارد. جرم مخصوص ظاهری خاک‌های کشاورزی به نحوه خاک‌ورزی، مقدار مواد آلی، عمق شخم و ماشین‌های مورد استفاده بستگی دارد. لذا در این تحقیق، اثرات چهار نوع وسیله خاک‌ورزی شامل گاوآهن برگردان‌دار، دیسک سنگین، گاو آهن قلمی و خاک‌ورز مرکب (کم خاک‌ورزی)، بر میزان توان و سوخت مورد نیاز و برخی از خواص فیزیکی خاک از جمله جرم مخصوص ظاهری، سرعت نفوذ نهایی آب در خاک و کربن آلی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که شخم با خاک‌ورز مرکب نسبت به گاوآهن برگردان‌دار، سبب افزایش مقدار مواد آلی موجود در خاک، کاهش مصرف سوخت و کاهش توان مورد نیاز برای انجام شخم گردید. بیشترین مصرف سوخت به میزان $58/03 \text{ L.ha}^{-1}$ و کمترین میزان $8/64 \text{ L.ha}^{-1}$ ، به ترتیب مربوط به شخم با گاوآهن برگردان‌دار و دیسک سنگین بود. میانگین مقادیر کربن آلی خاک برای شخم با گاوآهن برگردان‌دار $0/31$ درصد، در شخم با خاک‌ورز مرکب $0/64$ درصد، شخم با دیسک سنگین $0/55$ درصد و در شخم با گاوآهن قلمی $0/5$ درصد بود. اختلاف در مقادیر میانگین کربن آلی در شخم با خاک‌ورز مرکب و دیسک سنگین، نسبت به گاوآهن برگردان‌دار معنی‌دار بود و هر دو در دو گروه مجزا قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: توان، خواص فیزیکی خاک، کم خاک‌ورزی، مصرف سوخت، ماده آلی

مقدمه

شخم خورده است (Carter and Colwick, 1971). البته در این رابطه نباید نوع و نحوه وسایل بکار رفته در خاک‌ورزی را از نظر دور داشت. زیرا تردد ماشین‌ها و ادوات سنگین موجب ایجاد یک لایه سخت در زیر قسمت شخم خورده شده و با فشردن آن موجب افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک می‌گردد. نتیجه این عمل کاهش نفوذ پذیری خاک، کم شدن توسعه ریشه‌های گیاه و کاهش عملکرد محصول می‌باشد (Lindstrom and Onstad, 1984). اختلاف موجود در خواص فیزیکی خاک ناشی از روش‌های خاک‌ورزی، عموماً ناپایدار بوده و خلل و فرج ایجاد شده در اثر خاک‌ورزی پس از بارندگی یا آبیاری از بین می‌رود (Hamblin, 1985; Ahuja et al., 1998).

محققان زیادی در بررسی و مقایسه کشت بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی با گاو آهن برگردان‌دار، جرم مخصوص ظاهری و مقاومت فروری بیشتر و خلل و فرج کمتر خاک در روش بدون خاک‌ورزی را در طول رشد گیاه گزارش نموده‌اند (Hill, 1990; Cassel et al., 1990).

در بسیاری از مناطق کشور، شخم با گاوآهن برگردان‌دار منجر به ایجاد کلوخه‌های سخت و بزرگ بسیاری در خاک می‌شود. ایجاد کلوخه عمدتاً بدلیل انجام عملیات شخم در رطوبت نامناسب و شرایط اقلیمی پس از آن می‌باشد که این عمل استفاده چند باره از دیسک را اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. این امر علاوه بر افزایش هزینه‌های آماده‌سازی بستر، باعث پوک کردن خاک و بروز عوارضی مانند سله بستن و فرسایش خاک می‌گردد. جرم مخصوص ظاهری خاک یکی از مهم‌ترین این خواص است که تحت تأثیر سیستم خاک‌ورزی است (Voorhees and Linstrom, 1984). جرم مخصوص ظاهری^۳ خاک‌های شخم خورده غالباً کمتر از خاک‌های شخم نخورده یا کمتر

۱ و ۲- استادیاران پژوهش، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
(*)- نویسنده مسئول: (Email: mohamadyounesi@yahoo.com)
3- Bulk Density

محصول، زمان انجام کار، مصرف سوخت، انرژی و هزینه مورد نیاز در حد ۵۵ درصد کاهش می‌یابد (Michel et al., 1985).

نتایج بررسی تاثیر مدیریت بقایای گیاهی و عمق شخم بر عملکرد گندم آبی و حاصل‌خیزی خاک نشان داد که بعد از گذشت یکسال و نیم کربن آلی خاک در کرت‌هایی که بقایای ذرت به خاک برگردانده شده بود ۷/۲ درصد افزایش یافت (Heidari, 2004). بررسی نتایج تاثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی برای کاشت گندم در تناوب با سیب زمینی، نشان داد که برای تهیه بستر بذر، استفاده از دیسک و تسطیح‌کننده جهت کاشت گندم پس از سیب زمینی مناسب است (Bakhtiyari, 2007). برای کشت گندم آبی می‌توان از خاک ورزی سطحی استفاده نمود (Khosravani et al., 2004).

کاهش عملیات تهیه بستر بذر سبب باقی ماندن بقایای گیاهی بیشتر در سطح خاک می‌گردد. مقدار و نوع بقایای گیاهی تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر ساختمان و خصوصیات فیزیکی خاک دارد. خرد و مخلوط کردن بقایا با خاک در حاصلخیزی، افزایش ماده آلی و بهبود ساختمان خاک موثر می‌باشد. لذا چنانچه بتوان در انجام عملیات خاک‌ورزی روش‌هایی را جایگزین کرد به طوری که هم بستر بذر مناسب تهیه و هم وضعیت فیزیکی مناسبی در خاک برقرار کند، علاوه بر ایجاد شرایط کشاورزی پایدار از طریق جلوگیری از فرسایش خاک و حفظ محیط زیست با صرفه‌جویی در مصرف وقت و انرژی و حفظ خواص فیزیکی و افزایش مواد آلی خاک، کمک مؤثری به افزایش درآمد کشاورزان خواهد نمود. لذا به منظور بررسی اثرات روش کم خاک‌ورزی بر میزان توان و سوخت مصرفی و برخی از خواص فیزیکی خاک، تحقیق حاضر تدوین و در منطقه کرج اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات روش‌های کم خاک‌ورزی بر مقدار توان مورد نیاز، میزان مصرف سوخت و برخی از خواص فیزیکی خاک شامل: رطوبت خاک، جرم مخصوص ظاهری، میزان نفوذ پذیری و کربن آلی، آزمایشی به مدت ۲ سال (در سال زراعی ۸۸-۸۷ و ۸۸-۸۸) با چهار تیمار خاک‌ورزی بر اساس ماشین‌های ذکر شده در جدول ۱ و با سه تکرار در منطقه کرج اجرا شد. تیمارها عبارت بودند از:

- ۱- استفاده از دیسک سنگین برای شخم با عمق ۱۵ cm (خاک-ورزی اولیه)
- ۲- بکارگیری گاو آهن قلمی سنگین برای شخم با عمق ۲۵ cm
- ۳- استفاده از خاک ورز مرکب با عمق ۲۰ cm (کم خاک‌ورزی)
- ۴- استفاده از گاو آهن برگرداندار با عمق ۲۵ cm (شاهد)

1995; Vyn and Raimbault, 1993; Logsdon et al., 1990). تخلخل، پایداری و ساختمان خاک، تحت تاثیر فشردگی خاک قرار می‌گیرد (Mohajer and Croissant et al., 1991; Voorhees, 1983; Asoodar, 2010). ارتباط دادن نفوذ ریشه با مقاومت فروروی خاک به دلیل قابلیت ریشه در پیدا کردن مسیرهایی از خاک با مقاومت فروروی کمتر، مشکل است (Soane and Pidgeon, 1975). مقاومت فروروی یک معیار معمول برای سنجش مقاومت خاک است که افزایش آن، مانع رشد و توسعه ریشه گیاه می‌گردد (Singh et al., 1992; Taylor and Ratliff, 1969; Voorhees et al., 1975).

بررسی اثر الحاقی یک دستگاه غلتک خاک نشان عمیق به گاو آهن برگرداندار به منظور اجرای توام خاک‌ورزی اولیه و ثانویه نشان داد که میانگین مقادیر مقاومت کششی، توان مالبنندی و قطر متوسط جرمی کلوخه‌ها توسط گاو آهن مرکب به طور معنی‌داری کمتر از مقادیر مشابه در اجرای دو عملیات به طور جداگانه توسط گاو آهن برگرداندار و دیسک تاندوم بود (Loghavi and Hosseinpour, 2002). مخلوط کردن بقایای ذرت با خاک به وسیله شخم با گاو آهن بشقابی و برگرداندار جرم مخصوص ظاهری را کاهش و خلل و فرج خاک را در عمق‌های ۲۰-۳۰ و ۳۰-۲۰ سانتی متر افزایش می‌دهد. همچنین استفاده از یک ماشین خرد کن دوار همراه با گاو آهن برگرداندار، اثر مثبت بر خلل و فرج ریز خاک دارد و سبب کاهش جرم مخصوص آن می‌گردد (Alvarenga et al., 1987).

مخلوط کردن بقایا با خاک در تناوب ذرت و گندم، بعد از ۷ سال موجب افزایش عملکرد محصول و همچنین کربن آلی خاک گردید (Sidhu and Sur, 1993). مخلوط کردن بقایای خرد شده گندم به مقدار ۴ تن در هکتار، بعد از ۴ سال در تناوب ذرت-گندم، pH و جرم مخصوص خاک را کاهش و ازت کل، کربن آلی و ظرفیت نگهداری آب را افزایش داد. همچنین مخلوط کردن بقایای گندم با خاک عملکرد دانه و ساقه ذرت را به طور معنی‌داری افزایش داد (Sidhu and Beri, 1989). گاو آهن قلمی بدلیل سرعت پیشروی و عرض کار زیادتر نسبت به گاو آهن برگرداندار جهت عملیات تهیه زمین به زمان کمتری نیاز دارد. همچنین گاو آهن قلمی به دلیل زمان مصرفی کمتر در واحد سطح و مصرف توان مالبنندی نسبتاً پایین تر انرژی کمتری را نسبت به گاو آهن برگرداندار بکار می‌گیرد و دارای سوخت مصرفی کمتری است (Roosbeh et al., 2002). با اعمال مدیریت خاک‌ورزی دقیق یا خاک‌ورزی در عمق متغیر، میزان سوخت مصرفی به میزان ۵۰ درصد کاهش می‌یابد (Fulton et al., 1996). خاک ورزی با گاو آهن قلمی در مقایسه با روش مرسوم، در حدود ۴۰ درصد میزان انرژی سوخت و زمان عملیات قبل از کاشت را کاهش می‌دهد (Bonari et al., 1995). در مقایسه با روش مرسوم در شرایط کم خاک‌ورزی، با وجود عدم تفاوت در میزان

جدول ۱- مشخصات ماشین‌های مورد استفاده در طرح
Table 1. Characteristics of the machines used in the study.

مشخصات Specifications	عرض کار (cm) Working Width	نوع ماشین Type of Machine
سوار شونده، سه خیش، عرض کار هر خیش 32 سانتی‌متر Mounted, Three shares, working width of each share 32 cm	96	گاواهن برگردان‌دار Moalboard Plow
دیسک تاندوم سوار شونده، 28 پره با قطر 49 سانتیمتر، بشقاب‌های جلو کنگره‌ای و بشقاب‌های عقب صاف Mounted tandem disk, 28 disk with diameter of 49 cm, notched disks at front, flat disk at rear	300	دیسک سنگین Heavy Duty Disk
سوار شونده، 9 شاخه (4 شاخه جلو، 5 شاخه عقب) Mounted, 9 tines (4 at front, 5 at rear)	300	گاواهن قلمی Chisel Plow
سوار شونده، شامل: یک ردیف چیزل در جلو، دیسک در وسط و غلتک در عقب Mounted, including: one row chisel at front, disk at middle, roller at rear	250	خاک‌ورز مرکب Combinated Plow

عمق 40 cm و نیز میزان نفوذپذیری نهایی خاک اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری خاک، به کمک حلقه‌های نمونه‌برداری با حجم 100 cm^3 در اعماق مورد نظر انجام شد. سپس نمونه‌ها به مدت 24 ساعت در دمای 105 درجه سانتی‌گراد در آون خشک و با استفاده از رابطه زیر جرم مخصوص ظاهری خاک محاسبه شد.

$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{m}{\pi r^2 \cdot L}$$

که در آن:

ρ = جرم مخصوص ظاهری خاک (g.cm^{-3})

v = حجم حلقه‌ی نمونه‌برداری (cm^3)

r = شعاع داخلی حلقه‌ی نمونه‌برداری (cm)

m = جرم خاک خشک شده درون حلقه‌ی نمونه‌برداری (gr)

آزمایش‌های این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در واحدهای آزمایشی ثابت با ابعاد 25x25 متر به اجرا درآمد. کرت‌های آزمایشی قبل از شروع مطالعه به مدت یک سال زیر کشت ذرت علوفه‌ای بود و شخم در نیمه اول مهرماه هر سال با تراکتور مسی فرگوسن مدل 399 و با استفاده از گاواهن‌های برگردان‌دار، دیسک سنگین و گاواهن قلمی و خاک‌ورز مرکب (چیزل + دیسک + غلتک)، انجام شد. عملیات خاک‌ورزی ثانویه جهت خرد کردن کلوخه‌ها و تسطیح زمین در کلیه تیمارها به غیر از خاک‌ورز مرکب، شامل هرس بشقابی (دیسک) و ماله بود. نیروی کششی ادوات خاک‌ورزی به وسیله دینامومتر اتصال سه نقطه موجود بر روی یک‌دستگاه تراکتور مسی فرگوسن 399 بطور مستقیم اندازه‌گیری و با یک سیستم ثبت داده Campbell CR23X داده‌های مورد نیاز، جمع‌آوری شد (شکل ۱). سوخت مصرفی نیز توسط سیستم اندازه‌گیری سوخت نصب شده بر روی تراکتور اندازه‌گیری شد. قبل از انجام اولین شخم، خاک مزرعه مورد نظر تجزیه و بعضی از خواص آن از جمله تجزیه مکانیکی و بافت، جرم مخصوص ظاهری، درصد کربن آلی تا



شکل ۱- تراکتور مجهز به دینامومتر اتصال سه نقطه (راست) و دیتالاگر Campbell CR23X (چپ)

Fig. 1- Tractors equipped with three point hitch Dynamometer (right), and Data logger Campbell CR23X (left)

۴۰ سانتی‌متر خاک، از میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر، در تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

مقایسه میانگین‌ها

توان مورد نیاز و سوخت مصرفی

میانگین میزان توان مورد نیاز و سوخت مصرفی، با تغییر روش شخم تغییر یافت. مقایسه میانگین مقادیر توان مورد نیاز نشان داد که اختلاف میانگین‌ها معنی‌دار بوده و چهار روش خاک‌ورزی در سه گروه مجزا قرار گرفتند. گاوآهن برگردان بیشترین و دیسک سنگین و خاک‌ورز مرکب کمترین مقادیر توان مورد نیاز را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). میانگین توان مورد نیاز برای گاوآهن برگردان‌دار

$1.18/66 \text{ kN.m}^{-1}$ بود که با تغییر روش، برای خاک‌ورز مرکب این مقدار به $1.4/77 \text{ kN.m}^{-1}$ و برای دیسک سنگین به $1.4/5 \text{ kN.m}^{-1}$ رسید. کاهش میانگین مقادیر توان مورد نیاز و در نتیجه کاهش مصرف سوخت ادواتی که کمتر خاک را برگردان می‌کنند، نسبت به گاوآهن برگردان‌دار، به دلیل کاهش سطح بهم خورده و زیر و رو شدن کمتر خاک قابل انتظار بود. بررسی کار سایر محققان نیز نشان می‌دهد که میانگین مقادیر مقاومت کششی و توان مالبندی توسط گاوآهن مرکب به طور معنی‌داری کمتر از مقادیر مشابه در اجرای دو عملیات به طور جداگانه توسط گاوآهن برگردان‌دار و دیسک تاندوم بود (Loghavi and Hosseinpoor, 2002).

در مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن مشخص شد که میانگین‌های مقادیر سوخت مصرفی در چهار روش خاک‌ورزی دارای اختلاف معنی‌داری است. علی‌رغم تفاوت در میانگین مقادیر سوخت مصرفی برای گاوآهن برگردان و قلمی، هر دو تیمار در یک گروه و دو تیمار دیسک سنگین و خاک‌ورز مرکب نیز در دو گروه مجزا قرار گرفتند (جدول ۴).

اندازه‌گیری میزان نفوذپذیری خاک با استفاده از یک دستگاه استوانه مضاعف با قطرهای ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر انجام شد. بدین منظور در هر پلات در فواصل ۸ متری یک دستگاه استوانه مضاعف در عمق ۱۵ سانتی‌متری خاک نصب و سپس زمان نفوذپذیری نهایی آب (هدایت هیدرولیکی)، داخل استوانه‌ها در هر مکان اندازه‌گیری و ثبت شد. میزان کربن آلی به روش اکسیداسیون تر (اکسیداسیون شیمیایی)، اندازه‌گیری شد (Robert et al., 1995). اندازه‌گیری مقادیر مربوط به وزن مخصوص ظاهری، نفوذپذیری و کربن آلی خاک در هر سال از اجرای آزمایش در فاصله دو ماه پس از اجرای عملیات خاک‌ورزی، انجام شد. میانگین مقادیر حاصل از اجرای آزمایش در دو سال، محاسبه و داده‌های نهایی بدست آمده با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و MSTATC تجزیه و تحلیل و توسط آزمون دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

به منظور بررسی اثرات روش‌های کم خاک‌ورزی، برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی زمین مورد آزمایش که قبل از شروع مطالعه به مدت یک سال زیر کشت ذرت علوفه‌ای بود، اندازه‌گیری شد (جدول ۲).

تجزیه واریانس صفات مورد بررسی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر نوع وسیله خاک‌ورزی بر توان مورد نیاز و سوخت مصرفی در سطح ۱ درصد و بر کربن آلی و میزان نفوذپذیری در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. اثر تیمار نوع وسیله خاک‌ورزی بر جرم مخصوص ظاهری خاک، معنی‌دار نبود. همچنین بر اساس نتایج جدول مذکور، اثرات بلوک بر مقدار توان مورد نیاز، سوخت مصرفی، میزان جرم مخصوص ظاهری، کربن آلی خاک و میزان نفوذپذیری خاک معنی‌دار نبود (جدول ۳). به دلیل عدم تفاوت در داده‌های بدست آمده برای کربن آلی در اعماق ۲۰ تا

جدول ۲- ویژگی‌های خاک مزرعه مورد مطالعه

Table 2. Soil properties of studied field.

عمق (cm) Depth	رس % Clay	سیلت % Silt	شن % Sand	بافت خاک Soil Texture	جرم مخصوص ظاهری (g.cm ⁻³) Bulk Density	کربن آلی (درصد) Organic Carbon	نفوذ پذیری (cm.hr ⁻¹) Infiltration
0-10	37	54	9	لوم رسی سیلتی	1.47	0.5	
10-20	39	48	13	" " "	1.68	0.35	0.98
20-30	39	49	12	" " "	1.71	0.3	
30-40	37	48	15	" " "	1.73	-	

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی: میزان توان مورد نیاز، سوخت مصرفی، کربن آلی، نفوذپذیری و جرم مخصوص ظاهری خاک
Table 3. ANOVA of studied factors: Power requirements, fuel consumption, organic carbon, infiltration rate and bulk density

میانگین مربعات (MS) Mean Square					df	منابع تغییرات Sources of Variations
جرم مخصوص Bulk Density	نفوذپذیری Infiltration	کربن آلی Organic Carbon	مصرف سوخت Fuel Consumption	توان مورد نیاز Required Power		
0.013 ns	0.020 *	0.058 *	1457.66 **	131.136 **	3	تیمار Treatment
0.002 ns	0.005 ns	0.002 ns	26.29 ns	1.49 ns	2	بلوک Block
0.004	0.003	0.010	23.11	0.30	6	خطا Error

ns و df بترتیب عبارتند از: معنی دار در سطح 1 درصد، معنی دار در سطح 5 درصد، عدم اختلاف معنی دار و درجه آزادی
** = p < 0.01, * = p < 0.05, ns = non-significant, df = Degree of freedom

1995).

کربن آلی

میانگین مقادیر کربن آلی خاک در عمق 0 تا 20 سانتی متری خاک، برای شخم با گاواهن برگردان 0/31 درصد بود که با تغییر روش، افزایش یافت و مقدار آن در شخم با خاکورز مرکب به 0/64 درصد و در شخم با دیسک سنگین به 0/55 درصد رسید. میانگین مقادیر کربن آلی در عمق 20 تا 40 سانتی متری خاک در کلیه تیمارها تقریباً برابر بود. اختلاف در مقادیر میانگین کربن آلی در شخم با خاکورز مرکب و دیسک سنگین، نسبت به گاواهن برگردان معنی دار بود (جدول 4).

بیشترین مقدار مصرف سوخت به میزان $58/03 \text{ Lit. ha}^{-1}$ و کمترین میزان مصرف $8/64 \text{ Lit. ha}^{-1}$ به ترتیب مربوط به شخم با گاواهن برگردان دار و دیسک سنگین بود. با توجه به کاهش عمق کار دیسک در مقایسه با سایر تیمارها، کاهش مصرف سوخت در این تیمار قابل انتظار بود. بررسی کار سایر محققان نیز نشان می دهد که گاواهن قلمی به دلیل زمان مصرفی کمتر در واحد سطح و مصرف توان مالبندی نسبتاً پایین تر انرژی کمتری را نسبت به گاواهن برگردان دار بکار می گیرد و دارای سوخت مصرفی کمتری است (Roosbeh et al., 2002). همچنین بکارگیری روش کم خاک-ورزی و اعمال مدیریت خاکورزی دقیق یا خاکورزی در عمق متغیر، میزان سوخت مصرفی را تا حدود 50 درصد کاهش می دهد (Fulton et al., 1996; Michel et al., 1985; Bonari et al.,

جدول 4- تاثیر روش خاکورزی بر میانگین ویژگی های مورد مطالعه
Table 4. Effect of tillage methods on mean values of studied properties.

جرم مخصوص (gr.cm^{-3})	نفوذپذیری (cm.hr^{-1})	کربن آلی %	مصرف سوخت (Lit. ha^{-1})	توان مورد نیاز (kN.m^{-1})	روش خاکورزی
Bulk Density	Infiltration	Organic Carbon	Fuel Consumption	Required Power	Tillage Method
1.42 ab	1.34 ab	0.64 a	37.12 b	4.77 c	خاکورز مرکب Combinated Plow
1.52 a	1.25 b	0.55 a	8.64 c	4.5 c	دیسک سنگین Heavy Duty Disk
1.36 b	1.44 a	0.50 ab	52.05 a	9.66 b	گاواهن قلمی Chisel Plow
1.44 ab	1.38 a	0.31 b	58.03 a	18.66 a	گاواهن برگردان Moaldboard Plow

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بین میانگین هاست.

کاهش جرم مخصوص خاک در اثر افزایش عمق خاک‌ورزی و بکارگیری گاوآهن برگردان در مقایسه با سایر ادوات خاک‌ورزی است (Singh et al., 1992; Hill, 1990; Cassel et al., 1995; Vyn and Raimbault, 1993; Logsdon et al., 1990).

در یک نگاه کلی با توجه به نتایج حاصله می‌توان گفت که با تغییر ادوات و در نهایت تغییر نوع شخم از گاوآهن برگردان (روش مرسوم)، به ادواتی از قبیل خاک‌ورزهای مرکب که کمتر خاک را بهم می‌زنند (روش خاک‌ورزی حفاظتی)، می‌توان با حفظ تقریبی جرم مخصوص ظاهری و نفوذپذیری خاک، افزایش ماده آلی خاک را به میزان قابل توجهی افزایش داد و در مصرف سوخت و توان مورد نیاز نیز صرفه‌جویی کرد.

نتیجه‌گیری

- شخم با خاک‌ورز مرکب نسبت به گاوآهن برگردان دار، سبب افزایش مقدار مواد آلی موجود در خاک، کاهش مصرف سوخت و کاهش توان مورد نیاز برای انجام شخم شد. میانگین توان مورد نیاز برای گاوآهن برگردان دار $1.8/66 \text{ kN.m}^{-1}$ ، خاک‌ورز مرکب 4.77 kN.m^{-1} ، دیسک سنگین $4/5 \text{ kN.m}^{-1}$ و برای گاوآهن قلمی $9/66 \text{ kN.m}^{-1}$ بود. بیشترین مصرف سوخت به میزان $58/03 \text{ Lit.ha}^{-1}$ و کمترین میزان $8/64 \text{ Lit.ha}^{-1}$ به ترتیب مربوط به شخم با گاوآهن برگردان دار و دیسک سنگین بود.
- میانگین مقادیر کربن آلی خاک برای شخم با گاوآهن برگردان $0/31$ درصد، در شخم با خاک‌ورز مرکب $0/64$ درصد و در شخم با دیسک سنگین به $0/55$ درصد بود. اختلاف در مقادیر میانگین کربن آلی در شخم با خاک‌ورز مرکب و دیسک سنگین، نسبت به گاوآهن برگردان معنی‌دار بود و هر دو در دو گروه مجزا قرار گرفتند.
- میانگین مقادیر نفوذپذیری خاک برای شخم با گاوآهن برگردان $1/38 \text{ cm.hr}^{-1}$ و شخم با گاوآهن قلمی سنگین $1/44 \text{ cm.hr}^{-1}$ بود.

افزایش میانگین مقادیر کربن آلی در شخم با خاک‌ورز مرکب و دیسک سنگین احتمالاً به دلیل توزیع مناسب و یکنواخت‌تر بقایای گیاهی در سطح شخم خورده خاک و افزایش بیشتر مواد آلی بوده است. نتایج تحقیقات سایر محققین نیز حاکی از وجود بیشتر کربن آلی در لایه‌های سطحی و کاهش شدید آن در عمق‌های بیشتر خاک می‌باشد (Sidhu and Sur, 1993; Sidhu and Beri, 1989).

نفوذپذیری

میانگین مقادیر نفوذپذیری نهایی خاک برای شخم با گاوآهن برگردان $1/38 \text{ cm.hr}^{-1}$ بود که با تغییر نوع ادوات و در شخم با دیسک و خاک‌ورز مرکب کاهش و در شخم با گاوآهن قلمی سنگین افزایش یافت. اختلاف بین میانگین مقادیر این صفت معنی‌دار بود و میانگین نفوذپذیری در شخم با گاوآهن قلمی سنگین با میزان $1/44 \text{ cm.hr}^{-1}$ ، بیشترین مقدار در بین تیمارهای مورد مطالعه بود (جدول ۴). بیشتر بودن مقدار نفوذپذیری برای گاوآهن برگردان ممکن است به دلیل کاهش تراکم خاک در اثر بیشتر بودن عمق شخم باشد. سایر محققین نیز در بررسی و مقایسه روش‌های مختلف خاک‌ورزی، مقاومت فروروی کمتر خاک در روش خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان را در طول رشد گیاه گزارش نموده‌اند (Hill, 1990; Cassel et al., 1995; Vyn and Raimbault, 1993; Logsdon et al., 1990).

جرم مخصوص ظاهری

مقایسه جرم مخصوص ظاهری خاک در چهار روش نشان داد که بیشترین جرم مخصوص ظاهری خاک و به عبارت دیگر بیشترین فشردگی (کمترین میزان تخلخل)، مربوط به روش شخم با دیسک سنگین با مقدار $1/52 \text{ gr.cm}^{-3}$ بود. میانگین مقادیر این صفت در روش شخم با گاوآهن قلمی و خاک‌ورز مرکب به ترتیب برابر با $1/36 \text{ gr.cm}^{-3}$ و $1/42 \text{ gr.cm}^{-3}$ بود (جدول ۴). کمتر بودن میزان تخلخل در روش شخم با دیسک سنگین ممکن است به دلیل کمتر بودن عمق شخم باشد. تحقیقات سایر محققین نیز حاکی از

منابع

- 1- Ahuja, L.R., F., Fiedler, G.H., Dunn, J.G. Benjamin, and A. Garrison. 1998. Changes in soil water retention curves due to tillage and natural reconsolidation. Soil Sci. Soc. Am. J. 62, 1228-1233.
- 2- Alvarenga, R. C., B. Fernandes, and T. C. A. Silva. 1987. Effect of different methods of soil preparation and maize residue management on bulk density, total porosity and poresize distribution in arid latosol revista ceres. Agron. J. Vol.8.No. 34, pp 569-577.
- 3- Bakhtiyari, M. R. 2007. Comparison of different methods to reduce tillage operation in wheat planting after potatoes. Journal of Agricultural Engineering Research. Vol. 8, No. 2, pp. 33-46. (In Farsi).

- 4- Bonari, E., M. Mazzoncini, and A. Peruzzi. 1995. Effect of conservation and minimum tillage on winter oilseed rape in a sand soil. *Soil and Tillage Research* .33:91-108
- 5- Carter, L.M. and R.F. Colwick. 1971. Evaluation of tillage systems for cotton production systems. *Trans.ASAE*. 14, 1116-1121.
- 6- Cassel, D.K., C.W. Raczkowski, and H.P. Denton. 1995. Tillage effects on corn production and soil physical properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59, 1436–1443.
- 7- Croissant, R.L., H.F. Schwartz, and P.D. Ayers. 1991. Soil compaction and tillage effects on dry bean yields. *J. Prod. Agric.* 4, 461– 464.
- 8- Fulton, J.P., L.G., Wells, S.A. Shearer, and R.I. Barnhisel. 1996. Spatial variation of soil physical properties: a precursor to precision tillage. Presented at the 1996 ASAE Annual International Meeting, Paper No.96-1012.
- 9- Hamblin, A.P. 1985. The influence of soil structure on water movement, crop root growth, and water uptake. *Adv. Agron.* 38, 95–158.
- 10- Heidari, A. 2004. The effects of crop residue management and tillage depth on wheat yield and soil organic matter in corn -wheat rotation. *Journal of Agricultural Engineering Research*. Vol. 5, No. 19, pp. 81-93. (In Farsi).
- 11- Hill, R.L. 1990. Long-term conventional and no tillage effects on selected soil physical properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54,161–166.
- 12- Khosravani, A., M., Zabolostani, A. Sharifi, and M. Shahrbanooonejad. 2004. Study on the possibility of minimum tillage in wet wheat planting. *Journal of Agricultural Engineering Research*. No. 17, pp. 29-46. (In Farsi).
- 13- Lindstrom, M.J. and C.A. Onstad. 1984. Influence of tillage systems on soil physical parameters and infiltration after planting. *J. Soil water conserv.* 39, 149-152.
- 14- Loghavi, M. and A. Hosseinpoor. 2002. Attaching a roller to moldboard plow for primary and secondary tillage operation. *Proceeding of second Agr. Mach. And Mech. Conference, Karaj. Iran.* (In Farsi).
- 15- Logsdon, S.D., R.R., Allmaras, L., Wu, J.B. Swan, and G.W. Randall. 1990. Macroporosity and its relationship to saturated hydraulic conductivity under different tillage practices. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54, 1096–1101.
- 16- Michel, Jr., J.A., K.J. Formstorm and J. Borrelli. 1985. Energy requirements of two tillage systems for irrigated sugar beets, drybeans and corn. *Trans of the ASAE* 28:1731-1735.
- 17- Mohajer, F.M. and M. Asoodar. 2010. The effect of tillage systems and press wheel weight on land wheat grain yield in khuzestan province. *Journal of Agricultural Engineering Research*, No. 1, pp. 1-18. (In Farsi).
- 18- Robert, G., G. Palmer, and R. Troeh. 1995. *Introductory soils science laboratory manual*. Oxford university press.
- 19- Roozbeh, M. Almasi, M. and Hammett, A. 2002. Evaluation and comparison of energy requirements in different tillage methods for corn production. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, No. 33, pp. 127-117. (In Farsi).
- 20- Sidhu, A. S. and H. S. Sur. 1993. Effect of incorporation of legume straw on soil properties and crop yield in a maize- wheat sequence. *Tropical Agric.* Vol.70.No.3,pp. 226-229.
- 21- Sidhu, B. S. and V. Beri. 1989. Effect of crop residue management on the yield of different crops and on soil properties. *Biological wastes*. Vol. 27.No.1,pp. 15-27.
- 22- Singh, K.K., T.S., Colvin, D.C. Erbach, and A.Q. Mughal. 1992. Tilth index: an approach to quantifying soil tilth. *Trans. ASAE* 35, 1777–1785.
- 23- Soane, B.D. and J.D. Pidgeon. 1975. Tillage requirement in relation to soil physical properties. *Soil Sci.* 119, 376–384.
- 24- Taylor, H.M. and L.F. Ratliff. 1969. Root elongation rates of cotton and peanuts as a function of soil strength and soil water content. *Soil Sci.* 108, 113–119.
- 25- Voorhees, W.B. 1983. Relative effectiveness of tillage and natural forces in alleviating wheel-induced soil compaction. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47, 129–133.
- 26- Voorhees, W.B. and M.J. Linstrom. 1984. Long-term effects of tillage methods on soil tilth independent of wheel traffic compaction. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48, 152-156.

- 27- Voorhees, W.B., D.A. Farrell, and W.E. Larson. 1975. Soil strength and aeration effects on root elongation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 39, 948–953.
- 28- Vyn, T.J., and B.A. Raimbault. 1993. Long-term effect of five tillage systems on corn response and soil structure. *Agron. J.* 85: 1074–1079.

بررسی تاثیر ارتفاع سقوط، سرعت حرکت نقاله و جنس سطح برخورد بر سطح و حجم کوفتگی سیب رقم گلدن دلشز

رضا طباطبائی کلور^{۱*} - علیرضا کلوری^۲ - سید جعفر هاشمی^۳ - رمضان هادی پور^۴

تاریخ دریافت: ۹۰/۳/۲۸

تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۱۸

چکیده

میوه سیب در مراحل مختلف برداشت تا عرضه به مشتری در معرض بارهای مختلف قرار می‌گیرد. کوفتگی به عنوان یکی از معیارهای مهم ارزیابی صدمه وارد شده به سیب همواره مورد توجه محققان بوده است. در این تحقیق برخی از عوامل موثر بر میزان سطح و حجم کوفتگی سیب از جمله ارتفاع سقوط، جنس سطح برخورد و سرعت حرکت خطی سیب بر روی نوار نقاله بررسی شد. تاثیر این عوامل بر کوفتگی سیب رقم "گلدن دلشز" با استفاده از طرح کاملاً تصادفی با آزمایش فاکتوریل در سه سطح ارتفاع سقوط (۱۰، ۲۰ و ۳۰) cm، سه سطح سرعت حرکت خطی ($0.1, 0.5, 1.0 \text{ m.s}^{-1}$) و ۱/۱۵) و چهار سطح برخورد (چوبی، فولادی، پلاستیکی و کارتنی) در سه تکرار با مجموع ۱۰۸ تیمار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر ارتفاع سقوط و جنس سطح برخورد بر روی سطح کوفتگی در سطح ۱ درصد معنی دار بود در حالی که حجم کوفتگی تنها تحت تاثیر جنس سطح برخورد قرار گرفت (دارای اختلاف معنی دار در سطح ۱ درصد). آزمون مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تفاوت معنی داری بین سطوح مختلف ارتفاع سقوط بر سطح کوفتگی وجود دارد. علاوه، تفاوت بین سطح کارتنی با سطوح فولادی، پلاستیکی و چوبی معنی دار است. از نظر تاثیر جنس سطح برخورد بر حجم کوفتگی، بین سطوح فولادی و چوبی با سطح کارتنی و پلاستیکی تفاوت معنی داری وجود دارد. بنابراین در طراحی سیستم‌های فراوری سیب بایستی عوامل ارتفاع سقوط و جنس سطح برخورد را مد نظر قرار داد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع سقوط، جنس سطح برخورد، سیب، صدمه مکانیکی

مقدمه

سالیانه درصد قابل توجهی از میوه‌ها به دلایل مختلفی از جمله صدمات مکانیکی تلف می‌شوند. میوه‌ها از مرحله برداشت تا رسیدن به دست مشتری ممکن است فرایندهایی مانند چیدن، جابجائی، بسته‌بندی، درجه بندی، انبارداری و حمل و نقل را پشت سر بگذارند که در هر یک از این مراحل می‌توانند در معرض بارهای مختلف استاتیکی و دینامیکی قرار گرفته و صدمه ببینند. برای اغلب میوه‌ها از جمله سیب، کوفتگی متداول‌ترین نوع صدمه مکانیکی در فرایندهای پس از برداشت می‌باشد. این نوع صدمه نه تنها در ظاهر محصول از نظر مشتری پسندی یک عامل منفی محسوب می‌شود بلکه مکان مناسبی برای رشد و نمو عوامل فساد نیز می‌باشد (Van

Zeebroek et al., 2007). گرچه کوفتگی یک دغدغه نگران کننده است و باید به عنوان یک آسیب تلقی شود اما می‌توان با بکارگیری روش‌های مدیریتی مناسب آن را کنترل کرد (Wilson, 2003).

Baritelle and Hyde (2001) گزارش کردند که کاهش صدمه حاصل از کوفتگی در صنعت میوه و سبزی سالیانه میلیاردها دلار صرفه جوئی اقتصادی به همراه دارد. تلفات ناشی از کوفتگی سیب تازه برداشت شده در مراحل مختلف پس از برداشت در ژاپن ۱۷ درصد گزارش شد (Usuda, 2006).

Pang et al., 1992) عامل اصلی اتلاف کیفی میوه سیب را کوفتگی گزارش نموده اند که در اثر فشار سیب در مقابل یک سطح دیگر اتفاق می‌افتد اما تحقیق بر روی سیستم‌های جابجائی نشان داده که اغلب کوفتگی در نتیجه ضربه وارده در مقابل سطوح مختلف اتفاق می‌افتد. چالش محققان و متخصصان بخش صنعت کشاورزی توسعه روش‌ها و سیستم‌هایی برای به حداقل رساندن کوفتگی می‌باشد، چرا که ناحیه کوفته شده مکان مناسبی برای گسترش عوامل فساد

۱، ۲، ۳ - به ترتیب استادیار، دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و کارشناس گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران

(* - نویسنده مسئول: (Email: r_tabatabaee@yahoo.com)

صدمات می‌توان حدود ۶۰۰ الی ۹۰۰ هزار یورو در طی یک سال زراعی صرفه جوئی کرد. در صنعت چنانچه حد آستانه کوفتگی میوه سیب از ۱۰۰ میلی متر مربع فراتر رود مورد پذیرش واقع نمی‌شود (Pang et al., 1994).

(Pang et al., 1992) با بررسی کوفتگی حاصل از برخورد دو سیب در اثر سقوط آزاد دریافتند که یکی از سیب‌ها بسیار بیشتر از دیگری صدمه می‌بیند و هر دو صدمه یکسانی نمی‌بینند. بعلاوه، یک رابطه غیر خطی بین سطح برخورد و جذب انرژی بدست آمد.

(Lu et al., 2010) با استفاده از یک فیلم حساس به فشار کوفتگی سیب را اندازه‌گیری کردند و به کمک آن روش‌هایی برای ارزیابی و پیش‌بینی کوفتگی در اثر بارگذاری ضربه ای بدست آوردند. نتایج آزمون‌های ضربه نشان داد که وقتی میوه از ارتفاع‌های مختلف (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ سانتی متر) بر روی سطوح برخورد (فیبر دوجداره، لاستیکی و چوبی) سقوط می‌کند سطح و حجم کوفتگی را می‌توان بر مبنای نیروی ضربه با استفاده از مدل‌های رگرسیونی بدست آورد. ضریب همبستگی برای سطح و حجم کوفتگی به ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۹۵ بدست آمد.

(Lewis et al., 2007) با استفاده از روش‌های عددی و تجربی اندازه کوفتگی در اثر سقوط از ارتفاع مشخص بر روی سطوح مختلف را تعیین کردند. نتایج نشان داد که حجم کوفتگی تقریباً متناسب با ارتفاع سقوط می‌باشد. بعلاوه در اثر سقوط بر روی سطوح سخت تر مثل فولاد و چوب که مدول الاستیسیته بیشتری دارند حجم کوفتگی افزایش می‌یابد.

(Lewis et al., 2008) از یک روش مافوق صوت برای مطالعه سطح کوفتگی و تنش‌های وارد به سیب تحت بارگذاری استاتیکی استفاده کردند. نتایج حاصل برای تشخیص آستانه بارگذاری و نیز تایید مدل اجزای محدود مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که نیروی ۳۵ N منجر به ایجاد سطح کوفتگی 100 mm^2 می‌شود و نیروی بیشتر از این مقدار موجب می‌شود که از حد قابل قبول استاندارد صنایع فراتر رود.

در سال‌های اخیر مطالعاتی در خصوص استفاده از میوه الکترونیکی کروی شکل برای بررسی میزان ضربه وارده در سیستم‌های پس از برداشت سیب انجام گرفته است. (Herold et al., 1996) از یک میوه مصنوعی کروی شکل برای تشخیص منابع صدمه به میوه و سبزی‌های تازه در طول مراحل برداشت و جابجایی استفاده کردند. این کره قادر بود تمام بارهای وارده به میوه که بیش از حد آستانه مجاز می‌باشد را جمع‌آوری کند. بعلاوه (Tennes et al., 1990) از میوه الکترونیکی برای شناسایی سطوح بحرانی در جابجائی و حمل و نقل میوه و (Garcha-Ramos et al., 2003) and (2004) نیز از یک شتاب سنخ سه محوری درون یک پوشش پلاستیکی نرم و کروی شکل برای بررسی صدمه به سیب در خط

بیولوژیکی مثل قارچ‌ها، باکتری‌ها و غیره می‌باشد (Knee and Miller, 2002). محققان مختلف در سراسر دنیا عوامل مختلف ایجاد صدمه و روش‌های اندازه‌گیری آن برای میوه‌های مختلف از جمله سیب را مورد بررسی قرار داده اند اما پراکندگی داده‌ها، تفسیر و مقایسه آن‌ها را پیچیده کرده است. از سوی دیگر، شناسایی و اندازه‌گیری عوامل ایجاد کوفتگی در بهینه‌سازی فرایندها و ماشین‌ها کمک شایانی می‌کند.

(Caderek, 1982) تاثیر صدمه مکانیکی بر نگهداری سه رقم سیب را بررسی کرد. نتایج نشان داد که ۵۸ درصد سیب‌های صدمه دیده در درجه بندی پس از نگهداری در انبار سالم ماندند در حالیکه ۹۶ درصد سیب‌های صدمه ندیده طی شرایط مشابه انبارداری سالم ماندند.

(Chen and Yazdani, 1991) حجم کوفتگی سیب را با استفاده از روش سقوط از ارتفاع بر روی سطوح مختلف بدست آوردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که هر چه انرژی جذب شده توسط سطح برخورد بیشتر باشد حجم کوفتگی کمتر است بطوریکه حجم کوفتگی ایجاد شده در سطح لاستیکی نسبت به سطح چوبی و فولادی به‌طور قابل ملاحظه‌ای کمتر بود.

(Menesatti and Pagila, 2001) یک شاخص برای صدمه حاصل از سقوط از ارتفاع بدست آوردند که حساسیت به کوفتگی سیب را نشان می‌داد و به عنوان جایگزینی برای فاکتور مقاومت کوفتگی (نسبت حجم کوفتگی به انرژی جذب شده) در نظر گرفته شد. این شاخص نشان دهنده حداکثر ارتفاع سقوط می‌باشد که در آن احتمال صدمه به محصول ۵ درصد می‌باشد. هدف این شاخص سهولت در کاربرد و درک آسان کوفتگی توسط تولید کنندگان می‌باشد. با همین توجیه (Bollen et al., 2001) و (Garsia-Ramos et al., 2002) از مدل‌های رگرسیونی برای توصیف احتمال کوفتگی در سیب استفاده کردند.

(Siyami et al., 1988) گزارش کردند که بین قطر کوفتگی اندازه‌گیری شده و تخمینی توسط نظریه الاستیک هرتز همبستگی ضعیفی وجود دارد. آن‌ها دریافتند که مدل‌های رگرسیونی خطی چند متغیره در مقایسه با مدل‌های تئوری برای تخمین میزان کوفتگی مناسب تر هستند و در عوض مدل‌های تئوری برای درک تاثیر عوامل مختلف مرتبط با صدمه حاصل از ضربه مفید تر هستند.

(Studman, 1997) نشان داد که تا حدود ۵۰ درصد تلفات در سیب می‌تواند ناشی از کوفتگی باشد. البته این مقدار به میزان آگاهی مشتری بستگی دارد و معمولاً در محدوده ۱۰-۲۰ درصد می‌باشد. در بلژیک (VanZeedroek et al., 2003) صدمه مکانیکی به سیب در مرحله درجه بندی را بررسی کردند و دریافتند که ۸ الی ۱۵ درصد تلفات بدلیل کوفتگی اتفاق می‌افتد. قیمت سیب‌های آسیب دیده حدود یک سوم سیب‌های سالم است و با کاهش ۱۰ درصد از

شکل ۱ ساخته شد. این دستگاه متشکل از بخش‌های شاسی، الکتروموتور و اینورتور کنترل دور، تسمه نقاله و جعبه دریافت میوه می‌باشد. الکتروموتور دارای قدرت ۰/۵ اسب بخار و ۱۲۰۰ دور در دقیقه می‌باشد که ابتدا توسط چرخ دنده و زنجیر دور آن به میزان یک چهارم کاهش می‌یابد و سپس بوسیله اینورتور با تغییر فرکانس دور مورد نظر تنظیم می‌شود. جعبه دریافت میوه، قابلیت تعویض جنس سطح برخورد و تنظیم در راستای افقی و عمودی از ۵ الی ۵۰ سانتی‌متر را دارا می‌باشد.

نمونه

نمونه‌های سیب مورد آزمایش از رقم "گلدن دلشیز" انتخاب گردید که با توجه به روشنی پوست آن امکان مشاهده و تعیین ناحیه کوفته شده وجود دارد. تعداد ۱۰۸ عدد سیب دست چین شده و کاملاً سالم از این رقم جهت آزمایش انتخاب گردید. ابتدا جرم نمونه‌ها توسط یک ترازوی دیجیتال با دقت $\pm 0/01$ اندازه‌گیری شد و در سه دسته وزنی تقسیم بندی گردید.

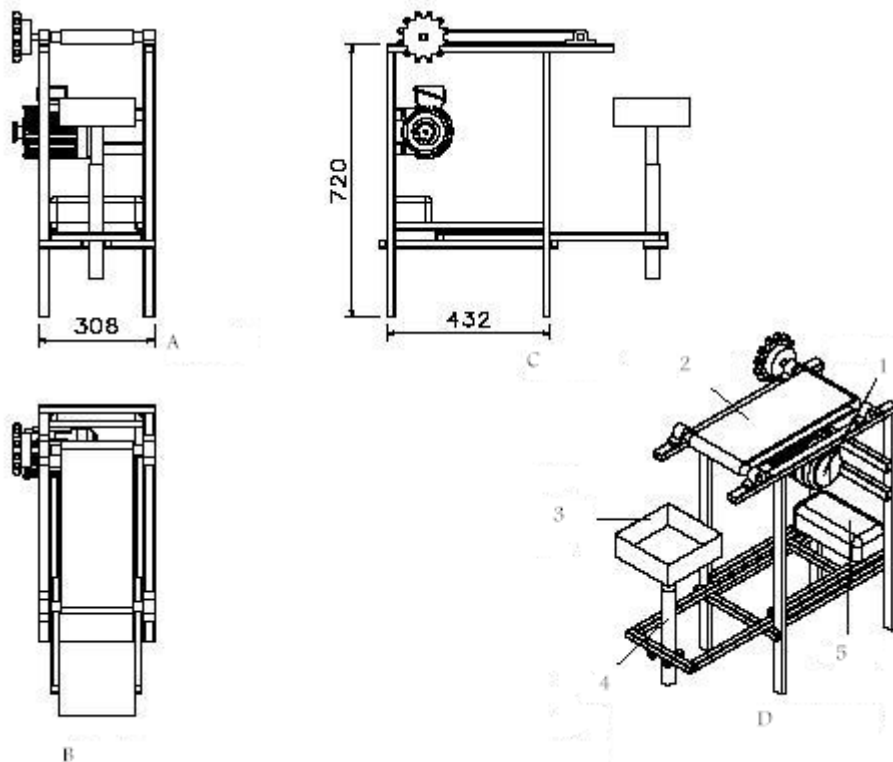
بسته بندی استفاده کردند.

به‌طور کلی، علی‌رغم اینکه تحقیقات مختلفی بر روی کوفتگی سیب و عوامل موثر بر آن انجام گرفته اما پیچیدگی و پراکندگی داده‌ها مقایسه و تفسیر آن‌ها را مشکل کرده است. از طرفی، با توجه به ضرورت بهینه سازی سیستم‌های برداشت و پس از برداشت سیب جهت به حداقل رساندن صدمات مکانیکی وارده، درک رفتار آن در اثر حرکت در دستگاه‌ها، سقوط از ارتفاع و برخورد با سطوح متفاوت بسیار اهمیت دارد. لذا مکانیزمی ساخته شد که بتواند شرایط ارتفاع سقوط، سرعت حرکت سیب و جنس سطح برخورد را در این سیستم‌ها شبیه سازی کند. بنابراین، در این تحقیق تاثیر ارتفاع سقوط، سرعت حرکت سیب بر روی نقاله و نیز نوع سطح برخورد بر روی سطح و حجم کوفتگی به عنوان معیارهای ارزیابی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

دستگاه آزمایشی

به منظور بررسی پارامترهای مختلف ارتفاع، سرعت سقوط و جنس سطح برخورد بر روی کوفتگی سیب دستگاه آزمایشی مطابق



شکل ۱- نماهای مختلف دستگاه آزمایشی (ابعاد بر حسب میلی‌متر می‌باشند): A: نمای روبرو، B: نمای بالا، C: نمای جانبی، D: نمای ایزومتریک، (۱) الکتروموتور؛ (۲) تسمه نقاله؛ (۳) جعبه دریافت میوه؛ (۴) میله تنظیم ارتفاع؛ (۵) اینورتور

Fig. 1- Different views of experimental set up (dimensions are in mm); A: front view, B: side view, C: top view; D: isometric view, (1) electromotor, (2) belt conveyor, (3) fruit receiver, (4) height adjusting rod, (5) inverter.

هنگام تکرار آزمایش مربوط به هر تیمار از هر دسته یک نمونه برای هر آزمایش انتخاب گردید. بعلاوه، ۲۰ نمونه تصادفی دیگر جهت اندازه‌گیری برخی خصوصیات فیزیکی انتخاب شد.

روش آزمایش

قبل از شروع آزمایش تنظیمات لازم برای هر تیمار انجام گرفت. این تنظیمات شامل سرعت حرکت خطی تسمه، ارتفاع سقوط و جنس سطح برخورد میوه می باشد. سرعت حرکت خطی تسمه با استفاده از دستگاه کنترل دور الکتروموتور (اینورتور) و متناسب با سرعت مورد نیاز حرکت تسمه تنظیم شد. با استفاده از رابطه $V=2\pi r f$ با تنظیم فرکانس در اینورتور می توان سرعت خطی تسمه را بدست آورد. با توجه به سرعت توصیه شده در محدوده ۰/۰۱ تا ۰/۲ متر بر ثانیه جهت انتقال میوه‌ها در سیستم‌های درجه‌بندی و بسته بندی (Bekker-Arkema et al., 1999)، آزمایش‌ها در سه سطح سرعت خطی تسمه نقاله ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۱۵ متر بر ثانیه انجام شد. استفاده از نقاله این مزیت را دارد که سقوط سیب و نقطه برخورد آن با سطح برخورد کاملاً تصادفی بوده و به شرایط واقعی نزدیکتر می‌باشد. ارتفاع سقوط توسط یک میله عمودی با قابلیت تغییر ارتفاع جعبه دریافت میوه در ارتفاع موردنظر تنظیم شد. در بخش‌های مختلف دستگاه‌های بسته بندی و درجه‌بندی امکان سقوط سیب از ارتفاع ۵ الی ۳۰ سانتی متر وجود دارد (Lewis et al., 2008). بر این اساس، سه سطح ارتفاع سقوط (۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی متر) در نظر گرفته شد. صفحه سقوط که در کف جعبه دریافت میوه قرار می گیرد قابل تعویض بوده و از چهار جنس مختلف (چوبی، فولادی، پلاستیکی و کارتنی) با ضخامت یکسان ۸ میلی‌متر انتخاب شد. خواص هر یک از مواد توسط (Lewis et al., 2007) مطابق جدول ۱ گزارش شده است.

ارزیابی کوفتگی

جهت تعیین سطح و حجم کوفتگی پس از آزمایش، نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در شرایط دمای اتاق نگهداری شد تا اینکه آثار

کوفتگی به رنگ قهوه ای در نقطه برخورد ظاهر شد. کوفتگی در سیب ممکن است بلافاصله قابل مشاهده نباشد و بهتر است حداقل یک روز پس از ایجاد کوفتگی مورد ارزیابی قرار گیرد (Wilson, 2003). با توجه به مشاهده سطح کوفته شده و تصمیم گیری مبنی بر دایره ای و یا بیضوی بودن سطح کوفته شده، روش محاسبه سطح و حجم کوفتگی تعیین می شود. از آنجا که در این تحقیق مشاهدات عمدتاً سطح کوفتگی را بیضوی نشان می داد لذا بر این اساس محاسبات صورت گرفت. سطح و حجم کوفتگی از طریق برش طولی از مرکز ناحیه کوفته شده و اندازه‌گیری حداکثر قطرها و عمق کوفتگی مطابق شکل ۲ بدست آمد. سطح و حجم کوفتگی در نقطه برخورد توسط برخی محققان (Mohsenin, 1986; Bollen, et al., 2002; Lewis et al., 2008) با استفاده از روش "ضخامت کوفتگی بیضوی" محاسبه می شود. بر این اساس سطح و حجم کوفتگی از روابط زیر بدست می آید.

$$BA = \pi ab \quad (1)$$

$$BV = \frac{\pi(h-x)}{24} (12ab + 4(h-x)^2) \quad (2)$$

پارامترهای بکار رفته در فرمول‌های بالا در شکل ۲ نشان داده شده است.

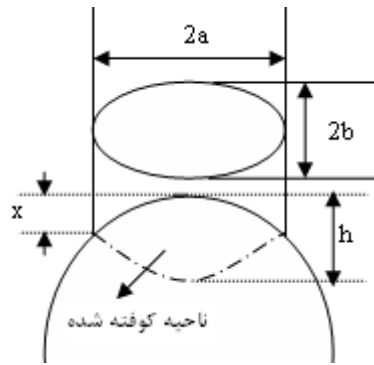
تحلیل داده‌ها

داده‌های حاصل در قالب طرح کاملاً تصادفی با آزمایش فاکتوریل سه فاکتوری و در سه تکرار تجزیه و تحلیل شد. فاکتورها شامل سه سطح ارتفاع سقوط (۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر)، سه سطح سرعت حرکت خطی تسمه نقاله (۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۱۵ متر بر ثانیه) و چهار جنس ماده سطح برخورد (چوب، فولاد، پلاستیک و کارتن) با ضخامت ۸ میلی‌متر می باشند. از نرم افزار SPSS جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها و از نرم افزار excel برای رسم نمودارها استفاده شد.

جدول ۱- خواص مواد مورد استفاده در سطح برخورد

Table 1- Contact surface material properties

نسبت پواسن، ν	مدول الاستیک، E (Gpa)	ضخامت (mm)	جنس ماده
Poison ratio	Elastic module (Gpa)	Thickness (mm)	Material
0.341	8.89	8	چوب Wood
0.3	200	8	فولاد Steel
0.5	0.1	8	پلاستیک Plastic
0.01	0.0026	8	کارتن Cardboard



شکل ۲- نمای بالا و مقطع عرضی در ناحیه کوفتگی سیب. نمادها مربوط به محاسبه سطح و حجم کوفتگی می باشند

Fig. 2- Top and cross-sectional views of the bruised area of apple. Symbols are related to bruise area and volume calculations

کاهش ارتفاع، سطح کوفتگی نیز کمتر می شود. بر اساس رابطه ۱، سطح کوفتگی ارتباط مستقیم با طول و عرض سطح کوفته شده دارد که در این صورت می توان فرض نمود که با کمتر شدن ارتفاع سقوط جسم، سطح کمتری کوفته می شود. کاهش ارتفاع از ۳۰ به ۱۰ سانتیمتر سطح کوفتگی را به میزان ۲۸ درصد کاهش داد. (Lewis et al., 2007) به روش اجزای محدود نیز نتیجه مشابهی گزارش کردند که در آن کاهش ارتفاع سقوط از ۴۰ به ۲۰ سانتیمتر منجر به کاهش ۳۱ درصد در سطح کوفتگی گردید. بنابراین، در کلیه سیستم های برداشت و پس از برداشت چنانچه از سطوح سخت و بدون پوشش استفاده می شود بایستی ارتفاع سقوط را به حدی کم کرد که سطح کوفتگی از آستانه مجاز فراتر نرود. آستانه سطح کوفتگی برای سیب در صنعت 100 mm^2 می باشد (Lewis et al., 2008).

نتایج و بحث

سطح کوفتگی

نتایج تجزیه واریانس مربوط به بررسی ارتفاع سقوط، سرعت حرکت نقاله حامل سیب و جنس سطح برخورد همراه با اثرات متقابل آن ها بر روی سطح کوفتگی سیب در جدول ۲ آورده شده است. همانگونه که آشکار است تاثیر ارتفاع سقوط و جنس سطح برخورد بر روی سطح کوفتگی معنی دار است ($P < 0.01$). بعلاوه، سرعت حرکت سیب و نیز اثرات متقابل عوامل مورد بررسی اثر معنی داری بر روی سطح کوفتگی ندارند. (شکل ۳) تغییرات سطح کوفتگی در ارتفاع های مختلف را بر اساس آزمون مقایسه میانگین های دانکن نشان می دهد. بین سطح کوفتگی در سطوح مختلف ارتفاع سقوط (۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتیمتر) تفاوت معنی داری وجود دارد. همانگونه که مشاهده می شود با

جدول ۲- تجزیه واریانس مربوط به عوامل اصلی و اثرات متقابل آن ها بر روی سطح کوفتگی سیب رقم گلدن دلشیز

Table 2- ANOVA of main factors and their interaction effects on bruise area of 'Golden Delicious' apple.

مقدار F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منبع تغییر
F-value	Mean squares	Sum of squares	df	Source of variation
9.6649 **	24227.39	48454.78	2	ارتفاع سقوط (A) Drop height (A)
0.4659 ns	1167.93	2335.87	2	سرعت حرکت (B) Linear velocity (B)
0.07 ns	175.45	701.81	4	A×B
27.5089 **	68957.34	206872.01	3	جنس سطح برخورد (C) Contact material (C)
0.0989 ns	247.99	1487.97	6	A×C
0.0346 ns	86.68	502.06	6	B×C
0.0227 ns	56.93	683.18	12	A×B×C
	2506.73	180484.35	72	خطا Error
		441540.05	107	کل Total

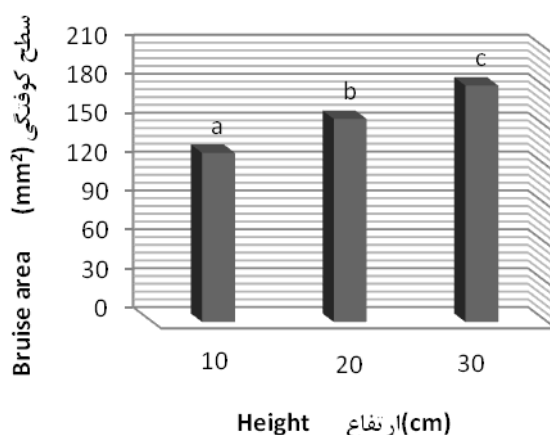
ضریب تغییرات = ۳۲٪

CV= 32%

شود میزان کوفتگی به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. استفاده از پوشش‌های نرم و انعطاف پذیر بر روی سطوح سخت مانند فولاد و چوب می‌تواند کمک شایانی به کاهش صدمه حاصل از کوفتگی کند. (Dobrzanski et al., 2006) گزارش کردند که استفاده از پوشش فوم مخصوص در جعبه‌ها در مراحل مختلف پس از برداشت ۳۵ درصد تا ۴۰ درصد از صدمه کوفتگی را کاهش می‌دهد.

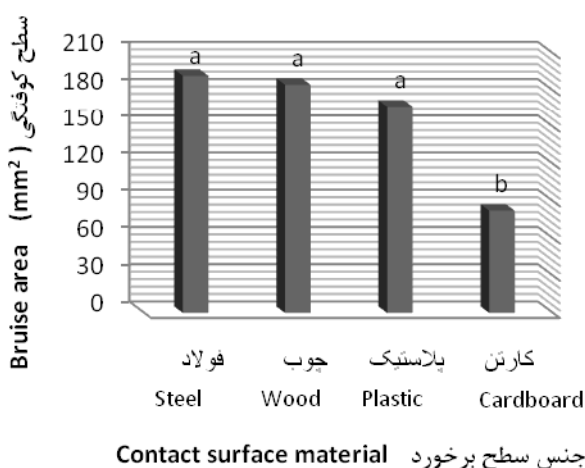
بطور کلی ارتفاع سقوط و جنس سطح برخورد به عنوان عوامل تاثیرگذار در سطح کوفتگی بایستی در سیستم‌های برداشت، جابجایی، درجه بندی و بسته بندی مد نظر قرار گرفته و به حداقل برسند. سطح کوفته شده پارامتر مهمی در مشتری پسندی سیب می‌باشد چرا که سطح بزرگتر لکه قهوه‌ای به راحتی قابل مشاهده است و تاثیر منفی بر نظر خریدار می‌گذارد.

با توجه به معنی دار بودن تاثیر جنس سطح برخورد بر سطح کوفتگی (جدول ۲)، نتایج مقایسه میانگین‌ها در شکل ۴ نشان داد که اختلاف معنی داری بین سطوح برخورد از جنس فولاد، چوب و پلاستیک وجود ندارد اما تفاوت جنس کارتنی با بقیه جنس‌های سطح برخورد معنی دار می‌باشد. همانگونه که دیده می‌شود کمترین میزان سطح کوفتگی در سطح کارتنی ($82/3 \text{ mm}^2$) و بیشترین آن در سطح فولادی ($191/9 \text{ mm}^2$) اتفاق می‌افتد. شکل ۴ نشان می‌دهد که فقط جنس کارتنی دارای سطح کوفتگی کمتر از حد آستانه مجاز می‌باشد. (Lewis et al., 2007) گزارش کردند که استفاده از جنس کارتنی و چوبی به جای فولاد در سطح برخورد میزان سطح کوفتگی را به ترتیب ۲۶ درصد و ۷ درصد کاهش داد. چنانچه از پوشش‌های نرم و با قابلیت ضربه‌گیری و جذب انرژی بیشتر استفاده



شکل ۳- تاثیر ارتفاع سقوط بر روی سطح کوفتگی سیب

Fig. 3- Effect of drop height on the apple bruising area



شکل ۴- تاثیر جنس سطح برخورد بر روی سطح کوفتگی سیب

Fig. 4- Effect of contact surface material on the apple bruising area

حجم کوفتگی

سطوح پلاستیکی و کارتنی معنی دار است. بعلاوه، سطوح پلاستیکی و کارتنی نیز با همدیگر تفاوت معنی داری دارند. (رابطه ۲) نشان می دهد که ارتباط عوامل موثر در محاسبه حجم کوفتگی پیچیده بوده و علاوه بر طول و عرض سطح برخورد عمق ناحیه کوفته شده و سطح انحنا نقطه برخورد نیز موثر هستند. با توجه به معنی دار نبودن تاثیر ارتفاع سقوط بر حجم کوفتگی، ممکن است عمق ناحیه کوفته شده لزوماً با افزایش ارتفاع افزایش نیابد.

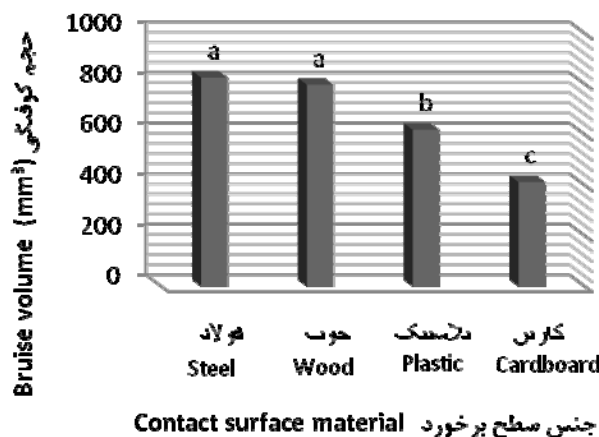
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۳ نشان می دهد تنها عاملی که بر روی حجم کوفتگی تاثیر می گذارد جنس سطح برخورد است ($P < 0.01$) و ارتفاع سقوط و سرعت حرکت نقاله و اثرات متقابل کلیه فاکتورها هیچ تاثیری بر روی حجم کوفتگی ندارند. نتایج مقایسه میانگین‌ها در (شکل ۵) نشان می دهد که بین سطوح برخورد فولادی و چوبی اختلاف معنی داری وجود ندارد اما تفاوت آن‌ها با

جدول ۳ - تجزیه واریانس مربوط به عوامل اصلی و اثرات متقابل آن‌ها بر روی حجم کوفتگی سیب رقم گلدن دلشیز
Table 3- ANOVA of main factors and their interaction effects on bruise volume of 'Golden Delicious' apple.

منبع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F
Source of variation	df	Sum of squares	Mean squares	F-value
ارتفاع سقوط (A) Drop height (A)	2	179546.91	24227.39	2.0285 ^{ns}
سرعت حرکت (B) Linear velocity (B)	2	18192.39	1167.93	0.2055 ^{ns}
A×B	4	5402.77	175.45	0.0305 ^{ns}
جنس سطح برخورد (C) Contact material (C)	3	2950577.53	68957.34	22.2239 ^{**}
A×C	6	22642.72	247.99	0.0853 ^{ns}
B×C	6	1732.89	86.68	0.0065 ^{ns}
A×B×C	12	6284.57	56.93	0.0118 ^{ns}
خطا Error	72	3286383.21	2506.73	
کل Total	107	6370763.98		

ضریب تغییرات = ۳۱/۷۵٪

CV= 31.75%



شکل ۵- تاثیر جنس سطح برخورد بر روی حجم کوفتگی سیب

Fig. 5-Effect of contact surface material on the apple bruising volume

۲۸ درصد کاهش پیدا کرد و با سفت تر شدن جنس سطح برخورد، از کارتنی به فولادی، سطح کوفتگی حدود ۵۷ درصد افزایش یافت. حجم کوفتگی تنها تحت تاثیر جنس سطح برخورد قرار گرفت بطوریکه در سطوح کارتنی و فولادی به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار حجم کوفتگی بدست آمد. از این رو بایستی در کلیه مراحل برداشت و پس از برداشت عواملی مانند ارتفاع سقوط سیب و جنس سطح ماده ای که برای جمع‌آوری و حمل و نقل سیب مورد استفاده قرار می‌گیرد را مد نظر قرار داد تا صدمه حاصل از کوفتگی به کمترین میزان خود برسد. بعلاوه، استفاده از جعبه‌های چوبی و فلزی و نقاله‌های فلزی کاملا محدود شود و یا از پوشش‌های نرم بر روی آن‌ها استفاده شود تا حداقل آسیب به محصول وارد شود.

سپاسگزاری

از آقای دکتر غفار کیانی در کمک به تحلیل آماری داده‌ها و از زحمات دانشجویان کارشناسی خانم‌ها طراوت ضیائی پور و ندا تجری در آماده سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش‌ها و اندازه‌گیری‌ها تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

حجم کوفتگی در سطح برخورد از جنس کارتن دارای کمترین مقدار ($411/5 \text{ mm}^3$) و در سطح فولادی ($824/7 \text{ mm}^3$) دارای بیشترین مقدار بدست آمد. با جایگزینی سطح برخورد کارتنی به جای فولادی حدود ۵۰ درصد و کارتن به جای پلاستیک ۳۳ درصد و پلاستیک به جای چوب ۲۳ درصد از میزان حجم کوفتگی کاسته شد. محققان آستانه مشخصی برای حجم کوفتگی ذکر نکرده اند. میانگین بدست آمده برای حجم کوفتگی در این تحقیق (660 mm^3) با مقدار بدست آمده (540 mm^3) از روش المان مجزا توسط (et al., 2007) (VanZeebroeck) قابل مقایسه است. همچنین (Lewis et al., 2007) از پوشش لاستیک بر روی سطح فولادی استفاده کردند و متوسط حجم کوفتگی سیب را 720 mm^3 گزارش نمودند.

نتیجه گیری کلی

در این تحقیق تاثیر عواملی مانند ارتفاع سقوط، سرعت حرکت بر روی نقاله و جنس سطح برخورد بر روی سطح و حجم کوفتگی سیب مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که سرعت حرکت بر روی نقاله تاثیری بر سطح و حجم کوفتگی ندارد. سطح کوفتگی سیب تحت تاثیر ارتفاع سقوط و جنس سطح برخورد قرار گرفت بطوریکه با کاهش ارتفاع سقوط از ۳۰ به ۱۰ سانتی‌متر سطح کوفتگی به میزان

منابع

- 1- Baritelle, A., and G.M. Hyde. 2001. Commodity conditioning to reduce impact bruising. *Postharvest Biology and Technology* 21: 331-339.
- 2- Bekker-Arkema, F.W., J. Debaerdemaeker, P. Amirante, and C.J. Studman. 1999. *CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Volume IV, Agro-Processing Engineering*. St. Joseph MI 49085-9659 USA.
- 3- Bollen, A.F., H.X. Nguyen, and B.T. Dela Rue. 1999. Comparison of methods for estimating the bruise volume of apples. *Journal of Agricultural Engineering Research* 78: 325-330.
- 4- Bollen, A.F., N.R. Cox, B.T. Dela Rue, and D.J. Painter. 2001. A descriptor for damage susceptibility of a population of produce. *Journal of Agricultural Engineering Research* 78: 391-395.
- 5- Caderek, T. 1982. Apple storage as affected by mechanical damage. *Journal of American Horticultural Science*, 106: 38-42.
- 6- Chen, P., and R. Yazdani. 1991. Prediction of apple bruising due to impact on different surfaces. *Transactions of the ASAE* 34: 956-961.
- 7- Dobrzanski, B., J. Rabcewicz, and R. Rybczynski. 2006. Handling of apple. Center of excellence agrophysics, Polish Academy of Science, Poland, 20-006 Lublin.
- 8- Garcia-Ramos, F.J., P. Barreiro, J. Ortiz-Canavate, M. Ruiz-Altisent, J. Gil-Sierra, and I. Homer. 2002. A procedure for testing padding materials in fruit packing line using multiple logistic regressions. *Transactions of the ASAE* 45: 751-757.
- 9- Garcia-Ramos, F.J., J. Ortiz-Canavate, and M. Ruiz-Altisent. 2003. Reduction of mechanical damage to apples in a packaging line using mechanical device. *Applied Engineering Agriculture* 19, 703-707.
- 10- Garcia-Ramos, F.J., J. Ortiz-Canavate, and M. Ruiz-Altisent. 2004. Analysis of the factors implied in the fruit to fruit impacts on packaging lines. *Applied Engineering Agriculture*. 20, 671-675.
- 11- Herold, B., M. Geyer, and C.G. Studman. 1996. A pressure measuring sphere for monitoring handling of fruit and vegetables. *Computer and Electronic in Agriculture* 15: 73-88.
- 12- Knee, M., and A.R. Miller. 2002. Mechanical injury: Fruit quality and its biological basis. Sheffield

- Academic press, Sheffield, pp. 157-179.
- 13-Lewis, R., A. Yoxall, L.A. Canty, and E. Reina Romo. 2007. Development of engineering design tools to help reduce apple bruising. *Journal of Food Engineering* 83: 365-365.
 - 14-Lewis, R., A. Yoxall, M.B. Marshall, and L.A. Canty. 2008. Characterising pressure and bruising in apple fruit. *Wear* 264: 37-46.
 - 15-Lu, F., Y. Ishikawa, H. Kitazawa, and T. Satake. 2010. Measurement of impact pressure and bruising of apple fruit using pressure- sensitive film technique. *Journal of Food Engineering* 96: 614-620.
 - 16-Menesatti, P., and G. Pagila. 2001. Development of a drop damage index of fruit resistance to damage. *Journal of Agricultural Engineering Research* 80: 53-64.
 - 17-Mohsenin, N.N. 1986. *Physical properties of plant and animal materials*. Gordon and Breach Science Publishers, New York.
 - 18-Pang, D.W., C.G. Studman, and G.T. Ward. 1992. Bruising damage in apple to apple impact. *Journal of Agricultural Engineering Research* 52: 229-240.
 - 19-Pang, D.W., C.G., Studman, and N.H. Banks. 1994. Apple bruising thresholds for an instrumented sphere, *Transactions of the ASAE* 37(3): 893-897.
 - 20-Ragni, L., and A. Berardineli. 2001. Mechanical behaviour of apples and damage during sorting and packaging. *Journal of Agricultural Engineering Research* 78: 273-279.
 - 21-Siyami, S., G.K. Brown, G.J. Burgess, J.B. Gerrish, B.R. Tennes, C.L. Burton, and R.H. Zapp. 1988. Apple impact bruises prediction models. *Transactions of the ASAE* 31, 1038-1046.
 - 22-Studman, C.J., G.K. Tim, E.J. Schulte, and M.J. Vreede. 1997. Bruising on blush and non-blush sides in apple to apple impacts. *Transactions of the ASAE* 40: 269-276.
 - 23-Tennes, B.R., H.R. Zapp, D.E. Marshall, and P.R. Armstrong. 1990. Apple handling impact data acquisition and analysis with an instrumented sphere. *Journal of Agricultural Engineering Research* 47: 269-276.
 - 24-Usada, H. 2006. Basic study on development of transport simulation method and damage mechanism of fruit and vegetables. Ph.D Dissertation, University of Tsukuba, Japan (Abstract in English).
 - 25-Van Zeebroeck, M., E. Tijskens, P. Van Liedekerek, P. Deli, J. DeBaerdemaeker, and H. Ramon. 2003. Determination of dynamical behavior of biological materials during impact using a pendulum device. *J. Sound Vibration* 266:465-480.
 - 26-Van Zeebroeck, M., E. Tijskens, F. Dintwa, J. Kafashan, J. Loodts, J. DeBaerdemaeker, and H. Ramon. 2006a. The discrete element method (DEM) to simulate fruit impact damage during transport and handling: Case study of vibration damage during apple bulk transport. *Postharvest Biology and Technology* 41:92-100.
 - 27-Van Zeebroeck, M., E. Tijskens, F. Dintwa, J. Kafashan, J. Loodts, J. DeBaerdemaeker, and H. Ramon. 2006b. The discrete element method (DEM) to simulate fruit impact damage during transport and handling: Model building and validation of DEM to predict bruise damage of apples. *Postharvest Biology and Technology* 41:85-91.
 - 28-Van Zeebroeck, M., V. Van liden, P. Darius, B. De Ketelaere, H. Ramon, and E. Tijskens. 2007. The effects of fruit factors on the bruise susceptibility of apples. *Postharvest Biology and Technology*, 46:10-19.
 - 29-Wilson, K. 2003. *Harvesting and handling of apples*. Factsheet, Queen's printer for Ontario, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. pp. 223.

تجزیه و تحلیل کارایی انرژی محصول خیار گلخانه‌ای به روش تحلیل پوششی داده‌ها مطالعه موردی (شهرستان شهرضا - استان اصفهان)

مرتضی تاکی^{۱*} - یحیی عجب شیرچی^۲ - رضا عبدی^۳ - محمد اکبرپور^۴

تاریخ دریافت: ۹۰/۱/۲۹

تاریخ پذیرش: ۹۰/۷/۴

چکیده

در این تحقیق کارایی انرژی محصول خیار گلخانه‌ای در شهرستان شهرضا، با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از بین ۶۰ گلخانه موجود در این شهرستان و روستاهای اطراف تعداد ۲۵ واحد که اطلاعات مستند داشتند به‌طور تصادفی انتخاب شده و جمع‌آوری داده‌ها از طریق تکمیل پرسشنامه و مصاحبه حضوری انجام گرفت. نتایج نشان داد که نهاده سوخت با ۴۷ درصد بیشترین و آب مصرفی با ۱/۲ درصد کمترین سهم مصرف انرژی را به خود اختصاص می‌دهد. نتایج حاصل از تحلیل پوششی داده‌های انرژی حاکی از این بود که در مدل بازگشت به مقیاس ثابت، ۲۴ درصد و در مدل بازگشت به مقیاس متغیر، ۳۶ درصد از کل واحدها کارایی ۱۰۰ درصد داشته و بقیه واحدها به درجات مختلفی ناکارا محسوب می‌شوند. میانگین کارایی فنی، کارایی فنی خالص و کارایی مقیاس به ترتیب ۹۰/۳۷، ۹۵/۰۹ و ۹۴/۶ برآورد شد. همچنین میانگین کارایی فنی واحدهای ناکارا بر اساس مدل بازگشت به مقیاس ثابت ۸۷ درصد محاسبه شد، به این معنا که ۱۳ درصد از کلیه منابع می‌تواند به‌وسیله بالا بردن کارایی این واحدها ذخیره شود. در این تحقیق بیشترین مصرف نادرست انرژی و همچنین بیشترین سهم از کل انرژی ذخیره‌ای مربوط به نهاده سوخت مصرفی است.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، کارایی انرژی، خیار گلخانه‌ای

(Akbari and Sharif, 2008).

مقدمه

با توجه به بحران انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی تمام تلاش‌ها بر آن است که مصرف انرژی تا حد امکان کاهش یابد. بخش کشاورزی نیز از این موضوع مستثنی نیست. اکثر کشورهای پیشرفته و در حال توسعه، انرژی وارد شده در واحد سطح برای تولید محصولات مختلف کشاورزی را بررسی و با محاسبه شاخص کارایی انرژی سعی کرده‌اند سیستم کشاورزی خود را از نظر مصرف انرژی بهینه کنند (Nasirian et al., 2006).

گلخانه به دلیل توانایی افزایش طول زمان بهره‌برداری به ۱۲ ماه از زمین به‌جای یک فصل زراعی و همچنین توان کنترل بهتر عدم قطعیت‌های محیطی مانند عوامل اقلیمی مورد نیاز گیاه و رفع محدودیت‌ها، توانایی بهبود عملکرد و کیفیت تولیدات را به نحو موثری داراست. در ایران، کشت گلخانه‌ای در سال‌های اخیر رشد بسیار زیادی داشته است. بر اساس آمار منتشره از دفتر گل و گیاهان زینتی وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت گلخانه‌ای در ایران

امروزه بخش کشاورزی به منظور پاسخ‌گویی به نیاز روزافزون غذا برای جمعیت رو به رشد کره زمین و فراهم کردن مواد غذایی کافی و مناسب، به میزان زیادی وابسته به مصرف انرژی می‌باشد. توجه به منابع طبیعی محدود و اثرات سوء ناشی از عدم استفاده نامناسب از منابع مختلف انرژی روی سلامتی انسان و محیط زیست، لزوم بررسی الگوهای مصرف انرژی را در بخش کشاورزی حیاتی ساخته است (Hatirli et al., 2005). هدف تولید کننده بخش کشاورزی تحت تاثیر شرایط محیطی، جغرافیایی و اقتصادی، تعیین می‌گردد. گرچه ممکن است این هدف، صرفاً حداکثر کردن سود نباشد، اما به هر حال تولید کننده بخش کشاورزی در پی هدفی خاص اقدام به تولید می‌کند و دستیابی به آن هدف در بالاترین حد ممکن همواره ایده‌آل است.

۱، ۲، ۳ و ۴ - به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار، استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیزاسیون، گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تبریز
* - نویسنده مسئول: (Email: Mtaki88@ms.tabrizu.ac.ir)

واحدهای ناکارا، تعیین میزان کل انرژی قابل صرفه‌جویی و پیشنهاد مقدار ضروری نهاده‌های مختلف که باید به‌وسیله واحدهای ناکارا از منابع انرژی استفاده شود، می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی عملکرد و اندازه‌گیری کارایی فنی واحدهای تولیدی روش‌های مختلفی وجود دارد که به دو گروه روش‌های پارامتری و غیرپارامتری تقسیم می‌شوند. در روش‌های پارامتری با استفاده از روش‌های مختلف آماری و اقتصادسنجی، تابع تولید مشخصی تخمین زده می‌شود. سپس با به‌کارگیری این تابع، نسبت به تعیین کارایی اقدام می‌گردد. گروه دوم روش‌های غیر پارامتری هستند. مهم‌ترین ویژگی روش‌های غیر پارامتری این است که نیاز به توزیع یا شکل خاص تابع ریاضی ندارند. از مهم‌ترین روش‌های غیر پارامتری، تحلیل پوششی داده‌ها^۱ یا DEA نوعی مدل برنامه ریزی خطی است که کارایی نسبی گروهی از واحدهای تصمیم‌گیری^۲ یا DMU را اندازه‌گیری می‌کند. به عبارت دیگر DEA یک تکنیک برنامه ریزی کمی جهت اندازه‌گیری عملکرد نسبی واحدهای سازمانی می‌باشد که چون دارای نهاده و ستانده‌های مختلف هستند، در مقایسه و سنجش کارایی مشکل دارند. در روش DEA نیاز به هیچ گونه فرض یا شکل ریاضی خاص نمی‌باشد، یعنی نیازی به شناخت تابع تولید نیست. همچنین در اختیار داشتن قیمت عوامل تولید نیز ضرورت ندارد.

در این تحقیق به منظور تعیین میزان انرژی نهاده‌های مصرفی در گلخانه‌های سبزی و صیفی و تعیین هزینه‌های تولید و ارزیابی گلخانه‌ها، تعداد ۲۵ پرسشنامه تهیه شد (تعداد گلخانه‌های این منطقه بالغ بر ۶۰ عدد بود ولی از این بین گلخانه‌هایی که از میزان مصرف نهاده‌ها اطلاعات دقیق‌تری داشتند به‌عنوان نمونه انتخاب شدند). پس از تکمیل پرسشنامه‌ها از طریق مصاحبه و پرسش حضوری، داده‌های به‌دست آمده وارد نرم‌افزار اکسل شد و سپس با روش تحلیل پوششی داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار Frontier Analyst 5 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تمامی واحدهای تولیدی از نظر مصرف انرژی و عملکرد مورد بررسی قرار گرفته و از بین آن‌ها واحدهای کارا و ناکارا و همچنین میزان مصرف نهاده و تولید ستانده در آن‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سپس میزان مصرف انرژی هر یک از نهاده‌ها به‌دست آمده و با در نظر گرفتن شدت انرژی برای هر نهاده (جدول ۱)، میزان مصرف انرژی کل در گلخانه‌های مورد مطالعه، حاصل شد.

۷۲۷۲/۴ هکتار بوده که سهم سبزی و صیفی در گلخانه‌های کل کشور تا پایان تیرماه ۱۳۸۷ حدود ۴۳۲۴/۱ هکتار بوده است. گوجه، خیار فلفل از جمله سبزی‌های گلخانه‌ای هستند که بیشترین سطح زیر کشت را خیار و پس از آن گوجه فرنگی تشکیل می‌دهد و بقیه سبزی‌ها در رتبه‌های بعدی هستند (Ghochebeyg et al., 2010). علی‌رغم تمامی مزیت‌هایی که کشت گلخانه‌ای داراست به لحاظ این که تولید در هر فصل مناسب و در محیط کنترل شده انجام می‌گیرد، لذا مصرف انرژی مخصوصاً در فصل سرما دارای بیشترین مقدار نسبت به بقیه نهاده‌ها می‌باشد. در زمینه انرژی در محصولات کشاورزی مطالعات زیادی در دنیا صورت گرفته است. (2007) Erdal et al., در تحقیقی با عنوان مصرف انرژی و آنالیز اقتصادی تولید چغندر قند در ترکیه نشان دادند کل انرژی مصرفی در تولید این محصول ۳۹۶۸۵/۵ مگاژول بر هکتار بوده که از این میزان سهم کودهای شیمیائی ۴۹/۳ درصد و سوخت‌های فسیلی ۲۴/۱ درصد می‌باشد. در تحقیقی Hatirli et al., (2005) مصرف انرژی و اثرات نهاده‌های انرژی و اشکال مختلف انرژی را روی سطوح خروجی انرژی طی سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۷۵ در ترکیه مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که نسبت انرژی ستانده به نهاده از ۱/۳۸ در سال ۱۹۷۵ به ۰/۸۵ در سال ۲۰۰۰ کاهش یافته است. به عبارت دیگر درصد افزایش در مصرف انرژی بسیار بیشتر از درصد افزایش در تولید انرژی بوده است. (2010) Samavatian et al., از روش تحلیل پوششی داده‌ها به منظور ارزیابی میزان کارایی انرژی در کشت سیر شهرستان بهار استفاده کردند. نتایج نشان داد که بیشترین سهم از مصرف نادرست انرژی و همچنین بیشترین سهم از کل انرژی ذخیره‌ای مربوط به نهاده‌های کود شیمیائی و سوخت مصرفی است و مزارع بالای سه هکتار دارای بیشترین تعداد واحدهای کارا هستند. کارایی انرژی در کشت گلخانه‌ای خیار منطقه تهران توسط Ghochebeyg et al., (2010) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که ده واحد از مجموع ۱۸ واحد مورد بررسی کارا بوده و میانگین کارایی واحدهای ناکارا ۹۰ درصد محاسبه شد. به این معنی که ۱۰ درصد از مجموع نهاده‌های مورد استفاده با افزایش کارایی واحدهای ناکارا صرفه‌جویی می‌شوند. (2010) Houshyar et al., در تحقیقی به بررسی کارایی انرژی مصرفی در کشت گندم منطقه فارس به روش تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند. نتایج نشان داد که تحلیل پوششی داده‌ها ابزاری توانمند در جهت محاسبه کارایی انرژی است. در این تحقیق مزارع بزرگتر در مصرف انرژی نسبت به مزارع کوچکتر کارا بودند.

در این تحقیق از روش تحلیل پوششی داده‌ها به منظور آنالیز داده‌های مربوط به کشت گلخانه‌ای خیار در شهرستان شهرضا استفاده شد. هدف از این کار تفکیک واحدهای کارا از ناکارا، روش استفاده درست از منابع انرژی، تعیین استفاده بی‌رویه از نهاده‌های انرژی در

1-Data envelopment analysis

2-Decision making unit

جدول ۱- معادل نهاده‌ها و ستانده‌های انرژی در تولیدات کشاورزی

Table 1- Energy equivalents of inputs and outputs in agricultural production

منبع Reference	انرژی بر هر واحد (MJ) Energy equivalent	واحد Unit	الف- نهاده‌های انرژی Energy inputs
Mandal et al., 2002	1.96	ساعت hr	۱- نیروی کارگری Human labor
			۲- کودهای شیمیائی Chemical fertilizer
Kaltschmitt et al., 1997	11.15	کیلوگرم kg	پتاس K ₂ O
Kaltschmitt et al., 1997	47.1	کیلوگرم kg	ازت N
Kaltschmitt et al., 1997	15.8	کیلوگرم kg	سوپر فسفات تریپل P ₂ O ₅
			۳- سموم شیمیائی Chemical poisons
Kaltschmitt et al., 1997	101.2	کیلوگرم kg	حشره کش Insecticidal
Kaltschmitt et al., 1997	238	کیلوگرم kg	علف کش Herbicide
Mandal et al., 2002	62.7	کیلوگرم kg	۴- ماشین‌های کشاورزی Agricultural machinery
Ghochebeyg et al., 2010	1	کیلوگرم kg	۵- بذر Seed
Ghochebeyg et al., 2010	56.31	لیتر l	۶- سوخت دیزل Diesel Fuel
Ghochebeyg et al., 2010	11.93	کیلووات ساعت kWh	۷- الکتریسیته Electricity
Ghochebeyg et al., 2010	1.02	مترمکعب m ³	۸- آب آبیاری Water for irrigation
Ghochebeyg et al., 2010	0.8	کیلوگرم kg	۹- عملکرد Yield

و فنی خالص محاسبه گردید.

$$\max E_p = \sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rp} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ip} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ij} \leq o, j = 1, 2, \dots, n$$

$$V_i \geq \varepsilon, U_r \geq \varepsilon$$

$$\max E_p = \sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rp} + w \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ip} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{r=s} U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^{i=m} V_i X_{ij} + w \leq o, j = 1, 2, \dots, n$$

$$U_r \geq \varepsilon, V_i \geq \varepsilon, w \text{ free}$$

که در آن E_p نرخ کارایی واحد i ام، U_r وزن ورودی‌ها،

تجزیه و تحلیل اطلاعات با دو مدل بازگشت به مقیاس ثابت (CCR) و مدل بازگشت به مقیاس متغیر (BCC) انجام شد. انتخاب مدل DEA مناسب بستگی به میزان کنترل روی نهاده‌ها و ستانده‌ها دارد؛ به این ترتیب که هر کدام بیشتر کنترل پذیر باشند، مدل مناسب بر همان اساس انتخاب می‌شود. در مطالعه حاضر چون دستکاری و کم و زیاد کردن نهاده‌ها عملی‌تر است، از مدل CCR و BCC نهاده محور استفاده گردید (روابط ۱ و ۲). در هر دو مدل واحدهای کارا و ناکارا مشخص شده و انواع کارایی‌های فنی، مقیاس

1-Charns, Cooper and Rhodes

2-Banker, Charns and Cooper

مجموع نهاده‌های حاصل از کود شیمیایی و بذری مصرفی بیشترین میزان مصرف انرژی را به خود اختصاص داده‌اند. نهاده آب مصرفی کمترین میزان انرژی مصرفی را به خود اختصاص داده که دلیل آن استفاده از روش‌های آبیاری قطره‌ای و مدیریت دقیق زمان و دفعات آبیاری است.

با توجه به نتایج حاصل از جدول ۳، میانگین کارایی فنی گلخانه‌های ناکارا در کشت خیار با مدل CCR ورودی محور، ۸۷ درصد است. یعنی با استفاده از ۸۷ درصد نهاده‌ها و با ثابت ماندن همان میزان خروجی، گلخانه‌های ناکارا می‌توانند به مرز کارایی رسیده و مقدار ۱۳ درصد نهاده‌ها را با افزایش کارایی خود ذخیره کنند. طبق نتایج این جدول گلخانه‌های ۳، ۴، ۷، ۱۰، ۱۷ و ۲۱ کارا هستند. مقدار کارایی گلخانه‌ها به این مفهوم است که هر کدام از گلخانه‌ها باید قادر باشند میزان مصرف خود را از کلیه نهاده‌ها به میزان $(1 - \theta)$ درصد کاهش دهند بدون اینکه میزان تولید کاهش یابد (θ مقدار کارایی واحد ناکارا را نشان می‌دهد) (Ghochebeyg et al., 2010). کارایی ۸۹/۵۱ درصد گلخانه شماره یک به معنای آن است که این واحد باید ۱۰/۴۹ درصد مصرف خود را از کلیه عوامل تولید کاهش دهد (بدون اینکه از میزان تولیدش کاسته شود) تا بتواند به یک واحد تولیدی کارا تبدیل شود. از سوی دیگر با توجه به اینکه الگوی آن، گلخانه شماره ۴ است و با توجه به ضریب متغیر تصمیم گلخانه ۴ در جدول ۳ که ۷۸/۲۴ درصد است، می‌توان مقادیر عوامل تولید لازم برای یک سطح معین ستانده را به این ترتیب محاسبه کرد که برای کارا شدن گلخانه شماره یک، این واحد باید به مقدار ۷۸/۲۴ درصد از نهاده‌های واحد ۴ را مصرف کند بدون اینکه میزان تولیدش کاسته شود.

در شکل ۱ میزان کارایی گلخانه‌های خیار با استفاده از دو مدل CCR و BCC آورده شده است. طبق نتایج این شکل، در مدل CCR تعداد ۶ گلخانه و در مدل BCC تعداد ۹ گلخانه دارای کارایی ۱۰۰ درصد هستند و بقیه گلخانه‌ها به درجات مختلف، ناکار محسوب می‌شوند. اگر یک واحد تولیدی از نظر مدل BCC کاملاً کارا ولی مقدار کارایی پایینی از نظر مدل CCR داشته باشد، آنگاه به‌طور موضعی کاراست ولی کارایی کل ندارد (در این حالت ناکارایی کل ناشی از ناکارایی مقیاس است ولی اگر کارایی در هر دو مدل CRR و BCC کمتر از ۱۰۰ درصد باشد در این حالت ناکارایی ناشی از ناکارایی مقیاس یا ناکارایی شرایط واحد تولیدی و همچنین ناکارایی مدیریتی است). بنابراین اصولاً منطقی است ناکارایی مقیاس یک واحد تولیدی را به وسیله این دو کارایی مشخص کنیم (Ghochebeyg et al., 2010). با توجه به نتایج به‌دست آمده از جدول ۴، گلخانه‌های ۵، ۶ و ۱۸ بطور موضعی کارا عمل می‌کنند یعنی در ۱۲ درصد از کل گلخانه‌ها، کارایی فنی خالص مساوی یک است ولی کارایی کل کوچکتر از یک می‌باشد که این ناکارایی ناشی

مقدار خروجی r ام برای DMUp، V_i وزن ورودی‌ها، X_{ip} مقدار ورودی i ام برای DMUp، Y_{rj} مقدار خروجی r ام برای DMUp، X_{ij} مقدار ورودی i ام برای DMUp، $j=1,2,\dots,n$ ، S تعداد خروجی‌ها و m تعداد ورودی‌ها می‌باشد (Banker et al., 1984). حداقل تعداد واحدهای تصمیم‌گیری مورد مطالعه برای بالا بردن قابلیت اطمینان و اعتماد به نتایج حاصل از مدل تحلیل پوششی داده‌ها از رابطه ۳ محاسبه شد (Yong and Chunweki, 2003):

$$(I+O) \geq 3 \quad (3)$$

در رابطه ۳، I تعداد نهاده‌ها و O تعداد ستانده‌هاست. در تحقیق حاضر هفت نهاده تولید یعنی انرژی مربوط به ماشین‌آلات، انرژی سوخت مصرفی، انرژی بذر و کود، انرژی سموم شیمیایی، انرژی کارگری، انرژی آب مصرفی و انرژی الکتریسیته به عنوان نهاده و انرژی محصول (عملکرد) به عنوان ستانده در نظر گرفته شد. بنابراین حداقل تعداد واحدهای تصمیم‌گیری برای تجزیه و تحلیل برابر با ۲۴ واحد است. با توجه به اینکه تعداد نمونه انتخابی ۲۵ واحد و تعداد حداقل واحدهای تصمیم‌گیری برای تجزیه و تحلیل ۲۴ واحد است، لذا از این حجم نمونه قابلیت استخراج نتایج مورد اطمینان وجود دارد (Mohamadi, 2008). رابطه بین کارایی فنی (E_{CCR})، کارایی فنی خالص یا کارایی مدیریتی (E_{BCC}) و کارایی مقیاس (E_S) به‌صورت رابطه ۴ تعریف شد (Emami-meybodi, 2000):

$$E_S = \frac{E_{CCR}}{E_{BCC}} \quad (4)$$

مقدار کارایی مقیاس بیش از یک نخواهد بود. کارایی مدل CCR کارایی فنی کل نامیده می‌شود، زیرا تحت تاثیر مقیاس و اندازه نیست. از طرف دیگر BCC، کارایی فنی خالص را تحت بازگشت به مقیاس متغیر نشان می‌دهد. رابطه فوق تجزیه و تحلیل کارایی را نشان می‌دهد که این رابطه منابع کارایی را به نمایش می‌گذارد. یعنی مشخص می‌کند که ناکارایی به علت ناکارایی مدیریتی است یا ناشی از شرایطی است که کارایی مقیاس را نشان می‌دهد و یا از هر دو عامل (Gheysari et al., 2007).

نتایج و بحث

در کشت گلخانه‌ای محصول خیار در شهرستان شهرضا، انرژی مصرفی محاسبه شده برای تولید هر کیلوگرم خیار تقریباً ۱/۹۷ مگاژول بوده است. طبق نتایج حاصل در جدول ۲، نهاده‌ای که بیشترین میزان مصرف انرژی را به خود اختصاص داده مربوط به سوخت مصرفی است که به علت استفاده از بخاری با سوخت فسیلی و سردی هوای منطقه شهرضا طی زمستان است. این نتیجه همسو با نتایج (Ghochebeyg et al., 2010) می‌باشد. پس از سوخت،

مقیاس) است. وقتی یک واحد تولیدی کارای BCC است، وضعیت بازگشت به مقیاس از طریق وزن خروجی مشخص می‌شود. اگر کوچکتر از صفر باشد بازگشت به مقیاس افزایشی است، اگر بزرگتر از صفر باشد بازگشت به مقیاس کاهش‌ی و اگر مساوی صفر باشد بازگشت به مقیاس ثابت است. در بازگشت به مقیاس افزایشی نمی‌توان مقیاس واحد تولیدی را کاهش داد ولی می‌توان آن را تا بی‌نهایت افزایش داد. نسبت خروجی به ورودی برای هر نقطه روی مرز کارا نسبت به ورودی، غیر کاهش‌ی است یعنی افزایش در خروجی همواره حداقل به اندازه‌ای متناسب با ورودی است. طبق نتایج جدول ۴، گلخانه‌های ۳، ۴، ۷، ۱۰، ۱۷ و ۲۱ بازگشت به مقیاس ثابت و سایر گلخانه‌ها بازگشت به مقیاس افزایشی دارند.

از ناکارایی مقیاس یا مدیریتی است. ۶ گلخانه یعنی ۲۴ درصد از کل سوالی که بعد از ارزیابی کارایی واحدهای مورد مطالعه مطرح شد این بود که از بین واحدهایی که بطور نسبی دارای کارایی واحد شده‌اند، کدام واحد نسبت به سایرین از رتبه بالاتری برخوردار است؟ برای پاسخ به این سوال مجموع وزن‌های این واحدها در مجموعه مرجع را حساب کردیم، هر واحدی که وزن بیشتری داشت، رتبه آن بالاتر شد. بر این اساس در مدل بازگشت به مقیاس ثابت واحد چهارم و در مدل بازگشت به مقیاس متغیر واحد سوم کاراترین واحدها به حساب می‌آیند (جدول ۵). البته روش‌های دیگری (از جمله روش تاکسونومی) نیز بری این کار پیشنهاد شده است که به دلیل اختصار از ذکر نام آن‌ها خودداری می‌شود (Porkazemi and Heydari, 2001). نمونه کاملاً کارا هستند. ناکارایی سایر گلخانه‌ها (۶۴ درصد مابقی)، ناشی از ناکارایی مدیریتی و همچنین شرایط گلخانه (ناکارایی

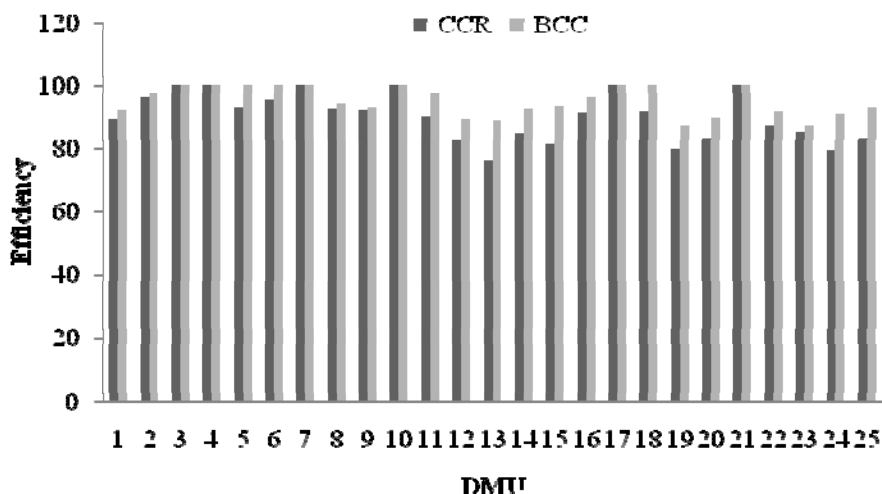
جدول ۲- انرژی مصرفی در تولید خیار در شهرستان شهرضا

Table 2- Energy use for cucumber production in Shahreza Township

درصد %	انرژی معادل (MJha ⁻¹) Energy equivalent (MJ)	مصرف در واحد سطح (هکتار) Quantity per unit area (ha)	نهاده Input
الف- نهاده‌ها Inputs-A			
47	65601	1165	۱- سوخت دیزل (لیتر) 1- Diesel fuel (l)
5.3	7427.2	3789.38	۲- نیروی کارگری (ساعت) 2- Human labor (h)
1.9	2564.4	40.9	۳- ماشین‌های کشاورزی (کیلوگرم) 3- Agricultural machinery (kg)
19.9	27689	720.4	۴- کود شیمیایی شامل مجموع کودهای ازته، پتاسه و فسفات و بذر مصرفی (کیلوگرم) 4- Chemical fertilizers include N, K ₂ O, P ₂ O ₅ and seed (kg)
7	14424	80.8	۵- سموم شیمیایی و علف‌کش‌ها (کیلوگرم) 5- Chemical poisons and herbicides (kg)
1.2	1804	1769	۶- آب آبیاری (مترمکعب) 6- Water for irrigation (m ³)
17.7	24530	2056.2	۷- الکتریسیته (کیلووات ساعت) 7- Electricity (kWh)
100	139311	-	انرژی ورودی کل (مگاژول بر هکتار) Total energy input (MJha ⁻¹)
ب- خروجی Output-B			
-	70498.4	88123	عملکرد (کیلوگرم بر هکتار) Yield (kg ha ⁻¹)
-	70498.4	-	انرژی خروجی کل (مگاژول بر هکتار) Total energy output (MJha ⁻¹)

جدول ۳- ارزیابی گلخانه‌های خیار با مجموعه‌های مرجع آن‌ها توسط مدل CCR نهاده محور
 Table 3- Evaluation of greenhouse cucumber with reference units via CCR input oriented model

واحد‌های مرجع (الگو) Unit sample	کارایی (درصد) Efficiency (%)	واحد تولیدی (گلخانه) DMU (Greenhouses)
4 (78.24)	89.51	1
10 (56.18) and 21 (74.67)	96.63	2
-	100	3
-	100	4
7 (89.34) and 4 (45.23)	93.31	5
3 (38.12) and 4 (67.34)	95.43	6
-	100	7
10 (70.16) and 4 (56.34)	92.82	8
3 (60.18) and 4 (34.89)	92.37	9
-	100	10
7 (47.16) and 4 (35.68)	90.57	11
4 (78.34)	82.81	12
3 (76.11) and 4 (71.46)	76.23	13
21 (34.56)	85.12	14
4 (56.67)	81.35	15
21 (70.29) and 17 (45.23)	91.47	16
-	100	17
3 (59.12) and 7 (57.23)	92.15	18
7 (39.19) and 4 (87.57)	79.9	19
10 (30.17) and 17 (67.45)	83.69	20
-	100	21
21 (60.18) and 7 (86.15)	87.59	22
10 (35.76)	85.56	23
21 (45.35) and 10 (79.47)	79.49	24
17 (81.19) and 21 (24.90)	83.39	25
-	87	میانگین کارایی واحدهای ناکارا The average of deficient units



شکل ۱- کارایی گلخانه‌های خیار با استفاده از دو مدل CCR و BCC نهاده محور
 Fig. 1- Efficiency of greenhouse cucumber with CCR and BCC input oriented

جدول ۴- تجزیه انواع کارایی‌ها و بازده به مقیاس در کشت خیار گلخانه‌ای

Table 5- Analyses of efficiency and return to scale in Greenhouse Cucumber production

واحد تولیدی	کارایی فنی (درصد)	کارایی فنی خالص (درصد)	کارایی مقیاس (درصد)	بازده نسبت به مقیاس
DMU	E_{CCR} (%)	E_{BCC} (%)	E_S (%)	Return to scale
1	89.51	92.23	97	Increasing
2	96.63	97.7	98	Increasing
3	100	100	100	Constant
4	100	100	100	Constant
5	93.31	100	93.31	Increasing
6	95.43	100	95.43	Increasing
7	100	100	100	Constant
8	92.82	94.35	98	Increasing
9	92.37	93.2	99	Increasing
10	100	100	100	Constant
11	90.57	97.59	92	Increasing
12	82.81	89.7	92	Increasing
13	76.23	88.9	85	Increasing
14	85.12	92.7	91	Increasing
15	81.35	93.4	87	Increasing
16	91.47	96.1	95	Increasing
17	100	100	100	Constant
18	92.15	100	92.15	Increasing
19	79.9	87.43	91	Increasing
20	83.69	90.12	92	Increasing
21	100	100	100	Constant
22	87.59	92.15	95	Increasing
23	85.56	87.34	97	Increasing
24	79.49	91.38	86	Increasing
25	83.39	93.19	89	Increasing
میانگین Mean	90.37	95.09	94.6	-

جدول ۵- ترتیب واحدهای کارا در دو مدل بازگشت به مقیاس ثابت و متغیر

Table 6-Rank of efficiency unites in constant and variable return to scale models

مدل بازگشت به مقیاس ثابت		مدل بازگشت به مقیاس متغیر	
BCC		CCR	
مجموع وزن‌ها	واحد تولیدی	مجموع وزن‌ها	واحد تولیدی
Sum of weights	DMU	Sum of weights	DMU
6.11	4	3.12	3
3.19	7	3.02	4
3.05	21	2.96	5
2.71	10	2.63	6
2.33	3	2.2	7
1.93	17	2.17	10
-	-	1.89	17
-	-	1.76	18
-	-	1.65	21

تعیین شد که به چه میزان باید از مصرف نهاده‌های مازاد را کم کنند تا کارا شوند. به‌طور مثال گلخانه شماره ۱۱ با کارایی ۹۰/۵۷ درصد باید ۹۲۴۰ واحد از نهاده سوخت مصرفی، ۱۲۹۰ واحد از نهاده نیروی

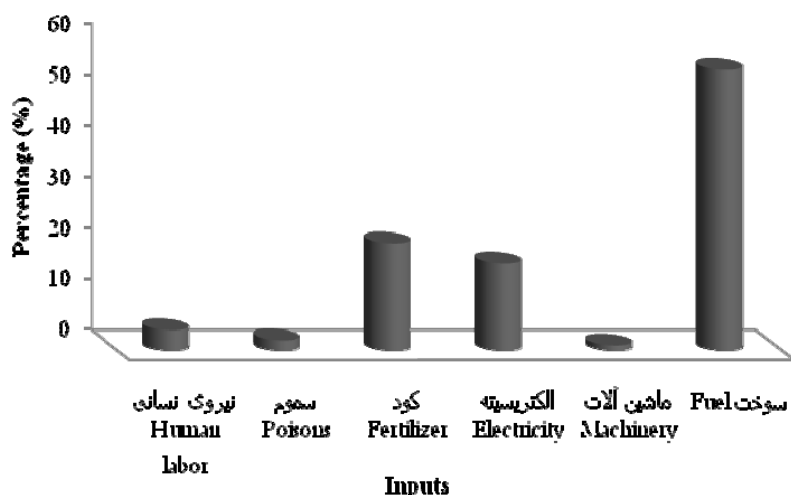
جدول ۶ نتایج حاصل از تحلیل گلخانه‌های خیار با مدل بازگشت به مقیاس ثابت ورودی محور برای تعیین مازاد نهاده‌ها و کمبود عملکرد گلخانه‌ها را نشان می‌دهد. برای هر کدام از واحدهای ناکارا،

بیشترین میزان مصرف انرژی در محصولات گلخانه‌ای را داراست. (Omid et al., 2010) در تحقیقی از روش تحلیل پوششی داده‌ها به منظور تعیین واحدهای کارا و ناکارا و همچنین تعیین شاخص‌های کارایی فنی و کارایی فنی خالص استفاده کردند. نتایج مدل تحلیل پوششی داده‌ها با روش بازگشت به مقیاس متغیر نشان داد که ۱۲ واحد از مجموع ۱۸ واحد مورد بررسی کارایی ۱۰۰ درصد داشته و بقیه واحدها به درجات مختلفی ناکار محسوب می‌شوند. میانگین کارایی فنی واحدهای ناکارا در این روش ۹۱/۵ درصد محاسبه شد. به این معنی که حدود ۸/۵ درصد از منابع از طریق بالابردن کارایی، قابل صرفه‌جویی هستند. (Banaeian et al., 2010) از روش تحلیل پوششی داده‌ها در کشت محصول گردو استفاده کردند. در این تحقیق نهاده کود و سموم شیمیایی در هر دو مدل BCC و CCR مستعد بیشترین مقدار صرفه‌جویی بودند. (Mousavi et al., 2011a) از روش تحلیل پوششی داده‌ها در کشت سویا در منطقه گلستان استفاده کردند. نتایج کار آن‌ها نشان داد که نهاده الکتریسیته بیشترین میزان مصرف را داشته و با رعایت اصول مدیریتی می‌توان حدود ۷۱۱۶ مگاژول بر هکتار صرفه‌جویی انرژی داشت.

انسانی، ۵۶۷ واحد از نهاده ادوات و ماشین‌آلات و ۳۷۸۰ واحد از نهاده کود شیمیایی و بذر مصرفی را کاهش دهد تا بر روی مرز کارایی قرار گیرد. انرژی ذخیره شده توسط هر نهاده با مدل CCR نهاده محور در گلخانه‌های خیار مورد بررسی در شکل ۲ نشان داده شده است. (چون سهم آب مصرفی کمتر از یک درصد بود از آن صرفه نظر شده است). همانطور که در بخش مقدمه هم اشاره شد، به‌علت ماهیت کاری گلخانه‌ها و کشت محصول در خارج از فصل، اغلب در مناطق سردسیر نهاده سوخت مصرفی بیشترین میزان مصرف را دارد. در این تحقیق نیز نهاده سوخت بیشترین سهم از میزان انرژی مصرفی را به خود اختصاص داد. با توجه به این موضوع، لزوم استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، عایق کاری مناسب و استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته در جهت کنترل دما و رطوبت گلخانه‌ها ضروری است. نتایج حاصله از این پژوهش هم راستا با نتایج کار Ghochbeyg et al (2010) و (2010) و Mohammadi and Omid (2009) است. Heidari and Omid در تحقیقی به بررسی میزان انرژی مصرفی در کشت محصولات خیار و گوجه در سطح استان تهران پرداختند. نتایج کار این محققین نیز گویای این موضوع بود که نهاده سوخت

جدول ۶- مازاد و کمبود مصرف انرژی در هر یک از گلخانه‌ها با مدل CCR نهاده محور (بر حسب $MJha^{-1}$)Table 7- Slack and surplus energy consumption in each of greenhouse cucumber with CCR model ($MJha^{-1}$)

واحد DMU	کارایی Efficiency	سوخت Fuel	انسانی Human labor	ماشین‌آلات Machinery	کود و بذر Fertilizer seed	سموم Poisons	آب Water	الکتریسیته Electricity
1	89.51	23756	0	0	8865	0	0	9870
2	96.63	12567	1254	0	0	0	0	2456
3	100	0	0	0	0	0	0	0
4	100	0	0	0	0	0	0	0
5	93.31	24156	0	456	2678	0	0	0
6	95.43	12789	0	0	0	5673	546	8912
7	100	0	0	0	0	0	0	0
8	92.82	3211	2780	0	0	190	0	6120
9	92.37	0	2901	0	0	181	0	9859
10	100	0	0	0	0	0	0	0
11	90.57	9240	1290	567	3780	0	0	0
12	82.81	37890	0	1280	12890	0	123	0
13	76.23	45178	3795	0	16289	0	0	2890
14	85.12	14236	3412	0	2780	0	0	5670
15	81.35	12790	2519	0	15907	1450	0	15280
16	91.47	0	0	1200	14289	0	0	0
17	100	0	0	0	0	0	0	0
18	92.15	0	1241	0	12809	0	109	0
19	79.9	32910	0	1090	0	4129	0	5810
20	83.69	16280	3109	0	2280	1280	0	15200
21	100	0	0	0	0	0	0	0
22	87.59	17200	1200	109	7101	0	0	1790
23	85.56	14809	0	0	12700	0	0	14500
24	79.49	39708	0	1200	2080	0	450	0
25	83.39	19007	1230	0	13709	1670	0	4130



شکل ۲- انرژی ذخیره شده توسط هر نهاده با مدل CCR نهاده محور در گلخانه‌های خیار مورد بررسی
Figure 2- Energy saved via each input with CCR input oriented in greenhouse cucumber

تجدیدپذیر (مثل انرژی خورشیدی)، جلوگیری از تلفات حرارتی (از طریق عایق کاری دیواره‌ها، سقف و پنجره‌ها)، انتخاب دما، رطوبت بهینه و به‌کاربردن سیستم کنترل اتوماتیک دما و رطوبت گلخانه، از مصرف بیش از اندازه انرژی‌های فسیلی جلوگیری نمود.

این تحقیق به کمک روش غیرپارامتری تحلیل پوششی داده‌ها به بررسی میزان کارایی تولید کنندگان خیار گلخانه‌ای شهرستان شهرضا در دو مدل BCC و CCR ورودی محور پرداخته است. نتایج تحلیل داده‌ها نشان داد که در مدل CCR، ۲۴ و در مدل BCC ۳۶ درصد از مجموع گلخانه‌ها دارای امتیاز کارا بوده‌اند و بقیه واحدها به درجات مختلفی ناکارا هستند. این تحقیق نشان داد که با اعمال روش‌های مدیریتی مطلوب و استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها می‌توان بیش از ۱۳ درصد از مجموع کل نهاده‌ها یا به عبارتی حدود ۱۸۱۱۰ مگاژول انرژی در هر هکتار از کشت محصول خیار گلخانه‌ای را صرفه‌جویی کرد.

در تحقیق دیگری که توسط (Mousavi et al., 2011b) بر روی محصول کلزا در استان گلستان انجام شد، نهاده الکتریسیته بیشترین مصرف را داشت و نتایج مدل تحلیل پوششی داده‌ها نشان داد که حدود ۱۶۹۶ مگاژول بر هکتار انرژی قابل صرفه‌جویی است. همانطور که از نتایج کار این تحقیق و مقایسه آن با سایر پژوهش‌ها بر می‌آید، در کشت گلخانه‌ای اغلب سوخت فسیلی بیشترین مصرف را دارد در حالی که در کشت‌های مزرعه‌ای سوخت پس از نهاده کود مصرفی بعنوان دومین نهاده پرمصرف قرار می‌گیرد.

نتایج و بحث

با تحقیق حاضر و محاسبه سهم انرژی مصرفی هر یک از عوامل و نهاده‌ها در تولید محصول خیار گلخانه‌ای در شهرستان شهرضا، نتیجه گرفته شد که بیشترین سهم انرژی مصرفی مربوط به نهاده سوخت مصرفی و کمترین آن مربوط به نهاده آب مصرفی است. با توجه به اینکه بیشترین نهاده مصرفی مربوط به سوخت فسیلی است می‌توان با استفاده از انرژی‌های

منابع

- 1- Akbari, N., and M. Sharif. 2008. Agricultural economics. Alame Tabatabaie university publication (In Farsi).
- 2- Banaeian, N., Zangeneh, M., and Omid, M. 2010. Energy use efficiency for walnut producers using Data Envelopment Analysis (DEA). Aust. J. Crop Sci, 4(5): 359-362.
- 3- Banker, R.D., A. Charnes, and W.W. Cooper. 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. Management Science, 30(3):1078-1092.
- 4- Charnes, A.W., W. Copper, and E. Rhodes. 1984. Measuring the efficiency of decision marking units. European Journal of Operational Research, 2(1): 429-444.
- 5- Emami-Meybodi, A. 2000. Principles of efficiency and productivity Measurement. Institute trade

- publication (In Farsi).
- 6- Erdal, G., K. Esengun, H. Erdal and O. Gunduz. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy*, 32: 35-41.
 - 7- Gheysari, K., A. Mehrno, and R. Jafari. 2007. Principle of Fazzi Data Envelopment Analyses. Islamic open university, Ghazvin Branch (In Farsi).
 - 8- Ghochebeyg, F., M. Omid, H. Ahmadi, and D. Delshad. 2010. Evaluation and improvement of energy consumption for Cucumber Production Using Data Envelopment Analysis (DEA) Technique in Tehran, 6th National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization, Tehran, Iran (In Farsi).
 - 9- Hatirli, S.A., B. Ozkan and K. Fert. 2005. An econometric analysis of energy input/output in Turkish agriculture, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 9: 608-623.
 - 10- Heidari, M.D., and M. Omid. 2010. Energy use patterns and econometric models of major greenhouse vegetable productions in Iran, *Energy*, 36: 220-225
 - 11- Houshyar, E., M.J. Sheikh Davoodi, and S.M. Nassiri. 2010. Energy efficiency for wheat production using data envelopment analysis (DEA) technique. *Journal of Agricultural Technology*, 6(4): 663-672.
 - 12- Kaltschmitt, M., G.A. Reinhardt, and T. Stelzer. 1997. Life cycle analysis of befouls under different environmental aspects. *Biomass and Bio energy*, 12(2): 121-134.
 - 13- Mandal, K.G., K.P. Saha, P.K. Ghosh, K.M. Hati, and K.K. Bandyopadhyay. 2002. Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. *Biomass Bioenergy*, 23(5): 337-345.
 - 14- Mohamadi, A. 2008. Measurement of efficiency in poultry production units with Data Envelopment Analyses. *Journal of economic and development*. 16(63): 89-116 (In Farsi).
 - 15- Mohammadi, A and M. Omid. 2009. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran, *Applied Energy*, 87: 191-196
 - 16- Mousavi-Avval, SH., S. Rafiee, A. Jafari and A. Mohammad. 2011a. Optimization of energy consumption for soybean production using Data Envelopment Analysis (DEA) approach. *Applied Energy*.
 - 17- Mousavi-Avval, SH., S. Rafiee, A. Jafari and A. Mohammadi. 2011b. Improving energy use efficiency of canola production using data envelopment analysis (DEA) approach. *Energy*, 36: 2765- 2772.
 - 18- Nasirian, N., M. Almasi, S. Minaee, and H. Bakhoda. 2006. Study of energy flow in sugarcane production in an Agro-industry unit in South of Ahwaz, In Proceedings of 4th National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization, 28-29 Aug, Tabriz University, Tabriz, Iran, (In Farsi).
 - 19- Omid, M., F. Ghojabeige, M. Delshad and H. Ahmadi. 2010. Energy use pattern and benchmarking of selected greenhouses in Iran using data envelopment analysis, *Energy Conversion and Management*, 52: 153-162
 - 20- Porkazemi, M., and K. Heydari. 2001. Use Data Envelopment Analyses for evaluate of efficiency in power stations. *Tarbiat Modares Journal*, 6 (1): 35-54 (In Farsi).
 - 21- Samavatian, N., SH. Rafiee and M. Mobli. 2010. Study of energy consumption in garlic productivity with Data Envelopment Analyses. 6th National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization, Tehran, Iran (In Farsi).
 - 22- Yong, T., and K. Chunweki. 2003. A hierarchical AHP/DEA methodology for the facilities layout design problem. *European Journal of Operational Research*, 147(2): 128-136.

ارزیابی اثرات کنترل دما و رطوبت در تولید خیار گلخانه‌ای در منطقه جیرفت و کهنوج

داود مؤمنی^{۱*} - محمد هاشم رحمتی^۲

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۲/۹

تاریخ پذیرش: ۹۰/۹/۲۹

چکیده

دما و رطوبت دو پارامتر مهم و اثرگذار بر رشد کمی و کیفی محصولات گلخانه‌ای هستند لذا به منظور بررسی اثرات کنترل این دو پارامتر در تولید خیار گلخانه‌ای در منطقه جیرفت و کهنوج دو واحد گلخانه یکسان با ارتفاع نهایی، طول و عرض هر دهانه به ترتیب ۳/۵، ۴۰ و ۵/۵ متر بصورت دوقلو در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی جیرفت و کهنوج ساخته شد. تمام موارد از لحاظ جنس قطعات سازه، ارتفاع نهایی، ارتفاع تا زیر ناودانی، پوشش گلخانه و موارد زراعی مانند آماده‌سازی بستر، کاشت، داشت برای دو واحد گلخانه بصورت یکسان انجام گرفت ولی در یکی از گلخانه‌ها از یک سیستم گرمایشی هوای گرم مجهز به مشعل گازوئیل سوز و سیستم سرمایشی شامل دو فن و یک پد استفاده شد و دیگری فاقد آنها بود. در طول فصل رشد دما و رطوبت داخل و خارج گلخانه‌ها به همراه عملکرد محصول برای هر دو گلخانه مجهز و عادی ثبت گردید. نتایج نشان داد که تغییرات دمای داخل گلخانه عادی با محیط بیرون هم‌فاز است و این نکته باعث اثرات سوء هوای سرد محیط آزاد بر تولید می‌گردد، بطوری که عملکرد محصول و تعداد میوه برداشت شده دو گلخانه عادی و مجهز در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار داشتند. بیشترین عملکرد و تعداد میوه برداشت شده مربوط به گلخانه مجهز بود. بنابراین عدم استفاده از سیستم‌های گرمایشی در گلخانه‌های منطقه به هیچ عنوان توصیه نمی‌گردد. با توجه به تغییرات رطوبت نسبی در هوای بیرون گلخانه در انتهای دوره، کارایی سیستم خنک‌کننده پوشال و پنکه پایین بود، بنابراین صرف انرژی برای این نوع سیستم سرمایشی توصیه نمی‌شود و پیشنهاد می‌شود با استفاده از تهویه و سایه دهی دمای هوای گلخانه تعدیل و با اوج گرفتن گرمای هوای آزاد ادامه تولید در گلخانه قطع گردد.

واژه‌های کلیدی: خیار، سیستم سرمایشی، سیستم گرمایشی، عملکرد، گلخانه

مقدمه

محدودیت آب و خاک، ازدیاد جمعیت، افزایش نیاز به مواد غذایی، استفاده بیشتر از زمان و ... توجه دانشمندان را به این نکته معطوف ساخته است تا کمبود غذا را با افزایش محصول در واحد سطح جبران نمایند. یکی از تکنیک‌های جدید در ایران بهره‌برداری از کشت‌های گلخانه‌ای است. گلخانه محیط کشتی است که در آن با بهره‌گیری از زمین و تحت کنترل قراردادن اکثر شرایط لازم برای رشد گیاه مانند نور، رطوبت، تهویه، دما و نیاز غذایی محصول مورد نظر بدست می‌آید. منطقه جیرفت و کهنوج در جنوب استان کرمان، با شرایط مناسب آب و هوایی و داشتن بیش از ۱۲۰۰ هکتار کشت گلخانه‌ای مقام اول را در کشور داراست. از آنجا که بیشترین هزینه‌های

گلخانه‌های خیار در ایران مربوط به انرژی است (Sherafati, 2009, Mohammadi and Omid, 2010 and Heidari and Omid, 2011)، بدیهی است که مدیریت گلخانه‌ها بایستی به نحوی باشد که بتوان از انرژی‌های موجود بصورت بهینه استفاده نمود. برای آن که گلخانه‌ها دمای مطلوب داشته باشد باید با همان سرعتی که گرما از دست می‌دهد فضای آن را گرم نمود (Nissmo et al., 1983; Proctor, 1982). مهم‌ترین روش اتلاف حرارت در گلخانه‌های پلاستیکی از طریق هدایت یا رسانایی در گلخانه است که تحت تأثیر پوشش گلخانه، تفاوت دمای بین داخل و خارج گلخانه و مقاومت کل در مقابل انتقال حرارت تعیین می‌شود که برای جبران آن بایستی از سیستم‌های حرارتی استفاده کرد (Hassandokht, 2005).

(Omid and Shafaei (2004) در تحقیقات خود اشاره کرده-

اند با وجود این که گلخانه یک محیط بسته است ولی کاملاً از محیط بیرون ایزوله نیست. بنابراین شرایط داخل گلخانه تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی بیرون دائماً تمایل به تغییر دارد. دمای هوای بیرون، طول

۱- عضو هیات علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی جیرفت

(*- نویسنده مسئول: Email:momenidavood@yahoo.com)

۲- عضو هیات علمی گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

سیستم خنک کننده تبخیری در گلخانه های سودان بدین نتیجه رسیدند که بعلاوه تفاوت رطوبت نسبی داخل و خارج گلخانه در ساعات مختلف شبانه روز عملکرد سه نوع سیستم خنک کننده تبخیری متفاوت است. نتایج ثبت شده مربوط به پارامترهای محصول نشان داد که سیستم خنک کننده پوشالی بالاترین کارایی را داشته است (Egbal Mohammed A. et al., 2011).

با توجه به این که در تولیدات گلخانه‌ای مصرف انرژی بالاست تولید در مناطقی که زمستان معتدلی دارند منطقی‌تر و به صرفه‌تر به نظر می‌رسد. به همین دلیل در این تحقیق اثرات کنترل دما و رطوبت در تولید خیار گلخانه‌ای در منطقه جیرفت و کهنوج در جنوب استان کرمان بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

به منظور انجام این پروژه دو واحد گلخانه به سبک گلخانه‌های رایج منطقه جیرفت و کهنوج (Momeni, 2005) با ارتفاع نهایی کمتر از ۳/۵ متر، طول ۴۰ متر و عرض هر دهانه ۵/۵ متر بصورت دوقلو در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی جیرفت و کهنوج در موقعیت ۳۱' ۵۱" ۵۷° شرقی و ۴۸' ۳۲" ۲۸° شمالی ساخته شد. در ساخت این دو واحد گلخانه تمام موارد از لحاظ جنس قطعات سازه، ارتفاع نهایی، ارتفاع تا زیر ناودانی، ارتفاع دریچه‌ها و ... بصورت یکسان بودند ولی در یکی از گلخانه‌ها از یک سیستم گرمایشی هوای گرم با مشعل گازوئیل سوز و یک سیستم سرمایشی شامل دو فن در ضلع جنوبی و یک پد از جنس الیاف چوبی در ضلع شمالی استفاده شد. مشخصات هر دو گلخانه در جدول ۱ ذکر شده است.

کشت نشاء در هر دو واحد گلخانه بصورت مثلثی در دو ردیف بصورت ۴۰cm × ۴۰cm و عرض راهروها یک متر در نیمه دوم مهرماه و با رقم رویال انجام شد. با توجه به این که در منطقه جیرفت و کهنوج گازرسانی طبیعی وجود ندارد در سیستم گرمایشی طراحی شده برای گلخانه از مشعل گازوئیل سوز استفاده گردید. جهت پخش بهتر و یکنواخت‌تر حرارت داخل گلخانه از لوله‌های پلاستیکی برای توزیع حرارت در کل گلخانه استفاده گردید (شکل ۱).

در این تحقیق بر اساس اطلاعات پایه مانند مساحت سطح گلخانه، دمای بهینه روزانه و شبانه برای خیار، حداقل دمای مطلق در شب‌های سرد منطقه نیاز گرمایی گلخانه با فرمول (۱) محاسبه گردید که با احتساب ۱۰ درصد برای تلفات گرمایی حدود ۱۱۵۰۰۰ کیلوکالری بر ساعت بدست آمد (Hassandokht, 2005).

$$H = K.A. (T_{\text{inside}} - T_{\text{outside}}) \quad (1)$$

H = گرمای مورد نیاز (کیلوکالری بر ساعت)

روز، شدت نور و رطوبت هوا دائماً در حال تغییر است. برای جبران این اثرات لازم است تجهیزات کنترلی متعددی در گلخانه نصب و تعبیه شود و دما و رطوبت از مهمترین پارامترهایی هستند که بایستی در یک گلخانه کنترل شود (Omid and Shafaei, 2004).

حیدری با مطالعه نقش اقلیم در طراحی گلخانه‌ها، پارامتر دما و کنترل آن در گلخانه را یکی از پارامترهای مهم در گلخانه‌ها دانسته‌اند که نقش اساسی در اقتصادی بودن تولید می‌تواند داشته باشد. او در مطالعه خود ارومیه را بعنوان یکی از نقاط کوهستانی کشور که تعداد روزهای یخبندان آن زیاد است مورد مطالعه قرار داده است و گزارش نموده که به منظور تولید بهتر در گلخانه‌ها از یک‌طرف و اقتصادی بودن تولید از طرف دیگر لزوم توجه به مصرف انرژی به ویژه انرژی سوخت‌های فسیلی بسیار حائز اهمیت است (Heidary, 2003).

عباسپور فرد و ابراهیمی نیک بیان کرده‌اند برای توزیع بهتر گرما در گلخانه در سیستم‌های گرمایشی منفرد بایستی از لوله‌های پلی اتیلنی یا گالوانیزه افقی استفاده کرد و به منظور کنترل و توزیع مناسب حرارت در گلخانه بایستی اندازه سوراخ‌های روی جداره آنها به گونه‌ای باشد که توزیع مورد انتظار گرما را فراهم کند. در گلخانه‌هایی که محصول بر روی زمین کاشته می‌شود توصیه بر آن است که لوله‌ها بصورت بالاگذر و در گلخانه‌هایی که محصول بر روی سکوها قرار دارند لوله‌ها بر روی زمین نصب می‌شوند. لذا در این پروژه نیز از این روش استفاده شد (Abbaspour-Fard and Ebrahimi-nik, 2008).

بارتزاناس و همکاران (۲۰۰۵) دو روش گرمایش را بر اقلیم داخل گلخانه و مصرف انرژی مقایسه کردند. آنها در یک روش تنها از سیستم گرمایشی آبگرم استفاده کردند و در روش دوم ترکیبی از آبگرم و هوای گرم استفاده شد. آنها بدین نتیجه رسیدند که استفاده از روش آبگرم می‌تواند دمای داخل گلخانه را ۱۰ درجه گرمتر از محیط بیرون کند در حالی که روش ترکیبی تا ۱۵ درجه دمای داخل گلخانه را گرمتر می‌کند و مصرف انرژی آن نیز ۱۹ درصد بیشتر است (Bartzanas et al., 2005).

وی‌هنگ و همکاران در مطالعه خود بدین نتیجه رسیدند که مصرف انرژی با افزایش کانوپی گیاه زیاد می‌شود. آنها گزارش کردند از هر دو منظر ذخیره انرژی و رشد گیاهی تنظیم دمای گلخانه بصورت ۱۹° C روزانه و ۱۵° C شبانه بهترین وضعیت را دارد (Weihong et al., 2005).

محمدی و امید (۲۰۱۰) و حیدری و امید (۲۰۱۱) در بررسی گلخانه‌های خیار استان تهران بدین نتیجه رسیدند که بیشترین انرژی ورودی به گلخانه‌ها مربوط به سوخت است (Heidary, H. 2003; Heidari, M.D. and Omid, M. 2011).

اقبال محمد و همکاران (۲۰۱۱) در ارزیابی عملکرد سه نوع

جدول ۱- مشخصات گلخانه‌های مورد استفاده در پروژه
Table1- Greenhouses specifications using in this project

سیستم سرمایشی Cooling system	سیستم گرمایشی Heating system	نوع پوشش Type of coverage	ارتفاع نهایی (متر) Final height (m)	ارتفاع ستونها (متر) Post height (m)	عرض هر دهانه (متر) Width height(m)	طول (متر) Length (m)	نوع Type	گلخانه Green house
دارد Yes	دارد Yes	پلاستیک Plastic	3.5	2.4	5.5	40	دوقلو Bi-tunnel	مجهز Installed (Heated/ Cooled)
ندارد No	ندارد No	پلاستیک Plastic	3.5	2.4	5.5	40	دوقلو Bi-tunnel	عادی Bared (Unheated/ Uncooled)



شکل ۱- انتقال هوای گرم توسط کانال‌های پلاستیکی در گلخانه
Fig1- Heat transfer by plastic tubes in greenhouse

فاصله نیز در بسیاری از روزها سیستم خاموش بوده و تنها ساعتی قبل غروب آفتاب سیستم به مدت ۱۳-۱۴ ساعت روشن می‌شود. لذا از روش ثبت دما و رطوبت در نقاط مختلف گلخانه‌ها و هوای آزاد استفاده شد. بدین منظور در داخل هر گلخانه علاوه بر رطوبت سنج، شش عدد دماسنج کمینه-بیشینه^۱ (دماسنج‌های شماره ۱ تا ۶ برای هر گلخانه) و در خارج گلخانه‌ها نیز علاوه بر رطوبت سنج، دو عدد دماسنج کمینه-بیشینه (دماسنج‌های شماره ۷ و ۸) نصب گردید. برای دستیابی به روند تغییرات دما در لایه‌های مختلف داخل گلخانه-ها، دو دماسنج در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری از سطح زمین (دماسنج‌های شماره ۳ و ۶)، دو دماسنج در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری از سقف گلخانه (دماسنج‌های شماره ۱ و ۴) و دو دماسنج در محدوده رشد خیار (دماسنج‌های شماره ۲ و ۵) و در طرفین گلخانه‌ها (دماسنج‌های شماره ۳، ۴، ۵، ۶ در سمت دیواره شرقی

$K =$ ضریب انتقال
 $A =$ مساحت پوشش (مترمربع)
 $T_{inside} =$ دمای مطلوب گلخانه برای رشد گیاه بر حسب درجه سلسیوس
 $T_{outside} =$ حداقل دمای خارج گلخانه در سردترین شب سال بر حسب درجه سلسیوس
 محاسبات مربوط به سیستم خنک کننده نیز انجام شد و ظرفیت پنکه و مخزن آب ترتیب ۱۰۰۰ مترمکعب در دقیقه و ۷۰۰ لیتر بدست آمد (Hassandokht, 2005).

با توجه به این که استفاده از سیستم‌های گرمایشی در گلخانه‌های جنوب استان کرمان در مدت زمان کوتاهی صورت می‌گیرد تفکیک فصل و نوع گلخانه امکان پذیر نبود. لازم به یادآوری است که در کل دوره ۸ ماهه کشت‌های گلخانه‌ای در منطقه جیرفت و کهنوج، سیستم‌های گرمایشی حدود ۴۵ روز روشن هستند. در ضمن در این

1- min- max thermometer

نمودار آن (مجموعه M) ترسیم گردید.

$$\eta_{i-ave} = (\varepsilon_i + \delta_i) / 2 \quad (۴)$$

η_{i-ave} = میانگین دمای خارج گلخانه‌ها در روز i ام

$$M = \{(1, \eta_{1-ave}), (2, \eta_{2-ave}), (3, \eta_{3-ave}) \dots\}$$

دامنه تغییرات رطوبت داخل گلخانه: به منظور اندازه گیری

این پارامتر، پس از کالیبره کردن رطوبت سنج و نصب آن در داخل گلخانه، رطوبت نسبی بطور روزانه ثبت و در انتهای فصل، نمودار مربوط به آن رسم گردید.

نتایج و بحث

مقایسه عملکرد و تعداد میوه برداشت شده

مقایسه میانگین عملکرد و تعداد میوه برداشت شده از گلخانه‌های پروژه در کل دوره، اختلاف معنی داری بین آن‌ها نشان داد (جدول‌های ۲ و ۳). با توجه به حساسیت کدوئیان به دمای پایین این امر صحیح به نظر می‌رسد. این دمای پایین باعث می‌شود جذب آب و مواد غذایی کاهش یابد.

بررسی نمودارهای ۱ و ۲ نشان داد که تغییرات دمای داخل گلخانه با محیط بیرون هم فاز هستند. یعنی اینکه با گرم یا سرد شدن هوای بیرون گلخانه هوای داخل گلخانه نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد. استفاده از پوشش پلاستیک بدون استفاده از سیستم گرمایشی باعث شده میانگین دمای داخل گلخانه نسبت به محیط بیرون چند درجه گرم‌تر گردد. در منابع متوسط دمای مناسب برای خیار در روز ۲۵ درجه سلسیوس و در شب ۲۰ درجه سلسیوس ذکر شده است. در دمای ۱۰ درجه سلسیوس رشد سریعاً کند و در دمای نزدیک صفر فعالیت گیاه به کلی متوقف می‌شود (Bidarigh, 1998). با توجه به این که عدم استفاده از سیستم‌های گرمایشی در شب‌های زمستان باعث می‌شود که دمای داخل گلخانه از مقدار بهینه کمتر باشد بنابراین رشد خیار در گلخانه عادی کمتر از گلخانه مجهز بود که باعث شده کاهش عملکرد محصول در سطح ۱ درصد معنی دار باشد (جدول ۲)، ولی با استفاده از سیستم‌های گرمایشی دمای گلخانه به حد بهینه آن نزدیک‌تر و رشد و عملکرد گیاه بهتر گردید. همچنین نمودار ۱ نشان می‌دهد در ماه‌های سرد لایه پایینی گلخانه که بوته‌های خیار در آن قرار دارند نسبت به سایر نقاط گلخانه سردتر است. در ضمن این اختلاف دما در طبقات مختلف داخل گلخانه را نشان می‌دهد.

این اختلاف دما باعث می‌شود تا یک جریان طبیعی در هوای گلخانه ایجاد گردد که سبب خروج هوای گرم در طول شب از دسترس گیاه و محبوس شدن در بالای گلخانه می‌گردد.

گلخانه‌ها) نصب گردیده و داده‌های آن‌ها در دی و بهمن ماه (ماه‌های سرد منطقه در کشت‌های گلخانه‌ای)، آذر، اسفند و فروردین ماه (ماه‌های معتدل منطقه در کشت‌های گلخانه‌ای) و اردیبهشت ماه (ماه گرم منطقه در کشت‌های گلخانه‌ای) بصورت روزانه قرائت و بیشینه و کمینه دما در ۲۴ ساعت گذشته به همراه رطوبت نسبی در لحظه قرائت (۸ صبح) یادداشت گردید. در انتهای فصل با انتقال داده‌ها به نرم‌افزار اکسل^۱، در ابتدا پارامترهای زیر محاسبه و سپس نمودار مربوط به آنها برای هر گلخانه در طول فصل رسم گردید.

دامنه تغییرات میانگین دمای داخل گلخانه‌ها در ارتفاعات مختلف:

برای بدست آوردن میانگین دما در هر ارتفاع، با استفاده از فرمول‌های (۳، ۴ و ۵) معدل دمای ثبت شده توسط دماسنج‌های نصب شده در هر ارتفاع بطور روزانه محاسبه و نمودار آن (مجموعه‌های C و B₃A) برای هر گلخانه رسم گردید.

$$\theta_{i-up} = (T_1 + t_1 + T_4 + t_4)_i / 4 \quad (۲)$$

θ_{i-up} = میانگین دمای لایه بالای گلخانه در روز i ام

T_1, t_1 = دمای کمینه و بیشینه مربوط به دماسنج شماره ۱

T_4, t_4 = دمای کمینه و بیشینه مربوط به دماسنج شماره ۴

$$\theta_{i-mid} = (T_2 + t_2 + T_5 + t_5)_i / 4 \quad (۳)$$

θ_{i-mid} = میانگین دمای لایه وسط گلخانه در روز i ام

T_2, t_2 = دمای کمینه و بیشینه مربوط به دماسنج شماره ۲

T_5, t_5 = دمای کمینه و بیشینه مربوط به دماسنج شماره ۵

$$\theta_{i-down} = (T_3 + t_3 + T_6 + t_6)_i / 4 \quad (۴)$$

θ_{i-down} = میانگین دمای لایه پایین گلخانه در روز i ام

T_3, t_3 = دمای کمینه و بیشینه مربوط به دماسنج شماره ۳

T_6, t_6 = دمای کمینه و بیشینه مربوط به دماسنج شماره ۶

$$A = \{(1, \theta_{1-up}), (2, \theta_{2-up}), (3, \theta_{3-up}) \dots\}$$

$$B = \{(1, \theta_{1-mid}), (2, \theta_{2-mid}), (3, \theta_{3-mid}) \dots\}$$

$$C = \{(1, \theta_{1-down}), (2, \theta_{2-down}), (3, \theta_{3-down}) \dots\}$$

دامنه تغییرات میانگین دمای داخل گلخانه‌ها: به منظور

اندازه‌گیری این پارامتر، با استفاده از فرمول (۵) معدل دمای سه لایه داخل گلخانه‌ها در هر روز محاسبه گردید. این محاسبات برای کل روزها در طول فصل کشت انجام شد و نمودار آن (مجموعه L) برای هر گلخانه ترسیم گردید.

$$\varphi_{i-ave} = (\theta_{i-up} + \theta_{i-mid} + \theta_{i-down}) / 3 \quad (۵)$$

φ_{i-ave} = میانگین دمای داخل گلخانه در روز i ام

$$L = \{(1, \varphi_{1-ave}), (2, \varphi_{2-ave}), (3, \varphi_{3-ave}) \dots\}$$

دامنه تغییرات میانگین دمای خارج گلخانه‌ها: به منظور

اندازه‌گیری این پارامتر، با استفاده از فرمول (۶) معدل دمای بیشینه و کمینه دماسنج‌های نصب شده در بیرون گلخانه‌ها در هر روز محاسبه شد. این محاسبات برای کل روزها در طول فصل کشت انجام و

جدول ۲- مقایسه عملکرد خیار در گلخانه‌ها

Table 2- Cucumber yield comparison in greenhouses.

نوع گلخانه		پارامتر Parameter
عادی Bared	مجهز Installed	
141.15	191.2	عملکرد تک بوته در هر چین (گرم) Picking Yield per every harvesting (g / plant)
1.5219		مقدار F F value
0.00191	0.0029	واریانس Variance
0.0116		انحراف استاندارد بین میانگین‌ها Standard deviation
4.4039		مقدار t T value
0.0001		احتمال در سطح ۵ درصد Probably in level 5%

جدول ۳- مقایسه تعداد میوه برداشت شده در گلخانه‌ها

Table 3- Fruit picking number comparison in greenhouses.

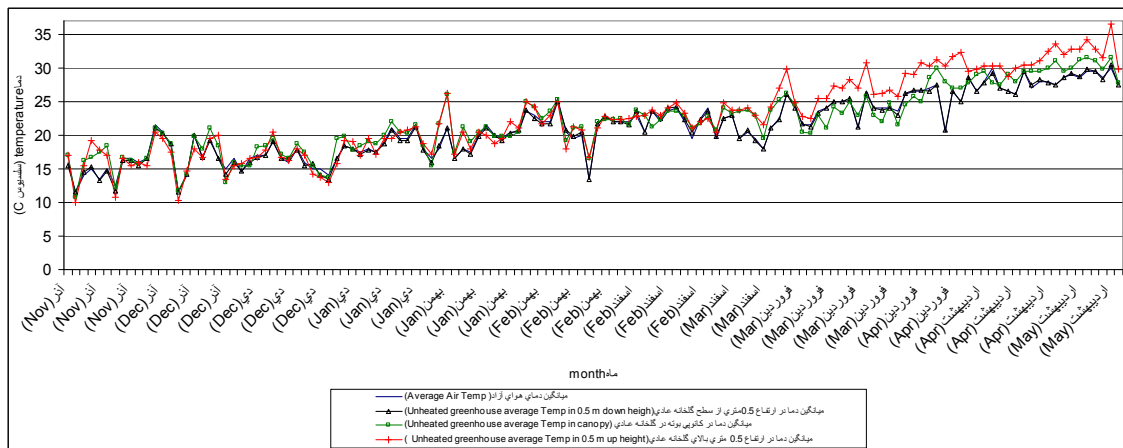
نوع گلخانه		پارامتر Parameter
عادی Bared	مجهز Installed	
1.73	2.2	تعداد میوه برداشت شده از هر بوته در هر چین Picking fruit number per plant in one harvesting
1.1232		مقدار F F value
0.249	0.279	واریانس Variance
0.1255		انحراف استاندارد بین میانگین‌ها Standard deviation
3.717		مقدار t T value
0.0008		احتمال در سطح ۵ درصد Probably in level 5%

این موضوع باعث اثرات منفی بر عملکرد محصول می‌گردد (Bidarigh, 1998). لذا با استفاده از سیستم‌های کمکی بایستی تعدیل دما انجام گیرد تا دامنه تغییرات دما در گلخانه تقلیل یابد. نمودار ۴ نشان می‌دهد با وجود معتدل بودن زمستان منطقه، حداقل دمای داخل گلخانه برای رشد خیار پایین بوده و استفاده از سیستم‌های گرمایشی ضروری است. همچنین این نمودار نشان می‌دهد که در انتهای فصل که مدت باز بودن دریاچه‌ها زیاد و همیشگی می‌شود اختلاف دمای هر سه محیط کم می‌شود. با توجه به متغیر بودن لحظه‌ای رطوبت هوای آزاد در آخر فصل،

بنابراین علاوه بر استفاده از فن‌های جابجا کننده هوا و پرده‌های پوشش دهنده داخل گلخانه بایستی کلیه منافذ گلخانه در شب‌های سرد بسته شوند تا این هوای گرم از گلخانه خارج نگردد. به حداقل رساندن دفعات باز و بسته کردن درب گلخانه در روزهای سرد و استفاده از درب‌های تو در تو نیز در کاستن از خروج هوای گرم از داخل گلخانه مؤثر است. نمودار ۳ دامنه تغییرات دمای داخل گلخانه عادی و هوای آزاد را نشان می‌دهد. بررسی این نمودار نشان داد که دامنه تغییرات دمای گلخانه (تفاوت بین بیشینه و کمینه دما) در برخی اوقات زیاد است که

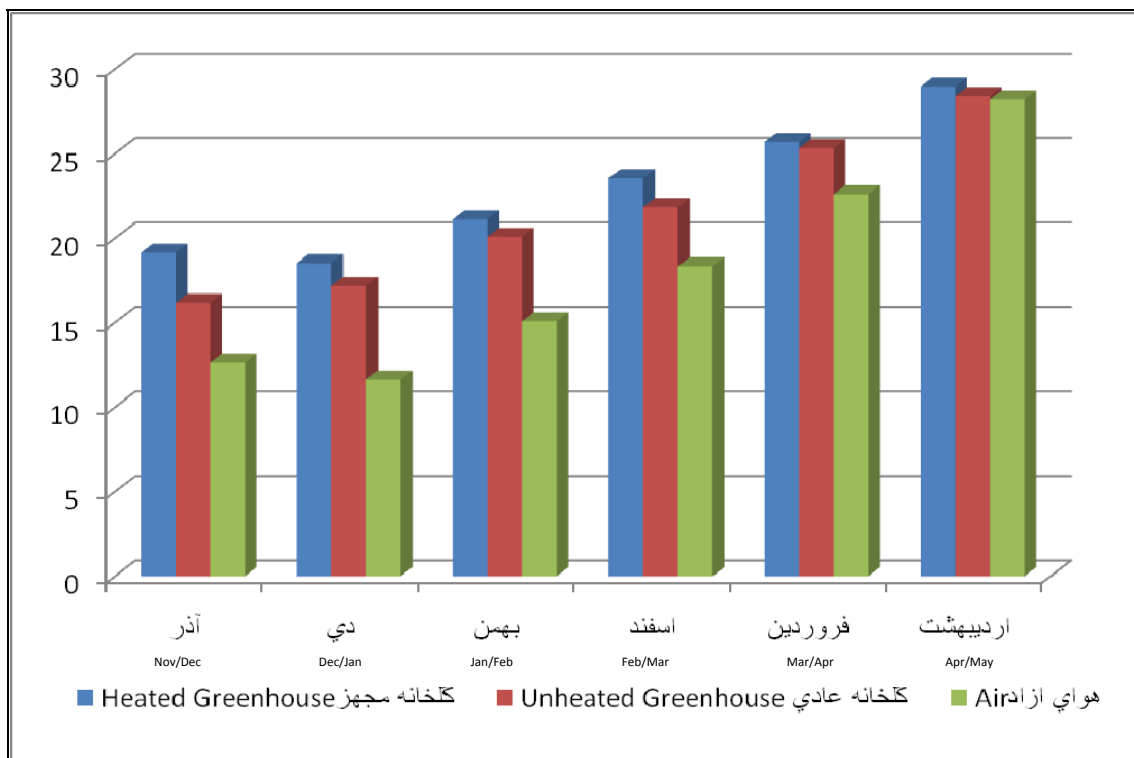
پلاستیک، پرده‌های سایه‌دهی و ... می‌توان فضای داخل گلخانه را از تابش مستقیم و شدید آفتاب دور نگه داشت تا محیط گلخانه کمتر گرم گردد و با این کار کمی دوره رشد را طولانی کرد و پس از گرم شدن شدید هوا ادامه تولید در گلخانه را قطع نمود.

سیستم سرمایشی عملکرد مطلوبی نداشت و در ساعاتی که اختلاف رطوبت داخل و خارج گلخانه زیاد بود گلخانه را خنک می‌کرد ولی با افزایش رطوبت نسبی بیرون گلخانه، کارکرد سیستم نه تنها در گلخانه تعدیل دما صورت نمی‌گرفت بلکه رطوبت نسبی داخل گلخانه نیز بالا می‌رفت. لذا استفاده از آن توصیه نمی‌گردد و پیشنهاد می‌شود تنها با استفاده از سایه‌بان‌های مصنوعی مانند گیل، آب آهک، رنگ



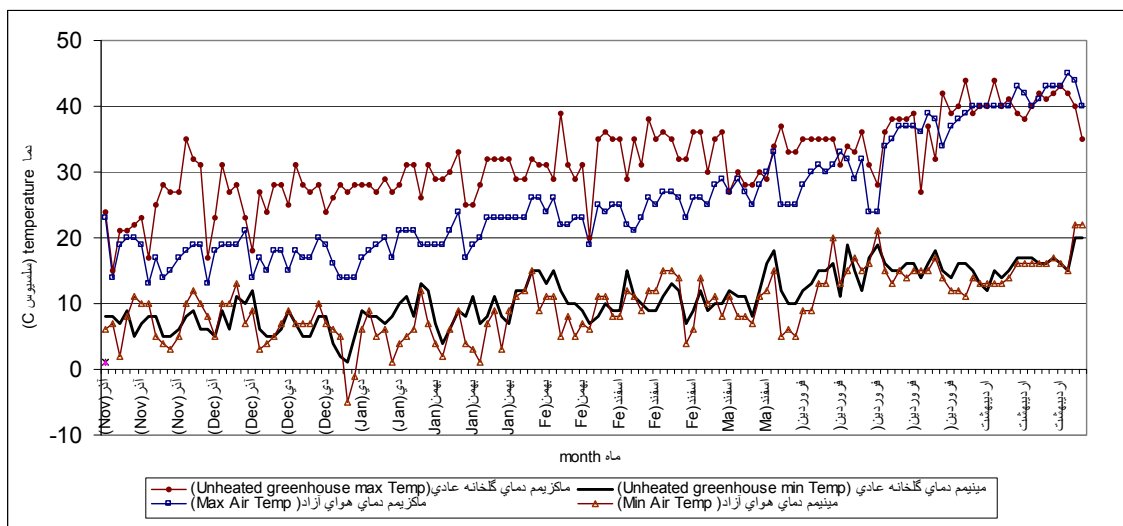
نمودار ۱- روند تغییرات میانگین دما در لایه های مختلف گلخانه عادی و هوای آزاد

Chart 1- Average temperature changing trend in air and different layers of unheated greenhouses.



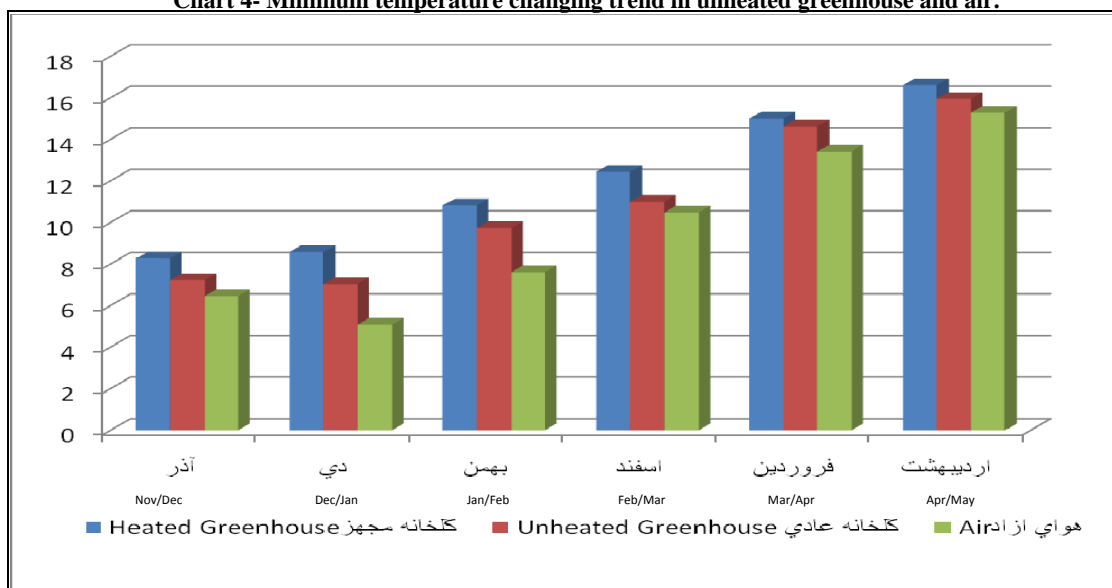
نمودار ۲- میانگین دمای گلخانه مجهز، عادی و هوای آزاد

Chart 2- Average temperature in air, unheated and heated greenhouses.



نمودار ۳- دامنه تغییرات دمای داخل گلخانه عادی و هوای آزاد
 Chart3- Temperature changing domain in air and unheated greenhouse.

نمودار ۴- حداقل دمای داخل گلخانه عادی و محیط بیرون
 Chart 4- Minimum temperature changing trend in unheated greenhouse and air.



نتیجه‌گیری

به هیچ عنوان توصیه نمی‌شود زیرا باعث افت شدید عملکرد نهایی محصول می‌گردد. برای طولانی‌تر کردن دوره نیز پیشنهاد می‌شود در انتهای دوره با استفاده از سایه‌بان‌های مصنوعی شدت تابش وارده به گلخانه را کاهش یابد.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد تغییرات دمای داخل گلخانه با محیط بیرون هم‌فاز هستند. ولی این روند هم‌فازی برای تغییرات رطوبت نسبی وجود ندارد. با وجود معتدل بودن زمستان منطقه عدم استفاده از سیستم‌های گرمایشی در گلخانه‌های جنوب استان کرمان

منابع

1- Abbaspour-fard, M.H and M.A. Ebrahimi-nik. 2008. Greenhouse engineering. Banafsheh press. IRAN (in

- Farsi).
- 2- Ahmed, E.M., O., Abbas, M. Ahmed, and M.R. Ismail. 2011. Performance evaluation of three different types of local evaporative cooling pads in greenhouses in Sudan. *Saudi Journal of biological sciences*. 18:45-51.
 - 3- Bartzanas, T., M. Tchamitchian, and C. Kittas. 2005. Influence of heating method on greenhouse microclimate and energy consumption. *Biosystems Engineering*.91 (4), 487-499.
 - 4- Bidarigh, S.1998. Culture of Cucumber, Tomato and Fragaria in the greenhouse. Varasteh press. IRAN. (in Farsi)
 - 5- Cemek, B., Y., Demir, Uzun, S. and V. Ceyhan. 2006. The effects of different greenhouse covering materials on energy requirement, growth and yield of aubergine. *Eney*, 31:1780-1788. www.elsevier.com/locate/energy.
 - 6- Chung, M., and S., Liao, 2010. Characterizing the performance of alternative cooling pad media in thermal environmental control applications, Taiwan 10617, republic of china.
 - 7- Heidary, H. 2003. The role of climate in greenhouse design emphasis on temperature parameters to reduce fuel usage. Proceeding of the 1st scientific symposium of survey of structures and automation of greenhouses in IRAN and development strategies. June. 2-3. Mahallat-IRAN.22. (in Farsi)
 - 8- Heidari, M.D. and M. Omid. 2011. Energy use patterns and econometric models of major greenhouse vegetable productions in Iran. *Journal of Energy* 36(1), 220-225.
 - 9- Hassandokht, M.R. 2005. Greenhouse management. Marz danesh press. IRAN. (in Farsi).
 - 10- Momeni, D. 2005. Suitable systems in design and manufacturing of vegetables greenhouses. Proceeding of the 1st national festival and seminar on greenhouse products. May. 18-19. Sari-IRAN.47. (in Farsi)
 - 11- Mohammadi, A. and M. Omid. 2010. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. *Journal of Applied Energy* 87(1), 191-196.
 - 12- Nissmo, J.A., J. A. Sundin, and L.B. Sjostrom. 1982. Method and apparatus for controlling the temperature in greenhouse. United States patent: NO: 4339074.
 - 13- Omid, M. and A. Shafaei. 2004. Investigation of temperature and humidity variations within a greenhouse using a computer based data acquisition sytem. *J.pajooresh and sazandeghi*. 64:67-73. (in Farsi).
 - 14- Sherafati. K. 2009. Assessment of energy consumption efficiency indices for cucumber production in common greenhouse of Tehran. Final research report of agricultural engineering research institute. No: 88-594.
 - 15- Weihong, L., Z. Hendrik Feije, D. Jianfeng, W. Xiaohan, S. Cecilia, and B. Chongxing. 2005. Simulation of Greenhouse Management in the Subtropics, Part I: Model Validation and Scenario Study for the Winter Season. *Biosystems Engineering*.90 (3), 307-318.

ارزیابی پارامترهای فنی و زراعی روش‌های کاشت گندم با مقادیر مختلف بذر در جنوب خوزستان

جعفر حبیبی اصل^{۱*} - الیاس دهقان^۲

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۹۰/۴/۸

چکیده

روش کاشت مطلوب روشی است که با استفاده از آن بتوان با کمترین تعداد تردد ماشین‌ها در روی زمین و صرف کمترین میزان مصرف انرژی و زمان، بذر را به گونه‌ای در فواصل و عمق مناسب خاک قرار داد که بیشترین تماس را با خاک داشته و بتواند به سرعت جوانه زده و در نهایت گیاهچه‌ی پایدار ایجاد نماید. لذا در این خصوص پژوهش حاضر طی مدت دو سال ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان (ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاور)، در یک خاک رسی - سیلتی به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. کرت‌های اصلی شامل شش روش کاشت سانتریفوژ (P1)، سانتریفوژ بعلاوه فاروئر (P2)، خطی کار (P3)، خطی کار بعلاوه فاروئر (P4)، پشته‌کاری سه ردیفه (P5) و پشته‌کاری چهار ردیفه (P6) بوده و کرت‌های فرعی نیز شامل چهار تراکم بذر ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ دانه در متر مربع (تقریباً ۱۲۰، ۱۶۰، ۲۴۰ و ۳۶۰ کیلوگرم بر هکتار) بود. نتایج نشان داد که بیشترین مصرف سوخت با ۱۴/۹۱ لیتر بر هکتار به تیمار سانتریفوژ بعلاوه فاروئر و کمترین آن با ۵/۰۲ لیتر بر هکتار به تیمار خطی کار اختصاص داشت. روش کاشت خطی کار با ۱/۴۶۲ و روش کاشت پشته‌کاری سه ردیفه با ۰/۶۲۰ ساعت بر هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین زمان مورد نیاز را به خود اختصاص دادند. در همه روش‌های خطی‌کاری شامل خطی‌کار، خطی‌کار بعلاوه فاروئر، پشته‌کاری سه ردیفه و پشته‌کاری چهار ردیفه نسبت به روش‌های کاشت پاششی سانتریفوژ و سانتریفوژ بعلاوه فاروئر زمان مورد نیاز به طور معنی‌داری کاهش و ظرفیت مزرعه‌ای افزایش یافته بود. روش کاشت سانتریفوژ بعلاوه فاروئر با ۰/۶۸۴ هکتار بر ساعت دارای کمترین ظرفیت مزرعه‌ای و روش‌های کاشت پشته‌کاری سه ردیفه و پشته‌کاری چهار ردیفه با متوسط ۱/۶۷ هکتار بر ساعت دارای بیشترین ظرفیت مزرعه‌ای بودند. بیشترین شاخص یکنواختی (۸۷/۲۱ درصد) به تیمار پشته‌کاری چهار ردیفه و کمترین آن (۵۴/۷۳ درصد) به تیمار سانتریفوژ اختصاص داشت. استفاده از روش‌های خطی‌کار، پشته‌کاری سه ردیفه و پشته‌کاری چهار ردیفه به جای روش سانتریفوژ به ترتیب باعث ۴۱، ۲۹ و ۲۹ درصد کاهش در هزینه‌ها شده است. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اختلاف بین روش‌های کاشت از لحاظ عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم معنی‌دار نبود، ولی تاثیر مقدار بذر بر تعداد بوته بر واحد سطح، ضریب پنجه زنی و تعداد دانه در سنبله در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. به طور کلی، برای کشت گندم آبی در اراضی رسی - سیلتی خوزستان، به ترتیب اولویت، استفاده از یکی از روش‌های کاشت پشته‌کاری سه ردیفه، پشته‌کاری چهار ردیفه و خطی‌کار و همچنین مقدار بذر ۱۶۰-۱۲۰ کیلوگرم بر هکتار پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تراکم بذر، کشت پشته‌ای، کشت پاششی، کشت خطی، گندم

مقدمه

ترتیب ۴۰۳۶۶۷ و ۲۸۱۱۰۲ هکتار) و میانگین عملکرد ۳۲۲۱ کیلوگرم بر هکتار مهم‌ترین گیاه زراعی استان خوزستان می‌باشد. بر اساس آخرین آمار منتشر شده توسط وزارت جهاد کشاورزی، هزینه‌های تولید گندم آبی در خوزستان در سال زراعی ۸۱-۱۳۸۰ معادل ۱۶۵۱۸۱ ریال بر هکتار بود که ۲۶/۹۱ درصد آن به عملیات کاشت اختصاص داشت (Jihad-e-Agriculture ministry, 2008). روش‌های متداول برای کاشت گندم آبی در منطقه‌ی جنوب خوزستان عمدتاً شامل روش‌های کاشت با خطی‌کار غلات و

گندم با سطح زیر کشت حدود ۶۸۰۰۰۰ هکتار (آبی و دیم به

- ۱- استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
* نویسنده مسئول: (Email : jhabibi139@yahoo.com)
- ۲- عضو هیات علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

علف‌کش‌ها را در طول دوره‌ی رشد در دفعات متعدد فراهم می‌کند (Govaerts et al., 2004). هم‌اکنون بیش از ۹۵ درصد کشاورزان مکزیک روش کشت روی پشته را به خوبی سایر محصولات برای کشت گندم پذیرفته‌اند و این باعث بهبودی چشمگیر در راندمان مصرف آب و مدیریت ازت شده است (Aquino, 1998; Sayre and Moreno Ramos, 1997).

همچنین نتایج تحقیقات انجام شده در خاک‌های رسی شمال غرب مکزیک نشان داده است که میزان مصرف بذر در روش کشت روی پشته ۶۰-۵۰ کیلوگرم در هکتار و نصف مصرف بذر در روش کاشت مرسوم (پخش در سطح مزرعه و استفاده از کرگیت) است (Aquino, 1998).

در بررسی مقادیر نیتروژن ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ و تراکم بذر ۴۰۰، ۵۰۰، ۶۰۰ و ۷۰۰ دانه در مترمربع برای گندم دوروم رقم شوا در شاوور اهواز، کاشت ۵۰۰ دانه در مترمربع (۱۸۰-۱۶۰ کیلوگرم در هکتار) و کاربرد ۱۳۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن را توصیه گردید (Lotf-Ali Ayeneh and Radmehr, 1998).

محدود بودن زمان مناسب کاری، تهیه زمین نامناسب و وجود مزاحمت بقایا برای کشت خطی، باعث شده است که بسیاری از گندم‌کاران منطقه جنوب خوزستان از روش کاشت با سانتریفوژ استفاده نمایند. در حالی که با توجه به بررسی نتایج تحقیقات گذشته، این روش کاشت موجب مصرف بیشتر بذر، ناهمگونی در عمق کاشت، غیریکنواختی در جوانه‌زنی بذرها و سطح سبز مزرعه و عدم امکان انجام عملیات داشت به صورت مکانیزه می‌شود. لذا به منظور مقایسه و تعیین مناسب‌ترین روش کاشت و میزان مصرف بذر در واحد سطح برای گندم نان رقم چمران در جنوب خوزستان با توجه به شاخص‌های فنی، زراعی و هزینه‌ای و کاهش مشکلات فوق‌الذکر، پژوهش حاضر طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش برای بررسی اثرات روش‌های گوناگون کاشت و میزان بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم چمران و برخی شاخص‌های فنی و هزینه‌ای طی مدت دو سال ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان (ایستگاه تحقیقاتی کشاورزی شاوور) اجرا گردید. ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاوور در فاصله ۷۰ کیلومتری شمال اهواز واقع شده است. خاک‌های این منطقه غالباً دارای بافت رسی، pH حدود ۷/۵-۷، شوری حدود ۴-۳ میلی موز بر سانتی‌متر در قسمت‌های زهکشی شده بوده و از نظر مواد آلی و ازت فقیر هستند. از نظر آب و هوایی نیز این منطقه دارای اقلیم خشک و نیمه خشک، میانگین سالیانه‌ی درجه حرارت ۲۳ درجه سانتی‌گراد و بارندگی ۲۴۴ میلی‌متر می‌باشد.

سانتریفوژ همراه با آبیاری سطحی بوده و در سطوح محدود از جوی پشته کار استفاده می‌شود. محدود بودن زمان مناسب کاری، تهیه زمین نامناسب و وجود مزاحمت بقایا برای کشت خطی، باعث شده است که بسیاری از گندم‌کاران منطقه از روش کاشت با سانتریفوژ استفاده نمایند. در حالی که این روش کاشت موجب مصرف بیشتر بذر، ناهمگونی در عمق کاشت، غیریکنواختی در جوانه‌زنی بذر و سطح سبز مزرعه و عدم امکان انجام عملیات داشت به صورت مکانیزه می‌شود. لذا به نظر می‌رسد با بهینه‌سازی روش کشت گندم، می‌توان از مشکلات بالا تا حد ممکن دوری نمود (Radmehr, 1993).

انتخاب روش کاشت می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند شرایط بستر، مدیریت بقایا و غیره باشد. همچنین وجود مقدار زیادی بقایای گیاهی در خاک، به صورت مکانیکی بر عملیات کاشت بذر اثر گذاشته و مزاحم کاشت بذر می‌شوند (Carter, 1994).

کاهش عملکرد گندم می‌تواند در اثر روش نامناسب کشت، مقدار بذر و مدیریت زراعی پیش بیاید. عامل کلیدی برای رسیدن به عملکرد بالاتر دانستن چگونگی استقرار اولیه بوته می‌باشد. همانند دیگر فاکتورهای زراعی، روش کاشت و مقدار بذر مصرفی فاکتورهای مهمی هستند که قدرت استقرار گیاه و عملکرد نهایی را تعیین می‌کنند (Korres and Froud Williams, 2002; Soomro et al., 2009).

در تحقیقی با مقایسه‌ی روش کشت کرتی همراه با آبیاری غرقابی با روش کشت روی پشته^۱ همراه با آبیاری فارویی، چنین به دست آمد که روش مرسوم کشت گندم در سطح کرت دارای برخی اشکالات است. همچنین استفاده از روش کشت روی پشته با آبیاری فارویی باعث کاهش در مقدار آب آبیاری به میزان ۱۷ درصد، افزایش راندمان مصرف آب به میزان ۳۰-۲۱ درصد، بهبود در راندمان مصرف ازت به میزان ۱۰ درصد یا بیشتر به دلیل بهبود در امکان جایگذاری ازت در خاک، عدم ایجاد سله در سطح خاک و همچنین کاهش شیوع بیماری‌ها شد (Fahong et al., 2004).

چنانچه کشت گندم بر روی پشته انجام شود هجوم علف‌های هرز کاهش می‌یابد. روش کشت روی پشته در مقایسه با روش کشت در شیار یا در سطح کرت، اجازه می‌دهد که علف‌های هرز بهتر کنترل شود و مقدار کمتری از نهاده‌ها از جمله کود، حشره‌کش‌ها، بذر و آب مصرف شده و به این ترتیب باعث کاهش هزینه‌های تولید و تفاوت معنی‌دار در سود می‌شود (Aquino, 1998).

در بررسی‌های بلند مدت مزرعه‌ای در مکزیک چنین نتیجه گرفته شد که کشت روی پشته‌های دائمی، علاوه بر تولید عملکرد بالا و برابر با بی‌خاک‌ورزی (نسبت به روش مرسوم)، امکان کاربرد کودها و

جدول ۱- خلاصه‌ی عملیات ماشینی مورد نیاز برای اجرای عملیات کاشت در تیمارهای مختلف

Table 1- Farm machinery operations required to apply different treatments

تیمارها Treatments	روش کاشت Seeding method	نوع و ترتیب عملیات Operations type and order
P1	سانتریفوژ Centrifugal	پخش بذر با سانتریفوژ و دیسک سبک روی بذر Seed broadcasting and light disc on it
P2	سانتریفوژ+فاروئر Centrifugal + furrower	پخش بذر با سانتریفوژ و دیسک سبک روی بذر + فاروئر با فاصله‌ی تیغه‌ی ۶۰ سانتی‌متر Seed broadcasting and light disc on it +60cm spacing furrower
P3	خطی کار غلات Cereal seed drill	کاشت بذر با خطی کار تاکا Cereal seed drill
P4	خطی کار غلات +فاروئر Cereal seed drill +furrower	کاشت بذر با خطی کار تاکا + فاروئر با فاصله‌ی تیغه‌ی ۶۰ سانتی‌متر Cereal seed drill + 60cm spacing furrower
P5	جوی پشته کار Bed drill	کاشت بذر با جوی پشته کار سه ردیفه برزگر همدان Three lines bed drilling
P6	جوی پشته کار Bed drill	کاشت بذر با جوی پشته کار چهار ردیفه برزگر همدان Four lines bed drilling
S1		120 kg/ha
S2		160 kg/ha
S3		200 kg/ha
S4		240 kg/ha

کرت‌های اصلی (روش خاک‌ورزی)
Main plots (Tillage method)

درجه‌های بذر (مقدار بذر)
Subplots (Seed rate)

عملیات، برابر مقدار سوخت مصرفی در مساحت یا مدت انجام کار توسط ماشین در نظر گرفته شد (Dehghan and Rahnama, 2009).

برای تعیین کل زمان مورد نیاز برای هر کدام از روش‌های کاشت، مجموع زمان‌های مفید و دور زدن ماشین در ابتدا و انتهای مزرعه، در هنگام انجام عملیات با سرعت مناسب و در یک سطح مشخص، توسط زمان سنج به طور جداگانه محاسبه گردید. ظرفیت مزرعه‌ای نیز معکوس کل زمان‌های مفید و غیر مفید مصرف شده برای انجام عملیات در سطح یک هکتار از مزرعه محاسبه شد. هزینه‌ی عملیات ماشینی کاشت نیز بر اساس اجرت محلی، با مراجعه به افراد و شرکت‌های ارائه دهنده‌ی خدمات، به صورت ریال بر هکتار محاسبه گردید.

ب) ارزیابی‌های زراعی

شاخص‌های اندازه‌گیری شده در این بخش از تحقیق شامل درصد جوانه زنی بذرها، ضریب پنجه زنی، عمق کاشت، تعداد سنبله بر متر مربع، ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت، وزن هزار دانه و عملکرد دانه بود.

نتایج و بحث

مصرف سوخت

نتایج مقایسه روش‌های بذرکاری از نظر مصرف سوخت در واحد

آزمایش به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. نوع و ترتیب عملیات مورد نیاز برای ترکیب‌های مختلف تیمارهای کاشت در جدول ۱ آورده شده است.

تحقیق حاضر در یک قطعه زمین که در زمستان قبل زیر کشت گندم بوده و در تابستان آیش مانده بود انجام شد. عملیات تهیه زمین قبل از کاشت به روش استفاده از گاواهن برگردان‌دار بعلاوه دیسک بعلاوه ماله انجام گردید.

این آزمایش در دو بخش انجام شد که عبارت بودند از بخش اندازه‌گیری و ارزیابی شاخص‌های فنی و بخش اندازه‌گیری و ارزیابی شاخص‌های زراعی.

الف) ارزیابی‌های فنی

در این قسمت برای اندازه‌گیری برخی شاخص‌های فنی در سطح نسبتاً وسیع، از جمله یکنواختی پراکنش بذرها، میزان مصرف سوخت، مدت زمان مورد نیاز برای انجام هر کدام از عملیات پیش‌بینی شده در سیستم کاشت و ظرفیت مزرعه‌ای، بخشی از زمین اختصاص داده شده برای آزمایش، پس از آبیاری و رساندن رطوبت خاک به شرایط گاو رو و انجام خاک‌ورزی به روش مرسوم، به قطعات ۱۲۰×۵۰ متری تقسیم و به تیمارهای روش کاشت اختصاص یافت. برای تعیین مقدار سوخت مصرف شده از روش "باک پر" استفاده شد. در این روش، قبل از شروع عملیات مخزن سوخت تراکتور را کاملاً پر و لبریز کرده و پس از پایان عملیات نیز مخزن سوخت دوباره لبریز شد. مقدار سوخت مورد نیاز برای پر کردن مجدد مخزن سوخت در پایان

برای یک سیستم را کاهش داد، اما در شرایط یکسان از نظر منبع توان (همانند شرایط این پژوهش) و انطباق درست ماشین‌ها و ادوات با آن، وجود اختلاف در نوع عملیات در سیستم‌های مختلف باعث اختلاف در زمان مورد نیاز آنها خواهد شد.

به طور کلی افزایش زمان مورد نیاز برای اجرای یک سیستم نسبت به سیستم دیگر به معنای نیاز به در اختیار داشتن روزهای کاری مناسب بیشتر و یا افزایش در ناوگان مکانیزه برای انجام به موقع عملیات است. به عبارت دیگر انتخاب یک سیستم کاشت با زمان مورد نیاز کمتر، باعث رها شدن تراکتور و ادوات و ایجاد امکان انجام عملیات در سطح وسیع‌تر در یک محدوده‌ی زمانی مشخص خواهد شد. کم بودن ظرفیت ناوگان مکانیزه نسبت به زمان در اختیار باعث افزایش در هزینه‌های به موقع انجام نشدن عملیات می‌شود.

ظرفیت مزرعه‌ای

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که از نظر ظرفیت مزرعه‌ای کل سیستم بین روش‌های مختلف کاشت اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد وجود داشت (جدول ۲). مقایسه‌ی میانگین ظرفیت مزرعه‌ای سیستم‌های مختلف کاشت مشخص کرد که در شرایط کار با تراکتور و ادوات مورد استفاده در این پژوهش، تیمار سانتریفوژ بعلاوه فاروئر با ۰/۶۸۴ هکتار بر ساعت دارای کمترین ظرفیت مزرعه‌ای و تیمارهای پشته‌کاری سه ردیفه و پشته‌کاری چهار ردیفه با متوسط ۱/۶۷ هکتار بر ساعت دارای بیشترین ظرفیت مزرعه‌ای بودند. همچنین ظرفیت مزرعه‌ای در همه تیمارهای خطی کار، خطی کار بعلاوه فاروئر، پشته‌کاری سه ردیفه و پشته‌کاری چهار ردیفه نسبت به تیمارهای سانتریفوژ و سانتریفوژ بعلاوه فاروئر به طور معنی‌داری افزایش یافته بود (جدول ۳).

به طور کلی با توجه به این که ظرفیت مزرعه‌ای یک سیستم کاشت برابر با وارونه (عکس) زمان مورد نیاز در آن سیستم است، می‌توان گفت هر عاملی که باعث کاهش زمان مورد نیاز برای اجرای عملیات کاشت در یک سطح معین شود می‌تواند باعث افزایش ظرفیت مزرعه‌ای آن سیستم یا ماشین گردد. به طور مثال حذف عملیات دیسک و فاروئر در روش‌های خطی کاری و یا کاهش رفت و آمد ماشین‌ها و ادوات و حذف برخی عملیات و استفاده از ادوات نیازمند به توان کشتی کمتر باعث کاهش در زمان مورد نیاز برای انجام عملیات کاشت در یک سطح معین شده و در نهایت باعث کاهش در تعداد تراکتور و ادوات مورد نیاز برای انجام به موقع عملیات و کاهش در سرمایه گذاری مورد نیاز در این بخش خواهد شد.

- هزینه عملیات کاشت

مقایسه روش‌های مختلف کاشت از نظر مبلغ کل هزینه‌های ماشینی مورد نیاز برای مجموع عملیات پیش‌بینی شده در هر کدام از

سطح نشان داد که این روش‌ها دارای اختلاف معنی‌داری بودند (جدول ۲). از مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح ۵ درصد چنین نتیجه گرفته شد که بیشترین مصرف سوخت با ۱۴/۹۱ لیتر بر هکتار به تیمار سانتریفوژ بعلاوه فاروئر و کمترین آن با ۵/۰۲ لیتر بر هکتار به تیمار خطی کار اختصاص داشت (جدول ۳). علت افزایش مصرف سوخت در تیمار سانتریفوژ بعلاوه فاروئر، بالاتر بودن تعداد عملیات بود. در این روش کاشت، علاوه بر دستگاه بذرپاش سانتریفوژ که عملیات کاشت را انجام می‌داد، برای پوشش بذرها با خاک و ایجاد جوی و پشته آبیاری از ادوات دیسک سبک و فاروئر نیز استفاده شد که متعاقباً مصرف سوخت به دلیل افزایش تعداد عملیات و تردد تراکتور در زمین بیشتر گردید. تیمارهای سانتریفوژ و خطی کار بعلاوه فاروئر با داشتن هر کدام دو بار عملیات مزرعه‌ای از لحاظ مصرف سوخت در ردیف دوم قرار داشتند. در تیمار خطی کار به دلیل عدم نیاز به ایجاد جوی و پشته و کمتر بودن ضمامم درگیر با خاک، مصرف سوخت نسبت به خطی کاری جوی پشته‌ای در تیمارهای پشته‌کاری سه ردیفه و پشته‌کاری چهار ردیفه کمتر گردید (جدول ۳).

زمان مورد نیاز

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین سیستم‌های مختلف کاشت از نظر جمع کل زمان مورد نیاز برای انجام مجموعه‌ی عملیات پیش‌بینی شده در هر سیستم اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد وجود داشت (جدول ۲). مقایسه‌ی میانگین مجموع کل زمان مورد نیاز سیستم‌های کاشت نشان داد که روش کاشت با خطی کار با ۱/۴۶۲ و روش پشته‌کاری سه ردیفه با ۰/۶۲۰ ساعت بر هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین زمان مورد نیاز را به خود اختصاص دادند. تیمارهای خطی کار و پشته‌کاری چهار ردیفه از نظر زمان مورد نیاز عملیات در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول ۳).

در تیمار سانتریفوژ بعلاوه فاروئر به دلیل سه بار تردد ماشین برای اجرای عملیات (بذرپاشی + دیسک + فاروئر) زمان مصرفی بیش از دیگر روش‌ها بود. در این روش ۶۰ درصد از کل زمان مورد نیاز صرف عملیات خاک دهی بذرها با دیسک و ایجاد فارو با فاروئر شده بود. استفاده از خطی کار و حذف دیسک و فاروئر در تیمارهای خطی کار، پشته‌کاری سه ردیفه و پشته‌کاری چهار ردیفه باعث کاهش معنی‌دار در کل زمان مورد نیاز نسبت به روش‌های بذرپاشی سانتریفوژ و سانتریفوژ بعلاوه فاروئر گردید. در تیمار خطی کار بعلاوه فاروئر نیز ۴۵ درصد کل زمان مورد نیاز سیستم صرف انجام عملیات فاروئر شده بود.

کل زمان مورد نیاز در سیستم‌های مختلف کاشت عمدتاً به نوع و تعداد رفت و آمد ماشین‌ها و ادوات بر روی زمین، سرعت پیشروی و عرض کار ادوات بستگی دارد. بدیهی است که می‌توان با افزایش قدرت تراکتور و انتخاب ادوات با عرض کار بیشتر، کل زمان مورد نیاز

۱۲۰ هزار ریال مربوط به تیمارهای پشته کاری سه ردیفه و پشته کاری چهار ردیفه بود (شکل ۱).

- شاخص یکنواختی پراکنش بذرها

از لحاظ شاخص یکنواختی پراکنش بذرها، نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که روش‌های بذرکاری باهم اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۲). در روش‌های خطی کاری به دلیل ماهیت کار این دستگاه‌ها و ساخت آنها برای کشت منظم بذرها در خطوطی با فاصله مشخص، شاخص یکنواختی پراکنش بذرها از روش‌های بذرپاشی بیشتر بود. بیشترین شاخص یکنواختی پراکنش بذرها (۸۷/۲۱ درصد) به تیمار پشته کاری چهار ردیفه و کمترین آن (۵۴/۷۳ درصد) به تیمار سانتریفوژ اختصاص داشت (جدول ۳). این نتایج با یافته‌های حمیدی‌نیا و کامکار نیز مطابقت دارند (Hmidinia and Kamkar, 2006).

سیستم‌های کاشت، بر اساس اجرت محلی در سال زراعی ۸۸-۸۷، نشان دهنده وجود اختلاف زیاد بین این روش‌ها می‌باشد (شکل ۱). نتایج نشان داد که هزینه جوی پشته کاری در تیمارهای پشته کاری سه ردیفه و پشته کاری چهار ردیفه نسبت به خطی کار ۲۰ درصد افزایش داشته است. این افزایش ناشی از بالاتر بودن هزینه استفاده از ضمیمه جوی پشته ساز و نیاز به توان کششی بیشتر و کار در سرعت کمتر است. استفاده از تیمارهای خطی کاری به جای تیمار سانتریفوژ بعلاوه فاروئر باعث کاهش هزینه‌ها به میزان ۲۹ تا ۴۱ درصد شده بود. افزایش هزینه در تیمار خطی کار بعلاوه فاروئر نسبت به سانتریفوژ ناشی از استفاده از فاروئر برای ایجاد جوی پشته به منظور بهبود در آبیاری بوده است. به طور کلی بیشترین هزینه کاشت به میزان ۲۷۰ هزار ریال بر هکتار مربوط به تیمار سانتریفوژ بعلاوه فاروئر و پس از آن به مبلغ ۲۰۰ هزار ریال بر هکتار مربوط به تیمار خطی کار بعلاوه فاروئر بود. همچنین کمترین هزینه کاشت به میزان ۱۰۰ هزار ریال بر هکتار مربوط به تیمار خطی کار و پس از آن به مبلغ

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف تیمار روش کاشت بر شاخص‌های فنی
Table 2- ANOVA results of effects of different treatments on technical indexes

شاخص یکنواختی پراکنش بذرها Seed evenness uniformity (%)	زمان مورد نیاز Time required (h.ha ⁻¹)	ظرفیت مزرعه‌ای Field capacity (ha.h ⁻¹)	مصرف سوخت Fuel consumption (lit.ha ⁻¹)	درجه‌ی آزادی d.f.	منبع تغییرات Source of variation
3.5	0.002	0.019	0.015	2	تکرار R
24.8**	0.375**	0.631**	39.010**	5	روش کاشت (P)
9.3	0.002	0.024	0.042	10	خطا E
8.10%	4.75%	12.22%	2.32%		ضریب تغییرات (CV)

** : تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد

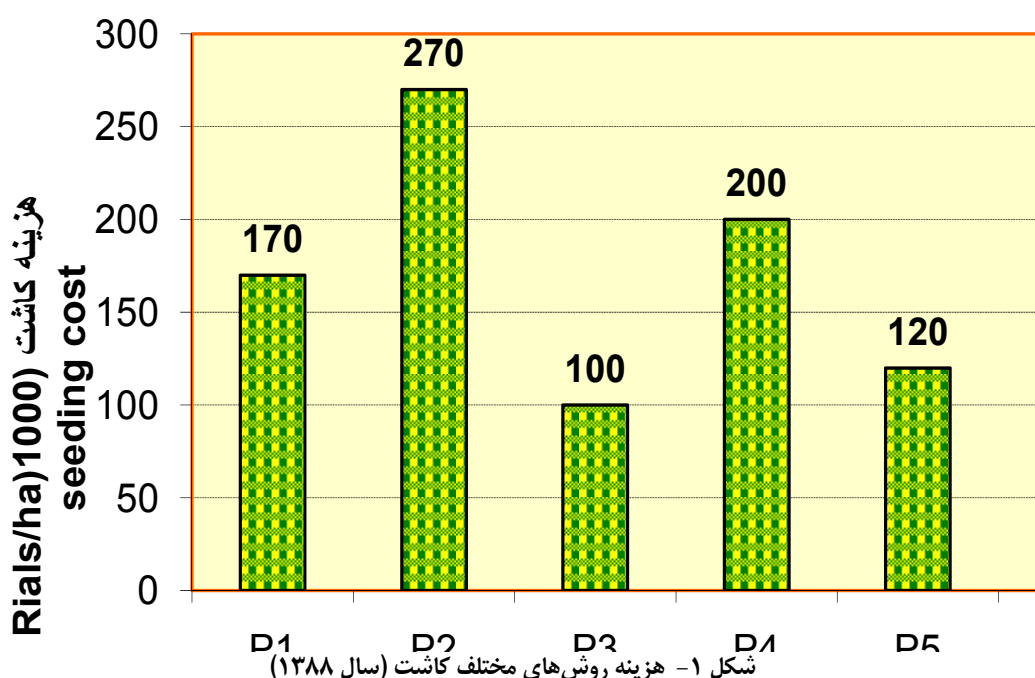
** : Significant at 1% probability levels

جدول ۳- مقایسه و گروه‌بندی میانگین شاخص‌های فنی در سطوح مختلف تیمار روش کاشت
Table 3- Mean comparison of technical parameters in different levels of seeding methods

شاخص یکنواختی پراکنش بذرها Seed evenness uniformity (%)	زمان مورد نیاز Time required (h.ha ⁻¹)	ظرفیت مزرعه‌ای Field capacity (ha.h ⁻¹)	مصرف سوخت Fuel consumption (lit.ha ⁻¹)	تیمار (روش کاشت) Treatments (Seeding method)
54.73 ^b	0.942 ^c	1.062 ^b	10.09 ^b	بذرپاشی+دیسک (P1)
57.38 ^b	1.462 ^a	0.684 ^c	14.91 ^a	بذرپاشی+دیسک+فاروئر (P2)
83.12 ^a	0.665 ^d	1.667 ^a	5.02 ^c	خطی کاری (P3)
85.34 ^a	1.168 ^b	0.856 ^{bc}	9.84 ^b	خطی کاری+فاروئر (P4)
89.63 ^a	0.580 ^e	1.731 ^a	6.01 ^d	سه خط روی پشته (P5)
87.21 ^a	0.620 ^{de}	1.624 ^a	7.08 ^c	چهار خط روی پشته (P6)

*: در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

*: Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.



شکل ۱- هزینه روش‌های مختلف کاشت (سال ۱۳۸۸)
Fig. 1. Cost of different seeding methods (year 2009)

روش‌های دیگر کاشت زدن جوی و پشته‌ساز باعث عمیق‌تر شدن محل قرارگیری بذر می‌شد.

معنی‌دار نشدن درصد جوانه‌زنی بذر برای مقادیر مختلف بذر، علی‌رغم افزایش مقدار بذر، نشان می‌دهد که درصد تلفات بذر ایجاد شده در تیمارهای مختلف مقدار بذر یکسان بوده و مستقل از تغییرات مقدار بذر کاشته شده در واحد سطح می‌باشد.

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس دو ساله داده‌ها نشان داد که شاخص برداشت همانند عملکرد دانه و کاه و کلش تحت تاثیر روش کاشت، میزان بذر مصرفی و اثر متقابل آنها معنی‌دار نبود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین شاخص برداشت با ۴۳/۴ درصد به تیمار سانتریفوژ و کمترین آن با ۴۱ درصد به تیمار خطی‌کار بعلاوه فاروئر اختصاص داشت (جدول ۵).

وزن هزاردانه

نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها روشن نمود که بین روش‌های مختلف کاشت و مقادیر از نظر وزن هزار دانه اختلاف معنی‌دار وجود نداشت اما اختلاف بین سال‌های آزمایش در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل تیمارهای روش کاشت و مقدار بذر از نظر وزن هزار دانه نیز معنی‌دار نبود (جدول ۴). میانگین وزن هزار دانه سال اول و دوم آزمایش به ترتیب ۳۷/۳ و ۴۳ گرم بود (جدول ۵). شکل ۲ روند تغییرات مشابه وزن هزار دانه‌ی تیمارهای مختلف در دو سال متوالی آزمایش را نشان می‌دهد.

-درصد جوانه زنی بذر

تجزیه واریانس دو ساله داده‌ها نشان داد که بین سطوح تیمارهای روش کاشت از نظر درصد جوانه‌زنی بذر تفاوت معنی‌دار وجود داشت اما تفاوت بین مقادیر بذر در سطح ۱ درصد معنی‌دار نبود. همچنین این نتایج مشخص نمود که از نظر درصد جوانه زنی بذر بین سطوح اثرات متقابل روش کاشت و مقدار بذر تفاوت معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۴). بیشترین میانگین درصد جوانه زنی بذر به میزان ۸۱/۶ درصد در روش کاشت خطی‌کار بعلاوه فاروئر و کمترین آن به میزان ۷۰/۷ درصد در روش کاشت سانتریفوژ به دست آمد (جدول ۵).

مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی بذر همچنین نشان داد که بین روش‌های بذرپاشی (سانتریفوژ و سانتریفوژ بعلاوه فاروئر) و از طرفی بین روش‌های خطی‌کاری (خطی‌کار، خطی‌کار بعلاوه فاروئر، پشته‌کاری سه ردیفه و پشته‌کاری چهار ردیفه) تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. یعنی در روش‌های بذرپاشی نسبت به روش‌های خطی‌کاری درصد جوانه‌زنی بذر به طور معنی‌داری کمتر بود. نتایج نیز نشان داد که در روش‌های بذرپاشی تعداد بوته نسبت به روش‌های خطی‌کاری نسبتاً کمتر بود. احتمالاً در روش‌های بذرپاشی، به دلیل استفاده از دیسک برای خاک‌دهی روی بذر، بعضی بذر به خوبی با خاک پوشانده نشده و ممکن بوده قبل از اولین آبیاری طعمه پرندگان یا مورچه‌ها شده‌اند. سیکاندر و همکاران (Sikander et al., 2003) نیز گزارش دادند که سرعت جوانه‌زنی و درصد آن در روش خطی‌کاری بیشتر از سایر روش‌ها بود. علت این امر آن بود که در این روش بذر در عمق مناسب و بهینه قرار گرفتند، ولی در

جدول ۴ - تجزیه واریانس مرکب صفات زراعی که با میانگین مربعات نشان داده شده است
Table 4- Complex variance analyses of agronomic traits which has been shown by Mean Square(MS)
مقادیر میانگین مربعات (MS) برای صفات مورد بررسی

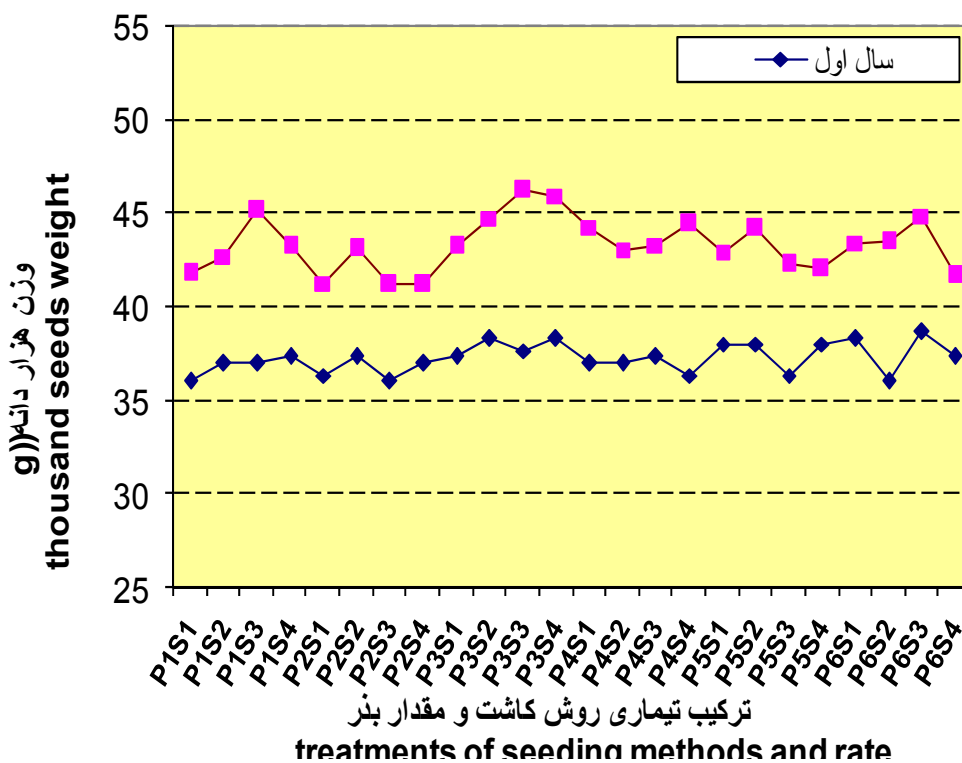
عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	وزن هزار دانه Thousand seeds weight (g)	شاخص برداشت Harvesting index(%)	تعداد دانه سنبله Grains per spike	تعداد سنبله بر متر مربع Spikes per m ²	ارتفاع بوته Plant height (cm)	عمق کاشت Seeding depth(mm)	ضرب پنجه زنی Tiller index	درصد جوانه زنی بذر Germination percentage	تعداد بوته بر متر مربع Plants per m ²	درجه آزادی d. f	منبع تغییرات S. o. v
9270	1151.471**	1.44	364.89**	757576**	2250.39**	0.008	61.93**	336.3	38855	1	سال (Y)
7718027	6.673	78.72	7.64	106313	188.50	0.587	2.29	318.2	6515	4	سال (تکرار) R(Y)
1447013	8.439	16.32	91.46	17873	70.28	11.264**	1.22	372.7**	39107	5	روش کاشت (P)
1557535	1.699	26.76	104.06	70977**	26.86	0.181	7.47**	173.6	16219	5	روش کاشت در سال (YP)
1802692	7.380	22.80	22.29	14907	38.07	0.546	1.37	55.6	10331	20	خطای آزمایش (Ep)
551616	4.217	15.03	92.58**	39567	11.69	0.404	5.23**	60.3	198240**	3	مقدار بذر (S)
766317	4.651	30.28	19.61	9493	9.97	0.359	1.06	157.3	6924	3	مقدار بذر در سال (YS)
618241	8.984	12.25	15.98	10466	16.52	0.195	0.69	135.3	6276	15	اثر متقابل (PS)
576161	85.166	37.76	14.31	4462	15.73	0.213	0.40	136.8	1587	15	YPS
594509	532.100	17.14	21.29	9120	11.06	0.255	0.81	87.5	3309	72	خطای آزمایش (Eps)
15%	8.6%	9.8%	19%	17.4%	6.7%	24%	18%	12.2%	16%		ضرب تغییرات (C. V)

** و * : به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد
* and ** : Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات زراعی به روش چند دامنه‌ای دانکن، در سطح ۵ درصد
 Table 5- Comparison of agronomic traits at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test
 *میانگین صفات و مقایسه آنها با آزمون دانکن (سطح احتمال ۰/۰۵)

Mean of compared parameters by Dancan's test at 5% level of significant											
عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	وزن هزار دانه Thousand seeds weight (g)	شاخص برداشت Harvesting index(%)	تعداد دانه Grains per spike	در سنبله	تعداد سنبله بر متر Spikes per m ²	ارتفاع بوته Plant height (cm)	عمق کاشت Seeding depth(mm)	ضرب پنجه زنی Tiller index	درصد جوانه زنی Germinatio n percentage	تعداد بوته بر متر مربع Plants per m ²	تیمار Treatment
5183 a	40.0 a	43.4 a	27.5 a	498.5 a	89.3 a	10.4 b	5.2 a	70.7 d	320 a	سانتی‌فوز	
5192 a	39.2 a	41.9 a	24.8 ab	576.9 a	88.6 a	14.5 b	4.6 a	73.7 cd	326 a	سانتی‌فوز بعلاوه فاروئر	
4909 a	40.9 a	41.4 a	22.5 b	545.8 a	92.3 a	24.1 a	5.2 a	79.6 ab	345 a	خطی کار	
4822 a	40.1 a	40.9 a	22.9 b	545.1 a	91.5 a	27.7 a	4.8 a	81.6 a	379 a	خطی کار بعلاوه فاروئر	
5488 a	40.2 a	42.2 a	24.4 b	566.8 a	93.1 a	24.8 a	4.9 a	75.8 bcd	337 a	پشته کاری سه ردیفه	
4952 a	40.5 a	41.7 a	22.4 b	556.5 a	90.7 a	24.4 a	5.2 a	76.8 abc	343 a	پشته کاری چهار ردیفه	
5055 a	39.6 a	42.7 a	26.0 a	512.1 a	90.5 a	19.7 a	5.4 a	74.0 a	258 a	مقدار بذریکلوگرم بر هکتار Seed rate ۱۲۰	
5048 a	40.4 a	41.2 a	24.2 ab	528.9 a	90.4 a	20.5 a	5.2 a	76.2 a	308 b	۱۶۰	
5271 a	40.3 a	41.8 a	24.0 ab	569.7 a	91.3 a	22.0 a	4.7 ab	76.2 a	375 c	۲۰۰	
4989 a	40.2 a	41.9 a	22.1 a	582.2 a	91.5 a	21.6 a	4.6 b	78.1 a	426 d	۲۴۰	

*: Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.
 در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح پنج درصد احتمال تفاوت معنی‌داری ندارند.



شکل ۲- روند تغییرات مشابه وزن هزار دانه‌ی تیمارهای مختلف در دو سال متوالی

Fig. 2. Similar variation trend of 1000 seeds wt. for different treatments in both experimental years

عملکرد دانه:

تجزیه واریانس دو ساله داده‌ها نشان داد که از نظر عملکرد دانه اختلاف بین روش‌های کاشت و مقادیر بذر معنی‌دار نبود. همچنین این نتایج مشخص نمود که از نظر عملکرد دانه سطوح اثر متقابل روش‌های کاشت و مقدار بذر معنی‌دار نبود (جدول ۴).

مقایسه میانگین دو ساله داده‌ها برای روش‌های مختلف کاشت نشان داد که بیشترین و کمترین میانگین عملکرد دانه به میزان ۴۸۲۲ و ۵۴۸۸ کیلوگرم بر هکتار به ترتیب از تیمارهای خطی کار بعلاوه فاروئر و پشته‌کاری سه ردیفه به دست آمد (جدول ۵). معنی‌دار نبودن اختلاف عملکرد دانه تحت تاثیر روش‌های مختلف کاشت بیانگر این نکته است که روش‌های خطی کاری به دلیل ظرفیت مزرعه‌ای بالاتر و هزینه و مصرف سوخت کمتر می‌توانند جایگزین بهتری برای روش‌های بذرپاشی سانتریفوژ باشند. این نتایج با یافته‌های بال و سیکاندر و همکاران در خصوص عدم تفاوت عملکرد دانه در روش‌های مختلف کاشت مطابقت دارد (Ball, 1986; Sikander et al., 2003).

البته در برخی مناطق جنوبی استان، کشاورزان به دلیل عدم تهیه زمین به طور مناسب و یا دسترسی نداشتن به ماشین‌های خطی کار، مجبور به استفاده از روش‌های کشت پاششی هستند. در چنین شرایطی توصیه می‌گردد که از روش کشت سانتریفوژ استفاده گردد.

استفاده از تیمار سانتریفوژ بعلاوه فاروئر به دلیل استفاده از فاروئر و تردد بیشتر تراکتور در زمین توصیه نمی‌گردد. درضمن فاروئر برای زمین‌هایی مناسب است که خوب تهیه شده و کلوخه‌ای نباشند (Collins and Fowler, 1992; Hossain and Maniruzzaman, 1992)

مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تاثیر مقادیر مختلف بذر نشان داد که با افزایش مقدار بذر از ۱۲۰ به ۱۶۰، ۱۶۰ به ۲۰۰ و از ۲۰۰ به ۲۴۰ کیلوگرم بر هکتار، عملکرد دانه تغییر معنی‌داری پیدا نکرد (جدول ۴). این نتایج بیانگر آن است که در تیمارهای مقدار بذر ۱۲۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار، با وجود کاهش معنی‌دار تعداد بوته سبز شده در واحد سطح در ابتدای فصل رشد، بوته‌های سبز شده توانسته‌اند در مراحل ابتدایی رشد، با افزایش ضریب پنجه‌زنی و تعداد سنبله بر واحد سطح و سپس در مراحل بعدی رشد نیز با افزایش وزن هزاردانه کاهش تعداد بوته را جبران نمایند.

دلیل معنی‌دار نشدن تفاوت عملکرد دانه با وجود افزایش مقدار بذر مصرف شده نیز می‌تواند ناشی از افزایش تعداد بوته سبز شده بر واحد سطح، کاهش فضای در اختیار هر بوته و ایجاد رقابت بین بوته‌ها باشد، به طوری که این رقابت باعث کاهش معنی‌دار در ضریب پنجه‌زنی بوته‌ها و تعداد سنبله بر واحد سطح در تیمارهای با مقدار بذر بالاتر شده و در نهایت باعث ثابت ماندن عملکرد دانه، علی‌رغم افزایش مقدار بذر، شده است. این نتایج با یافته‌های جانسون و

و افزایش سهم مواد غذایی فتوسنتزی سنبله‌ها شده و در نتیجه تعداد دانه در هر سنبله و وزن هزار دانه در سال دوم بیشتر از سال اول گردید. این نتایج نشان می‌دهد که افزایش تعداد دانه در هر سنبله و وزن هزار دانه در سال دوم توانست کاهش ضریب پنجه‌زنی و تعداد سنبله بر واحد سطح نسبت به سال اول را جبران نموده و عملکرد دانه دو سال یکسان گردد.

در این آزمایش، بررسی ضرایب همبستگی نشان داد که تغییرات عملکرد دانه با عملکرد کاه و کلش، شاخص برداشت، تعداد سنبله بر مترمربع، ضریب پنجه‌زنی، وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله رابطه مستقیم و معنی‌دار داشت، اما بین عملکرد دانه با درصد جوانه‌زنی بذور رابطه معنی‌دار وجود نداشت (جدول ۶).

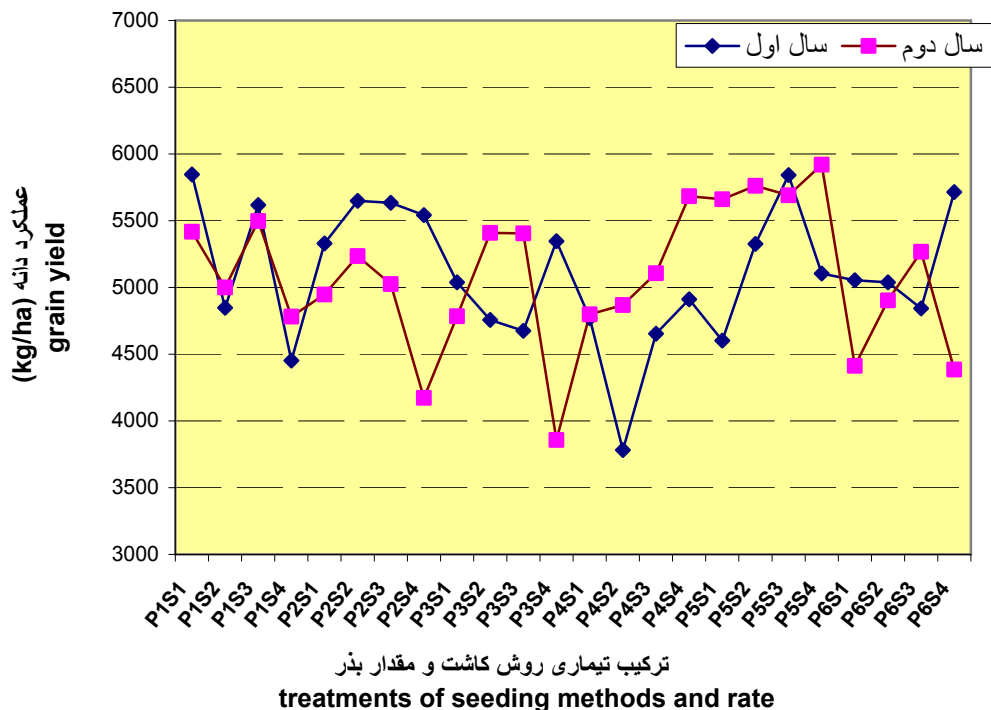
نتیجه‌گیری

۱- به طور کلی، بر اساس نتایج این آزمایش، برای کشت گندم آبی رقم چمران در اراضی مناطق جنوبی استان خوزستان که دارای بافت رسی - سیلتی باشند، بسته به نوع ماشین‌ها و ادوات در دسترس، به ترتیب اولویت یکی از روش‌های کاشت پشته‌کاری سه یا چهار ردیفه، خطی‌کاری معمولی یا استفاده از سانتریفوژ پیشنهاد می‌گردند.

همکاران مطابقت دارد (Johnson et al., 1988).

بنابر این مصرف مقدار بذر ۱۲۰ الی ۱۶۰ کیلوگرم بر هکتار برای کشت گندم رقم چمران کافی بوده و توانسته است تعداد اجزای عملکرد مناسبی را برای بیشترین بهره برداری از منابع محیطی و نهاده‌ها ایجاد نماید، لذا افزایش مقدار مصرف بذر بالاتر از ۱۶۰ کیلوگرم بر هکتار تنها باعث افزایش هزینه خرید بذر خواهد شد. معنی‌دار نشدن تفاوت عملکرد دانه برای سطوح اثر متقابل روش‌های کاشت و مقادیر بذر در هر دو سال اجرای این پژوهش بیانگر آن است که با وجود تفاوت بین سال‌ها از نظر شرایط آب و هوایی، روند (میزان و جهت) تغییرات عملکرد دانه نسبت به تغییرات (افزایش) مقدار بذر در همه روش‌های کاشت، تقریباً مشابه و هم جهت بوده و تغییر روش کاشت اثر معنی‌داری بر این روند ندارد (شکل ۳).

تغییر در میزان عملکرد محصول، تابعی از تغییرات اجزای عملکرد می‌باشد. اجزای عملکرد دانه در گندم عبارتند از تعداد سنبله بر واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه. میزان اثرات هر کدام از این اجزا بر عملکرد یکسان نبوده و با تغییر شرایط تحت تاثیر تیمارهای آزمایش و یا سال ممکن است از شدت اثر و اهمیت هر کدام از اجزا کاسته شده یا افزوده شود. در این آزمایش به طور مثال در سال دوم ضریب پنجه‌زنی بوته‌ها و تعداد سنبله‌های بارور بر واحد سطح کاهش معنی‌داری پیدا کرد. این عامل باعث کاهش رقابت بین بوته‌ها



شکل ۳- روند تغییرات مشابه عملکرد دانه‌ی تیمارهای مختلف در دو سال متوالی

Figure 3. Similar variation trend of grain yield for different treatments in both experimental years

جدول ۶- تجزیه روابط رگرسیون بین عملکرد و اجزای عملکرد دانه

Table 6- Regression analysis of relations between grain yield and yield components

میانگین مربعات <i>MS</i>	مجموع مربعات <i>SS</i>	درجه‌ی آزادی <i>d.f.</i>	منبع <i>source</i>
20019476**	140136330	7	رگرسیون regression
47765	6496103	136	خطا error
	146632433	143	کل total

$$Y = -8416 + 0.381BY + 117CH + 3.39SN + 51.8P + 52.9W + 0.57G + 70.8GPS$$

$$R^2 = 94$$

P:	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.942	0.000
----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

GPS, G, W, P, SN, CH, BY, Y - به ترتیب علائم اختصاری برای عملکرد دانه، عملکرد کاه و کلش، شاخص برداشت، تعداد سنبله بر مترمربع، ضریب پنجه زنی، وزن هزاردانه، درصد جوانه زنی بذور و تعداد دانه در سنبله می باشد.

** : تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد

** : Significant at 1% probability levels

شیربازکن‌های کفشکی خطی کارهای موجود کارآیی مناسبی نداشته‌اند. لذا پیشنهاد می‌شود برای کشت گندم در چنین مناطقی از خطی کارهای با شیربازکن‌های بشقابی استفاده گردد.

۵- برای تکمیل این تحقیق، انجام پژوهش‌هایی در مورد ارزیابی و مقایسه روش‌های کاشت موجود با روش‌های کاشت در شرایط بی‌خاک‌ورزی یا کم‌خاک‌ورزی پیشنهاد می‌گردد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از زحمات مسئول و کارکنان محترم ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاور و تشکر و قدردانی می‌شود.

۲- استفاده از مقدار بذر ۱۲۰ تا ۱۶۰ کیلوگرم بر هکتار برای کشت گندم در مناطق جنوبی استان خوزستان مناسب بوده و افزایش مقدار بذر باعث افزایش هزینه در واحد سطح می‌شود.

۳- در صورت در دسترس نبودن ماشین‌های کاشت خطی و اجبار در استفاده از روش بذرپاشی، چنانچه بستر بذر به خوبی تهیه شده باشد، مصرف مقدار بذر ۱۶۰-۱۲۰ کیلوگرم بر هکتار توصیه می‌شود. لیکن در صورت کلوخه‌ای و نامناسب بودن تهیه زمین، می‌توان بسته به شرایط تهیه بستر بذر، از مقدار بذر بیشتری استفاده نمود. در ضمن در چنین شرایطی استفاده از فاروئر به دلیل افزایش تردد تراکتور در زمین و متعاقباً بالا رفتن هزینه و مصرف سوخت توصیه نمی‌گردد.

۴- به دلیل سنگین بودن بافت خاک در مناطق جنوبی خوزستان و همچنین وجود بقایای گیاهی در سطح خاک، در بسیاری موارد

منابع

- 1- Aquino, P. 1998. The Adoption of Bed Planting of Wheat in the Yaqui Valley, Sonora, Mexico. Wheat Program Spital Report. No. 17A.Economic Program.. CIMMYT. Mexico. PP 38.
- 2- Ball, B.C. 1986. Cereal production with broadcast seed and reduced tillage. Journal of Agricultural Engineering Research, 35(2): 71-95.
- 3- Carter, M. R. 1994. A review of conservation tillage strategies for humid temperature regions. Soil Till. Res. 31, 286-301.
- 4- Collins, B.A. and D.B. Fowler, 1992. A comparison of broadcast and drill methods for no-till seeding winter wheat. Canda. J. Plant Sci., 72: 1001-1008.
- 5- Dehgan, E. and Rahnema, A. 2009. The effect of planting methods and seed rates on yield of canola in saline soil. Journal of Agricultural Engineering Research, 10(2): 11-30.
- 6- Fahong, W., Xuqing, W. and Sayre, K. 2004. Comparison of conventional, flood irrigated, flat planting with furrow irrigated, raised bed planting for winter wheat in China. Field Crops Research. 87 (1): 35-42.
- 7- Govaerts, B., Sayreb, K. D. and Deckersa, J. 2004. Stable high yields with zero tillage and permanent bed planting. Field Crops Research. 94:33-42.
- 8- Hamidinia, V., and Kamkar, S. 2006. Comparison of yield and yield components of three new wheat

- sowing methods with traditional method. 4th Farm Machinery and Mechanization conference. Tabriz university. P 28.
- 9- Hossain, M.A. and A.F.M. Maniruzzaman, 1992. Response of Wheat (*Triticum aestivum*) to method of sowing and fertilizer placement. Indian J. Res., 45(20): 94. Agron., 37: 710-715.
 - 10- Jihad-e-Agriculture ministry. 2008. Statistic and technology office. Agronomy information bank. First Edition: Agronomical and horticultural crops. Available from: <http://dbagri.agri-jahad.org/zrtbank/selbyprodch.asp>. Accessed 12 March 2007.
 - 11- Johnson, J.W., Hargrove W.L. and Moss R.B. 1988. Optimizing row spacing and seeding rate for soft red winter wheat. Agronomy Journal, 80: 164-166.
 - 12- Korres, N.E and R.J. Froud-Williams, 2002. Effect of winter wheat cultivars and seed rate on the biological characteristics of naturally occurring weed flora. Weed Res., 42(6): 417.
 - 13- Lotfali A.Q., and Radmehr, M. 1998. Effects of different amount of nitrogen fertilizer and seeding rate on grain yield and quality of wheat (*Triticum aestivum*). Final research report. khuzestan Agricultural Research Center. Agronomy Dept.
 - 14- Radmehr, M. 1993. Effects of seeding time and rate on wheat grain yield. khuzestan Agricultural Research Center. Agronomy Dept.
 - 15- Sayre, K.D. and Moreno Ramos, O.H. 1997. Applications of raised bed-planting system to wheat. Wheat Program Special Report, CIMMYT, Mexico.
 - 16- Sikander, K., Hussain, I., Sohail, M., Kissana, N.S. and Abbas, S.G. 2003. Effect of different planting methods on yield components of wheat. Asian Journal plant science, 2(10): 811-813.
 - 17- Soomro, U.A., Rahman, M.U., Odhano, E.A., Gul, S. and Tareen, A.Q. 2009. Effects of sowing method and seed rate on growth and yield of wheat (*Triticum Aestivum*). World Journal of Agricultural Sciences 5(2): 159-162.

ویژگی‌های فیزیکی دانه در برخی ارقام آفتابگردان تحت تاثیر تنش کم آبی

ایرج اله دادی^۱ - حسین اورکی^{۲*} - فتانه پرهیزکار خاجانی^۳

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۲۹

چکیده

به منظور ارزیابی تاثیر تنش کمبود آب بر ویژگی‌های فیزیکی دانه ارقام آفتابگردان، آزمایشی روی چهار رقم آذرگل، آلتستار، هایسان ۳۳ و هایسان ۲۵ در سه سطح آبیاری (پس از ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A) اجرا گردید. نمونه گیری تصادفی در پایان فصل رشد و بر اساس ۱۳ درصد رطوبت دانه انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد بیشترین طول، عرض و ضخامت دانه در رژیم آبیاری بعد از ۵۰ میلی‌متر تبخیر به دست آمد و تیمارهای مواجهه با تنش کم آبی (آبیاری محدود بعد از ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر) به ترتیب باعث کاهش ۱۵ و ۲۴ درصد طول، ۱۸ و ۳۵ درصد عرض و ۱۷ و ۳۰ درصد ضخامت دانه گردیدند. بنابراین عرض دانه در مقایسه با طول و ضخامت دانه حساسیت بیشتری به سطوح تنش کمبود آب داشت. در بین ارقام مورد مطالعه بیشترین طول، عرض و ضخامت دانه متعلق به رقم آلتستار بود. همچنین در تمام سطوح آبیاری رقم آلتستار دارای بیشترین وزن دانه بود که از این لحاظ در آبیاری نرمال (پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر) با رقم هایسان ۲۵ اختلاف معنی‌داری نداشت. بنابراین رقم زودرس آلتستار در شرایط آبیاری نرمال و محدود از نظر وزن و ویژگی‌های فیزیکی دانه تحمل بیشتری به شرایط کم‌آبی داشته است.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، پوست دانه، تنش کم آبی، مغز دانه، ویژگی‌های فیزیکی

مقدمه

(2002)، کشت این گیاه به اراضی دیم و نیمه خشک دنیا تمایل یافته است. بنابراین تنش خشکی یا کم‌آبی یک عامل محدود کننده برای گیاه آفتابگردان می‌باشد و در گزارش‌های مختلفی به تاثیر تنش کم‌آبی و آبیاری محدود بر آفتابگردان از بسیاری جنبه‌ها از جمله صفات فنولوژیک، مورفولوژیک، زراعی و فیزیولوژیک اشاره شده است (Angadi and Entz, 2002; Daneshyan, 2002; Daneshyan et al., 2006; Erdem et al., 2006; Rafie et al., 2005; Goksoy et al., 2004; Kiani et al., 2007; Khani et al., 2005). با این حال تحقیقات محدودی درباره ویژگی‌های فیزیکی دانه اکثر گیاهان زراعی از جمله آفتابگردان تحت شرایط تنش خشکی انجام شده است. با توجه به برنامه توسعه رشد دانه‌های روغنی و به‌ویژه آفتابگردان در آینده، فقدان اطلاعات علمی کافی مربوط به ویژگی‌های فیزیکی دانه آفتابگردان و استفاده نامناسب از تجهیزات منجر به کاهش کارایی و افزایش خسارت و ضایعات در طی مراحل کاشت، داشت، برداشت و فراوری می‌شود، بنابراین ویژگی‌های فیزیکی بذرها از جمله صفات مهم و تاثیر گذار در طراحی بسیاری از ماشین‌های کشاورزی می‌باشند، لذا دسترسی به اطلاعات علمی پایه در رابطه با ویژگی‌های فیزیکی که نقش مهمی را در طراحی تجهیزات مورد نیاز کاشت، داشت، برداشت، انتقال، انبارداری و فرایند محصول ایفا می‌کنند، ضروری به نظر می‌رسد (Gupta and Das, 1997). درصد پوست دانه تحت اثر رقم و اثر متقابل تنش و رقم قرار می‌گیرد در حالی که تنش اثر معنی‌داری بر میزان پوست دانه

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات روغنی در جهان می‌باشد (Flagella et al, 2002). بخش عمده دانه‌های این گیاه را که فندقه نامیده می‌شود، روغن تشکیل می‌دهد (Seiler, 1997). مقدار روغن در ارقام مختلف آفتابگردان بسیار متغیر بوده (۵۰-۴۰ درصد) و تا به حال به‌نژادگران تلاش‌های بسیاری را برای افزایش میزان آن انجام داده اند (Lopez et al., 2000; Leon et al., 2003; Monotti, 2004). با توجه به رشد سریع جمعیت، دستیابی به منابع غذایی سالم و کافی یکی از چالش‌های ضروری بسیاری از کشورها برای تحقق امنیت غذایی در جامعه است.

دانه‌های روغنی پس از غلات، دومین منبع غذایی اصلی در جهان به شمار می‌آیند. با توجه به این که کم‌آبی مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد و تولید گیاهان در جهان می‌باشد (Flexas et al., 2004; Lawlor, 2002) و آفتابگردان یک محصول زراعی متحمل به خشکی با سیستم ریشه‌ای عمیق است (Angadi and Entz,

۱ و ۳- به ترتیب دانشیار و دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان

۲- دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

*-نویسنده مسئول: (Email: oraki.hussein@gmail.com)

مواد و روش ها

این تحقیق در سال ۱۳۸۸ به صورت یک آزمایش زراعی در مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران اجرا گردید. محل اجرای آزمایش در ارتفاع ۱۰۵۰ متر بالاتر از سطح دریا قرار گرفته و دارای زمستان ملایم و تابستان گرم و خشک می باشد. متوسط میزان بارندگی سالیانه در منطقه بیش از ۱۰۰ میلی متر و میزان تبخیر سالانه ۲۰۰۰ میلی متر می باشد. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی رسی، وزن مخصوص ظاهری ۱/۶۳ گرم بر سانتی متر مکعب، میزان هدایت الکتریکی آن ۱/۸ دسی زیمنس بر متر و میانگین اسیدیته خاک تا عمق ۸۰ سانتی متری حدود ۷/۸ بود. آزمایش به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. عوامل مورد بررسی در این تحقیق شامل چهار رقم آفتابگردان (یک رقم بومی و سه رقم جدید وارداتی) (جدول ۱) و سه سطح آبیاری (پس از ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A) بود. سطوح آبیاری که به ترتیب معرف آبیاری مناسب، تنش کمبود آب متوسط و تنش کمبود آب شدید بود در کرت های اصلی و ارقام آفتابگردان در کرت های فرعی قرار داده شدند. تیمار آبیاری مناسب پس از ۵۰ میلی متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A از زمان کاشت تا پایان دوره رشد گیاه اعمال شد و زمان اعمال تیمارهای آبیاری محدود به ترتیب پس از ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی متر تبخیر تجمعی براساس روش پیشنهادی Chimenti and Hall (1993) پس از استقرار گیاه در مرحله ۶ تا ۸ برگی در کرت های آزمایشی بود. میزان تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A نصب شده در ایستگاه هواشناسی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران به طور روزانه اندازه گیری شد.

برای تهیه زمین ابتدا یک شخم نیمه عمیق با گاواهن برگردان دار و بعد از آن دو نوبت دیسک عمود بر هم زده شد. سپس با نمونه برداری از خاک و بر اساس توصیه مؤسسه خاک و آب، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر از منبع فسفات آمونیوم قبل از کاشت و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع فسفات آمونیوم و اوره (در دو مرحله، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله ۶ تا ۸ برگی) در زمین پخش شد و توسط فاروئر جوی و پشته روی زمین ایجاد گردید. تاریخ کاشت برای تمام ارقام همزمان و در ۲۵ اردیبهشت سال ۱۳۸۸ انجام شد. تاریخ برداشت برای هر رقم در شرایط مختلف آبیاری متفاوت بود و براساس زمان رسیدن محصول در هر یک از واحدهای آزمایشی انجام شد. هر واحد آزمایشی دارای چهار خط کاشت به طول پنج متر و با فاصله ۶۵ سانتی متر از یکدیگر بود. فاصله بوته ها روی خطوط کاشت ۲۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. همچنین فاصله بین تکرارها سه متر تعیین گردید. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک از هر کرت آزمایشی

نمی گذارد و این صفت بسیار کمتر از عملکرد و وزن هزار دانه تحت تأثیر خشکی قرار می گیرد (Nel^(a), 2001). در این رابطه در تحقیقاتی مشخص شد که طول دانه و درصد پوست آن بیشتر از عرض و ضخامت دانه تحت تاثیر ارقام آفتابگردان قرار می گیرد (Nel^(b), 2001). همچنین مطالعات نشان داده است اندازه بذره های آفتابگردان همبستگی مثبتی با حجم و جرم دانه دارند (Alexander et al., 2001). بررسی ها نشان داده که ویژگی های فیزیکی دانه مانند اندازه آن همبستگی کمی با برخی از پارامترهای کیفی دانه (درصد روغن و پروتئین دانه) دارد (Baldini and Vannozzi, 1996; Nel^(b), 2001). یکی از عوامل موثر در زمینه افزایش عملکرد گیاه آفتابگردان، وزن و ویژگی های فیزیکی دانه ها می باشد که در این میان وزن دانه ها در شرایط کم آبی نسبت به تعداد دانه در گیاه کمتر تحت تأثیر تنش قرار می گیرد (Daneshyan et al., 2006; Flagella et al., 2002). بررسی های انجام شده توسط برخی محققین مؤید این مطلب است که تنش خشکی وزن دانه آفتابگردان را کاهش می دهد (Daneshyan et al., 2006; Rafie et al., 2005). یافته های Daneshyan et al. (2006) نیز حاکی از کاهش ۳۹ درصدی وزن دانه در شرایط تنش کم آبی می باشد. (Akbari et al., 2009) اعلام کردند تیمارهای آبیاری محدود بعد از ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A به ترتیب باعث کاهش ۱۱ و ۱۶ درصد طول، ۲۱ و ۲۶ درصد عرض و ۲۲ و ۲۸ درصد ضخامت دانه می گردد، بر اساس نتایج این مطالعه ضخامت دانه در مقایسه با عرض و طول دانه حساسیت بیشتری به سطوح آبیاری محدود داشت.

با توجه به اهمیت زراعت آفتابگردان به عنوان یکی از نباتات عمده صنعتی برای تولید روغن خوراکی در جهان، در صورت توسعه آن در کشور سبب گسترش اشتغال فعال و مولد در صنایع روغن کشی و روغن نباتی و بهره برداری از سرمایه گذاری های انجام شده در بخش کشاورزی و جلوگیری از واردات بی رویه روغن و کنجاله خواهد شد. در ایران سطح زیر کشت آفتابگردان در سال زراعی ۸۹-۸۸ در حدود ۳۰۰۰ هکتار با میانگین عملکرد ۹۵۰ کیلوگرم در هکتار بوده است. از آنجا که به دلیل تحمل قابل توجه آفتابگردان به تنش های رطوبتی زراعت این گیاه به اراضی دارای آبیاری محدود و دیم سوق داده شده است، شناسایی واکنش ویژگی های فیزیکی دانه ارقام مختلف آن به تنش کمبود آب ضروری است. بدیهی است نتایج چنین تحقیقاتی به عنوان یک راهبرد علمی و کاربردی برای تسهیل در مراحل طراحی و ساخت ماشین های کشاورزی مورد نیاز با کارایی بالا و در نهایت افزایش تولید محصول در این گونه اراضی به کار گرفته خواهد شد (Akbari et al., 2009). بنابراین ارزیابی اثر تنش کم آبی بر ویژگی های فیزیکی و عملکرد دانه چهار رقم آفتابگردان به عنوان هدف اصلی این پژوهش در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

ابعاد دانه (طول، عرض و ضخامت)

نتایج این آزمایش نشان داد که ابعاد فیزیکی دانه به طور معنی داری ($P \leq 0.01$) تحت تاثیر شرایط تنش کمبود آب قرار گرفت (جدول ۲ و ۳). با اعمال شرایط تنش کمبود آب شدید (۱۵۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A)، طول، عرض و ضخامت دانه ارقام آفتابگردان به ترتیب دستخوش ۲۴، ۳۵ و ۳۰ درصد کاهش در مقایسه با شرایط آبیاری نرمال شدند (جدول ۴). با توجه به نتایج بدست آمده ویژگی‌های عرض و ضخامت نسبت به طول دانه حساسیت بیشتری به شرایط تنش کمبود آب دارند و با شدت بیشتری کاهش می‌یابند که در این مورد حساسیت عرض دانه بیش از ضخامت آن می‌باشد. کاهش شدید عرض و ضخامت دانه می‌تواند به دلیل کاهش سنتز مواد فتوسنتزی و در نتیجه اختلال در پر شدن دانه‌ها تحت شرایط تنش رطوبتی باشد که این موضوع باعث تولید دانه‌هایی لاغر و چروکیده شده است. همچنین با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها به نظر می‌رسد طول دانه در ارقام آفتابگردان بیشتر تحت تاثیر عوامل ژنتیکی قرار دارد و به همین دلیل در شرایط تنش کمبود آب، کمتر تحت تاثیر قرار گرفت. در تحقیقات دیگر نیز تاثیر کاهش تنش کمبود آب بر بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی دانه مانند طول، عرض و ضخامت به اثبات رسیده است (Baldini and Vannozzi, 1996).

بر اساس نتایج بدست آمده از این پژوهش اثر رقم بر ابعاد دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). با توجه به مقایسه میانگین‌ها مشخص گردید رقم آلستار دارای بیشترین طول، عرض و ضخامت دانه می‌باشد (جدول ۴).

شش طبق به طور تصادفی برداشت گردید و دانه‌ها از طبق‌ها جدا شدند. ارزیابی طول، عرض و ضخامت دانه‌ها طبق روش (2006) Lindstrom et al. انجام گردید، به طوری که از طبق‌های هر کرت ۲۰ دانه به طور تصادفی انتخاب و سه بعد اصلی دانه‌ها شامل طول، عرض و ضخامت آن‌ها به وسیله کولیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. برای به دست آوردن وزن پوسته‌ها نیز بر اساس روش (2006) Lindstrom et al. از دانه‌های برداشت شده هر واحد آزمایشی ۳۰ دانه انتخاب شد و پوست از مغز آن‌ها جدا گردید، سپس وزن پوست و وزن مغز دانه به طور جداگانه با ترازوی دیجیتالی با دقت ± 0.001 گرم تعیین شد. برای ارزیابی وزن تک‌دانه نیز پس از توزین دو نمونه ۱۰۰ عددی از هر کرت، میانگین نمونه‌ها به عنوان وزن تک دانه هر کرت در نظر گرفته شد. برای محاسبه قطر هندسی (D_g) و حجم دانه (V) به ترتیب از روش‌های (Mohsenin (1986) (Jain and Bal (1997) (رابطه ۱) و (رابطه ۲) استفاده شد.

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

$$V = 0.25 \left[\left(\frac{\pi}{6} \right) L(W+T)^2 \right] \quad (2)$$

که در آن L، T و W به ترتیب طول، عرض و ضخامت بذر بر حسب میلی‌متر می‌باشند. در این تحقیق برای دانه، طول، عرض، ضخامت، حجم و وزن، علاوه بر وزن پوست، وزن مغز و نسبت پوست به دانه اندازه‌گیری شد. در نهایت کلیه ضرایب همبستگی بین صفات محاسبه شد، برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از برنامه آماری SAS و MSTATC و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید.

جدول ۱- ویژگی‌های رشدی ارقام مورد آزمایش.

Table 1. Growth properties of the studied cultivars.

شماره	رقم	مبدأ	طول دوره پر شدن دانه (روز)	طول دوره رشد (روز)	تیپ رشدی
Number	Variety	Habitat	During the grain filling period (Day)	During growing period (Day)	Type of growth
1	آزرگل	ایران	54.4	115.6	دیررس Late maturing
2	آلستار ^۱	فرانسه	33.1	91.2	زودرس Early maturing
3	هایسان ^{۲۳}	استرالیا	45.6	109.8	دیررس Late maturing
4	هایسان ^{۲۵}	استرالیا	38.4	95.3	زودرس Early maturing

1- Alestar

2- Hysun 33

3- Hysun 25

جدول ۲- تجزیه واریانس میانگین مربعات طول، عرض، ضخامت و قطر هندسی دانه چهار رقم آفتابگردان تحت تاثیر تنش کمبود آب.
Table 2. Analysis of variance for length, width, thickness and geometric diameter of grain in four Sunflower cultivars under water deficit conditions.

قطر هندسی (mm ³) Geometric diameter	ضخامت (mm) Thickness	عرض (mm) Width	طول (mm) Length	درجه آزادی Degree of freedom	منابع تغییرات Source of variation
0.01 ^{ns}	0.29 [*]	2.71 [*]	2.46 [*]	2	تکرار Repeat
11.50 ^{**}	4.12 ^{**}	15.04 ^{**}	23.64 ^{**}	2	آبیاری Irrigation
0.02	0.04	0.23	0.15	4	خطای کرت اصلی Main plot error
0.80 ^{**}	3.71 ^{**}	5.12 ^{**}	16.31 ^{**}	3	رقم Variety
0.18 [*]	0.13 [*]	0.73 [*]	0.63 [*]	6	آبیاری × رقم Irrigation × Variety
0.05	0.03	0.23	0.23	18	خطای کرت فرعی Subplot error
4.29	6.17	9.39	4.98	---	ضریب تغییرات Coefficient of variation

* و ** به ترتیب معنی دار در سطوح ۵ درصد و ۱ درصد و ns غیر معنی داری.
* = p < 0.05, ** = p < 0.01, ns = non-significant

قطر هندسی، حجم، وزن پوست، وزن مغز و نسبت پوست به دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر رقم بر صفات قطر هندسی، حجم، وزن پوست، وزن مغز و نسبت پوست به دانه در سطح ۱ درصد معنی دار است (جدول ۲ و ۳). بررسی میانگین صفات مورد آزمایش در این بخش تحت تاثیر تیمارهای آبیاری نشان داد بیشترین میزان این صفات در تیمار آبیاری مناسب (پس از ۵۰ میلی متر تبخیر) بدست آمد (جدول ۴). همچنین با توجه به مقایسه میانگین ها مشخص گردید که رقم زودرس آلتار بیشترین میزان صفات قطر هندسی، حجم، وزن پوست و نسبت پوست به دانه را کسب کرد، اما رقم آذرگل بعنوان یک رقم دیررس موفق به کسب بیشترین میزان وزن مغز شد. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش مشخص گردید رقم آذرگل از لحاظ ویژگی های فیزیکی دانه دارای پوستی نازک و مغز درشت می باشد و این ویژگی ها در مجموع باعث می شوند که میزان بیشتری از عملکرد دانه این گیاه به مغز آن که بخش پراهمیت در صنعت روغن می باشد اختصاص یابد. همچنین کمترین میزان صفات قطر هندسی، حجم، وزن پوست و وزن مغز در رقم متوسط رس هایسان ۳۳ مشاهده شد و کمترین میزان نسبت پوست به دانه مربوط به رقم آذرگل بود.

بررسی میانگین اثرات برهمکنش آبیاری × رقم (جدول ۵) نشان داد در تیمار آبیاری مناسب بین ارقام از نظر صفات قطر هندسی، وزن پوست، وزن مغز و نسبت پوست به دانه اختلاف وجود دارد. رقم آلتار بیشترین میزان صفات قطر هندسی، وزن پوست و وزن مغز را دارا بود اما از نظر صفت نسبت پوست به دانه تفاوت محسوسی بین ارقام

در آزمایش انجام شده توسط Nel-b (2001) نیز تفاوت معنی داری از نظر ویژگی های فیزیکی دانه (طول، عرض و ضخامت) در بین ارقام آفتابگردان گزارش شده است. در این پژوهش اثرات برهمکنش آبیاری × رقم روی طول، عرض و ضخامت در سطح ۵ درصد معنی دار شد (جدول ۲).

مقایسه میانگین های صفات مورد بررسی تحت تاثیر برهمکنش آبیاری × رقم در جدول ۵ نشان می دهد که ارقام آذرگل و آلتار در شرایط آبیاری مناسب بیشترین طول دانه را داشتند، این در حالی است که طول دانه ارقام آذرگل و آلتار در تیمار آبیاری پس از ۱۵۰ میلی متر تبخیر به ترتیب ۲۶ و ۱۵ درصد کاهش یافت. با توجه به نتایج بدست آمده رقم آلتار از نظر صفت طول دانه حساسیت کمتری به شرایط تنش کمبود آب دارد. همچنین رقم آلتار در تمام سطوح آبیاری بیشترین میزان عرض دانه را به خود اختصاص داد که این نیز نشان دهنده تحمل بالای این رقم به شرایط تنش کمبود آب و محدودیت در آبیاری می باشد. همچنین لازم به ذکر است که در این آزمایش نسبت عرض به طول دانه محاسبه شد و مشخص گردید که با افزایش تنش کمبود آب مقدار این صفت کاهش می یابد بطوری که مقدار این صفت در شرایط آبیاری مناسب ۰/۵۶ و در شرایط تنش شدید کمبود آب ۰/۴۸ بود و این نشان دهنده ۱۴ درصد کاهش در این صفت می باشد. همچنین در بین ارقام مورد بررسی بیشترین میزان نسبت عرض به طول دانه متعلق به رقم هایسان ۲۵ بود که این ویژگی نشان دهنده عریض و قطور بودن دانه این رقم آفتابگردان می باشد.

وزن مغز دانه نشان داد رقم آذرگل بالاترین میزان را در تمام شرایط آبیاری کسب کرده بود، بطوری که حداکثر میزان وزن مغز (۰/۰۵۸۱۶ گرم) را در شرایط تنش متوسط بدست آورد. این در حالی است که کمترین میزان وزن مغز دانه در شرایط تنش کمبود آب شدید و توسط رقم هایسان ۳۳ بعنوان رقم متوسط رس بدست آمد. با توجه به اطلاعات مندرج در جدول ۱ و همچنین نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین اثر تیمارها بر این صفت، به نظر می‌رسد بالاتر بودن دوره پر شدن دانه در رقم دیررس آذرگل و سرعت پر شدن بالا در رقم زودرس آلتار در افزایش بیشتر وزن مغز ارقام نامبرده دخیل بوده است، (Lopez et al. (2000 نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند. البته در این مورد عوامل ژنتیکی گیاه مانند مکان‌های ژنی منتقل کننده صفات کمی (QTL) نیز می‌تواند دخیل باشد (Tang et al., 2006). میزان پوست دانه در گیاه آفتابگردان ۲۶-۲۰ درصد وزن خشک کل دانه را تشکیل می‌دهد (Hernandez and Belles, 2007). از نظر نسبت پوست به دانه در شرایط تنش کمبود آب متوسط و شدید رقم آلتار به دلیل وزن پوسته بالا و وزن مغز دانه پایین حائز بیشترین میزان بود (جدول ۵). بنابراین می‌توان گفت ارقام زودرس آفتابگردان در شرایط متفاوت آبیاری دارای بیشترین وزن پوست دانه و نسبت پوست به دانه بودند در حالی که از نظر وزن مغز دانه ارقام دیررس می‌توانند برتر از سایر ارقام زودرس مورد بررسی در این پژوهش باشند.

آذرگل، هایسان ۳۳ و آلتار مشاهده نشد. با این وجود میزان این صفت برای رقم آلتار (۲۶/۴۲ درصد) بیشتر از دیگر ارقام مورد بررسی بود. در شرایط تنش کمبود آب متوسط و شدید رقم زودرس آلتار بیشترین میزان صفات قطر هندسی، وزن پوست و نسبت پوست به دانه را کسب کرد این در حالی بود که رقم دیررس آذرگل دارای بیشترین میزان وزن مغز بود. رقم زودرس هایسان ۲۵ از نظر صفات مورد بررسی همانند رقم آلتار بود و در رتبه دوم قرار داشت. رقم آلتار در شرایط تنش کمبود آب متوسط و شدید در رابطه با قطر هندسی دانه بترتیب ۱۵ و ۱۹ درصد کاهش داشت و از این لحاظ کمترین حساسیت به شرایط نامناسب رطوبتی را نشان داد، همچنین هایسان ۳۳ نیز با ۲۰ و ۳۷ درصد کاهش قطر هندسی تحت شرایط تنش کمبود آب متوسط و شدید دارای بیشترین حساسیت به شرایط تنش کمبود آب بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفت حجم دانه نشان داد این صفت بطور معنی‌دار و در سطح ۱ درصد تحت تاثیر سطوح آبیاری و رقم قرار گرفت (جدول ۳).

بر اساس بررسی میانگین‌ها مشخص گردید بالاترین میزان حجم دانه (۱۵/۷۰۴ میلی‌متر مکعب) در ارقام آفتابگردان تحت شرایط آبیاری مناسب بدست آمد. همچنین در بین ارقام مورد بررسی، رقم آلتار بیشترین میزان حجم دانه (۱۴۸/۵۴۳ میلی‌متر مکعب) را کسب کرد. لازم به ذکر است که کمترین میزان حجم دانه در تیمارهای آبیاری برای شرایط تنش کمبود آب شدید و در بین ارقام مورد بررسی برای رقم متوسط رس هایسان ۳۳ بدست آمد. بررسی‌ها در مورد صفت

جدول ۳- تجزیه واریانس میانگین مربعات برخی ویژگی‌های فیزیکی دانه چهار رقم آفتابگردان تحت تاثیر تنش کمبود آب

Table 3. Analysis of variance for some physical characteristics of grain in four Sunflower cultivars under water deficit conditions

نسبت پوست به دانه (%) Husk to grain ratio	وزن مغز (g) Kernel weight	وزن پوست (g) Husk weight	وزن دانه (g) Grain weight	حجم (mm ³) Volume	درجه آزادی Degree of freedom	منابع تغییرات Source of variation
8.84*	0.0000059*	1.31 ^{ns}	0.0000078 ^{ns}	75 ^{ns}	2	تکرار Repeat
59.99**	0.0000076**	3.69*	0.00058**	29688**	3	آبیاری Irrigation
0.01	0.00000057	0.00000032	0.0000078	86	4	خطای کرت اصلی Main plot error
184.56**	0.00033**	0.00015**	0.00027**	11219**	3	رقم Variety
89.67**	0.000036**	0.000042**	0.000035**	179 ^{ns}	6	آبیاری × رقم Irrigation × Variety
1.90	0.0000016	0.00000035	0.0000042	272	18	خطای کرت فرعی Subplot error
5.29	2.56	3.42	3.114	16.74	---	ضریب تغییرات Coefficient of variation

* و ** به ترتیب معنی دار در سطوح ۵ درصد و ۱ درصد و ns غیر معنی داری.

* = p < 0.05, ** = p < 0.01, ns = non-significant

بر اساس نتایج بدست آمده از این پژوهش می توان گفت تحت شرایط تنش کمبود آب بسته به ویژگی های رشدی رقم مورد بررسی ممکن است نسبت پوست به دانه افزایش و یا کاهش پیدا کند بطوری که این صفت تحت شرایط تنش کمبود آب برای ارقام زودرس مورد بررسی در این پژوهش (آلستار و هایسان ۲۵) افزایشی اما برای ارقام دیررس آذرگل و متوسط رس هایسان ۳۳ کاهش می تواند. بنابراین می توان نتیجه گرفت نسبت پوست به دانه در ارقام آفتابگردان صفتی وابسته به ژنتیک می باشد که شرایط رطوبتی نیز می تواند روی آن تاثیر گذار باشد.

وزن دانه

نتایج تجزیه واریانس صفت وزن دانه نشان داد، این صفت بطور معنی دار ($P \leq 0.01$) تحت تاثیر رقم آفتابگردان، سطوح آبیاری و برهمکنش آبیاری \times رقم قرار داشت (جدول ۳). بر این اساس بیشترین و کمترین میزان این صفت به ترتیب در تیمارهای آبیاری مناسب و تنش کمبود آب شدید (به ترتیب پس از ۵۰ و ۱۵۰ میلی متر تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A) حاصل شد (جدول ۴). همچنین رقم آلستار دارای بیشترین میزان وزن دانه بود و ارقام آذرگل، هایسان ۲۵ و هایسان ۳۳ بترتیب در رتبه های بعدی قرار داشتند (جدول ۴). با توجه به نتایج مندرج در جدول مقایسه میانگین اثرات برهمکنش آبیاری \times رقم مشخص شد در شرایط آبیاری مناسب بین ارقام آلستار، آذرگل و هایسان ۲۵ از نظر وزن دانه تفاوت معنی دار وجود ندارد، با این وجود رقم زودرس آلستار دارای برتری نسبی

بر اساس نتایج بدست آمده از این پژوهش می توان گفت تحت شرایط تنش کمبود آب بسته به ویژگی های رشدی رقم مورد بررسی ممکن است نسبت پوست به دانه افزایش و یا کاهش پیدا کند بطوری که این صفت تحت شرایط تنش کمبود آب برای ارقام زودرس مورد بررسی در این پژوهش (آلستار و هایسان ۲۵) افزایشی اما برای ارقام دیررس آذرگل و متوسط رس هایسان ۳۳ کاهش می تواند. بنابراین می توان نتیجه گرفت نسبت پوست به دانه در ارقام آفتابگردان صفتی وابسته به ژنتیک می باشد که شرایط رطوبتی نیز می تواند روی آن تاثیر گذار باشد.

وزن دانه

نتایج تجزیه واریانس صفت وزن دانه نشان داد، این صفت بطور معنی دار ($P \leq 0.01$) تحت تاثیر رقم آفتابگردان، سطوح آبیاری و برهمکنش آبیاری \times رقم قرار داشت (جدول ۳). بر این اساس بیشترین و کمترین میزان این صفت به ترتیب در تیمارهای آبیاری مناسب و تنش کمبود آب شدید (به ترتیب پس از ۵۰ و ۱۵۰ میلی متر تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A) حاصل شد (جدول ۴). همچنین رقم آلستار دارای بیشترین میزان وزن دانه بود و ارقام آذرگل، هایسان ۲۵ و هایسان ۳۳ بترتیب در رتبه های بعدی قرار داشتند (جدول ۴). با توجه به نتایج مندرج در جدول مقایسه میانگین اثرات برهمکنش آبیاری \times رقم مشخص شد در شرایط آبیاری مناسب بین ارقام آلستار، آذرگل و هایسان ۲۵ از نظر وزن دانه تفاوت معنی دار وجود ندارد، با این وجود رقم زودرس آلستار دارای برتری نسبی

جدول ۴- میانگین صفات اندازه گیری شده در ارقام آفتابگردان تحت تاثیر تنش کمبود آب

Table 4. Means for measured traits in Sunflower cultivars under water deficit stress conditions.

نسبت پوست به دانه (%) Husk to grain ratio	وزن مغز (g) Kernel weight	وزن پوست (g) Husk weight	وزن دانه (g) Grain weight	حجم (mm ³) Volume	قطر هندسی (mm) Geometric diameter	ضخامت (mm) Thickness	عرض (mm) Width	طول (mm) Length	تیمار Treatment
28.63a	0.051a	0.017a	0.072a	152.70a	6.43a	3.83a	6.28a	11.26a	50
25.33b	0.050b	0.016b	0.065b	88.14b	5.35b	3.17b	5.14b	9.51b	100
24.37c	0.046c	0.017ab	0.059c	54.88c	4.47c	2.67c	4.04c	8.48c	150
22.08d	0.056a	0.014c	0.06b	80.40c	5.06c	2.76c	4.413c	10.75a	آذرگل Azargol
32.53a	0.051b	0.023a	0.07a	148.54a	6.40a	3.93a	6.05a	11.06a	آلستار Alstar
24.16c	0.044c	0.014c	0.05c	68.40c	4.71d	2.61c	4.67c	8.68b	هایسان ۳۳ Hysun33
25.67b	0.044c	0.016b	0.06b	96.94b	5.49b	3.60b	5.49b	8.50b	هایسان ۲۵ Hysun25

اعداد هر ستون در هر گروه که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری معنی داری در سطح احتمال پنج درصد می باشند.
a, b, c, d Within columns, means followed by the same letters are not significantly different ($P < 0.05$).

جدول ۵- میانگین اثرات برهمکنش آبیاری × ارقام آفتابگردان برای صفات اندازه‌گیری شده

Table 5. Means of interaction of water deficit stress × Sunflower cultivars for measured traits.

نسبت پوست به دانه (%) Husk to grain ratio	وزن مغز (g) Kernel weight	وزن پوست (g) Husk weight	وزن دانه (g) Grain weight	قطر هندسی (mm) Geometric diameter	ضخامت (mm) Thickness	عرض (mm) Width	طول (mm) Length	رقم Variety	آبیاری Irrigation
24.50cd	0.056ab	0.01766e	0.072abc	6.23bc	3.33cd	5.76a	12.73a	آزرگل Azargol	50
26.42c	0.051c	0.02000c	0.075a	7.28a	4.82a	6.59a	12.16a	الستار Alstar	
24.30cd	0.049d	0.001683ef	0.069bcd	5.87cde	3.11de	6.27a	10.47bc	هایسان ۳۳ Hysun33	
22.27d	0.047e	0.01653fg	0.074ab	6.32b	4.08b	6.52a	9.68cd	هایسان ۲۵ Hysun25	
24.54cd	0.058a	0.01564gh	0.063ef	5.08f	2.88ef	4.48b	10.16bcd	آزرگل Azargol	100
29.56b	0.050cd	0.02133b	0.072abc	6.12bcd	3.59c	5.91a	10.82b	الستار Alstar	
24.17cd	0.047e	0.01420i	0.058g	4.63g	2.59f	4.42b	8.68ef	هایسان ۳۳ Hysun33	
23.06d	0.044f	0.01541h	0.066de	5.57e	3.62c	5.73a	8.38f	هایسان ۲۵ Hysun25	
17.20e	0.056b	0.01067j	0.062fg	3.86h	2.06g	2.98d	9.37de	آزرگل Azargol	150
41.63a	0.051c	0.02837a	0.068cde	5.80de	3.37cd	5.66a	10.22bcd	الستار Alstar	
24.01cd	0.035h	0.01133j	0.047h	3.63h	2.12g	3.32cd	6.90g	هایسان ۳۳ Hysun33	
30.70b	0.041g	0.01859d	0.058g	4.59g	3.11de	4.21bc	7.44g	هایسان ۲۵ Hysun25	

اعداد هر ستون در هر گروه که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، فاقد تفاوت آماری معنی داری در سطح احتمال پنج درصد می باشند.
a, b, c, d, e, f, g, h Within columns, means followed by the same letters are not significantly different ($P < 0.05$).

جدول ۶- ضرایب همبستگی میان صفات اندازه‌گیری شده در ارقام آفتابگردان تحت تاثیر تنش کمبود آب.

Table 6. Correlation coefficients between measured traits of sunflower cultivars under water deficit stress conditions.

حجم Volume	قطر هندسی Geometric diameter	وزن مغز دانه Kernel weight	وزن پوست دانه Husk weight	وزن تک دانه Single grain weight	ضخامت Thickness	عرض Width	طول Length	صفت Trait
							0.63*	عرض Width
						0.88**	0.55	ضخامت Thickness
					0.81**	0.86**	0.82**	وزن تک دانه Single grain weight
				0.52	0.56	0.58*	0.42	وزن پوست دانه Husk weight
			0.21	0.57*	0.13	0.19	0.77**	وزن مغز دانه Kernel weight
		0.36	*0.60	0.92**	0.93**	0.95**	0.78**	قطر هندسی Geometric diameter
	0.98**	0.33	0.54	0.89**	0.92**	0.91**	0.78**	حجم Volume
0.18	0.24	-0.06	0.90**	0.10	0.25	0.25	0.06	پوست/دانه

* و ** به ترتیب معنی دار در سطوح ۵درصد و ۱درصد.
* = $p < 0.05$ and ** = $p < 0.01$

لاغر و چروکیده شد. همچنین مشخص گردید طول دانه بیشتر تحت تاثیر ژنوتیپ قرار دارد و وابستگی کمتری به شرایط رطوبتی محیط دارد. کاهش وزن دانه در شرایط تنش کم آبی بیشتر به دلیل کاهش صفات قطر هندسی، حجم دانه، طول و عرض دانه بود و کمتر وابسته به صفت ضخامت دانه بود. در مجموع رقم آلتار حائز بیشترین میزان ویژگی های طول، عرض، ضخامت دانه و وزن دانه در شرایط تنش کم آبی شد که این نشان دهنده تحمل بیشتر این رقم به شرایط نامناسب رطوبتی می باشد. بنابراین بر اساس نتایج بدست آمده از این پژوهش توصیه می شود که در مناطق کم آب و در سیستم های کشت دیم از رقم مقاوم آلتار استفاده گردد، زیرا با توجه به نتایج بدست آمده رقم آلتار قدرت تولید عملکرد بالاتری در شرایط تنش کمبود آب دارد و در صورت مواجه شدن با شرایط کمبود آب نسبت به سایر ارقام مورد بررسی خسارت کمتری متحمل می شود.

در این پژوهش بیشترین همبستگی موجود بین وزن دانه و ابعاد و ویژگی های فیزیکی دانه به ترتیب با قطر هندسی ($r=0/92$)، حجم دانه ($r=0/89$)، عرض ($r=0/86$)، طول ($r=0/82$) و ضخامت ($r=0/80$) بوده است که نشان دهنده پراهمیت تر بودن صفات قطر هندسی، حجم دانه و عرض دانه نسبت به طول و ضخامت آن در افزایش وزن تک دانه می باشد (جدول ۶).

نتیجه گیری

ویژگی های فیزیکی دانه در ارقام آفتابگردان تحت تاثیر نوع ارقام و شرایط رطوبتی حاکم بر مزرعه قرار می گیرد، بطوری که با اعمال تنش کم آبی ابعاد فیزیکی دانه ارقام آفتابگردان کاهش آشکاری نشان دادند. کاهش شدیدتر عرض و ضخامت دانه نسبت به طول آن به دلیل ایجاد اختلال در فرایند فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه در شرایط تنش کمبود آب می باشد که باعث تولید دانه های

منابع

- 1- Akbari, G.A., H., Jabari, J., Daneshyan, E. alah dadi, and N. Shahbaziyan. 2009. Effect of limited irrigation on physical properties of sunflower seed hybrids. Journal of Science and technology of Agriculture and natural Resource, 12 (45). (In Farsi).
- 2- Alexander, H. M., C. L., Cumings, L. Kahn, and A. A. Snow. 2001. Seed size variation and predation of seeds produced by wild and crop-wild sunflowers. American. J. of Botany 88, 623-627.
- 3- Angadi, S. V. and M. H. Entz. 2002. Root system and water use patterns of different height sunflower cultivars. Agron. J, 94, 136-145.
- 4- Baldini, M. and G. Vannozzi. 1996. Crop management practice and environmental effects on hullability in sunflower hybrids. Helia, 19, 47-62.
- 5- Chimenti, C. A. and A. J. Hall. 1993. Genetic variation and changes with ontogeny of osmotic adjustment in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Euphytica, 71, 201-210.
- 6- Daneshyan, J. 2002. Selection of tolerant lines of sunflower water deficit (final report). Seed and Plant Improvement Institute in Karaj, Iran. Research Department oilseeds. (In Farsi).
- 7- Daneshyan, J., H. Jabari, and A. farokhi, 2006. Effect of water deficit and plant density on yield and agronomic characteristics of sunflower cultivation in the second culture. 9th Iranian congress of crop science and plant breeding, University of Tehran, college of Aboureihan, Pakdasht, iran. (In Farsi).
- 8- Erdem, T., Y., Erdem, A. H. Orta, and H. Okursoy. 2006. Use of a crop water stress index for scheduling the irrigation of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Turk. J. Agric. For, 30, 11-20.
- 9- Flagella, Z. T., Rutunno, E., Tarantino Dicaterina, R. and De Caro, A. 2002. Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower hybrids in relation to the sowing date and the water regime. European Journal of Agron, 17, 331-334.
- 10- Flexas, J., J., Bota, F., Loreto, G. Cornic, and T. D. Sharkey, 2004. Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. Plant Biol, 6, 269-279.
- 11- Francisco, J.V., A.J., Hall, J.I. Ritchie, and F. Organs. 1996. A development growth and yield model of sunflower crop. Agron. J, 88, 403-415.
- 12- Gimenez, C. and Fereres, E. 1986. Genetic variability in sunflower cultivars under drought. II-Growth and water relations. Aust. J. Agric. Res, 37, 583-597.
- 13- Goksoy, A. T., A. O., Demir, Z. M. Turan, and N. Dagustu. 2004. Responses of sunflower to full and limited irrigation at different growth stages. Field Crops Res, 87, 167-178.
- 14- Gupta, R. K. and Das, S. K. 1997. Physical properties of sunflower seeds. Journal of Agricultural

- Engineering Research, 66, 1–8.
- 15-Hashemi, D. A. and Marashi, E. 1995. Changes in photosynthetic rate at the time of flowering and its effect on grain growth, grain yield performance of wheat. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 9 (2), 16-32.
- 16-Hernandez, L. F. and Belles, P. M. 2007. A 3-D finite element analysis of the sunflower (*Helianthus annuus* L.) fruit. Biomechanical approach for the improvement of its hull ability. *J. of Food Eng*, 78, 861-869.
- 17-Jain, R.K. and Bal, S. 1997. Properties of pearl millrt. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 66, 85–91.
- 18-Khani, M., J., Daneshyan, K. H. Zinali, and M. Ghanadha. 2005. Genetic analysis of yield and its components in sunflower lines using the line × tester crosses plan under stress and without stress. *Iranian Journal of Crop Science*, 36 (2), 435-445. (In Farsi).
- 19-Kiani, P. S., P., Grieu, P., Hewezi, L. Gentsbittel, and A. Sarrafi, 2007. Genetic variability for physiological traits under drought conditions and differential expression of water stress-associated genes in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Theor. Appl. Genet*, 114, 193-207.
- 20-Lawlor, D. M. 2002. Limitation to photosynthesis in water-stressed leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP. *Ann. Bot*, 89, 871-885.
- 21-Leon, A. J., F. H. Andrade, and M. Lee, 2003. Genetic analysis of seed-oil concentrations across generations and environments in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Crop Sci*, 43, 135-140.
- 22-Lindstrom, L. I., C. N., Pellegrini, L. A. N. Aguirrezabal, and L. F. Hernandez. 2006. Growth and development of sunflower fruits under shade during pre and early post-anthesis period. *Field Crops Res*, 96, 151-159.
- 23-Lopez Pereira, M., N. Trapani, and V. Sadras. 2000. Genetic improvement of sunflower in Argentina between 1930 and 1995. III. Dry matter partitioning and achene composition. *Field Crops Res*, 67, 215-221.
- 24-Mohsenin, N.N. 1986. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. (2nd Ed). Gordon and Breach Science Publishers, New York.
- 25-Monotti, M. 2004. Growing non-food sunflower in dry land conditions. *Ital J Agron*, 8, 3–8.
- 26-Nel, A. A. 2001^(a). Effect of water stress during grain filling on seed yield and quality. Chapter 7, University of Pretoria.
- 27-Nel, A. A. 2001^(b). Relationship between seed quality and easily measurable seed characteristics. Chapter 8, University of Pretoria.
- 28-Rafie, F., E., Kashani, R. Mamghani, and A. Golchin. 2005. Effect of irrigation and nitrogen stages on performance and some morphological characteristics of sunflower hybrids(Glshyd). *Iranian Journal Of Crop Science*, 1 (7), 44-53. (In Farsi).
- 29-Seiler, G. J. 1997. Anatomy and morphology of sunflower. In: A. A. Schneiter (Ed.), *Sunflower Technology and Production*. PP. 67-111., Monograph No. 35. ASA, CSSA, SSSA, Madison, Wisconsin, U.S.A.
- 30-Tang, S., A., Leon, W. C. Bridges and S. J. Knappa. 2006. Quantitative trait loci for genetically correlated seed traits are tightly linked to branching and pericarp pigment loci in sunflower. *Crop Sci*, 46, 721-734.

یادداشت تحقیقاتی

بررسی تغییرات و مدل سازی ریاضی چروکیدگی سیر (*Allium sativum* L.) در طی خشک کردن به صورت همرفتی

مجید رسولی^{*۱} - صادق سیدلو^۲

تاریخ دریافت: ۹۰/۳/۷

تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۸

چکیده

سیر یکی از مهم‌ترین گونه‌های پیاز می‌باشد. سیر خشک شده از نظر اقتصادی دارای اهمیت زیادی است. در این تحقیق، لایه‌های نازک سیر در دماهای ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سانتی‌گراد و ضخامت‌های ۲، ۳ و ۴ میلی‌متر در خشک‌کن هوای داغ آزمایشگاهی با سرعت هوای ۱/۵ متر بر ثانیه خشک شدند. متوسط چروکیدگی ورقه‌های سیر، ۶۹/۸ درصد به دست آمد. منحنی‌های تغییرات چروکیدگی حجمی ورقه‌های سیر براساس داده‌های بدست آمده از آزمایش، برازش شد. نتایج بررسی تغییرات درصد چروکیدگی طی خشک‌شدن در دماهای مختلف هوا و ضخامت ورقه‌ها نشان داد که اثر دمای هوای خشک‌کن و نیز ضخامت ورقه‌ها روی چروکیدگی محصول معنی‌دار نیست و چروکیدگی فقط تابعی از میزان رطوبت محصول می‌باشد. با بررسی ۴ مدل تجربی مختلف و با محاسبه ضرایب همبستگی (R^2)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و مجموع مربعات خطا (SSE) بین داده‌های تجربی و نتایج پیش‌بینی شده توسط هر مدل، در محیط نرم‌افزار متلب، مناسبترین مدل توصیف‌کننده تغییرات چروکیدگی ورقه‌های نازک سیر انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی: خشک کردن سیر، چروکیدگی، مدل ریاضی

مقدمه

در طول خشک کردن، چروکیدگی وابسته به ساختار بافت و مقدار رطوبت ماده غذایی است (Sjoholm and Gekas, 1995; Wang and Brennan, 1995). از دست دادن آب و گرم شدن باعث ایجاد تنش در ساختار سلولی مواد غذایی می‌گردد که نتیجه این حالت تغییر شکل و کاهش ابعاد آن است. در طی خشک کردن مواد غذایی، چروکیدگی به طور مداوم اتفاق می‌افتد و خصوصیات فیزیکی ماده و خصوصیات ترموفیزیکی از جمله پدیده‌های انتقال جرم و گرما را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بنابراین چروکیدگی هم روی بافت و هم روی کیفیت محصول تاثیرگذار است (Mayor and Sereno, 2004; Schultz et al., 2007).

تغییرات شکل و کاهش حجم در اکثر موارد یک ویژگی منفی از نظر مصرف‌کننده محسوب می‌شود. چروکیدگی غیریکنواخت باعث ایجاد ترک‌های سطحی در محصول، طی فرآیند خشک کردن می‌شود که منجر به ایجاد فشارهای نامتعادل و شکست مواد می‌شود. از نتایج دیگر پدیده چروکیدگی، کاهش قابلیت آگیری مجدد محصول خشک است (Mayor and Sereno, 2004).

سیر "*Allium sativum* L." گیاهی است علفی تک لپه از خانواده لیلیاسه^۲ با نام انگلیسی Garlic که از مصارف فراوان غذایی و دارویی برخوردار می‌باشد (Dyer, 2004). در طی فرآیند خشک شدن، تغییرات فیزیکی و مکانیکی عمده‌ای بر روی محصول اتفاق می‌افتد که موجب تغییر خصوصیات کیفی مذکور و نیز کیفیت محصول نهایی خشک شده نسبت به محصول تازه اولیه می‌گردد (Koc et al., 2008; Mayor and Sereno, 2004; Talla et al., 2004).

یکی از مهم‌ترین تغییرات فیزیکی در ساختار بافت گیاهی در طول خشک کردن، چروکیدگی است که از همان مراحل اولیه فرآیند خشک کردن شروع می‌شود (Witrowa-Rajchert and Turek, 2004).

۱ و ۲- دانشجوی دکتری و استادیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تبریز

(Email m.rasouli@tabrizu.ac.ir

*) نویسنده مسئول:

3- Liliaceae

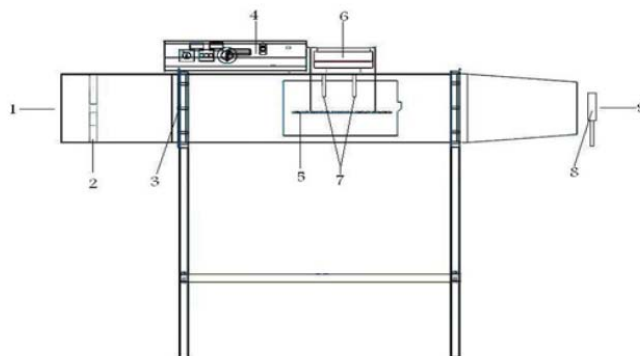
مواد و روش‌ها

تهیه و نگهداری مواد اولیه

سیر سفید مورد نیاز از مزرعه‌ای واقع در آذرشهر (یکی از شهرهای استان آذربایجان شرقی) تهیه گردید و تا زمان استفاده، در یخچال و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. حدود ۲ تا ۳ ساعت قبل از انجام فرآیند خشک کردن، نمونه‌های سیر از یخچال خارج می‌شد تا به دمای محیط برسند.

تجهیزات خشک کردن

برای انجام آزمایش‌ها، از یک دستگاه خشک‌کن آزمایشگاهی به صورت سینی‌دار یا قفسه‌ای موجود در گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تبریز، استفاده شد که طرحواره آن در زیر آورده شده است. این خشک‌کن شامل چهار قسمت اصلی بود که عبارتند از: محفظه ورودی شامل دمنده و گرم‌کن الکتریکی، محفظه میانی شامل خطی‌سازهای جریان هوا و قفسه‌های خشک‌کن، محفظه خروجی هوا و نهایتاً تابلو فرمان دستگاه. خشک‌کن آزمایشگاهی مورد استفاده به یک واحد سامانه داده برداری به همراه یک واحد کنترل مجهز بود. اندازه‌گیری و کنترل دمای هوای داخل خشک‌کن، اندازه‌گیری درصد رطوبت نسبی هوا، کنترل سرعت جریان هوای گرم و نیز اندازه‌گیری و کنترل حداکثر دمای کاری خشک‌کن برای ملاحظات ایمنی و نهایتاً کنترل مدت زمان کل اجرای عملیات خشک‌کنی توسط تابلو و مدار فرمان مربوط صورت گرفت.



شکل ۱- طرحواره خشک‌کن همرفتی: (۱) ورودی هوا؛ (۲) فن؛ (۳) گرم‌کن؛ (۴) کنترل‌کننده دما و سرعت هوا؛ (۵) سینی سوراخ‌دار؛ (۶) ترازوی دیجیتال؛ (۷) سنسور رطوبت؛ (۸) سرعت سنج دیجیتال هوا؛ (۹) خروجی هوا

Fig.1: Schematic diagram of the convectional drying equipment (1) Air inlet; (2) Fan; (3) Heaters; (4) Temperature and air flow velocity controlling; (5) Perforated tray; (6) Digital balance; (7) Relative humidity sensor and thermocouple to data logger; (8) Digital anemometer; (9) Air outlet.

همچنین مقدار چروکیدگی وابسته به روش خشک‌کردن و پارامترهای فرآیند مانند دما و سرعت خشک‌کردن است. اندازه چروکیدگی بر میزان تخلخل ماده خشک که یک پارامتر مهم در انتقال جرم، خواص مکانیکی و بافت ماده می‌باشد، تاثیرگذار است. مایور و سرنو، مدل‌های ریاضی مختلفی را که برای توصیف پدیده چروکیدگی بکار رفته‌اند بررسی کرده و میزان انطباق داده‌های پیش‌بینی شده توسط مدل را با نتایج تجربی حاصل از خشک‌کردن سیب، هویج و سیب زمینی مقایسه نمودند (Mayor and Sereno, 2004).

رتی، داده‌های تجربی چروکیدگی را به عنوان تابعی از مقدار آب، برای قطعات استوانه‌ای و ورقه‌ای شکل سبب‌زمینی، سیب و هویج و تحت شرایط مختلف خشک‌کردن (هوا با ۵ تا ۵۰ درصد رطوبت نسبی و دماهای ۶۰°C، ۵۰°C، ۴۰°C و جریان هوای ۱ تا ۵ متر بر ثانیه) بدست آورده است. نتایج او نشان می‌دهد که میزان چروکیدگی عمدتاً توسط سرعت هوا تحت تاثیر قرار می‌گیرد در حالیکه تاثیر دیگر متغیرهای خشک‌کردن قابل چشم‌پوشی است (Ratti, 1994). تلا، یک مدل ریاضی برای چروکیدگی موز در دماهای مختلف خشک‌کردن به دست آوردند که بین داده‌های تجربی و محاسبه شده همبستگی بالایی وجود داشت (Talla et al., 2004). پاییس و جاروس، روشی برای تعیین مدل بیان‌کننده رابطه بین تغییرات غیرخطی میزان آب و چروکیدگی مواد، طی خشک‌کردن به دست آوردند و مدل‌هایی نیز برای برش‌های سبزیجاتی مانند هویج به دست آوردند (Pabis and Jaros, 2002).

هدف از این تحقیق بررسی تغییرات چروکیدگی و تعیین مدل ریاضی مناسب برای پیش‌بینی چروکیدگی سیر و در نتیجه تعیین بهترین شرایط خشک‌کردن سیر به صورت همرفتی می‌باشد.

(Mohsenin, 1986). از روابط (۱) و (۲) برای محاسبه جرم و حجم تولوئن جایجا شده و به تبع آن محاسبه حجم و دانسیته نمونه‌ها استفاده شد.

$$V = \frac{M}{\rho_{to}} = \frac{(m + m') - m''}{\rho_{to}} \quad (1)$$

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2)$$

V : حجم تولوئن جایجا شده = حجم نمونه ها (m^3)

m', m : به ترتیب جرم پیکنومتر حاوی تولوئن و جرم نمونه‌ها (kg)

m'' : جرم پیکنومتر حاوی تولوئن و نمونه‌ها (kg)

M : جرم تولوئن جایجا شده (kg)

ρ_{to} : دانسیته تولوئن ($kg.m^{-3}$)

ρ : دانسیته ظاهری نمونه‌های سیر ($kg.m^{-3}$)

مقدار چروکیدگی حجمی نمونه‌ها با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد:

$$Sh = \left(1 - \frac{V_t}{V_0}\right) \times 100 \quad (3)$$

V_t : حجم نمونه خشک شده در زمان مورد نظر

V_0 : حجم اولیه همان نمونه (قبل از خشک کردن)

Sh : درصد چروکیدگی

تعیین بهترین مدل ریاضی برای توصیف چروکیدگی

در این مطالعه، تعدادی از مدل‌های ریاضی برای توصیف تغییرات چروکیدگی ورقه‌های سیر مورد استفاده قرار گرفتند (جدول ۱). منحنی‌های چروکیدگی بدست آمده برای سیر در شرایط مختلف خشک کردن، روی ۴ مدل از مدل‌های مذکور منطبق شده و ضرایب مدل‌ها برآورد شدند. برآورد ضرایب مدل‌ها در محیط نرم افزار متلب^۱ و به کمک ابزار برازش منحنی^۲ صورت گرفت.

برای انتخاب مناسب ترین مدل توصیف کننده سینتیک خشک کردن لایه نازک ورقه‌های سیر، معیارهای ضریب تبیین (R^2)، ریشه میانگین مربعات خطا ($RMSE$) و مجموع مربعات خطا (SSE) بین داده‌های تجربی و نتایج پیش‌بینی شده توسط هر مدل، محاسبه و با مدل‌های دیگر مورد مقایسه قرار گرفتند. بهترین مدل با بالاترین مقدار R^2 و پایین ترین مقادیر $RMSE$ و SSE انتخاب شد. مقادیر $RMSE$ از رابطه (۴) محاسبه گردید:

اندازه‌گیری میزان رطوبت

اندازه‌گیری مقدار رطوبت نمونه‌های سیر بر اساس استاندارد AOAC انجام شد (AOAC, 1990). در این روش محصول قبل و پس از انجام هر آزمایش خشک‌کنی، در آون با دمای $102 \pm 1^\circ C$ قرار داده شد و پس از رسیدن وزن نمونه‌ها به مقدار ثابت، مقدار رطوبت آنها محاسبه گردید. آزمایش‌ها در ۳ تکرار انجام شدند.

خشک کردن نمونه‌ها

حدود یک ساعت قبل از شروع فرآیند خشک کردن، دستگاه خشک‌کن روشن شد و بر اساس مشخصه‌های هر آزمایش، دمای هوای داخل خشک‌کن روی اعداد مورد نظر تنظیم گردید تا اینکه دمای هوای داخل خشک‌کن به حالت پایدار برسد. سرعت هوای داخل خشک‌کن روی عدد ۱/۵ متر بر ثانیه تنظیم شد. نمونه‌ها روی سه عدد سینی توری چیده شدند. دو تا از سینی‌ها در داخل خشک‌کن روی قفسه‌ای که به طور مستقیم به ترازو متصل شده بود، قرار داده شد. سینی سوم روی قفسه‌ای به فاصله ۱۰ سانتی متر از کف خشک‌کن قرار داشت که این قفسه به ترازو متصل نبود. خشک‌کردن نمونه‌ها با ضخامت‌های ۲، ۳ و ۴ میلی‌متر در دماهای ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به محتوی رطوبت ۹ درصد (بر پایه خشک) انجام شد. جریان هوای گرم به طور موازی با سطح نمونه‌ها دمیده می‌شد. وزن نمونه‌ها با استفاده از یک دستگاه ترازوی دیجیتال با مارک AND (مدل GF 3000، ژاپن) که با یک اتصال RS۲۳۲ به یک واحد کامپیوتر متصل بود، در فواصل زمانی ۱۲۰ ثانیه‌ای و با دقت ± 0.1 گرم اندازه‌گیری و ثبت شد. همچنین درصد رطوبت نسبی و سرعت هوای داخل خشک‌کن در هر پنج دقیقه، اندازه‌گیری و ثبت شد.

طرح‌های آماری آزمایش‌ها و روش آنالیز نتایج

در این تحقیق، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها به صورت آزمون فاکتوریل و ودر قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام شد و از آزمون چند دامنه‌ای دانکن نیز برای مقایسه میانگین‌ها استفاده گردید.

اندازه‌گیری چروکیدگی

برای محاسبه مقدار چروکیدگی و دانسیته ظاهری نمونه‌ها، حجم ورقه‌ها در طی خشک کردن و در رطوبت‌های مختلف آن اندازه‌گیری شد. در هر آزمایش و در هر سطح رطوبتی ۱۵ نمونه سیر به صورت تصادفی از داخل خشک‌کن از روی سینی پایینی بیرون آورده شدند و حجم آنها اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری حجم نمونه‌ها با استفاده از روش جایجایی تولوئن و یک واحد پیکنومتر صورت گرفت

1- Matlab

2- Curve Fitting Tool

3- Coefficient of Determination

جدول ۱- مدل‌های تجربی غیرخطی مورد استفاده در تعیین تغییرات چروکیدگی مواد غذایی
Table 1. Non-linear empirical models for describe shrinkage of food materials

شماره مدل No. Model	مدل ریاضی Mathematical equation	مرجع Reference
(1)	$Sh = k_1 + k_2x / x_0 + k_3(x / x_0)^2$	Mayor and Sereno(2004)
(2)	$Sh = k_4 + k_5x + k_6x^2 + k_7x^3$	Ratti(1994)
(3)	$Sh = k_8 + k_9\left(\frac{x}{1+x}\right) + \exp\left(k_{10}\frac{x}{1+x}\right)$	Mulet et al.(1997)
(4)	$Sh = k_{11} + k_{12}x + k_{13}x^{3/2} + k_{14}\exp(k_{15}x)$	Vazquez et al.(1999)

رطوبت‌های مختلف نداشته است. به عبارت دیگر درصد چروکیدگی ورقه‌های سیر تابعی از شرایط خشک‌کنی و ضخامت نمونه‌ها نبوده است.

تجزیه واریانس تاثیر دمای هوا، ضخامت نمونه‌ها و نیز مقدار رطوبت نمونه‌های سیر روی مقدار درصد چروکیدگی در طی فرآیند خشک کردن در جدول (۲) آورده شده است. نتایج بیانگر آن است که اثر دما و ضخامت نمونه‌ها روی چروکیدگی معنی‌دار نمی‌باشد. غیر معنی‌دار بودن اثر دما روی درصد چروکیدگی نمونه‌ها به این دلیل است که تفاوتی بین دماهای مورد استفاده در آزمایش‌ها، روی تشکیل لایه بیرونی صلب وجود ندارد، چرا که این دماها در محدوده انتقال شیشه‌ای نمی‌باشند. (Talla et al., 2004)، در خشک کردن موز و نیز (Ratti, 1994)، در خشک کردن سیب زمینی و هویج به نتایج مشابهی رسیدند و نشان دادند که دمای هوا تاثیر معنی‌داری روی مقدار چروکیدگی این محصولات در فرآیند خشک کردن ندارد. ولی اثر مقدار رطوبت محصول در هر دما و ضخامت بخصوص نمونه‌ها، روی مقدار چروکیدگی محصول در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. دلیل اصلی آن کاهش حجم نمونه‌ها متناسب با مقدار آب بخار شده از محصول می‌باشد و به دلیل بالا بودن تفاوت حجم رطوبت کاهش یافته در ابتدا و انتهای فرآیند، کاهش حجم و چروکیدگی مربوطه نیز متفاوت و معنی‌دار می‌باشد. به عبارت دیگر مقدار چروکیدگی محصول تابع مقدار کاهش رطوبت آن است. متوسط چروکیدگی نهایی در دماها و ضخامت‌های مختلف نمونه‌ها و در رطوبت نهایی ۰/۰۹ (خشک پایه)، به مقدار ۶۹/۸ درصد بدست آمد.

مدل سازی چروکیدگی ورقه‌های سیر

داده‌های تجربی مربوط به چروکیدگی، روی ۴ مدل تجربی مورد مطالعه (جدول ۱) منطبق شدند. سپس مقایسه نتایج پیش‌بینی شده توسط هر مدل با نتایج تجربی بدست آمده، با استفاده از معیارهای آماری از قبیل ضریب تبیین (R^2)، مجموع مربعات خطا (SSE) و

$$RSME = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Sh_{exp,i} - Sh_{pre,i})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (۴)$$

$Sh_{exp,i}$: نسبت رطوبت تجربی

$Sh_{pre,i}$: نسبت رطوبت پیش‌بینی شده با مدل

N : تعداد مشاهده‌ها

نتایج و بحث

بررسی چروکیدگی نمونه‌های سیر طی زمان خشک شدن

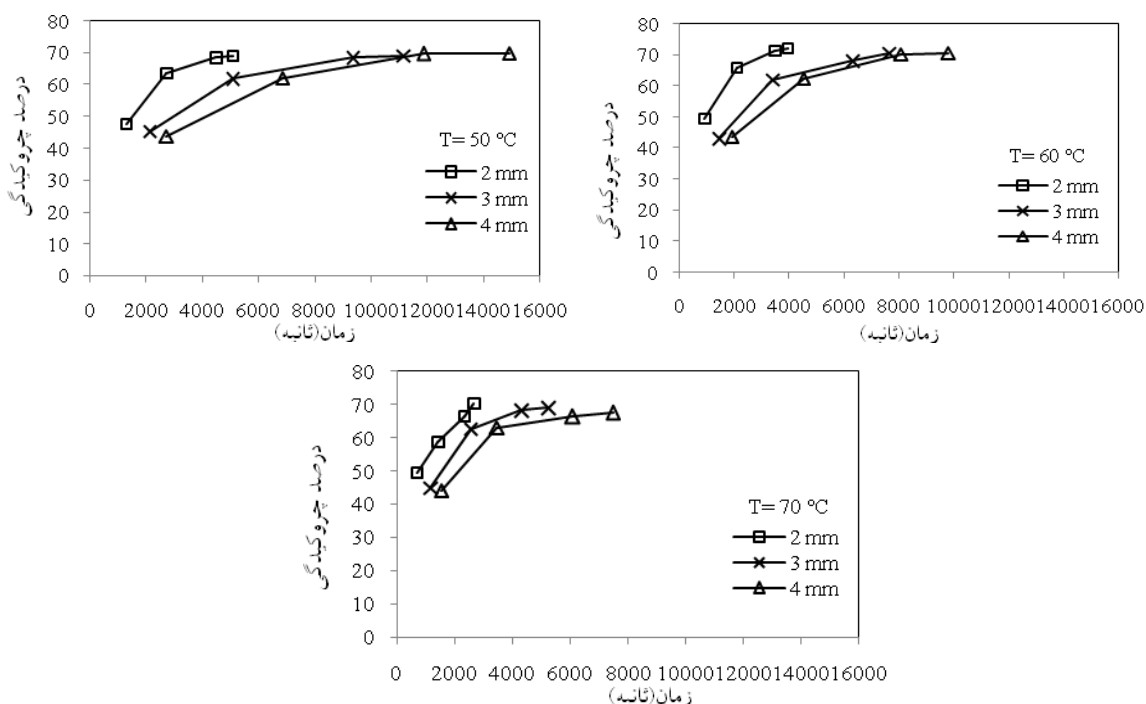
تغییرات چروکیدگی حجمی ورقه‌های سیر در حین خشک شدن بصورت تابعی از زمان و نسبت رطوبت ورقه‌ها در شکل‌های (۲) و (۳) آورده شده است. در این شکل‌ها درصد چروکیدگی سیر در دماهای مختلف هوا و ضخامت‌های مختلف نمونه‌ها ترسیم شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش زمان خشک کردن و نیز کاهش نسبت رطوبت یا محتوای رطوبت، درصد چروکیدگی ورقه‌های سیر افزایش می‌یابد. از شیب خطوط رگرسیونی در شکل (۲) می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تاثیر دما روی سرعت چروکیدگی در ضخامت‌های پایین‌تر نمونه‌ها، بیشتر می‌باشد. ذکر این نکته قابل توجه است که هرچند زمان لازم برای رسیدن به رطوبت ۰/۰۹ در دماها و ضخامت‌های مختلف نمونه‌ها متفاوت بود، اما درصد چروکیدگی نهایی در پایان فرآیند خشک کردن در همه دماها و ضخامت‌های مختلف نمونه‌ها تقریباً به هم نزدیک بود و در محدوده ۶۷-۷۱ درصد قرار داشت. شکل (۳) نیز بیانگر این مطلب است که با کاهش نسبت رطوبت، مقدار چروکیدگی بصورت تابعی درجه دو از نسبت رطوبت، افزایش یافته است. به عبارت دیگر کاهش حجم محصول با مقدار رطوبت خارج شده نسبت مستقیم دارد. همچنین می‌توان مشاهده کرد که تغییرات دمای هوا و ضخامت نمونه‌ها مورد استفاده در فرآیند خشک کردن، تاثیر چندانی بر مقدار چروکیدگی محصول در

محصولات کشاورزی بصورت تابعی از محتوی رطوبت آنها استفاده کردند (Mayor and Sereno, 2004). همچنین کوک و همکاران، ضرایب معادله خطی توسعه یافته توسط لوزانو و همکاران را در خشک کردن همرفتی میوه‌ی به بدست آوردند. مقدار ضریب همبستگی مورد نظر در حدود ۰/۹۰۶ بدست آمد (Koc et al., 2008).

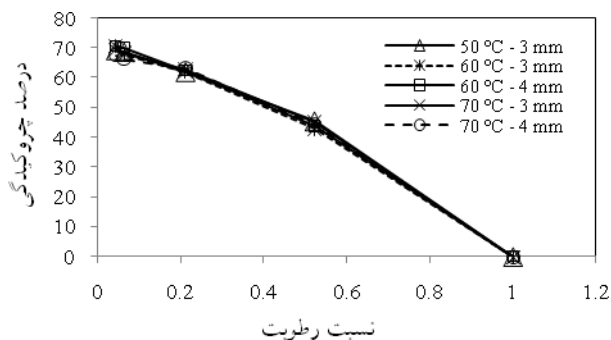
واژکوئز و همکاران، از روابط تجربی خطی و غیر خطی برای پیش‌بینی مقدار چروکیدگی نمونه های سیر در خشک کردن همرفتی استفاده کردند که روابط غیرخطی به شکل نمایی و بر اساس زمان خشک شدن بود (Vazquez et al., 1999).

ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) صورت گرفت که نتایج این ارزیابی در دماهای مختلف هوا و ضخامت های مختلف نمونه ها در جدول (۳) نشان داده شده است. با مقایسه مقادیر میانگین این معیارها، می توان نتیجه گیری کرد که مدل های (۴)، (۲) و (۱) به ترتیب دارای بالاترین مقادیر R^2 و پایین ترین مقادیر SSE و RMSE می باشند. بنابراین می توان درصد چروکیدگی ورقه های سیر را در حین فرآیند خشک کردن همرفتی با استفاده از معادله های ذکر شده و در محدوده دمای هوا و ضخامت نمونه های مورد مطالعه، پیش بینی نمود. مدل (۳)، R^2 پایینی داشت.

لوزانو و همکاران از رابطه خطی برای بیان تغییرات چروکیدگی



شکل ۲- تغییرات درصد چروکیدگی تابعی از زمان خشک شدن در دماهای مختلف هوا و ضخامت های مختلف نمونه ها
Fig 2. Shrinkage changes of garlic slice vs. drying time at the different air temperature and slices thicknesses



شکل ۳- تغییرات درصد چروکیدگی تابعی از نسبت رطوبت نمونه ها در دماهای مختلف هوا و ضخامت های مختلف نمونه ها
Fig3. Shrinkage changes of garlic slice vs. moisture content of samples at the different air temperature and slices thicknesses

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر دمای هوا، ضخامت و رطوبت نمونه‌ها روی چروکیدگی ورقه‌های سیر خشک‌شده

Table 2. The analysis of variance for the effect of air temperature, slices thicknesses and moisture content on shrinkage of dried garlic slices

میانگین مربعات Mean squares	درجه آزادی Degree of freedom	منابع تغییرات Source of variation
20.483 ^{ns}	2	دما Temperature
19.375 ^{ns}	2	ضخامت Thicknesses
12.493 ^{ns}	4	دما × ضخامت Temperature × Thicknesses
5.881	18	خطا Error
373.990 ^{**}	27	رطوبت (دما × ضخامت) Moisture (Temperature × Thicknesses)
4.773	54	خطا Error
% 3.54		ضریب تغییرات CV

** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

^{ns} غیر معنی دار

** Significant at 1% probability level

^{ns} Non significant

جدول ۳- نتایج آماری ارزیابی کاربرد ۳ مدل برای پیش بینی چروکیدگی لایه‌های نازک سیر

Table 3. Result of statistical analysis on three garlic thin-layer shrinkage models

مدل Model	ضخامت Thicknesses (mm)	دمای هوا Air temperature								
		50°C			60°C			70°C		
		R ²	RMSE	SSE	R ²	RMSE	SSE	R ²	RMSE	SSE
(1)	2	0.9994	0.7987	1.2467	0.9996	0.7645	1.2267	0.9996	0.7643	1.2557
	3	0.9995	0.8001	1.2333	0.9995	0.7921	1.2311	0.9996	0.7566	1.2407
	4	0.9996	0.7825	1.2240	0.9997	0.7269	1.2154	0.9995	0.7839	1.3067
(2)	2	0.9998	0.3211	0.0921	0.9999	0.2900	0.0826	0.9999	0.2890	0.0847
	3	0.9999	0.2911	0.0844	0.9998	0.3034	0.0885	0.9998	0.2949	0.0932
	4	0.9999	0.2833	0.0795	0.9999	0.2937	0.0854	0.9999	0.2882	0.0814
(4)	2	0.9999	0.0001	0.0080	1.0000	0.0000	0.0052	1.0000	0.0000	0.0047
	3	1.0000	0.0001	0.0032	0.9999	0.0001	0.0009	0.9999	0.0002	0.0061
	4	0.9999	0.0002	0.0051	0.9999	0.0001	0.0025	0.9999	0.0000	0.0058

رطوبت محصول می‌باشد و نیز تاثیر ضخامت ورقه‌ها بر مقدار چروکیدگی غیر معنی‌دار بود.

مدل‌های (۴)، (۲) و (۱) به ترتیب دارای بالاترین مقادیر R² و پایین‌ترین مقادیر SSE و RMSE می‌باشند. بنابراین می‌توان مقدار درصد چروکیدگی ورقه‌های سیر را در حین فرآیند خشک‌کردن همرفتی آنها با استفاده از معادله‌های ذکر شده و در محدوده دمای هوا و ضخامت نمونه‌های مورد مطالعه، پیش‌بینی نمود.

نتیجه‌گیری کلی

متوسط چروکیدگی نهایی در دماها و ضخامت‌های مختلف نمونه‌ها و در رطوبت نهایی ۰/۰۹ (خشک پایه)، به مقدار ۶۹/۸ درصد بدست آمد. بررسی تغییرات درصد چروکیدگی طی خشک‌کردن در دماهای مختلف هوا نشان داد که اثر دمای هوای خشک‌کن روی چروکیدگی محصول معنی‌دار نیست و چروکیدگی فقط تابعی از میزان

- 1- AOAC. 1990. Official method of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. NO. 934. 06, Arlington. Virginia: USA.
- 2- Dyer J. 2004. Choosing, Growing, using and selling Garlic for small-scale Growers in Ontario: Seeds of Diversity Canada (SODC).
- 3- Koc B., I. Eren and F. K. Ertekin. 2008. Modelling bulk density, porosity and shrinkage of quince during drying: The effect of drying method. *Journal of Food Engineering* 85: 340-349.
- 4- Mayor L. and A. M. Sereno. 2004. Modeling shrinkage during convective drying of food materials: a review. *Journal of Food Engineering* 61: 373-386.
- 5- Mohsenin N. N. 1986. Physical properties of plant and animal materials. New York: Gordon and Breach Sci.
- 6- Pabis S. and M. Jaros. 2002. The first period of convection drying of vegetables and the effect of shape-dependent shrinkage. *Biosystems Engineering* 81: 201-211.
- 7- Ratti C. 1994. Shrinkage during of food stuffs. *Journal of Food Engineering* 23: 91-105.
- 8- Schultz E. L., M. Mazzuco, M. M. Machado, A. Bolzan, M. B. Quadri and M. G. N. Quadri. 2007. Effect of pre-treatment on drying, density and shrinkage of apple slices. *Journal of Food Engineering* 78: 1103-1110.
- 9- Sjöholm I. and V. Gekas. 1995. Apple shrinkage upon drying. *Journal of Food Engineering* 25: 123-130.
- 10- Talla A., J. R. Puiggali, W. Jomaa and Y. Jannot. 2004. Shrinkage and density evolution during drying of tropical fruits : application to banana. *Journal of Food Engineering* 64: 103-109.
- 11- Vazquez G., F. Chenlo, R. Moreira and A. Costoyas. 1999. The dehydration of garlic. 1. Desorption isotherms and modeling of drying kinetics. *Drying Technology* 17: 1095-1108.
- 12- Wang N. and J. G. Brennan. 1995. Changes in structure, density and porosity of potato during dehydration. *Journal of Food Engineering* 24: 61-76.
- 13- Witrowa-Rajchert D. and W. Turek. 1998. Effect of drying method on shrinkage and porosity of apple. *Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej Budowa i Eksploatacja Maszyn* 5: 217-226.

Design, Construction and Evaluation of an Interchangeable Digital System to Measure Slip and Ground Speed of Existing 2WD Tractors in Iran

M. Khosravi^{1*} - M. H. Abbaspour-Fard² - M. H. Aghkhani³

Received: 29-06-2011

Accepted: 25-12-2011

Abstract

The majority of existing tractors in Iran are not equipped with any tools to measure and display slip and ground speed. This is mainly due to the lack of national standards for measuring tools and instruments of tractors. In current research, an interchangeable system for two wheel drive tractors has been designed. Furthermore, it has been assessed after construction. To measure actual and theoretical ground speed, four rotary encoders for sensing the rotation of front and rear wheels have been utilized. Slip and ground speed were measured by means of software which has been developed in an ATmega16PU microprocessor. The measured slip and speed are digitally displayed on tractor dashboard. To evaluate the performance of the system, the measured values of ground speed and slip were compared with their calculated values obtained from conventional method. The Micro-controller has been programmed in such a way that the effect of front wheel sliding on slip is eliminated. In all evaluation conditions (in field and on asphalt), the maximum difference between system measurements for slip and speed and calculated slip and speed via conventional method was 2.4% and 0.2 km h⁻¹, respectively. With slight alteration this system can be fitted on any kind of exiting two wheel drive tractors in the country.

Keywords: Ground speed, Microcontroller, Rotary encoder, Slip

1, 2, 3- Former MSc Student and Associate Professors, respectively. Dept of Agricultural Machinery Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

(*-Corresponding Author Email: m_khohaf@yahoo.com)

Study and Determining Power, Fuel Requirements and Some Soil Physical Properties in Several Tillage Methods

M. Younesi Alamouti^{1*} - A. Sharifi²

Received: 25-7-2011

Accepted: 17-12-2011

Abstract

Using the cropping operations program can significantly save fuel consumption and energy efficiency. Prediction of the accurate amount of fuel requirements for tillage operation of the soil is difficult. Changes in humidity, soil type and tillage depth directly affects on the amount of fuel consumption. Bulk density of agricultural soils depends on tillage methods, the value of organic matter, tillage depth and implements. Therefore, in this study, the effects of four types of tillage implements including moldboard plow, heavy duty disk, chisel plow and combined tillage machine (minimum tillage), on the amount of power required and fuel consumption and some soil physical properties including bulk density, penetration resistance and organic carbon contents in a randomized complete block design was studied. The results showed that minimum tillage with combined machine, increased the amount of organic matter, reduced fuel consumption and needed less power. The highest fuel consumption of 58.03 liters per hectare and the lowest 8.64 liters per hectare, related to the moldboard plow and heavy disk, respectively. Mean values of soil organic carbon related to the moldboard plow, combine, chisel plow and heavy disk were 0.31, 0.64, 0.50 and 0.55 percent, respectively. Differences in mean values of the soil organic carbon due to tillage with heavy duty disk and combine compare to moldboard plow were significant and both were belonging to two separated groups.

Keywords: Power, Physical properties of soil, Minimum tillage, Fuel consumption, Organic matter

1, 2- Research Assistant Professors, Agricultural Engineering Research Institute
(Corresponding author Email: mohamadyounesi@yahoo.com)

The Effects of Drop Height, Conveyor Velocity and Contact Surface Material on Area and Volume Bruising of “Golden Delicious” Apple

R. Tabatabaekolour^{1*} - A. Kolouri² - S.J. Hashemi³ - R. Hadipour⁴

Received: 18-06-2011

Accepted: 07-02-2011

Abstract

Apple fruits are subjected to different loading from harvesting to supermarket shelf. Bruising has been attracted many researchers as one of the most important damage criteria. In this research, the effects of some factors such as contact surface material, drop height and linear velocity of apples were investigated. Influence of these factors on bruising of “Golden Delicious” variety was analyzed by a Completely Randomized Design (CRD) with factorial test at three level of drop height (10, 20 and 30 cm), linear velocity (0.05, 0.1 and 0.15 ms⁻¹) and four contact surface (wooden, steel, plastic and cardboard). Tests were conducted at three replications with 108 treatments. Analysis of variance results showed that the effects of drop height and contact surface material on bruising area at 1% level was significant while bruising volume only affected by contact surface material (meaningful difference at 1% level). Mean comparison test indicated that there significant difference between levels of drop height on the bruise area. Also, there was a meaningful difference between contact surface of cardboard with steel, wood and plastic. There was a significant difference between surface materials of steel and wooden with cardboard and plastic. Therefore, drop height and contact surface material must be considered in designing the apple processing systems.

Keywords: Drop height, Contact surface material, Apple, Mechanical damage

1, 2, 3, 4- Assist. Professor, MSc. Student, Assist. Professor, Bsc, Dept. of Farm Machinery, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Mazandaran, Iran, respectively
(* - Corresponding author Email: r.tabatabaei@sanru.ac.ir)

Analysis of Energy Efficiency for Greenhouse Cucumber Production Using Data Envelopment Analysis (DEA) Technique; Case Study: Shahreza Township

M. Taki^{1*} - Y. Ajabshirchi² - R. Abdi³ - O. Akbarpour⁴

Received: 18-04-2011

Accepted: 26-09-2011

Abstract

In this research energy efficiency for greenhouse cucumber production in Shahreza township located in Esfahan province using data envelopment analysis (DEA) technique was studied. In this study, data were obtained from 25 randomize active vegetable greenhouses from 60 greenhouses in Shahreza township and villages environs. The results showed that the highest and lowest consumed energy were related to fuel and water inputs with 47% and 1.2% respectively. The results of data envelopment analysis showed in CCR and BCC models 24% and 36% of farmers were efficient and the others were inefficient. Mean technical efficiency, net technical efficiency and scale efficiency were calculated as 90.37, 95.09 94.6 respectively. Also technical efficiency of inefficiency units in CCR model was 87% that shows 13% of total energy input could be saved with upgrade efficiency in these units. In this research, total saved and unsaved energy related to fuel consumption.

Keywords: Data envelopment analysis, Energy efficiency, Greenhouse cucumber

1, 2, 3, 4- Postgraduate student, Associate Prof., Assistant Prof., Postgraduate student, Dept. of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, respectively
(* - Corresponding author Email: Mtaki88@ms.tabrizu.ac.ir)

Assessment the Effects of Temperature and Humidity Control in Greenhouse Cucumber Productions in Jiroft and Kahnooj Region

D. Momeni ^{1*} - M. H. Rahmati ²

Received: 28- 02-2011

Accepted: 20-12- 2011

Abstract

Temperature and humidity are two important parameters affecting the quality and quantity of greenhouse products so two double greenhouses were manufactured in 3.5, 40 and 11 m in height, length and width respectively in agricultural research center of jiroft and kahnooj to study these effects. Both of greenhouses are similar in materials, final height, gutter height, covering and field operation but in one of them one heating system, two ventilation fans and one wooden pad were assembled and temperature and humidity besides yield were registered in both of them. The results showed that temperature changing trend inside and outside of the unheated greenhouse were in same phase and this isn't suitable in cold night so the greenhouse with heating system had more yield and picking cucumber fruit numbers than another. Therefore it is necessary to be heated by artificial systems. Because of rapid relative humidity changing in outside of greenhouse in the end of the season, the efficiency of fan and pads cooling system is so low then using of evaporating cooling systems such as fans and pad wasn't proposed and recommend to optimize the temperature by ventilation and shading the greenhouse and in hot days production will be cut.

Keywords: Greenhouse, Heating system, Cooling systems, Cucumber, Yield

1-Academic member of Agricultural Engineering Research Institute branch in Jiroft
(*- Corresponding author Email: momenidavood@yahoo.com)

2- Academic member of Agricultural Sciences & Natural Resources University of Gorgan

Evaluation of Technical and Yield Parameters of Wheat Seeding Methods with Different Seeding Rates in south Khuzestan

J. Habibi Asl^{1*} - E. Dehghan²

Received: 04-03-2011

Accepted: 28-06-2011

Abstract

This study was conducted during two years (2007-2009) in Shawoor Agricultural Research Station on a silty-clay soil. Experiment conducted in split plots in a Randomized Complete Blocks Design in three replications. Main plots were planting methods including centrifugal broadcaster (P1), centrifugal broadcaster + furrower (P2), seed drill (P3), seed drill + furrower (P4), three lines bed drilling (P5) and four lines bed drilling (P6). Subplots were included seed rates of 120, 160, 200 and 240 kg.ha⁻¹. The results showed that P2 method with 14.91 litter.ha⁻¹ and P3 method with 5.02 litter.ha⁻¹ had the highest and lowest fuel consumption respectively. P3 method with 1.462 h.ha⁻¹ and P5 method with 0.620 h.ha⁻¹ required maximum and minimum total operation time respectively. P2 method with 0.684 ha.h⁻¹ had minimum field capacity. Field capacity of P5 and P6 with averagely 1.67 ha.h⁻¹ was maximum. Field capacity of all drilling methods (P3, P4, P5 and P6) was significantly more than that of broadcasting methods (P1 and P2). The highest seed spacing uniformity (87.2%) was belonged to P6 method and the lowest value (54.7%) was for P1 method. By using drilling methods of P3 and P5 (or P6) instead of P1 method total cost was reduced 41% and 29% respectively. The results of variance analysis of data showed that the difference between planting methods in case of wheat grain yield and yield components was not significant. However, the seed rate had significant effect on some yield components. Suggestion for cropping of wheat Chamran variety in silty-clay soil in Khuzestan province, used P5, P6 and P3 methods are recommended respectively with seed rate of 120 - 160 kg.ha⁻¹.

Keywords: Bed drilling, Seed broadcasting, Seed drilling, Seed rate, Wheat

1- A member of Scientific Board of Khuzestan agricultural and Natural Resources Research Center (Agricultural Engineering Department)

(*- Corresponding author Email: jhabibi139@yahoo.com)

2- A member of Scientific Board of Agricultural Engineering Research Institute

Grain Physical Properties of Some Sunflower Cultivars Influenced by Water Deficit Stress

I. Alahdadi¹ - H. Oraki^{2*} - F. Parhizkar Khajani³

Received: 09-02-2011

Accepted: 02-18-2012

Abstract

In order to investigate the water deficit impact on physical characteristics of seed in four sunflower hybrids (Azargol, Allstar, Hysun 33 and Hysun25), under three irrigation regimes (irrigation after 50, 100 and 150 mm cumulative evaporation from class A evaporation pan, respectively) and experiment was conducted. Sampling was done at the end of growing period (season) when the moisture content of the seed was reached to 13%. The results showed that the maximum length, width and seed thickness were obtained from irrigation after 50 mm cumulative evaporation from pan, while irrigations after 100 and 150 mm evaporation caused to decrease the length by 15% and 24%, width by 18% and 35% and seed diameter by 17% and 30%, respectively. Also, the seed width in comparison with length and seed thickness had the most susceptible to water deficit stress levels. The maximum length, width and seed thickness were seen in Allstar variety. Also, Allstar had the highest seed weight for all levels of irrigation. There was no significant difference between Allstar and Hysun 25 in 50mm evaporation. Therefore, the Allstar hybrid had most tolerance to water deficit stress condition under all levels of irrigation in aspect of seed weight and physical properties of seed.

Keywords: Sunflower, Seed hull, Water deficit stress, Seed kernel, Physical characteristics

1,3- Associate professor and MSc student, University of Tehran, College of Aboureihan

2- Ph.D. student, College of Agriculture, Tarbiat Modares University

(*- Corresponding author Email: oraki.hussein@gmail.com)

Brief Report

A Study of the Shrinkage Changes and Mathematical Modeling of Garlic (*Allium sativum*L.) During Convective Drying

M. Rasouli^{1*} - S. Seiedlou²

Received: 28-05-2011

Accepted: 30-10-2011

Abstract

Garlic (*Allium sativum*L.) is one of the most important Allium spice. From an economic point of view, the dried garlic slices are valuable products. In this research, garlic slices as a thin layer were dried in a laboratory scale hot-air dryer, under air flow of 1.5 m/s, air temperatures of 50, 60 and 70°C and slice thicknesses of 2, 3 and 4 mm. The mean values of shrinkage of garlic slices obtained 69.8%. In addition, the effects of the drying variables on the shrinkage of dried garlic were evaluated. The ANOVA results indicated that the air temperature and slice thickness had no significant effect on final shrinkage of dried garlic slices. In order to derive and select the appropriate shrinkage model, four mathematical models were fitted to the experimental data. According to the statistical criteria (R^2 , SSE & RMSE) the best model was found to describe the shrinkage behavior of garlic slice.

Keywords: Garlic drying, Mathematical modeling, Shrinkage

1, 2- PhD Student and Assistant Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, University of Tabriz, Tabriz: Iran
(*Corresponding author: m.rasouli@tabrizu.ac.ir)