نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار/ جلد ۳۰ شماره ۱ / بهار ۱۳۹۹

ارزیابی برخی شاخص‌های مهم تولید محصول ذرت علوفه‌ای در سیستم بدون خاک‌ورزی

علی میرزازاده[1*]، یعقوب راعی[2]

تاریخ دریافت: ۹۸/۳/۵ تاریخ پذیرش: ۹۸/۸/۲۹

۱-استادیار گروه مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی
۲-دانشیار گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
*مسئول مکاتبه: E-mail: Ali.mirzazadeh@uma.ac.ir

چکیده

خاک‌ورزی مرسوم باعث افزایش فشردگی و کاهش خلل و فرج و ظرفیت آبی شده و افزایش فرسایش آبی و بادی خاک می‌گردد. برای جلوگیری از چنین وضعیتی در بسیاری از کشورهای دنیا خاک‌ورزی حفاظتی به عنوان یک راه‌کار موثر مورد توجه قرار گرفته است. در شرکت کشت‌وصنعت‌ودامپروری مغان نیز سالانه زمان و هزینه زیادی صرف انجام خاک‌ورزی مرسوم برای تولید محصول ذرت علوفه‌ای کشت دوم می‌گردد. به منظور دستیابی به اهداف این پژوهش آزمایش به صورت فاکتوریل برپایه طرح کاملا تصادفی با دو فاکتور روش خاکورزی (خاکورزی مرسوم و نوتیلج) و روش آبیاری (آبیاری جوی و پشته و آبیاری بارانی) در سه تکرار انجام شد. نتایج تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نشان داد عملکرد محصول (۱۵ درصد)، متوسط میزان سوخت مصرفی، تردد ماشین‌آلات، متوسط میزان آب مصرفی و بهره‌وری انرژی سوخت مصرفی در روش نوتیلج به شکل معنی‌داری بهتر از روش خاک‌ورزی مرسوم می‌باشد. همچنین نتایج با استفاده از نرم افزار MCDM Engine مورد ارزیابی مجدد قرار گرفت و سیستم بی‌خاک‌ورزی به روش آبیاری بارانی با مقدار *CL (نزدیکی نسبی گزینه به راه‌حل ایده‌آل) ۰/۹۸، به عنوان بهترین روش خاک‌ورزی انتخاب گردید. این بدین معنی است که روش بی خاکورزی با آبیاری بارانی می‌تواند روشی مناسب برای تولید پایدار محصول ذرت علوفه‌ای کشت دوم در شرکت مغان و منطقه مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: انرژی، خاک‌ورزی حفاظتی، ذرت علوفه‌ای، کشاورزی پایدار، ماتریس تصمیم گیری چند معیاره

Evaluation of Some Important Indicators of Silage Corn Production in No-Tillage Systems

Ali Mirzazadeh[1*], Yaegoob Raei[2]

Received: May 26, 2019 Accepted: November 20, 2019
1-Assist. Prof., Dept. of Agricultural Engineering & Technology, Faculty of Agriculture & Natural Resources Moghan, University of Mohaghegh Ardabili, Iran.
2-Assoc. Prof., Dept. of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture - University of Tabriz. Iran.
*Corresponding Author Email: Ali.mirzazadeh@uma.ac.ir

Abstract

Conventional tillage increases soil compaction and 25% water and wind erosion. It also causes decrease soil porosity and water capacity. In order to prevent this situation; conservational tillage is considered as an effective strategy. Conservational tillage have important role in soil erosion and improve its quality. Every year Moghan Agro-Industrial & Livestock (MAIL) Company costs a lot to do conventional tillage. In order to achieve the objectives of this study, an experiment was conducted in factorial pattern with completely randomized design with two factors, tillage method (Conventional tillage & No-tillage) and irrigation method (traditional irrigation & Sprinkler irrigation). Results showed that yield, average fuel consumption, traffic, water consumption and fuel consumption productivity index in No-tillage method is better than conventional tillage. Also, the results of the MCDM Engine software showed the Combination of No-tillage system with Sprinkler irrigation with CL*=0.98 (The relative proximity of the option to the ideal solution) is best method for minimum cost of production and maximum yield in silage corn. Therefore, No-tillage system with Sprinkler irrigation can be suitable method for sustainable production of Silage Corn in Moghan region.

Keywords: Conservation Tillage, Energy, Multi-Criteria Decision Matrix, Silage Corn, Sustainable Agriculture

مقدمه

طبق پیش بینی‌های به عمل آمده تا سال ۲۰۵۰ میلادی، جمعیت کره زمین به ۹/۷ میلیارد نفر خواهد رسید. این رشد سریع جمعیت در جهان نیازمند اندیشیدن تدابیر لازم برای تامین امنیت غذای بشر در سال‌های آتی می‌باشد (وب سایت سازمان ملل ۲۰۱۹). به منظور پاسخگویی به نیازهای غذایی جمعیت در حال رشد، باید ضمن افزایش بازده تولید در بوم نظام ها و کاهش اثرات عوامل محدود کننده، پایداری آنها نیز حفظ شود. چالش امروز دانشمندان و دست اندرکاران کشاورزی، افزایش بهره‌وری با حفظ و یا بهبود کیفیت محیط می باشد. عملیات مدیریت کشاورزی بایستی طوری طراحی شوند که کمترین میزان خسارت به منابع تولید وارد شود. یکی از مهمترین منابع تولید خاک کشاورزی می‌باشد، که این منبع تولید محیطی است که در آن آب، مواد غذایی و انرژی به گیاهان منتقل می‌شود. تولید کنترل‌شده محصول، به مزارع بدون حضور علف‌های هرز، آب، مواد غذایی و انرژی نیاز دارد. برای برآورده شدن این نیازها، عملیات مختلف خاکورزی توسعه یافته و به عنوان عملیات اصلی در کشاورزی

محسوب شده‌اند. خاکورزی یکی از عملیات مهم زراعی است که بر بخش مهمی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اثر می‌گذارد (لمپورلنس و همکاران ۲۰۰۱؛ لپن و همکاران ۲۰۰٤). از مهمترین روش‌های خاک‌ورزی می‌توان به خاکورزی مرسوم و حفاظتی اشاره کرد. در خاکورزی مرسوم، عملیات به کار رفته برای محصولات مختلف و از منطقه‌ای به منطقه دیگر حتی درون یک ناحیه به طور قابل ملاحظه ای تغییر پیدا می‌کند (باکینگهام و پائولی ۱۹۷٤). در این نظام با زیر و رو کردن خاک و قطع چرخه زندگی علف‌های هرز، حشرات و بیماریها، سطح خاک عاری از بقایای گیاهی می‌ماند و بستر مناسبی برای رشد و نمو گیاه ایجاد می‌شود. همچنین این نوع خاکورزی باعث افزایش فشردگی خاک شده و خلل و فرج و ظرفیت آب خاک را کاهش (کاتس وایرو و همکاران ۲۰۰۲) و موجب افزایش ۲۵ درصدی در فرسایش آبی و بادی می‌گردد (چن ۲۰۱۳). خاکورزی مرسوم موجب اتلاف رطوبت، تسریع اکسیداسیون مواد آلی و تخریب ساختمان خاک می‌گردد. برای جلوگیری از چنین وضعیتی در بسیاری از کشورهای دنیا خاکورزی حفاظتی به عنوان یک راهکار موثر مورد توجه قرار گرفته است (آسودار و سبزه زار ۱۹۹۳). خاکورزی حفاظتی نقش مهمی در به حداقل رساندن فرسایش خاک و بهبود کیفیت آن دارد. از این رو در سال های اخیر مورد توجه بسیاری از محققان و کشاورزان قرار گرفته است (اسپاروو همکاران ۲۰۰٦). این سیستم مجموع روش‌های بی خاکورزی، کشت مستقیم، کم خاکورزی یا بی خاکورزی پشته ای را شامل می شود، که روشی اختصاصی برای حفظ موفقیت آمیز طبیعت می باشد. معمولاً در این روش ۳۰ درصد سطح زمین توسط بقایای گیاهی پوشانده شده و محدودیت کمتری برای طبقه‌بندی بی خاکورزی حفاظتی وجود دارد، اما سایر اهداف حفاظتی شامل حفظ زمان، سوخت، کرم‌های خاکی، رطوبت خاک، بافت خاک و مواد مغذی را نیز در بر دارد. از علل دیگر افزایش گرایش به کشت با حداقل خاک‌ورزی می‌توان به کاهش هزینه آماده کردن زمین، کاهش کوبیده شدن خاک زراعی بر اثر تردد کمتر ماشین‌آلات سنگین کشاورزی، تسریع در عملیات کشت و کاهش استهلاک و انرژی مصرفی اشاره نمود (کومبل و همکاران ۱۹۸۸). نتایج پژوهش پلگرین و همکاران (۱۹۹۷) نشان داد وزن مخصوص ظاهری خاک در روش حفاظتی نسبت به روش مرسوم بالاتر می‌باشد. همچنین میزان نفوذ پذیری آب در روش خاک ورزی حفاظتی در حدود ۳۵ درصد نسبت به خاک‌ورزی مرسوم کمتر گزارش شده است. نتایج پژوهش‌های ۷ ساله دِمژانوا و همکاران (۲۰۰۹) روی محصول ذرت به دو روش خاک‌ورزی مرسوم و حداقل، نشان داد که میزان بیوماس و تراکم علف‌های هرز در سیستم شخم مرسوم کمتر از شخم حداقل است. افضلی نیا و همکاران (۲۰۱۸) اثر خاک‌ورزی حفاظتی بر خصوصیات خاک و عملکرد ذرت در تناوب با گندم را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی باعث افزایش ذخیره رطوبت در خاک شده (حداکثر۲۱ درصد)، اما ماده آلی را افزایش ندادند. عملکرد ذرت در اکثر سال‌های انجام این تحقیق تحت تأثیر معنی‌دار روش خاک‌ورزی قرار نگرفت. هدایتی پور (۲۰۰۰) طی پژوهشی نشان داد سرعت نفوذ آب در روش بدون خاک ورزی در حدود ۵۰ درصد میزان آن در روش های مرسوم می‌باشد. که این موضوع باعث ماندگاری بیشتر آب در سطح مزرعه و همچنین حفظ رطوبت بیشتر در خاک می‌شود. خرمیان و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی اثر روش خاک‌ورزی بر عملکرد ذرت دانه به این نتیجه رسیدند که کشت ذرت بدون تهیه زمین و بصورت بی خاک‌ورزی در شرایط اقلیمی خوزستان امکان پذیر است. علاوه بر بحث کشاورزی پایدار و حفاظت از خاک بعنوان منبع اصلی تولید کشاورزی، کشت دو محصول در یک سال، به دلیل محدودیت زمانی تهیه بستر بذر برای محصول

دوم پس از برداشت گندم و کلزا و کمبود مواد آلی خاک به علت جمع‌آوری و یا سوزاندن بقایای محصول قبل و کشت‌های ممتد یکی از مسایل و مشکلات کشاورزی اراضی منطقه مغان و نیز شرکت کشت و صنعت و دامپروری مغان می‌باشد که هر ساله با توجه عدم انتخاب روش خاکورزی مناسب زیان‌های اقتصادی زیادی را به کشاورزان منطقه و نیز شرکت وارد می‌کند. از طرفی دیگر در دنیای امروز اغلب مسایلی که برای تصمیم‌گیری به مدیران عرضه می‌شود؛ دارای ابعاد متنوعی است و تحت تأثیر عوامل مختلف کمی و کیفی قرار دارد که اغلب این عوامل با یکدیگر در تعارض هستند و آنان سعی می‌کنند که بین چندین گزینه موجود بهترین گزینه را انتخاب کنند. اشتباه و عدم دقت در تصمیم‌گیری مستلزم پرداخت هزینه خطاست. هر چه قدرت و اختیارات مدیریت بیشتر باشد؛ هزینه تصمیم غلط نیز بالاتر خواهد بود (قدسی پور ۲۰۱۳). به همین دلیل روش‌هایی تحت عنوان تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)[1] توسعه داده شده‌اند که به حل مسایل مزبور کمک می‌کنند (نوری و طباطبائیان ۲۰۰۲). مدل های تصمیم گیری چند معیاره را می‌توان به دو دسته اصلی ذیل تقسیم نمود: مدل‌های تصمیم گیری چند شاخصه (MADM) و مدل‌های تصمیم گیری چند هدفه (MODM). روش‌های چند شاخصه دارای تکنیک‌های متنوعی در مراحل مختلف تصمیم‌گیری هستند. دو مدل کلی از روش‌های مختلف برای حل مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه در ادبیات موضوع عبارتند از: مدل جبرانی و مدل غیرجبرانی. مدل جبرانی مشتمل بر روش‌هایی است که اجازه مبادله در بین شاخص‌ها در آنها مجاز است. به عبارت دیگر تغییر یک شاخص می‌تواند توسط تغییر در شاخصی دیگر تعدیل گردد و یا کاهش یک شاخص در صورتی که سبب افزایش شاخص دیگر شود، قابل پذیرش خواهد بود. از جمله روش‌های جبرانی می‌توان به روش های AHP، ANP، SAW، TOPSIS، VIKOR و روش‌های تخصیص خطی اشاره کرد. مدل غیر جبرانی شامل روش‌هایی است که در آن‌ها مبادله بین شاخص‌ها مجاز نمی باشد. یعنی نقطه ضعف موجود در یک شاخص توسط مزیت موجود از شاخص دیگر جبران نمی‌گردد. نظر به موضوع این پژوهش و وجود همزمان شاخص‌های مثبت و منفی در آن، در ادامه به توضیح روش TOPSIS پرداخته می‌شود. مبنای این روش، انتخاب گزینه‌ای است که کمترین فاصله را از راه حل ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله را از راه حل ایده‌آل منفی داشته باشد. حل ایده‌آل مثبت، جوابی است که معیارهای سود را بیشینه و معیارهای هزینه را کمینه می‌کند، در حالی که حل ایده آل منفی معیارهای هزینه را بیشینه و معیارهای سود را کمینه می‌کند. مراحل اجرای الگوریتم تاپسیس بدین شرح است:

گام اول- کمّی کردن و بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم، ماتریسی متشکل از گزینه‌ها و شاخص‌ها که معمولا گزینه‌ها در سطر و شاخص‌ها در ستون‌های آن قرار می‌گیرند و فرد تصمیم گیرنده در هر یک از خانه های ماتریس، مقدار کمی مورد نظر برای شاخص‌های کمی و میزان ترجیح خود را برای شاخص‌های کیفی وارد می‌کند (شکل ۱): ابتدا ماتریس مقایسه گزینه‌ها از لحاظ معیارهای اصلی با روش نرم اقلیدسی، بی‌مقیاس می‌شود. در این روش، هر عنصر ماتریس را بر مجموع مجذور مربعات عناصر هر ستون تقسیم می‌گردد:

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} r_{ij}^2}} \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

که در آن N_D ماتریسی است که امتیازات شاخص ها در آن بی مقیاس و قابل مقایسه شده است و $W_{n\times n}$ ماتریس قطری است که فقط عناصر قطر اصلی آن غیر صفر خواهند بود.

[1] . Multiple Criteria Decision Making

شاخص ها / گزینه ها	شاخص ۱ (X1)	شاخص ۲ (X2)	…	شاخص n (Xn)
گزینه ۱ (A1)	r_{11}	r_{12}	…	r_{1n}
گزینه 2 (A2)	r_{21}	r_{22}	…	r_{2n}
…	…	…	…	…
گزینه m (Am)	r_{m1}	r_{m2}	…	r_{mn}

شکل ۱- ماتریس تصمیم گیری

گام دوم- به دست آوردن ماتریس بی مقیاس موزون می‌باشد که در آن N_D ماتریسی است که امتیازات شاخص‌ها در آن بی مقیاس و قابل مقایسه شده است و $W_{n\times n}$ ماتریس قطری است که فقط عناصر قطر اصلی آن غیر صفر خواهند بود.

$$V = N_D \times W_{n\times n} = \begin{bmatrix} V_{11} & \cdots & V_{1j} & V_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ V_{m1} & \cdots & V_{mj} & V_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

گام سوم- تعیین راه حل ایده آل مثبت و راه حل ایده‌آل منفی

$$A^+ = \{(\max V_{ij}) = \{V_1^+, V_2^+, \dots, V_j^+, \dots, V_n^+\} \quad \text{و} \quad A^- = \{(\max V_{ij}) = \{V_1^-, V_2^-, \dots, V_j^-, \dots, V_n^-\} \quad \text{(رابطه۳)}$$

گام چهارم- به دست آوردن میزان فاصله هر گزینه تا ایده‌آل های مثبت و منفی؛ فاصله گزینه iام از ایده‌آل مثبت (d_{i+}) و فاصله گزینه i ام از ایده‌آل منفی (d_{i-})

$$d_{i+} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(V_{ij} - V_j^+)^2}\,; i = 1,2,\dots,m \quad \text{و} \quad d_{i-} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(V_{ij} - V_j^-)^2}\,; i = 1,2,\dots,m$$

(رابطه ٤)

گام پنجم- تعیین نزدیکی نسبی یک گزینه به راه حل ایده آل که به صورت زیر تعریف می شود:

$$Cl_{i+} = \frac{d_{i-}}{d_{i-}+d_{i+}}; 0 \le Cl_{i+} < 1; i = 1,2,\dots,m \quad \text{(رابطه ٥)}$$

گام ششم- رتبه بندی گزینه ها: هر گزینه ای که CL آن بزرگ‌تر باشد، بهتر است.

در روش TOPSIS، ماتریس m×n تصمیم گیری که دارای m گزینه و n معیار و سنجش است مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در این مدل جهت محاسبات ریاضی بایستی تمامی مقادیر نسبت داده شده به معیارها از نوع کمی بوده و در صورت کیفی بودن نسبت داده شده به معیارها، بایستی آنها را همانند جدول ۱ به مقادیر کمی تبدیل نمود (اصغرپور ۲۰۰٤).

جدول۱- تبدیل معیارهای کیفی به پارامترهای کمی

معیار کیفی	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
معادل کمی	۱	۳	۵	۷	۹

همان طوری در بررسی منابع اشاره شد، در اکثر پژوهش‌های انجام یافته به اثر مثبت روش‌های کم خاکورزی و بی‌خاکورزی روی خاک اشاره گردیده و این در حالیست که نگرانی از کاهش عملکرد محصول و به دنبال آن کاهش درآمد دلیل عدم توسعه این روش‌ها بیان شده است. لذا در این تحقیق اثرات دو روش خاک‌ورزی (مرسوم و نوتیلج)، که به دو روش بارانی و جوی و پشته‌ای آبیاری می‌گردد، در عملکرد ذرت علوفه‌ای کشت دوم (رقم ۷۰٤)، متوسط میزان سوخت مصرفی، بهره‌وری انرژی سوخت، متوسط آب مصرفی و تعداد تردد سر مزرعه به منظور انجام عملیات خاک‌ورزی و کاشت با استفاده از تحلیل‌های آماری پرداخته شده و با استفاده از روش ماتریس تصمیم‌گیری چند معیاره بهترین نوع روش خاک‌ورزی برای این محصول معرفی خواهد شد.

مواد و روش‌ها

آزمایشات این پژوهش در مزارع مجتمع زراعت شرکت کشت و صنعت و دامپروری مغان و در سال ۹۵ انجام شد. به منظور دستیابی به اهداف این پژوهش آزمایشات به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی با دو فاکتور روش خاکورزی (خاکورزی مرسوم و نوتیلج) و روش آبیاری (آبیاری جوی و پشته و آبیاری بارانی) در سه تکرار انجام شد. برای اجرای آزمایشات دو قطعه مزرعه مجاور هم از مزارع بخش چهار مجتمع زراعت، هرکدام به مساحت ۸۵ و ۲٦ هکتار، از مزارعی که به روش آبیاری جوی و پشته آب داده می‌شود و نیز دو قطعه مزرعه از مزارع مجاور هم بخش شش مجتمع زراعت، هرکدام به مساحت ۳۹ و ٤۸ هکتار، از مزارعی که به روش بارانی (سنتر پیوت) آب داده می‌شود، انتخاب گردید. محصول کشت قبلی هر چهار قطعه زراعی مورد پژوهش در این تحقیق کلزا بود که در انتهای هفته سوم خرداد با کمباین غلات برداشت شده بود. همچنین به علت بزرگی مساحت این مزارع، قطعات انتخاب شده به سه قسمت مساوی تقسیم گردید که تکرارها را تشکیل می‌دهند. به منظور بررسی اثرات استفاده از روش کشت مستقیم و خاکورزی مرسوم روی عملکرد محصول، مصرف سوخت، تردد سر مزرعه و میزان آب مصرفی هر چهار قطعه در طی هفته اول تیرماه سال ۹۵ مورد کشت قرار گرفت. در قطعات ۸۵ و ۳۹ هکتاری از عملیات خاک‌ورزی مرسوم که شامل عملیات شخم‌زنی، دیسک زنی، لولرزنی، شیپرزنی و کاشت می‌شود، برای آماده سازی زمین و کشت محصول کشت دوم یعنی ذرت سیلویی کشت دوم استفاده گردید و برای قطعات ۲٦ و ٤۸ هکتاری نیز از دستگاه کشت مستقیم محصولات ردیفی بدون انجام هیچ نوع عملیات خاک‌ورزی استفاده شد. ذرت کشت شده در هر چهار قطعه رقم ۷۰٤ با وزن هزاردانه تقریبی ۲٤۰ گرم بود. میزان بذر مصرفی در هر چهار قطعه به طور میانگین ۱۹ کیلوگرم در هکتار (با قوه نامیه ۹٦ درصدی و تعداد بوته در هکتار ۷۵۰۰۰) بود بطوریکه فاصله بین بذور در هر چهار قطعه مطابق سایر مزارع کشت دوم مجتمع امور زراعت ۱۷ سانتی‌متر انتخاب شد. برای انجام کشت مستقیم قطعات ۸۵ و ۳۹ هکتاری از ردیف‌کار پنوماتیک چهار ردیفه مرسوم تولیدی شرکتماسکیو گاسپاردوی ایتالیا استفاده گردید و برای انجام کشت مستقیم نیز از دستگاه نوتیلج پنوماتیک چهار ردیفه تولیدی شرکت ماسکیو گاسپاردوی ایتالیا

مدل رجینا استفاده شد. برای بدست آوردن متوسط عملکرد هر سه قسمت قطعه، دو روز قبل از زمان برداشت، به دور از حاشیه هر مزرعه (برای جلوگیری از اثرات حاشیه‌ای بر روی عملکرد)، کادر چوبی مربعی ۰/۵×۰/۵ مترمربع در شش نقطه به طور تصادفی روی زمین پرت شده و محصول داخل آن به وسیله داس به صورت کف‌بر برداشت و نمونه‌ها توزین گردید. سپس متوسط وزن این نمونه‌ها به عنوان عملکرد ذرت سیلویی بر اساس ماده خشک ٪۳۰ محاسبه شد. به منظور اندازه‌گیری میزان سوخت مصرفی در عملیات خاکورزی و کاشت، از روش باک پر استفاده گردید. بدین ترتیب که قبل و بعد از انجام هر عملیاتی، تراکتور در سطح تراز قرار گرفته و مخزن آن پر شد. سپس میزان سوخت مصرفی با اندازه‌گیری میزان سوخت اضافه شده تعیین گردید. همچنین میزان تردد سر مزرعه با شمردن تعداد عملیات مکانیزه انجام یافته و مقدار آب مصرفی نیز از میزان آب تحویلی شرکت آب منطقه‌ای مغان به این مزارع تعیین گردید.

شاخص بهره‌وری انرژی سوخت مصرفی مطابق رابطه ٦ محاسبه شد:

$$P=\frac{Y}{F} \qquad \text{(رابطه٦)}$$

که در آن: P، شاخص بهره‌وری انرژی سوخت (کیلوگرم بر لیتر)؛ Y، عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار)؛ F، میزان سوخت مصرفی (لیتر بر هکتار) (مصری ۲۰۱٦) است.

به منظور اندازه‌گیری میزان تمایل کارشناسان شرکت به استفاده از سیستم‌های خاک‌ورزی مورد بررسی در این پژوهش پرسشنامه‌ای مطابق جدول ۲ تهیه گردید و در بین کارشناسان امور زراعی شرکت کشت و صنعت و دامپروری مغان توزیع شد. در این پرسشنامه، درجه تمایل به استفاده از سیستم‌های خاک‌ورزی از سطح خیلی کم تا سطح خیلی زیاد دسته بندی شده بود. داده‌های بدست آمده وارد نرم افزار Excel شده و پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، آنالیز واریانس داده‌ها با نرم افزار SPSS و مقایسه میانگین آنها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ٥ درصد انجام گرفت. همچنین جهت انتخاب بهترین روش خاک‌ورزی برای محصول ذرت سیلویی کشت دوم شرکت کشت‌وصنعت‌ودامپروری مغان داده‌های بدست آمده در نرم افزارMCDM engine وارد و مورد تحلیل قرار گرفت. این نرم افزار می‌تواند مسایلی با تعداد ۱۰ شاخص و ۱۰ گزینه را حل کند. اگر مساله دارای چند جواب باشد تنها یکی از آن ها را نشان خواهد داد (مومنی و شریفی سلیم ۲۰۱۵). با در نظر گرفتن موضوع این پژوهش، تعداد شاخص‌ها (Criteria) و تعداد گزینه‌ها (Alternatives) به ترتیب ٦ و ٤ انتخاب گردید. ضمن وارد کردن داده‌ها در ماتریس ایجاد شده، بالای هر شاخص مثبت یا منفی بودن آن نیز تعیین شد. در ماتریس ایجاد شده گزینه‌های A1، A2، A3 و A4 به ترتیب خاک‌ورزی مرسوم با آبیاری جوی وپشته، خاک‌ورزی مرسوم با آبیاری بارانی، بی‌خاک‌ورزی با آبیاری جوی وپشته و بی‌خاک‌ورزی با آبیاری بارانی و شاخص‌های C1، C2، C3، C4، C5 و C6 به ترتیب عملکرد محصول، متوسط میزان سوخت مصرفی، تعداد تردد ماشین‌آلات سر مزرعه، متوسط آب مصرفی به ازای واحد سطح کشت، شاخص بهره‌وری انرژی سوخت مصرفی و میزان تمایل کارشناسان امور زراعت به نوع روش خاک‌ورزی را نشان می‌دهد به طوریکه با توجه به ماهیت شاخص‌ها، C1، C5 و C6 شاخص‌های مثبت و بقیه شاخص‌ها منفی در نظر گرفته شدند. در ادامه با در نظر گرفتن وزن هر شاخص به روش آنتروپی (انتخاب گزینه Entropy)، گزینه Calculate جهت محاسبه و در نتیجه انتخاب بهترین روش خاک‌ورزی برای محصول ذرت سیلویی کشت دوم شرکت کشت و صنعت و دامپروری مغان انتخاب گردید.

جدول ۲-نمونه پرسشنامه درجه تمایل به سیستم خاکورزی

سیستم خاکورزی	درجه تمایل				
	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
خاکورزی مرسوم					
بی خاکورزی					

نتایج و بحث

-آنالیز واریانس و مقایسه میانگین داده ها

نتایج حاصل از آنالیز واریانس صفات نشان می‌دهد که بین فاکتور خاکورزی و صفت میزان آب مصرفی اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و سایر صفات مورد بررسی این پژوهش، اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. همچنین بین فاکتور آبیاری و صفات میزان آب مصرفی و تردد ماشین‌آلات سر مزرعه اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود دارد و تمامی اثرات متقابل غیر معنی‌دار هستند (جدول ۳). جدول ٤ مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در سیستم‌های مختلف خاکورزی و آبیاری با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار(LSD) در سطح احتمال ٥ درصد را نشان می‌دهد.

جدول ۳- آنالیز واریانس صفات مورد بررسی در سیستم‌های مختلف کشت و آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)				
		عملکرد محصول	میزان مصرف سوخت	تعداد تردد ماشین آلات سرمزرعه	میزان آب مصرفی	شاخص بهره‌وری انرژی سوخت
خاکورزی	۱	٦٦/٢**	٣٤٩٦٥**	٣٢٩/٧**	٩٩٠٩٩١٨*	٥٨١٣٧٢**
آبیاری	۱	٠/١٢٠^{ns}	٢٩٨/٥^{ns}	٥٨/٥**	٢١٢٥٦٠٧٠**	٢٦٤/١٤١^{ns}
خاکورزی×آبیاری	۱	١/٩٢٠^{ns}	٣٠١/٥^{ns}	٦١/٢^{ns}	٢٥٩٠١٤^{ns}	١١٢٧/١٤١^{ns}
خطا	۸	٠/٦٣٠	٢٧٦/٠١	٦/٥٣	١٧٤٦٥٩٩	٣٠٠٧/٣٤١

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ٥ درصد و ١ درصد می‌باشد.

عملکرد محصول

مقایسه میانگین با آزمون LSD در سطح احتمال ٥ درصد نشان داد (جدول ٤) که بین عملکرد مزرعه در سیستم‌های مختلف خاکورزی اختلاف وجود دارد به طوری‌که بالاترین عملکرد ذرت سیلویی کشت دوم مربوط به سیستم بی‌خاکورزی بوده و کمترین عملکرد در سیستم خاکورزی مرسوم می‌باشد و این در حالی است که اختلاف معنی‌داری در بین روش‌های مختلف آبیاری این محصول مشاهده نمی‌شود. موضوع اخیر نشان می‌دهد که عملکرد این محصول در اراضی شرکت کشت‌وصنعت‌وداموپروری مغان به روش نوتیلج (بی‌خاکورزی) به طور متوسط حداقل ۱۵درصد بیشتر از مورد مشابه به روش خاکورزی مرسوم می‌باشد. این در حالیست که نگرانی از کاهش عملکرد محصول

یکی از علل اصلی عدم بکارگیری روش‌های کم خاکورزی و نوتیلج در کشت محصول ذرت سیلوئی توسط کارشناسان شرکت مغان اعلام شده بود. همچنین اهمیت مورد اخیر زمانی بیشتر به چشم می‌خورد که علاوه بر افزایش تولید در واحد سطح، کاهش هزینه تولید (با توجه به نتایج بخش تردد سر مزرعه و در نتیجه سوخت آن) را نیز بدنبال دارد. برخی خصوصیات اندازه گیری شده محصول به شرح جدول ۵ می‌باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در سیستم‌های مختلف خاکورزی و آبیاری با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد

تیمارها	عملکرد محصول ($t.ha^{-1}$)	متوسط میزان سوخت مصرفی ($lit.ha^{-1}$)	تعداد تردد ماشین‌آلات سرمزرعه	میزان آب مصرفی (m^3)	شاخص بهره‌وری انرژی سوخت ($kg.l^{-1}$)
اثرات اصلی فاکتور خاکورزی					
خاکورزی مرسوم	۳۰/۵ b	۱٦٤/۱ a	۱۷/۵۳ a	۹۰۸۹/۵ a	۱۸۹/۷۸ b
بی خاکورزی	۳۵/۲ a	۵٦/۱ b	۷/۰۵ b	۷۲۷۲ b	٦۲۷ a
اثرات اصلی فاکتور آبیاری					
آبیاری جوی پشته	۳۲/۷۵ a	۱۱۵/۱۰ a	۱٤/۵ a	۹۵۱۱/٦٦ b	٤۰۲/۲ a
آبیاری بارانی	۳۲/۹۵ a	۱۰۵/۱۳ a	۱۰/۰۸ b	٦۸٤۹/۸۳ a	٤۱۱/۵۸ a
اثرات متقابل دو فاکتور خاکورزی و آبیاری					
خاک‌ورزی مرسوم با آبیاری جوی وپشته	۳۰ b	۱۷٤/۱۰ c	۲۲ c	۱۰۵٦۷/۵ a	۱۷۲/٤۳ a
خاک‌ورزی مرسوم با آبیاری بارانی	۳۱ b	۱۵٤/۱۰ b	۱۳ b	۷٦۱۱ c	۲۰۱/۱۳ a
بی‌خاک‌ورزی با آبیاری جوی وپشته	۳۵/۵ a	۵٦/۱۰ a	۷ a	۸٤۵٦/۲ b	٦۳۲/۸۳ b
بی‌خاک‌ورزی با آبیاری بارانی	۳٤/۹۰ a	۵٦/۱۰ a	۷ a	٦۰۸۸ d	٦۲۲/٤۳ b

جدول ۵- برخی خصوصیات اندازه‌گیری شده ذرت علوفه‌ای، کشت شده به روش نوتیلج

نام محصول	تراکم بوته در هکتار	ارتفاع بوته (cm)	ارتفاع بلال (cm)	درصد بلال به بوته	وزن بلال‌ها در بوته (g)	وزن بوته (g)	تعداد ردیف در بلال
ذرت علوفه‌ای کشت دوم ۷۰٤	۵٦٦٦۷	۲۷۱/٦٤	۱۲٤/۲۹	۲۰/۹٪	۱۹۷/۱	۸۲٦/٦	۱٤/٤٤

مصرف سوخت و تردد

در صفت متوسط میزان سوخت مصرفی هم بین سیستم‌های خاک‌ورزی اختلاف آماری وجود داشت (جدول٤). بطوری‌که مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD نشان داد که بیشترین میزان سوخت مصرفی در سیستم خاک‌ورزی مرسوم با آبیاری جوی و پشته بوده و کمترین آن در سیستم بی خاک‌ورزی با آبیاری بارانی و جوی و پشته می‌باشد. همچنین جدول اخیر نشان می‌دهد میزان سوخت مصرفی در سیستم خاکورزی مرسوم در دو روش آبیاری بارانی و جوی و پشته اختلاف معنی‌داری وجود دارد و این اختلاف معنی‌داری مربوط به عملیات نهرکنی و لولرزنی می‌باشد بدین شکل که در روش آبیاری بارانی نیازی به تسطیح آنچنانی (با توجه به روش آبیاری) و نیز عملیات نهرکنی ندارد.

مقایسه میانگین مصرف سوخت عملیات مکانیزه برای قطعات مورد آزمایش در این پژوهش برای هر دو حالت آبیاری بارانی (سنترپیوت) و آبیاری جوی و پشته به دو روش خاک‌ورزی مرسوم و بدون خاک‌ورزی (نوتیلج) نشان می‌دهد که در روش خاک‌ورزی مرسوم میزان این مصرف در حدود ۲۰۰ درصد بیشتر از حالت نوتیلج می‌باشد. به عبارتی برای تولید محصول ذرت سیلویی کشت دوم به روش خاک‌ورزی مرسوم سوخت به مراتب بیشتری نیاز است و این یعنی اینکه علاوه بر مبحث اقتصاد سوخت و بدنبال آن اقتصاد محصول تولیدی، آلایندگی بیشتر در روش خاک‌ورزی مرسوم می‌باشد. میانگین تردد ماشین آلات سر مزرعه نیز در بین سیستم‌های خاک‌ورزی اختلاف آماری داشت (جدول ٤). به طوری‌که بیشترین تردد ماشین آلات در سیستم خاک‌ورزی مرسوم و در آبیاری جوی و پشته بوده به تعداد ۲۲ بار تردد و کمترین آن در سیستم بی خاک ورزی با آبیاری جوی و پشته و بارانی به تعداد ۷ بار تردد سر مزرعه بود. نتایج این بخش با نتایج پژوهش انجام یافته توسط کومبل و همکاران (۱۹۸۸) مطابقت داشت.

- میزان آب مصرفی

جدول آنالیز واریانس صفات (جدول ۳) و مقایسه میانگین (جدول ٤) هم‌چنین نشان می‌دهد میزان آب مصرفی محصول ذرت سیلویی کشت دوم در بین فاکتور خاکورزی و سیستم‌های آبیاری اختلاف آماری معنی‌دار به ترتیب در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد وجود دارد. بدین شکل که بیشترین آب مصرفی برای تیمار خاک‌ورزی مرسوم به روش آبیاری جوی‌وپشته با مقدار ۱۰٥٦۷/۰٦۷ مترمکعب در هکتار و کمترین آن به تیمار بدون خاک‌ورزی با روش آبیاری بارانی به میزان ٦۰۸۸ مترمکعب در هکتار تخصیص داشت. علت اصلی اختصاص میزان آب بیشتر در روش آبیاری جوی و پشته نسبت به روش بارانی به راندمان آبیاری این روش‌ها برمی‌گردد. به طوریکه در روش بارانی میزان این راندمان تا ۷۰٪ و در روش جوی و پشته به ٤۲٪ می‌رسد. هم‌چنین علت اصلی اختصاص آب بیشتر در روش خاک‌ورزی مرسوم نسبت به روش بی‌خاک‌ورزی، علاوه بر حفظ رطوبت توسط بقایای باقی مانده از کشت قبلی در روش نوتیلج و در نتیجه دیر خشک شدن سطح مزرعه، به میزان خاک آب (آبیاری دوره اول) این محصول برمی‌گردد. به طوریکه در حالت نوتیلج به خاطر باقی ماندن رطوبت خاک از آبیاری دوره آخر کشت قبلی نیاز آنچنانی به خاک آب ندارد. اهمیت این موضوع، علاوه بر مباحث مربوط به کاهش مصرف آب در طول دوره رشد این محصول و در نتیجه آن صرفه‌جویی چشم‌گیر آب، زمانی نمود پیدا می‌کند که بدانیم با کاهش این مصرف، مدت زمان زهداری این اراضی افزایش یافته و یا به عبارتی آب شویی خاک کمتر شده و در نتیجه آن گامی موثر در راستای کشاورزی پایدار انجام شده است. موارد اخیر از مزایای اصلی استفاده از روش‌های بی‌خاک‌ورزی می‌باشد. نتایج این بخش با نتایج پژوهش‌های انجام یافته توسط افضلی نیا و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت داشت.

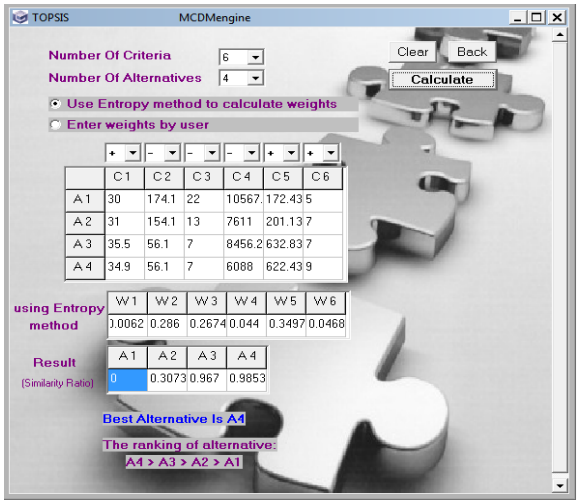
- شاخص بهره‌وری انرژی سوخت مصرفی (kg/l)

نتایج این بخش نشان می‌دهد که بیشترین بهره‌وری انرژی سوخت مصرفی مربوط به روش کشت مستقیم (نوتیلج) (بی‌خاک‌ورزی با آبیاری جوی وپشته) با مقدار ٦۳۲/۸کیلوگرم بر لیتر بوده و کمترین هم مربوط به روش خاکورزی مرسوم (خاک‌ورزی مرسوم با آبیاری جوی وپشته) با مقدار ۱۷۲/٤کیلوگرم بر لیتر می‌باشد. پارامتر بهره‌وری سوخت مصرفی از پارامترهای مهم برای سنجش بهره‌وری تولید می‌باشد. که علاوه بر مسائل مرتبط با آلودگی هوا و مشکلات زیست محیطی، مسائل مهمی همچون اقتصادی بودن تولید را هم با خود یدک می‌کشد.

- انتخاب بهترین سیستم خاک‌ورزی با روش ماتریس تصمیم‌گیری چند متغیره

برای این منظور از نرم افزار MCDM engine استفاده شد. همان طوری که در مقدمه اشاره شد، این نرم افزار توانایی حل رتبه‌بندی گزینه‌ها با تکنیک تاپسیس را داراست.

شکل ۲ نتایج نرم افزار به همراه ضرایب وزنی شاخص‌ها و ترتیب بهترین گزینه را نشان می‌دهد. با توجه به شکل اخیر روش بی‌خاک‌ورزی با آبیاری بارانی (A4) به عنوان بهترین تیمار در مقایسه با تیمارهای دیگر انتخاب شد. انتخاب این تیمار(A4)، بعنوان روش مناسب جهت تولید پایدار محصول ذرت علوفه‌ای با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره، در حالیست که از مجموع ٦ صفات بررسی شده، روش بی‌خاک‌ورزی با آبیاری بارانی در پنج صفت (عملکرد محصول، سوخت مصرفی، تردد سر مزرعه، میزان آب مصرفی و نظرخواهی از کارشناسان) رتبه اول را نسبت به بقیه تیمارها کسب کرده و در تنها صفت باقی مانده یعنی بهره‌وری انرژی سوخت رتبه پایین را به خود اختصاص داده است. این بدین معنی است که از منظر صفات مورد بررسی در این پژوهش و با در نظر گرفتن جمیع جهات، روش بی خاکورزی با آبیاری بارانی می‌تواند روشی مناسب برای تولید پایدار محصول ذرت علوفه‌ای کشت دوم در شرکت مغان و منطقه مورد استفاده قرار گیرد. نتایج این قسمت با نتایج تجزیه واریانس داده‌ها به روش آمار کلاسیک مطابقت کامل داشت.



شکل ۲- وزن هر شاخص با روش آنتروپی

نتیجه گیری کلی

۱- عملکرد محصول ذرت سیلویی در اراضی شرکت کشت‌وصنعت‌وداموری مغان به روش نوتیلج (بی خاک‌ورزی) به طور متوسط ۱۵ درصد بیشتر از مورد مشابه به روش خاک‌ورزی مرسوم می‌باشد.

۲- بیشترین میزان مصرف سوخت در سیستم خاک‌ورزی مرسوم با آبیاری جوی و پشته بوده و کمترین آن در سیستم بی‌خاک‌ورزی با آبیاری جوی و پشته و بارانی می‌باشد.

۳- بیشترین تردد ماشین‌آلات در سیستم خاک‌ورزی مرسوم و در آبیاری جوی و پشته بوده و کمترین آن در سیستم بی‌خاک‌ورزی با آبیاری جوی و پشته و بارانی می‌باشد.

٤- میزان مصرف آب ذرت سیلویی کشت دوم در روش نوتیلج حداقل ۲۰ درصد کمتر از مورد مشابه یعنی خاکورزی مرسوم می‌باشد.

٥- بیشترین بهره‌وری انرژی سوخت مصرفی مربوط به روش کشت مستقیم (نوتیلج) بوده و کمترین هم مربوط به روش خاکورزی مرسوم می‌باشد. این پارامتر از پارامترهای مهم برای سنجش بهره‌وری تولید می‌باشد که علاوه بر مسائل مرتبط با آلودگی هوا و مشکلات زیست محیطی، مسائل مهمی همچون اقتصادی بودن تولید را هم با خود یدک می‌کشد.

٦- نهایت امر اینکه نتایج استفاده از روش ماتریس تصمیم چند معیاره در این پژوهش نشان داد که روش بی‌خاکورزی با آبیاری بارانی (A4) به عنوان بهترین سیستم خاکورزی در مقایسه با روش‌های دیگر می‌باشد و این با نتایج تجزیه واریانس داده‌ها به روش تحلیل آماری کلاسیک مطابقت کامل داشت.

تقدیر و تشکر

تقدیر و تشکر ویژه از مدیریت محترم شرکت کشت و صنعت وامپروری مغان و مجموعه عوامل زحمتکش مجتمع زراعت که با حمایت‌های مالی و معنوی خود ما را در انجام این پژوهش یاری کردند.

منابع مورد استفاده

Asgharpour MJ . 2004. Multi-criteria decisions, 3rd. Publication of university of Tehran. (In Persian).

Asoodar MA, and Sabzeh zar H. 1993. Tillage: fundamentals of machine operation, 3rd. Publication of Nashre Amozesh Keshavarzi. (In Persian).

Afzalinia S and Karami A. 2018. Effect of conservation tillage on soil properties and corn yield in the corn-wheat rotation. Iranian Journal of Biosystem Engineering. Publication of University of Tehran, 49(1): 129-137. (In Persian).

Buckingham F and Pauli AV. 1974. Fundamentals of machine operation (FMO)-Tillage. Publication of John Deere Company.

Chen H. 2013. Traffic and tillage effects on soil water conservation and winter wheat yield in the loess plateau, china. Ecological Chemistry and Engineering Sinica, 20 (3): 507-517.

Compbell JA and Akhtar ME. 1988. Impact of tillage on soil water regimes in the rainfed areas of Pakistan. Soil Physics, 275-276.

Demjanová E, Macák M, Ĉaloviü I, Majerník F, Týr T and Smatana J. 2009. Effects of tillage systems and crop rotation on weed density, weed species composition and weed biomass in maize. Agronomy Research, 7(2), 785-792.

Ghodsypour SH. 2013 .Analytical hierarchy process (AHP). Publication of Amirkabir University of Technology - Tehran Polytechnic. (In Persian).

Katsvairo T, Cox WJ and Vanes H. 2002.Tillage and rotation effects on soil physical.Characteristics. Agronomy Journal, 94: 299-304.

Khorramian M, Bromand S and Ashrafizadeh SR. 2013. Effect of No Tillage, Water Stress and Nitrogen Stress on Nitrate Transfer in Soil and Maize Yield in Northern Khuzestan Province. Journal of Water Research in Agriculture, 28(1): 11-23. . (In Persian).

Lampurlanes J, Angas P, Marlines C. 2001. Root grouth, soil water content and yield of barely under different tillage systems on two soil semiarid conditions. Field Crop Research, 27-40.

Lapen DR, Topp GG, Edwards ME, Curnol WE. 2004. Combination cone penetration resistance water content instrumentation to evaluated cone penetration-water content relationships in tillage research. Soil and Tillage Research, 79: 51-62.

Mesri TG. 2016. Mechanization of Agricultural Industries. University of Mohaghegh Ardabili publication. 62-65 (In Persian).

Momeni M and Sharifi salim A. 2015.MADM Models and Softwares (AHP and TOPSIS). (In Persian).

Nouri Gh, Tabatabaian SH. 2002. Sensitivity analysis of multi-index decision issues relative to the method used. Management Knowledge Quarterly. University of Tehran. www.un.org, 17 June 2019, New York.

Plegrin F, Fernandez JE and Murillo JM. 1997.Soil physical properties ,water depletion and crop establishment under traditional and conservation tillage in southern Spain. Soil and Tillage Research, 41(1-2): 25 -42.

Sparrow SD, Lewis CE and Knight CW. 2006. Soil quality response to tillage and crop residue removal under subarctic conditions. Soil & Tillage Research, 91: 15-21.