مدیریت نهاده های ورودی برای بهینه سازی انرژی در تولید گوجه‌فرنگی استان زنجان

کامران افصحی*[۱]، مجید نامداری[۲]، سجاد ارومیه[۳]

[۱]استادیار مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان afsahi@znu.ac.ir
[۲]دانش آموخته دکتری مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی ، دانشگاه تهران majidnamdari@gmail.com
[۳] دانشجوی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان

چکیده

هدف این مطالعه تعیین میزان انرژی ورودی و خروجی و همچنین ارایه راهکارهایی برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در تولید گوجه‌فرنگی در استان زنجان می‌باشد. داده‌های مورد نیاز از طریق کشت گوجه‌فرنگی در شهرک زرین محمود واقع در شهرستان خدابنده به دست آمد. نتایج نشان داد که میزان انرژی ورودی برای تولید گوجه فرنگی، ۵۷ گیگاژول در هکتار است. از این میزان حدود ۵۵ درصد مربوط به کودهای شیمیایی و ۱۵/۴۲ درصد مربوط به سوخت می‌باشد. نسبت انرژی و بهره‌وری انرژی نیز به ترتیب برابر با ۱/۱۸ و ۱/۴۸ کیلوگرم برمگاژول به دست آمد. با توجه به یافته‌های مطالعه، تولید گوجه‌فرنگی بسیار مبتنی بر نیروی کار بوده و پیشنهاد می‌شود با بهره‌گیری از ماشین در کاشت و برداشت گوجه فرنگی ضریب مکانیزاسیون این فعالیت‌ها ارتقا یابد. این امر موجب افزایش نسبت انرژی در زراعت این محصول خواهد شد. مدیریت صحیح نهاده‌های کودی و استفاده موثرتر از کودهای دامی می‌تواند باعث افزایش کارای انرژی در زراعت مورد نظر شود.

کلمات کلیدی: بهینه‌سازی، محیط زیست، بهره وری، نهاده، زراعت، زنجان

Input Management for Optimization of Energy in Tomato Production of Zanjan

Kamran Afsahi*[1], Majid Namdari[2], Sajjad Orumiyeh
1-College of agriculture, University of Zanjan
2-Department of agricultural machinery, University of Tehran

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the input and output energy in tomato production. Required data were obtained through tomato cultivation in Zarin-Mahmoud City, Khodabandeh. The results showed that the input energy for tomato production in the region was 57 GJ ha^{-1} that about 55% of this is for chemical fertilizers and 15.42% is for fuel. Energy productivity and energy efficiency were also found to be 1.18 and 1.48 $kgMJ^{-1}$ respectively, which indicates that tomato cultivation in the region was more successful in terms of efficiency and productivity. According to the findings, it is suggested that the use of mechanized machines in planting and harvesting tomatoes to reduce labor and the proper management of fertilizer inputs can increase energy efficiency in the region.

Keywords: Optimization, Environment, input, agriculture, Zanjan

۱- نویسنده مسئول: کامران افصحی، دانشگاه زنجان، دانشکده کشاورزی

۱- مقدمه

گوجه فرنگی با نام علمی *Solanum lycopersicum* میوه‌ای سرخ‌رنگ و آبدار ا ست. این گیاه بومی آمریکای جنوبی و مرکزی ا ست که طی دوره استعماری اسپانیا به سایر نقاط جهان منتقل شد. انواع مختلف این گیاه امروزه در سراسر جهان پرورش داده می‌شود. البته «گوجه فرنگی» از نظر علم باغبانی و نداشتن هسته در دسته سبزیجات حساب می‌شود. گوجه فرنگی سرشار از ویتامین سی و لیکوپن است. این میوه امروزه به روش‌های مختلفی، به طور خام یا به عنوان یکی از مواد لازم برای تهیه غذا، انواع سس و نوشیدنی مصرف می‌شود و بخش مهمی از رژیم غذایی مردم بسیاری از کشورها را تشکیل می دهد. کشت و پرورش این گیاه به طور کلی، مساحتی حدود سه میلیون هکتار را به خود اختصاص داده است، که نزدیک یک سوم کل مساحت مختص به کشت تره‌بار در جهان است. با وجود این که گوجه فرنگی در علم گیاه شناسی یک میوه تلقی می شود، اغلب به‌عنوان تره‌بار شناخته می‌شود. گوجه فرنگی به تیره سیب‌زمینیان تعلق دارد و از گیاهان چندساله است. به علت اهمیت اقتصادی، این گیاه موضوع تحقیق پژوهش های بسیاری قرار دارد و در علم ژنتیک به‌عنوان یکی از گیاهان الگو شناخته می شود. تحقیقات انجام شده بر این گیاه در سال ۱۹۹۰ به تولید نخستین نوع تراریخته مجاز برای مصرف و تجارت در ایالات متحده آمریکا انجامید.

در ارتباط با تحلیل های انرژی در تولید گوجه فرنگی، مطالعاتی صورت گرفته است. نتایج حاصل از تحلیل مصرف انرژی در تولید گوجه فرنگی در استان توکات ترکیه نشان داد که مقدار انرژی مصرف شده در تولید گوجه فرنگی ۹۶گیگاژول در هکتار است که از این مقدار حدود ۴۶ درصد مربوط به سوخت دیزل و ۳۸ درصد مربوط به کود های شیمیایی و ماشین هاست. کارایی انرژی ۰/۸ و بهره‌وری انرژی ۱/۰ گیلوگرم بر مگاژول در هکتار به دست آمد. حدود ۷۶ درصد از کل انرژی ورودی غیر قابل تجدید و ۲۲ درصد قابل تجدید بوده (Esengun *et al.*, 2007).

بررسی های انجام شده در جنوب مارامای ترکیه نشان داد که کل انرژی ورودی و خروجی برای تولید گوجه فرنگی به ترتیب برابر با ۴۵/۵۳و۳۶/۳گیگاژول در هکتار است که از میزان ۳۴/۸۲درصد مربوط به انرژی سوخت است و انرژی کود های شیمیایی و ماشین ها در رتبه بعدی قرار دارد و میزان کارایی و بهره وری انرژی را به ترتیب با ۰/۸و۰/۹۹کیلو گرم برمگاژول برآورد کردند (Cetin and Vardar, 2008). در تحقیقی که منصوریان انجام داد نتیجه شد که قیمت متوسط هر کیلو کالری انرژی مصرفی در گوجه فرنگی ۰/۷۲ریال ؛در سیب زمینی ۰/۶۴؛ برای پنبه ۰/۴۶؛ برای چقندر قند ۰/۴۴؛و برای گندم وجو ۰/۳ریال همچنین هر واحد انرژی نیروی کار ۱/۱۴ریال ؛ هر واحد انرژی عملیات ماشینی (شخم)۰/۴۴ریال می باشد. انگیندینز (۲۰۰۶)؛ در بررسی مزارع گوجه فرنگی در ازمیر که از حشره کش استفاده میشد مشخص شد که متوسط هزینه ها برای تولید گوجه فرنگی ۳۴۱۰دلار برهکتار؛ارزش ناخالص ۲۸۳۳دلاربرهکتارو سود خالص برابر با ۱۷۹۴دلار میباشد. هزینه کل حشره کش‌ها ۱۴۱دلار بر هکتار بودکه ۹/۵درصداز هزینه های متغیر و ۱/۴ درصد از هزینه‌های کل را در بر میگرد.

هدف از این مطالعه بررسی شاخص های انرژی و اقتصادی و ارایه راهکارهایی برای بهینه سازی مصرف انرژی در تولید گوجه فرنگی در استان زنجان می باشد.

۲- مواد و روش‌ها

اطلاعات به دست آمده در این تحقیق از طریق کشت گوجه فرنگی در شهرک زرین محمود شهرستان خدابنده به دست آمده است. دراین تحقیق تمام مراحل کشت گوجه فرنگی مورد مطالعه قرار گرفت. این مراحل عبارت بود از عملیات آماده‌سازی زمین،کاشت، داشت، برداشت، نگهداری و حمل و نقل.کل هزینه های تولید از جمع هزینه های تمامی مراحل کشت گوجه فرنگی به دست آمد.

در فرآیند رشد و توسعه‌ی محصولات، تقاضای انرژی در کشاورزی می‌تواند به شکل‌های گوناگون از قبیل مستقیم و غیرمستقیم، تجدید پذیر و تجدید ناپذیر تقسیم‌بندی گردد. کارایی انرژی سیستم کشاورزی به وسیله‌ی نسبت انرژی بین نهاده و ستانده ارزیابی می‌شود. مقادیر نیروی انسانی، ماشین‌های کشاورزی، سوخت دیزل، حاصلخیز کننده‌ها، آفت‌کش‌ها، بذر و عملکرد خروجی محصول گوجه فرنگی برای محاسبه و برآورد نسبت انرژی مورد استفاده قرار گرفت. هم‌ارزهای انرژی ارائه شده در جدول شماره‌ی ۱ برای برآورد شاخص‌های انرژی مورد استفاده قرار گرفت. منابع انرژی مکانیکی مورد استفاده در مزارع شامل تراکتورها و سوخت دیزل است. انرژی مکانیکی بر اساس کل مصرف سوخت (لیتر بر هکتار) در عملیات مختلف مقایسه گردید. بنابراین، انرژی مصرف شده با استفاده از فاکتورهای تبدیل (یک لیتر گازوئیل معادل ۵۶/۳۱ مگاژول) و به صورت مگاژول بر هکتار بیان گردید (Mohammadi *et al.*, 2008; Esengun *et al.*, 2007).

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

جدول ۱- هم‌ارز انرژی برای نهاده‌ها و ستانده‌ها

Table 1- energy equivalent in tomato production

	Unit	Energy Equivalent (MJ unit^{-1})
الف) نهاده‌ها		
۱- نیروی انسانی	h	1.96
۲- ماشین‌ها	h	62.7
۳- سوخت دیزل	L	56.31
۴- کود شیمیایی	kg	
نیتروژن (N)		66.14
فسفر(P_2O_5)		12.44
پتاسیم (K_2O_5)		11.15
سولفور (S)		1.12
روی (Zn)		8.40
۵- کود حیوانی	kg	0.30
۷- سموم شیمیایی	kg	120
۱۰- آب آبیاری	m^3	1.02
۱۱- بذر	kg	1.0
ب) ستاده		
۱- گوجه فرنگی	kg	0.8

اطلاعات پایه‌ای انرژی نهاده و عملکرد گوجه فرنگی در صفحات گسترده‌ی نرم‌افزار Excel 2007 و SPSS 22 وارد شد. بر اساس هم‌ارزهای انرژی نهاده‌ها و ستانده (جدول شماره‌ی ۱)، نسبت انرژی (کارایی مصرف انرژی)، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و انرژی خالص محاسبه شد (Mohammadi et al., 2008).

$$\text{کارایی مصرف انرژی} = \frac{\text{انرژی ستانده (مگاژول بر هکتار)}}{\text{انرژی نهاده (مگاژول بر هکتار)}}$$

$$\text{بهره‌وری انرژی} = \frac{\text{محصول سیب‌زمینی (کیلوگرم بر هکتار)}}{\text{انرژی نهاده (مگاژول بر هکتار)}}$$

$$\text{انرژی ویژه} = \frac{\text{انرژی نهاده (مگاژول بر هکتار)}}{\text{محصول سیب‌زمینی (کیلوگرم بر هکتار)}}$$

انرژی خالص = انرژی ستانده (مگاژول بر هکتار) - انرژی نهاده (مگاژول بر هکتار)

انرژی غیرمستقیم شامل انرژی موجود در بذر، حاصلخیز کننده‌ها، کود دامی، سموم شیمیایی، ماشین‌های کشاورزی است، در حالی که انرژی مستقیم نیروی انسانی و سوخت دیزل مورد استفاده در تولید سیب‌زمینی را فرا می‌گیرد. انرژی تجدیدناپذیر شامل سوخت گازوئیل، مواد شیمیایی، حاصلخیز کننده‌ها و ماشین‌هاست، و انرژی تجدیدپذیر شامل نیروی انسانی، بذرها و کود دامی می‌باشد.

۳- نتایج و بحث

نتایج مربوط به میزان مصرف هر کدام از نهاده ها در تولید گوجه‌فرنگی در واحد یک هکتار در جدول شماره (۲) آورده شده است. این جدول نشان می‌دهد که در کشت گوجه فرنگی در فضای باز به نیروی کار زیادی نیاز وجود دارد. با توجه به نوع کشت و سیستم سنتی زراعت این محصول در منطقه این امر کاملا طبیعی است. بیشترین ساعات کار مربوط به نیروی انسانی مربوط به برداشت می‌باشد و پس از آن به ترتیب مربوط به آبیاری، آماده‌سازی زمین، خاکدهی، کاشت، کوددهی و سم‌پاشی می‌باشد. این امر نشان می دهد که کشت گوجه فرنگی در ایران مکانیزه نمی‌باشد. در ارتباط با ساعات کاری ماشین آلات بیشترین ساعت برای آماده‌سازی زمین می‌باشد و پس از آن به ترتیب به سم پاشی و کود دهی مربوط بوده است. در ارتباط با سوخت نیز حالتی مشابه قبل حاکم بوده است. در ارتباط با مصرف کودهای شیمیایی، بیشترین مقدار کود برحسب (kg/ha) مربوط به کود فسفاته و پس از آن به ترتیب مربوط به اوره و پتاسیم می‌باشد.

جدول ۲- مقادیر ورودی و خروجی در تولید گوجه فرنگی

Table 2. The inputs and output in tomato production.

Input	Value	Input	Value
نیروی کار(h.ha)	1415	سوخت(L.ha)	185
آماده سازی زمین	120	آماده سازی زمین	95
کاشت	88	عملیات کود پاشی	21
خاکدهی پای بوته	120	عملیات سم پاشی	21
عملیات کود پاشی	24	کود شیمیایی(kg.ha)	1100
عملیات سم پاشی	18	اوره	400
آبیاری	125	فسفاته	500
برداشت	800	پتاس	200
ماشینِ آلات(h.ha)	44	کود دامی (ton.ha)	20
آماده سازی زمین	15	سموم(kg.ha)	5.4
عملیات کود پاشی	3	آب(متر مکعب)	7530
عملیات سم پاشی	4	بذر(kg.ha)	0.4

بر اساس هم ارزهای انرژی، مقادیر انرژی ورودی و خروجی در جدول (۳) آمده است. نتایج نشان می دهد که کمترین میزان انرژی ورودی مربوط به انرژی بذر می باشد و بیشترین انرژی ورودی در کودهای شیمیایی مربوط به کود اوره با (۴۶/۱۱) درصد می باشد. کارایی انرژی کمتر از یک به معنی ناکار امدی کشت گوجه از جهت انرژی در منطقه می‌باشد. متوسط میزان انرژی ورودی جهت کشت گوجه فرنگی ۵۷ گیگاژول در هکتار می‌باشد و از آن طرف میزان انرزی خروجی برابر با ۶۸ گیگاژول می‌باشد که این کارایی حاصل مدیریت صحیح نهاده‌ها به خصوص کود شیمیایی، آب آبیاری و استفاده از روش آبیاری قطره ای به جای آبیاری سنتی (جوی پشته) می باشد.

جدول ۳- انرژی ورودی و خروجی در تولید گوجه فرنگی

Table 3. The input and output energy in tomato production.

Input	Value	Energy Equivalent (MJ/unit)	Energy (MJ/ha)	%
نیروی کار	1415	1.76	2490.4	4.3
سوخت	185	47.5	8843	15.41
کود دامی	20	303.1	6062	10.56
اوره	400	66.14	26456	46.11
فسفاته	500	17.4	2740	4.7
پتاسه	200	13.7	2740	4.7
سموم(kg/ha)	4.5	120	540	0.94
ماشین ها	44	62.7	1878	3.27
آب آبیاری	7530	0.63	4743.3	8.26
بذر	0.4	1	0.4	0.6
مجموع			57373	
انرژی گوجه		0.8	68000	

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

در جدول (۴) ارزش ریالی هر کدام از نهاده های مصرفی در تولید هر هکتار گوجه فرنگی در مزرعه مورد نظر را نشان می دهد.

جدول ۴- ارزش اقتصادی نهاده ها در تولید یک تن گوجه

Table 4. Economic values of inputs in potato production.

Item	Value (per hectare)
آماده سازی زمین	648000
داشت	1722000
قیمت بذر	850000
اوره (بسته ۵۰ کیلویی)	320000
فسفاته (بسته ۵۰ کیلویی)	1000000
پتاسه (بسته ۵۰ کیلویی)	400000
کود دامی(ton)	600000
اجاره بهای زمین(ha)	1500000
آب بها(ha)	5000000
هزینه کارگری	8490000
هزینه هر سبد حمل و نقل	700000
عملکرد محصول (ton)	85
قیمت فروش محصول	280
پلاستیک	80000
میله	200000
کل هزینه ها	21510000

در جدول (۵) نتایج شاخص های انرژی و اقتصادی گزارش شده است. نسبت انرژی برابر با ۱/۱۸ می‌باشد که به منزله‌ی کارامد بودن کشت گوجه فرنگی با این شرایط و نهاده‌ها می‌باشد. این بدان معنی است که در فرایند تولید گوجه فرنگی در مزرعه مورد نظر، مقداری انرژی تولید شده است. جدول (۵) نشان می دهد که بهره‌وری انرژی برابر با ۱/۴۸ می باشد که به این معنی است که هر واحد انرژی می‌تواند ۱/۴۸ کیلوگرم گوجه تولید کند. باید در نظر داشت تولید گوجه فرنگی به صورت آبیاری قطره‌ای و مدیریت صحیح نهاده ها باعث افزایش کارایی کشت گوجه می‌شود.

جدول ۵- شاخص های انرژی در تولید یک تن گوجه فرنگی

Table 5. Energy indices in tomato production.

Item	Value
درامد(تومان)	23080000
بهره وری اقتصادی	1.18
بهره وری انرژی	1.48
نسبت انرژی	1.18
ارزش انرژی	3660.23
درامد به ازای هر ژول انرژی مصرفی	4008.85
انرژی به ازای هر کیلو گرم گوجه	1.48

نتیجه این تحقیق نشان داد که به طور متوسط برای تولید گوجه فرنگی به ۵۷/۳ گیگاژول انرژی نیاز است. از این میزان کودهای شیمیایی با ۵۶ درصد از کل انرژی ورودی را به خود اختصاص می دهد پس از کود شیمیایی، سوخت با ۴۱/۱۵ در رتبه بعدی قرار دارد. متوسط انرژی خروجی نیز ۶۸ گیگاژول به دست آمد. گوجه فرنگی یکی از محصولاتی است که میزان نهاده های زیادی از جمله کود شیمیایی، آب و نیروی کار زیادی لازم دارد و همچنین به خاطر استفاده شدید و متمرکز از ماشین آلات در آماده سازی زمین، مصرف سوخت بالایی دارد. نتایج این مطالعه نشان داد که میزان کود مصرفی در منطقه اگر با مدیریت صحیح باشد موجب کارایی کود می‌شود. همچنین آبیاری قطره‌ای به جای آبیاری جوی و پشته باعث کارایی آب مصرفی می‌شود. به هر حال استفاده فراوان از نهاده‌ها به منظور حداکثر سودآوری می‌تواند باعث افزایش هزینه ها شود. استفاده از تمام نهاده

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

های تولیدی زمانی کارامد است که سیستم تولید کارا باشد.

براساس یافته های نتایج این مطالعه پیشنهادات زیر ارایه می شود:

- استفاده از آبیاری قطره ای به جای آبیاری سنتی(جوی وپشته)؛جهت کارایی آب آبیاری.
- مدیریت صحیح نهاده ها به خصوص کود های شیمیایی برای بهبود کارایی نهاده های کودی.
- استفاده از بذر های اصلاح شده و زود راس جهت افزایش عملکرد .
- استفاده از ماشین های مکانیزه درکاشت و برداشت جهت کم شدن نیروی انسانی (کارگری)و هزینه
- بهتر است در کنار شاخص های انرژی و اقتصادی، شاخص های زیست محیطی نیز برای توسعه پایدار تولید محصولات کشاورزی مورد توجه قرار گیرد.

۴- مراجع

Mohammai, A., Tabatabaeefar, A., Shahin, Sh., Rafiee, Sh., Keyhani, A. (2008) Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. *Energy Convers Manage* 49:3566–3570.
Esengun K., Erdal G., Gunduz O., and Erdal H. 2007. An economic analysis and energy use in stake-tomato production in Tokat province of Turkey. Renewable Energy, 32:1873–1881.
Cetin B., and Vardar A. 2008. An economic analysis of energy requirements and input costs for tomato production in Turkey. Renewable Energy, 33: 428-433

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران