مروری بر مصرف و تولید انرژی در کشاورزی رایج و پایدار

دکتر جعفر ولیزاده *

مقدمه

آیا نباید این سؤال مطرح شود که مصرف انرژی فسیلی در کشاورزی تا چه حدی اهمیت دارد ؟ مگر نه اینکه کشاورزی در روی کره زمین اولین شیوه تولید بوده‌است که در طی آن از منابع خاک ، آب و انرژی خورشیدی به صورت کاملاً مناسب استفاده می‌شود .

زراعت ، منابع طبیعی و شیلات تنها بخشهای اقتصادی هستند که از بیوانرژی به صورت مستقیم و نامحدود استفاده می‌گردد و مواد پرانرژی تولید می‌شود .

در گذشته مواد اولیه و انرژی در کشاورزی به صورت محدود استفاده می‌گردید . پس از جنگ جهانی دوم تغییرات عمده در مصرف انرژی بخش کشاورزی جهان ایجاد شد و در نتیجه استفاده از ماشینهای کشاورزی و مواد شیمیائی که وابسته به مواد اولیه و انرژی بودند گسترش یافت و تعداد تولید محصول در واحد سطح نیز افزایش یافت . ولی تعداد مواد اولیه مصرف شده چندین برابر گردید . بطور مثال در سال ۱۹۰۵ به ازا مصرف یک واحد انرژی ۴ واحد محصول افزوده تولید می‌گردید ، در حالی که در سال ۱۹۷۵ رابطه فوق به صورت ۱/۸ تغییر کرده است . که نشان دهنده کاهش بازده انرژی به میزان ۵۵ درصد در کشاورزی رایج می‌باشد .

تغییرات مقدار انرژی بخش کشاورزی آلمان نشان می‌دهد که در سال ۱۹۰۵ مقدار مصرف انرژی حدود ۲۳۵ میلیارد ژول بوده‌است که در سال ۱۹۷۸ به ۵۵۰ میلیارد ژول افزایش یافته . یعنی نسبت به سال ۱۹۰۵ دو برابر گردیده‌است (Weber 1979) از آنجاییکه به طور متوسط هر آمریکایی ۳۰ برابر هر نفر در کشورهای در حال توسعه و دو برابر و نیم هر فرد از بقیه کشورهای صنعتی انرژی مصرف می‌کند و چنین تصور می‌رود که تا سال ۲۰۰۰ مقدار مصرف انرژی در آمریکا و بقیه کشورها به میزان ۲۷ درصد به ازاء هر نفر در سال افزایش یابد. مصرف بی‌رویه انرژی و مواد اولیه در شکل

---

* - هیأت علمی دانشگاه س و ب

کنونی خود دیگر ممکن نمی‌باشد و اگر تصور شود که تمام ساکنان جهان به همان مقدار انرژی مصرف کنند که در آمریکا مصرف و هدر داده می‌شود بایستی منتظر فاجعه هولناکی در سطح کره زمین بود (Strahm 1975) در رابطه با مقدار انرژی مورد نیاز برای تولید کودهای معدنی لازم است خاطر نشان گردد که انرژی لازم در تولیدات گیاهی حدوداً ۵۰ درصد کل انرژی نهاده (Input Energy) را شامل می‌شود. یعنی برای تولید یک کیلوگرم ازت به صورت کود معدنی نیاز به دو کیلوگرم نفت به صورت ماده سوختی است و بدین ترتیب روشن می‌گردد که جهت تولید کودهای معدنی به چه میزانی از انرژی فسیلی باید مصرف شود.

بیلان انرژی

در سال ۱۹۷۸ بیلان انرژی در زمینه کشاورزی توسط Pimentel ./ Pimentel ارائه گردید که در آن نسبت انرژی نهاده (که دائماً در حال افزایش است) به انرژی ستاده (Input Energy : Output Energy) داده شده‌است ، یعنی مقدار انرژی که جهت تولید محصول کشاورزی بخصوص بکار گرفته می‌شود نسبت به مقدار انرژی که از محصول فوق حاصل خواهد شد . این بررسی با استفاده از مثال تولید ذرت در آمریکا در سالهای ۱۹۴۵ و ۱۹۷۰ نشان داده می‌شود که نسبت فوق در سالهای یاد شده به ترتیب از ۱ : ۰/۲۷ به ۱: ۰/۴ تغییر کرده است که نشانگر افزایش بیشتر انرژی فسیلی می‌باشد . (گزارش وزارت کشاورزی آمریکا) (USDA 1980) با وجود اینکه مقدار انرژی ستاده (Dutput Energy) محصولات کشاورزی به راحتی از جدول مقدار کالری مواد غذایی قابل محاسبه است . محاسبه میزان انرژی نهاده (Lnput Energy) نسبتاً مشکل‌تر است.

در هنگام محاسبه انرژی نهاده بایستی انرژی داخلی (Lntern Energy) و انرژی خارجی (Extern Energy) را از یکدیگر تفکیک نمود.

جدول شماره ۱ : مقایسه انرژی داخلی و انرژی خارجی (اقتباس از Luen2er 1982)

انرژی داخلی	انرژی خارجی		Extern Energy
Intcrn Energy	انرژی مستقیم		انرژی غیر مستقیم
انرژی نورانی خورشید عناصر غذائی خاک آب	نیروی کار انسان و دام انرژی سوختی انرژی مورد نیاز برای تولید گرما و نور (الکتریسته و نفت)	تعمیرات حمل و نقل نگهداری	تولیدماشین آلات و ابزار و موادی که در تولید مورد نیاز هستند مانند کود و سموم و همچنین احداث ساختمانهای مورد نیاز و تجهیزات مربوطه

در جریان تولید ذرت انرژی نورانی خورشید به عنوان انرژی داخلی حدود ۹۰ درصد از انرژی نهاده را تشکیل می‌دهد و ۱۰ درصد بقیه مربوط به انرژی خارجی می‌شود (Pimentel 1978)

برای اینکه بتوان میزان انرژی خارجی را محاسبه نمود بایستی از انرژی داخلی صرفه نظر شود .

جدول شماره ۲ نشان می‌دهد که محاسبه بیلان انرژی تا چه حدی مشکل است .

جدول شماره ۲

انرژی نهاده(Input-Energy)	ژول به ازاء هر واحد
نیروی کار انسان	۲ MY به ازاء نیروی کار
موادسوختی	۵۰ MY به ازاء هر کیلو گرم
ماشین‌های تولید	۸ MY به ازاء هر تن
ماشین‌های تعمیرات	۳ MY به ازاء هر تن
حمل و نقل	۵ MY به ازاء هر تن و هر کیلو
کودهای شیمیایی ازت	۸ MY به ازاء هر کیلو گرم

انرژی نهاده (Input-Energy)	ژول به ازاء هر واحد
کودهای شیمیایی فسفر	۳۱ MY به ازاء هر کیلو گرم
کودهای شیمیای پتاس	۱۰ MY به ازاء هر کیلو گرم
کودهای شیمیایی کلسیم	۲ MY به ازاء هر کیلو گرم
سموم مورد نیاز در بخش گیاهپزشکی	۱۱۵ MY به ازاء هر کیلو گرم
بذر و (اصلاح و تولید)	دو برابر انرژی موجود در بذور
خشک کردن (برای کاهش ۱٪ رطوبت	۱۳۰ MY به ازاء هر تن بذر
الکتریسته	سه برابر انرژی موجود در آن

اقتباس از Luenzer 1979

جدول فوق اعداد پایه مهمی را در زمینه انرژی نهاده کشاورزی در اختیار ما قرار می‌دهد . اعداد فوق بر پایه انرژی اولیه محاسبه شده‌اند (انرژی خام = مواد حاوی انرژی که فرآیندی بر روی آنها صورت نگرفته باشد مانند نفت خام و زغال سنگ) و برای اینکه انرژی خام الکتریسیته محاسبه گردد بایستی انرژی آن سه برابر گردد.

در گزارش وزارت کشاورزی آمریکا بیلان انرژی محصولات مختلف کشاورزی در سیستمهای تولیدی متفاوت محاسبه شده‌اند که طبق آن بطور متوسط بیلان انرژی سیستم کشاورزی پایدار ۱۵ تا ۶۰ درصد نسبت به کشاورزی رایج در آمریکا مناسب‌تر است. جدول شماره ۳ و ۴ (USAD 1980)

جدول شماره ۳ مقایسه انرژی مصرفی به ازاء تولید ۱۰۰ کیلوگرم گندم در کشاورزی پایدار و کشاورزی رایج در آمریکا

	درصد مصرف شده در سیستم	
	کشاورزی رایج	کشاورزی پایدار
ماشین ها	۲۹/۹	۳۸/۹
سوخت	۲۴/۳	۲۷/۲
ازت	۲۴/۲	۲/۳
فسفر	۴/۹	۰/۷

	درصد مصرف شده در سیستم	
	کشاورزی رایج	کشاورزی پایدار
بذر	۲۵/۵	۲۶/۶
پتاس	۴/۳	۰/۷
الکتریسته	۱/۵	۱/۸
آهک	۱/۱	۱/۸
کل انرژی	۱۰۰/۰	۱۱۵/۷

اقتباس از USAD 1980

جدول شماره ٤ مقایسه مقدار انرژی مصرفی به کیلو کالری ۱۰۰۰ به ازا هر محصولات متفاوت در کشاورزی پایدار و کشاورزی رایج

نوع محصول	سوخت		کود		کل		کل انرژی صرفه جوئی شده ٪
	رایج	پایدار	رایج	پایدار	رایج	پایدار	
گندم زمستانه ایالت شمال غربی	۳۳۱/۵	۵۱۳/۳	۴۷۶/۲	۱۷۶/۴	۸۰۷/۷	۶۸۹/۶	۱۵
گندم زمستانه ایالت شمال شرقی	۲۴۲/۰	۲۱۰/۰	۳۳۲/۹	۲۸/۹	۵۷۴/۹	۲۳۹/۰	۵۸
جو	۳۲۹/۴	۵۲۲/۲	۳۹۴/۴	۲۱/۸	۷۲۳/۸	۵۴۴/۰	۲۵
گندم بهاره	۴۱۴/۰	۵۰۹/۵	۶۶۴/۰	۶۰/۰	۱۰۷۸/۰	۵۶۹/۵	۴۷

اقتباس از USAD 1980

مطالعات Prevscher 1977 نشان می‌دهد که در سیستم پایدار نسبت به سیستم رایج کشاورزی مقدار کمتری انرژی جهت آماده سازی زمین و کشت مصرف خواهد شده زیرا که در نتیجه کاربرد کودهای آلی ساختمان بافت خاک بهبود یافته و نتیجتاً عملیات آماده سازی نیز به کار و انرژی کمتری نیاز خواهد داشت . مطالعات انجام شده توسط Wer2 1982 نشان می‌دهد که در سیستمهای کشاورزی بیولوژیک نسبتاً مقدار مواد سوختی مصرف شده کمتر است و در سیستمهای بیولوژیکی حدوداً ۷۸ لیتر به ازاء هر هکتار مواد سوختی مصرف می‌گردد ، در صورتی که واحدهای مشابه با سیستم کشاورزی رایج حدود ۱۲۰ لیتر به ازاء هر هکتار مواد سوختی نیاز خواهند داشت .

طبق گزارش وزارت کشاورزی آمریکا که قبلاً به آن اشاره شد عملکرد مزارع بیولوژیک نسبت به مزارعی که با سیستم رایج مدیریت می‌شوند در شرایط خکسالی مناسبت تر است . (UsAD 1980) دو مطالعه انجام شده در فرانسه و یک مطالعه در آلمان نشان داده‌اند که برای تولید گندم در سیستم کشاورزی پایدار بین ۶۰ تا ۱۲۰ درصد انرژی کمتر نسبت به سیستم رایج کشاورزی مصرف می‌گردد جدول شماره ۵ (luenzer 1961)

جدول شماره ۵ : بیلان انرژی یک هکتار مکنده در سیستم مکشاورزی پایدار و رایج به M/ha

سیستم کشاورزی	پایدار	رایج	رایج Int	پایدار	رایج	بیولوژیک - دینامیک
کشور			فرانسه			آلمان
کودهای معدنی مصرف شده						
ازت ۱۵۰-۱۰۰ کیلوگرم		۷۷۴۳	۱۱۶۱۵			
فسفر ۱۰۰-۷۰ کیلوگرم		۹۷۹	۱۴۰۲	۹۴۰۲		
پتاس ۱۰۰-۷۰		۶۷۴	۶۷۹			
پخش کود		۳۶۰	۳۶۰			
تولیدکمپوست ۱۵ تن درهکتار	۱۱۹۳					۶۳۴
پخش کمپوست	۳۱۷					۲۰۳
فسفات طبیعی ۲۰۰ کیلوگرم	۴۲					۵۲
لیتوتامینه (آهک طلی)	۹۶			۲۳۹۴		
آرد سنگ	۴۰۲					
پخش آردسنگ	۴۴۲					۲۶۷
تولید علف‌کش		۱۰۰۵	۱۰۰۵		۱۰۰۵	
پخش علف‌کش		۳۶۰	۳۶۰	۳۶۰		
پخش مالیات بیولوژیک-دینامیک						۲۱۹
آماده سازی زمین						
شخم	۵۴۴					۱۵۰
دندانه	۱۴۲			۱۰۰۰	۴۰۰	۴۰۰
ماله						۲۰۰
بذر و کاشت بذر						
بذر	--	--	--	۲۵۰۰	۵۰۰۰	۲۸۸۰
کاشت	۲۹۳	۵۰۲	۶۲۸			
آماده‌سازی زمین و کاشت	۱۷۸۵	۲۵۵۳	۲۵۵۳	۳۱۷۳	۳۶۵۷	۱۸۵۸
برداشت ، خرمن‌کوبی	۸۳۷	۸۳۷	۸۳۷			۹۶۷
کاربرد کاده						۳۳۸
بکارگیری ماشین‌آلات	۱۶۷۴	۱۶۷۴	۱۶۷۴	۱۶۷۴	۱۶۷۴	۲۳۰۹
محصول دوم						۱۱۶۲
کل انرژی نهاده در هکتار	۸۱۶۲	۱۶۶۵۸	۲۱۳۸۸	۱۰۷۴۱	۲۱۴۹۸	۱۱۸۸۲
کل انرژی ستاده در هکتار	۵۱۵۰۰	۵۹۰۰۰	۶۲۰۰۰	۶۶۹۸۶	۸۳۷۱۰	۶۲۳۶۰
نسبت انرژی نهاده به انرژی ستاده	۰/۱۵۸	۰/۲۸۲	۰/۳۴۵	۰/۱۶۰	۰/۲۵۷	۰/۱۸۸

از آنجائیکه در سیستمهای کشاورزی پایدار و بیولوژیک محیط زیست به میزان قابل ملاحظه‌ای کمتر آلوده می‌شوند اما از نظر اقتصاد کلان جامعه در مصرف انرژی کلاً صرفه‌جویی صورت خواهد گرفت زیرا مسائل جنبی چنین سیستمهای نسبت به سیستم رایج کشاورزی به نسبت خیلی کمتر خواهد بود (Alverimann 1982). بطور مثال Qimentell 473 مقدار انرژی را که برای جبران خسارات ناشی از فرسایش در آمریکا بایستی مصرف شوند. برابر ۴۵ درصد کل نفت وارداتی آن کشور در سال ۱۹۷۰ می‌داند.

بیلان انرژی تولیدات گیاهی و دامی

بیلان انرژی محاسبه شده میتواند خیلی متفاوت باشد .نسبت انرژی نهاده بر انرژی ستاده در سیستمهای پایدار برای تولید گندم کمتر از ۰/۲ به ۱ می‌باشد یعنی بایستی حدود ۰/۲ واحد انرژی مصرف گردد تا یک واحد انرژی در محصول فوق حاصل شود . (Luenzer 1979) در تولیدات دامی نسبتهای فوق بطور چشم گیری کاهش می‌یابد ، درگاوداریهای صنعتی بایستی ۳۵ واحد انرژی مصرف شود ، تا یک واحد انرژی در گذشت ذخیره گردد . ماهیت مصرف انرژی در تولیدات مواد گوشتی بوسیله مثال زیر بهتر روشن می‌گردد :

انرژی مورد نیاز برای تولید یک استیک ۲۰۰ گرمی برابر است با مقدار انرژی که برای تأمین آب گرمی لازم است که یک نفر بمدت یک ساعت با آن دوش بگیرد .(Haensckke /Schusler 1982)

مصرف انرژی از واحد تولید تا سفره

تا هنگام رسیدن تولیدات غذائی بر روی سفره مصرف کنند بایستی مقدار فراوانی انرژی هزینه شود . مثال جالب در این مورد تولید و آماده نمودن یک قوطی کنسرو ذرت است ، بطوری که انرژی مورد نیاز این فرآیند حدوداً یازده برابر کل مقدار انرژی است که در ماده غذائی موجود قرار دارد جدول شمال ۶ (Prvertel 1979)

جدول شماره ٦ : بیلان انرژی یک قوطی کنسرو ذرت شیرین (در آمریکا)

(Pimenfle/Pimenfel 1978)

	نهاده انرژی فسیلی(M7)
تولیدات کشاورزی	۱/۹
فرآیند کنسرو تولید قوطی	۷/۴
حمل و نقل	۳/۳
توزیع ، حمل و نقل و آماده‌سازی غذا	۴/۶
کل انرژی نهاده	۱۷/۲
مقدار انرژی یک قوطی کنسرو به وزن ۴۴۴ گرم = انرژی ستاده	۱/۶

نسبت انرژی نهاده به انرژی ستاده Inpit Enevgy : Output Emargy

۱۷/۲ : ۱/۶ = ۱۰/۸

یعنی برای تولید یک واحد انرژی بایستی ۱۰/۸ واحد انرژی مصرف شود . جهت تولید مواد غذائی در آمریکا در سال ۱۹۷۰ می‌بایست ۸/۶ واحد انرژی مصرف گردد تا یک واحد انرژی آماده روی میز مصرف کننده قرار گیرد . این نسبت در سال ۱۹۵۰ برابر ۶:۱ بوده است جدول شماره ۷

جدول شماره ۷: بیلان انرژی تولید مواد غذائی

	انرژی نهاده نسبت به انرژی ستاده برابر یک واحد		
	آمریکا ۱۹۷۰	فرانسه ۱۹۷۰	انگلیس ۱۹۶۸
تولید کشاورزی	۲/۱	۲/۵	۲/۹
صنایع غذائی	۰/۸	۱/۲	
تجهیز صنایع غذائی	۰/۰۳	۰/۰۲	
بسته بندی و ظروف	۰/۸	۰/۸	۲/۱
حمل و نقل (مواد سوختی)	۱/۰	۰/۵	
تولید کامیون	۰/۳	۰/۱	
فرآیند سرمایشی در تجارت	۱/۱	۰/۳	
فرآیند سرمایشی در تجارت و منزل	۰/۲	۰/۲	
فرآیند سرمایشی و آماده سازی در منزل	۰/۸	۱/۹	۲/۱
نسبت نهاده به ستاده کل Irpit :Oufput	۸/۶	۵/۳	۷/۱

اقتباس از : Aubert 1976 Sleinhalt , Leaeh 1976 Luanzor 1979

بیلان انرژی عناصر غذائی گیاه

آنالیز نسبت انرژی نهاده به انرژی ستاده Input:Oukput برای عناصر غذائی مورد نیاز گیاهان نیز قابل اجراء است . ولی عملکرد محاسبه با توجه اینکه مقداری از این عناصر غذائی در خاک تثبیت خواهند شد و در اختیار گیاه قرار نخواهند گرفت و از طرفی امکان دارد بخشی از آنها بخار شده وارد هوا شوند و یا توسط آب شسته و به اعمال پائین تر رانده شوند به آسانی میسر نخواهد بود Wishinghausen 1980 نسبت انرژی نهاده به انرژی ستاده سه عنصر اصلی غذائی موردنیاز گیاهان را یعنی ازت (N) . فسفر (P) و پتاس (K) را برای آلمان محاسبه نموده و بیلان حاصله کاملاً منفی یعنی ۱ : ۵ ۳ بوده است. در صورتیکه متوسط نتایج حاصله از سه واحد کشاورزی با **سیستمهای بیولوژیکی با بیلان ۱ : ۰/۵ بیلان کاملاً مناسب‌تری را نشان می‌دهد. با وجود اینکه عدد فوق را نمی‌توان برای تمام سیستمهای بیولوژیک تعمیم داده ولی به جرأت می‌توان اظهار نمود که**

واحدهای کشاورزی با سیستم پایدار بیلان متناسب و حدود یک ۱ خواهند داشت و طبق Wishnghausan 1982 بیلان واحد ولی کشاورزی با سیستم پایدار برای عناصر غذائی حدود ۱:۹۶/۵ بوده است.

REFERENCES :

1 - Alvermann G. 1982 : Soziale Kosten aus Landwirk . Prodakle Diplom . Gesam thochachale Kassel .

2 - Aubert . C. 1976 . Agriaulkire : alimentation . Nature et Progres . No So.

3 - Haenschice , F: Schuster G., 1982 : Dieaygantiocho Uerachitenchimg . Hnlegrund und Ursache derEnergie Krise . Kndler Vevlg , Iluenchen .

4 - Leach. G. 1976 : Energy and Food Production . Inlenational Instilule for Enviro nment and Developmen.

5 - Luenzer,I.1979:Energiefragen in ilmwelfuvd Landbaw - Verlag : Dasfensfer.

6 - Luenzer,I.1981:Weko - Anbaw unrer azargotischen and Wirkodaltlichen Gesichtspunklen. oeke Logiader Landbau . s1 - 101 Uerlog Kar Csruhe .

7 - Luen 2 en I. 1982 Der Rohstoff - and Enargieeinoats im Oelco - Lanchbacr - Die Oelo Eogixher Landwrotsclaff . 66 - 73 Uenlog Karls ruhe . 8 - Pimentel., D. , Pinentel , M . 1978 : Die Machgezalcltan Kalorim . Der Meberblide . 1 . 15 -16

9 - Pimenlel , D., Pirmenkel 1973 , 182 , 443 - 449 .

10 - Preusehen , G., 1972 : Peroomelidhe Miheilenger. 11 - Stanhant , 7 . S. , Stein hart , C. E., 1974 : Encgy Use in the U.S Food System . Science , 154 , 307 - 316

12 - Strahm , R.H. 1975 . Uberentwicklung - Unlonentwichfuna . Gelnhausen . Berlin.

13 - USDA , 1950 - Report and recommendation on Orgauic faruning . U.S. Depurtunent of Agriculfure . Washington.

14 - Weber.A.,1979: Langfrishige Enegieb , Lam in der Landwrtochftuon 1880 - 1977 . Munster , Hiltrup

15 - Wen , So , 1982 : Puraonliche Migailungen .

16 - Wislinghawusen , E. 1980 : Einguhr and Austuhr Uon Stoflen in Lardwitachafllichen Betrielc . Lebenchige Erde . 53 - 55.

17 - Wishinghwrsen , E. 1982 : Erhag and Naelirshoff Bilaws . Alkernafiven in Landloaw . Schriffenrahe des Bundosininikers . Lardwirtochaft and Forsten . LLeff263 , 77 - 84 .