انتشارات دانشگاه فردوسی (مشهد)، شماره ۱۵۰

کشاورزی و انرژی

(نگرشی اکولوژیک)

ترجمه و تدوین

دکتر عوض کوچکی

۱۳۷۴

انتشارات دانشگاه فردوسی (مشهد) ، شمارهٔ ۱۵۰

کشاورزی و انرژی

(نگرشی اکولوژیک)

ترجمه و تدوین

دکتر عوض کوچکی

۱۳۷۳

فهرستنویسی پیش از انتشار توسط کتابخانهٔ مرکزی و مرکز اسناد دانشگاه فردوسی (مشهد)

پی‌منتل ، دیوید ، ۱۹۲۵ - Pimentel, David

کشاورزی و انرژی (نگرشی اکولوژیک)/ [نوشتهٔ د . پی‌منتل . و ام . پی‌منتل] ؛ ترجمهٔ و تدوین عوض کوچکی . - [ویرایش ۲] . - مشهد : دانشگاه فردوسی (مشهد) ، ۱۳۷۳ .

نه ، ۲۲۹ ص . : نقشه ، جدول ، نمودار . -(انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد ؛ ۱۵۰) .

این کتاب درسال ۱۳۶۸ با عنوان : غذا و انرژی درجامعه چاپ شده است .

عنوان اصلی : Agriculture and energy (an ecological view)

کتابنامه : ص ۲۱۲ - ۲۲۹ .

۱. مواد غذایی - تأمین . ۲. انرژی ، منابع . ۳ . کشاورزی - مصرف انرژی . الف . پی‌منتل ، ماریا Pimentel, Mareia نویسنده همکار . ب . کوچکی ، عوض ، مترجم . ج . عنوان .

HD ۹۰۰۰/۶/ ۳۳۸/۱۹/

مشخصات :

نام کتاب : کشاورزی و انرژی (نگرشی اکولوژیک)

ترجمه و تدوین : دکتر عوض کوچکی

ناشر : انتشارات دانشگاه فردوسی (مشهد)

تیراژ : ۳۰۰۰ نسخه

تاریخ انتشار : خردادماه ۱۳۷۳

تایپ و صحفه آرایی : بخش کامپیوتر چاپخانه

چاپ و صحافی : چاپخانه دانشگاه فردوسی (مشهد)

قیمت : ۱۷۵۰ ریال

فهرست مطالب

مقدمهٔ نویسنده	۱
پیشگفتار	۳
فصل اول ـ انرژی و جامعه	۵
مقدّمه	۵
توسعه جوامع و انرژی	۶
انرژی از آتش	۷
انرژی و ساختار جوامع	۸
غذا به عنوان مرکز ثقل جوامع	۱۱
کاربرد انرژی در سیستمهای غذایی	۱۳
فصل دوم ـ انرژی و نیروی انسان	۱۵
انرژی و کار	۱۵
قوانین ترمودینامیک	۱۶
اندازه گیری انرژی ـ	۱۸
تبدیل انرژی بیولوژیکی خورشیدی در کشاورزی	۱۹
تولید بیوماس	۲۱
انرژی بیولوژیکی قابل تجدید در مقایسه با انرژی فسیلی	۲۵

فصل سوم ـ تغییر در اکوسیستمها جهت تولید غذا ۳۱
اکوسیستمها ۳۱
اکوسیستمهای کشاورزی و طبیعی ۳۳
بیوماس ۳۵
تغییر در اکوسیستمهای کشاورزی ۳۵
روابط متقابل زمین ، آب ، کارگر و انرژی در تولید گیاهان زراعی ۳۸
انرژی ، کار و سطح زندگی ۴۰

فصل چهارم ـ کشاورزی اوّلیه و انسانهای شکارچی و جمع آوری کنندهٔ غذا ۴۳
شکارچیها و جمع آوری کنندگان غذا ۴۶
کشاوررزی اوّلیه ۵۲

فصل پنجم ـ سیستمهای اولیه دامداری و نیروی حیوانی ۵۹
نقش حیوانات در جامعه ۵۹
گله داری اوّلیه ۵۹
نیروی حیوان به عنوان یک منبع انرژی ۶۲
الگوهای مصرف غذای حیوانی ۶۸
ارزش غذایی غذاهای پروتئینی ۷۱

فصل ششم ـ مصرف انرژی در تولیدات حیوانی ۷۳
سیستمهای تولید ۷۳
تولید شیر ۷۵
تولید تخم مرغ ۷۶
تولید جوجه گوشتی ۷۷
تولید گوشت خوك ۷۸
تولید گوشت گاو با استفاده از دانه غلات و علف چمنی ۷۸

تولید گوشت گاو از مراتع ۷۹
گوسفند داری ۸۲
ارزشیابی روشهای دامداری ۸۳

فصل هفتم- استفاده از انرژی در تولید غلات و بقولات ۸۵
مصرف انرژی در تولید غلات ۸۶
نیروی انسانی ۸۶
نیروی دامی ۹۰
نیروی ماشین ۹۳
گندم ۹۷
یولاف ۱۰۱
برنج ۱۰۲
سورگوم ۱۰۷
کاربرد انرژی در تولید بقولات ۱۰۹
سویا ۱۱۱
لوبیا ۱۱۳
لوبیای چشم بلبلی ۱۱۴
بادام زمینی ۱۱۵
کارآیی انرژی برای برخی محصولات زراعی درایران ۱۱۷

فصل هشتم- مصرف انرژی در تولید میوه ، سبزی و علوفه ۱۲۱
میوه ۱۲۱
سیب ۱۲۱
پرتقال ۱۲۳
سبزی ۱۲۳
سیب زمینی ۱۲۵
اسفناج ۱۲۷

گوجه فرنگی	۱۲۸
کلم تکمه ای	۱۲۸
چغندر قند	۱۳۱
کاساوا	۱۳۱
تولید علوفه	۱۳۴
یونجه	۱۳۵
علوفه خشک	۱۳۵
ذرت سیلویی	۱۳۹
انرژی مصرفی گیاهخواری و گوشتخواری	۱۳۹
فصل نهم- انرژی مورد استفاده در تولید ماهی	۱۴۳
جنبه های اکولوژیکی تولید ماهی	۱۴۴
ماهیگیری در اقیانوسها	۱۴۵
صید ماهی در شمال شرق ایالات متحده	۱۴۵
شیلات ایالات متحده	۱۵۱
پرو (ماهی کولی)	۱۵۲
خلیج مکزیک (میگو)	۱۵۴
استرالیا (میگو)	۱۵۴
مالتا (انواع ماهی)	۱۵۵
آدریاتیک (انواع ماهی)	۱۵۵
پرورش ماهی	۱۵۶
نتیجه گیری	۱۵۸
فصل دهم- عمل آوری، بسته بندی و تهیّه مواد غذایی	۱۶۱
کنسرو کردن	۱۶۲
انجماد	۱۶۳
نمک زدن	۱۶۵

خشک کردن	۱۶۶
دود دادن	۱۶۷
انواع غذاهای فرایند شده و آماده شده	۱۶۷
بسته بندی مواد غذایی	۱۷۱
پخش و تهیه غذا	۱۷۴
فصل یازدهم- حمل و نقل تولیّدات کشاورزی و مواد غذایی	۱۷۹
حمل ونقل کالاها و ادوات کشاورزی به مزرعه	۱۸۰
حمل و نقل مواد غذایی و الیافی از مزرعه	۱۸۱
حمل و نقل مواد غذایی از فروشگاه به خانه	۱۸۲
فصل داوزدهم- غذا، انرژی و آینده اجتماع ما	۱۸۵
نیازهای آینده مواد غذایی	۱۸۶
وضع فعلی غذا در جهان	۱۸۷
سلامت جمعیت	۱۹۲
تلفات مواد غذایی	۱۹۳
استراتژی هایی جهت تأمین نیازهای غذایی	۱۹۵
انرژی مورد نیاز برای تولید مواد غذایی	۱۹۷
محدودیت اراضی	۱۹۹
محدودیت آب	۲۰۰
آب و هوا	۲۰۱
آلودگیهای محیطی	۲۰۲
آینده	۲۰۴
ضمیمه A- کودهای شیمیایی	۲۰۷
ضمیمه B- مواد سوختی	۲۰۸
ضمیمه C- سموم	۲۰۹
مراجع	۲۱۲

مقدمهٔ نویسنده

کتاب حاضر ترجمهٔ دستکاری شده‌ای از متنFood, Energy and Society نوشته د. پی منتل و ام . پی منتل است که متن کامل آن در سال ۱۳۶۸ تحت عنوان **غذا و انرژی در جامعه** توسط این جانب به چاپ رسید . چون این کتاب در بازار نایاب است و از طرفی فرصت مناسبی برای تجدید چاپ نیز توسط معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد فراهم گشت بر آن شدم تا ضمن حفظ چارچوب و محتوای اصلی کتاب مطالب دیگری به آن اضافه و یا در موارد اندکی مطالبی از آن حذف کنم . چون همیشه احساس می کردم که نام این کتاب حاکی از محتوای ارزشمند آن نیست و مراجعات پاره‌ای از خوانندگان در این رابطه نیز گواه این نارسایی بود تا این که نامی کوتاه تر و گویا تحت عنوان « **کشاورزی و انرژی**» بر آن نهادم . خطوط کلی این کتاب در راستای استفاده صحیح از منابع طبیعی غیر قابل تجدید در تأمین غذای انسان ، بهره برداری مطلوب از منابع طبیعی تجدید شونده و بالاخره افزایش کارآیی سیستمهای تولیدی کشاورزی است .

این کتاب برای کلیه دانشجویان کارشناسی و کارشناسی ارشد رشته های کشاورزی ، زیست شناسی ، محیط زیست و جغرافیای طبیعی و نیز کسانی که در ارتباط با مسائل انرژی در تولید و فرایندسازی مواد غذایی هستند می تواند مفید واقع شود . محاسبات و برآوردهای متعددی که در رابطه با انرژی نهاده ها و بازده ها و بالاخره کارآیی انرژی در سیستمهای مختلف تولید غذا همراه با جداول و نمودارهای گویا و آمار و ارقام در این کتاب ارائه شده است در کمتر

کتابی با چنین جامعیتی در این رابطه ملاحظه می شود .

در اینجا لازم می دانم از کلیه کسانی که به نحوی در تهّیه این کتاب همکاری داشته اند صمیمانه سپاسگزاری کنم . از شورای انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد و همچنین معاونت محترم پژوهشی دانشگاه به خاطر مساعد ساختن زمینه های لازم جهت چاپ این کتاب سپاسگزارم .

عوض کوچکی

بهار ۱۳۷۳

پیشگفتار

انسان در طول قرنها جهت تأمین غذا ، پناهگاه و بهبود وضع بهداشت و زندگی خود از منابع مختلف انرژی استفاده کرده است . مقداری انرژی قابل دسترس انسان خواه به صورت انرژی خورشید یا انرژی اتمی بر فعالیتهای او مؤثر بوده است . با تغییر مصرف انرژی وضعیّت اجتماعی انسان نیز تغییر کرده است . بدین ترتیب انسانهای اوّلیه که غذای خود را از طریق جمع آوری و شکار تأمین می کردند ، عمدتاً به نیروی بدنی خویش متکی بودند . امروزه قسمت عمده جمعیّت جهان وابسته به انرژی فسیلی است در حالیکه انسانها در کشورهای در حال توسعه به نیروی حیوانات ، کارگری و انرژی حاصل از سوخت چوب وابسته هستند .

انسان بدون توّجه به نوع انرژی مصرفی ، همیشه برای تأمین نیازهای اوّلیه غذائی خود مجبور به صرف انرژی بوده است . انرژی فسیلی فراوان باعث شده است که تأمین غذای جمعیّت رو به گسترش میّسر گردد . رشدجمعیّت در سطح بالایی باقی مانده است ولی منابع انرژی بخصوص انرژی فسیلی در حال کاهش است . به منظور تغذیه جمعیّت انسان در سال ۲۰۰۰ که تقریباً دوبرابر جمعیّت فعلی خواهد بود چه راه حلهائی وجود دارد؟

قبل از این که در این زمینه برنامه ریزی شود ، لازم است هزینه های انرژی در سیستمهای متنوع تولید غذا بررسی شود و اطلاّعات لازم جمع آوری گردد . این مخارج باید در مقابل مقدار انرژی قابل دسترس متوازن شود .

هدف از این کتاب بررسی وابستگیهای متقابل غذا و انرژی واثرات آنها بر جامعه است .

ماامیدواریم این تجزیه و تحلیل ها مبنایی برای برنامه ریزی و سیاست گذاری در جهت تغذیه انسانها و جوامع با منابع محدود زمین باشد .

این کتاب نتیجه همکاری عده زیادی است و بدین وسیله از همکاریهای دانشجویان کارشناسی ارشد که در جهت جمع آوری اطّلاعات ، خانمها نانسی گودمن ، و بت فرنچ و آقای جرج مک کلان به خاطر ویرایش متن و خانمها دبراه السبری وبت فرنچ به خاطر تایپ مطالب سپاسگزاری می شود .

د. پی منتل

ام. پی منتل

فصل اول

انرژی و جامعه

مقدّمه

اساس بقاء بشر غذای کافی ، آب و پناهگاه می باشد . حفظ سلامتی و امنیت شخصی نیز به همان اندازه مهم می باشند . بین این ضروریات زندگی و تهّیه انرژی کافی رابطه نزدیکی وجود دارد زیرا انرژی در فرمهای مختلف آن جهت به دست آوردن غذا ، آب پناهگاه ، امنیت و حفاظت انسان از بیماریهاو موجودات مضر استفاده می شود .

انسان طی قرنها از منابع متعدد انرژی استفاده نموده است . در ابتدا از انرژی خویش و نور خورشید ، سپس از سوخت چوب ، نیروی حیوانات و نیروی آب و باد استفاده کرد . پس از آن نیروی موتور توسعه یافت که سوخت آن از چوب ، زغال سنگ ، مواد نفتی و انرژی هسته ای تأمین می گردید . او از انرژی جهت تغییر و اصلاح زمین ، آب ، گیاهان و حیوانات به منظور تهّیه غذا ، لباس و پناهگاه استفاده نموده است . شناخت ، کنترل و استفاده از انرژی او را قادر ساخته تا از یک زندگی ابتدایی به صورت انسانی متمدن و با ثبات پیشرفت نماید . انسان بر خلاف حیوانات می تواند فکر کند و خلاقیّت داشته باشد ، علم و تکنولوژی را مورد استفاده قرار دهد و قادر است ، انرژی و سایر منابع محیطی را جهت پیشرفت خود به کار گیرد . از انرژی همچنین جهت کنترل موجودات بیماری زا ، ذخیره آب پاك و سالم ، تولیدحشره کشها برای کنترل عوامل بیماری زا ، تولید آنتی بیوتیکها و سایر داروهای شیمیایی

که برای سلامت عمومی لازم است استفاده می کند . در حالی که سلامت عمومی جزیی از امنیت است ، ثبات و امنیت هر دو وابسته به این هستند که هر شخص توسط دیگری یا گروهی از مردم و منابع آنها از تجاوز به وسیله گروههای رقیب حفظ شود . سازگاری اجتماعی فقط به ایجاد حکومت توسط دولتها بستگی نداشته ، بلکه همچنین از پلیس و نیروهای نظامی که مجریان قوانین هستند متأثر می شود . دولتها و نیروهای پلیس و نظامی همگی مستلزم صرف مقادیر زیادی از انرژی می باشند و در جوامع پیشرفته دنیای امروز «جوامع متمدن » انرژی مورد استفاده دولتها و نیروهای پلیس و نظامی به مراتب بیشتر از انرژی است که برای تهّیه غذای افراد این کشورها مصرف می شود .

دسترسی انسان به انرژی زیاد او را قادر ساخته که ساختار اجتماعی پیچیده تر از آنچه در حالت اوّلیه یعنی به صورت شکارچی داشته است توسعه دهد . وضعیت کنونی مصرف انرژی دگرگونی نگران کننده آن را در گذشته دور یعنی زمانی که تأمین غذا مهمترین مسأله انسان بوده است بیان می کند .

پیشنهاد وایت (وایت ۱۹۴۳) این بود که تکامل انسان در سه مرحله زیر رخ داده است :

۱–(Savagery) مرحلهٔ توّحش : در این مرحله انسان به صورت شکارچی زندگی می کرده و از طریق شکار و گیاهان خودرو امرار معاش می کرد .

۲– (Barbarianism) مرحله بربریت : در این مرحله کشاورزی بدوی وجود داشت و انسانها به صورت چوپانی زندگی می کردند .

۳– (Civilization) مرحلهٔ متمدن : در این مرحله ماشین توسعه یافت و به صورت گسترده ای ازانرژی زغال سنگ ونفت جهت تولید غذا و دیگر احتیاجات خود استفاده می کرد .

این مراحل با تغییر در مقدار انرژی قابل استفاده توسط انسان مربوط هستند . در حقیقت نظر وایت این بود که اگر انسان قادر نمی شد مقدار زیادی از انرژی را در کنترل داشته باشد ، به مدت نامعلومی به حالت وحشیگری باقی می ماند . این انرژی کل مقدار انرژی کنترل شده توسط بشر و انرژی مازاد بر نیاز جهت تولید غذای کافی ، لباس ، پناهگاه و سلامت عمومی راشامل می شود .

توسعه جوامع و انرژی

جوامع شکارچی کوچک و ساده بودند ، بندرت بیش از ۵۰۰ نفر می شدند ، زیرا تأمین

غـذا و پناهگاه وقت و انرژی زیـادی را به خـود اختـصـاص می داد . فـعـالیـتـهـای فـردی و دست جمـعی دیگر بندرت وجود داشـت . امّا با توسعـه کشـاورزی دسترسی انسان به غـذا ، پوشاك ، منابع اضافی انرژی افـزایش یافت . همزمـان با آن ارتباطات بین مردم و انگیـزه برای تولید بیشـتر در جوامع انـسانی بیشتر شـد . عامل مـهم دیگر ، افزایش مـقدار غذای تـولید شده بود ، قـابلیت نگهداری مـواد غذایی هم افزایش یـافت . جوامعی کـه زمانی جهت تهیّه غذای خـود به صورت کوچ نشینی زندگی می کردند امنیت و ثبات به دست آوردند .

حتی در جـوامعی با کشـاورزی بدوی تولید و تهیّه غذا بر سـایر فعالیـتّهای انسـانی مسلط بود ، در نتیـجه برخوردهای اجـتماعی انها کـم بود . با شروع استفـاده از نیروی حیـوانات جهت تولیدات کشاورزی وقت و انرژی زیادی بـرای انسان آزاد شد . این وقت و انرژی زیاد او را قادر ساخـت تا به فعـالیتهـای دیگر بپـردازد در نتیجـه سیـستـمهـای اجـتماعی پیـچیده شـد . چاه آب و آسیـاب بادی به عنوان منابع جدید انرژی که اصـولاً بشر در سیسـتم غذای خود استفاده می نمود اضـافه شـد . با این وضع به جای اسـتفاده از نیـروی حیـوانات که جـهت تغـذیه و نگهداری آنهـا انرژی لازم بود ، انسـان از نیروی آب و باد استـفاده کـرد . با این تغییـرات انسان نیـروی بیشـتر و ارزانتری نسبت به گذشته دراختیار داشت و انرژی قابل دسترس اوبه مقدارزیادی افزایش یافت .

آب و باد به عنوان نـیـروی جـدید و کـاهـش وابسـتگی به نیـروی حـیـوانی باعث تـوسـعـه تجارت و حمل و نقل بین گروههـای مختلف مردم شد . در این شرایط مبـادله منابع و عقاید بین افراد و گـروهها افزایش یافـت . پیشرفتهای تکنیکی آسـانتر از گذشـته گـسترش یافت . توسـعه بیـشتـر علم و تکنولوژی ، سـاخت و اسـتفـاده از کـشتیـهای بادبانی را بـاعث شد و ارتبـاطات و حمل و نقل و بازرگانی بین گروههای مختلف را افزایش داد . با این تـغییرات دگرگونی بیشتری در فعالیتهای انسان ظاهر شد و تخصصی شدن زراعت و تجارت و صنعت انجام گردید .

اختراع موتور بخار استفاده از سوخت زغال سنگ به عنوان منبع انرژی را توسعه داد . با این نوع مـوتور و موتورهـای بعدی کـه از زغال سنـگ و نفت به عنوان سوخـت استـفاده می کـرد انسان جـهت کنترل محیط و تغـییر اقتـصاد ، ساختـار سیاسی و اجتـماعی توانایی زیادی به دست آورد . همراه با این تغییرات ثبات و حتی تخصص کاری بیشتر شد .

انرژی از آتش

اگر چه انسان نخسـتین از آتش می ترسید اما او در حدود نیم میلیون سال پیش یاد گرفت

که آن را کنترل و مورد استفاده قرار دهد . چون آتش در دور کردن حیوانات بزرگ خطرناك و پاك نمودن زمین از گیاهان به انسان کمک می کرد لذا حفاظت بیشتری برای او بر علیه حیوانات خطرناك و دیگر دشمنان به وجود آمد . وقتی که هوا سرد می شد آتشکده های روشن احتیاجات گرمایی او را تأمین می کرد . در ضمن آتش پخت گوشتها و سبزیها و میوه ها را ممکن ساخت ، در واقع با پختن بسیاری از غذاها مصرف آنها آسانتر و خوشمزه تر می شدند . برخی از غذاها مانند غلات بعد از پختن به آسانی هضم می شدند . شاید عامل مهمتر این بود که حرارت دادن خطر ابتلا به بیماری ناشی از پارازیتها و موجودات بیماری زا که اغلب غذاهای خام را آلوده می کرد کاهش می داد . برای مثال حرارت بسیاری از پارازیتهای کرمی مانند تریشین را که معمولاً در گوشت خام حیوانات مختلف پیدا می شود و سبب بیماری مهلک و حتی کشنده در انسان می گردد نابود می کند .

پختن همچنین ، میکروارگانیسم هایی را که سبب فساد غذا هستند نابود کرده به این طریق پختن غذاها ابتلا انسان به بسیاری از پارازیتها و عوامل بیماری زا را کاهش می دهد . پختن همچنین سبب بهتر شدن مزه و هضم غذاها می شود و احتمال فساد غذاها را می کاهد . لذا می توان غذا را به مدت طولانی ذخیره نمود . این روش ساده ذخیره سازی باعث شدکه مواد غذایی بتوانند برای مدتهای طولانیتری پس از برداشت قابل دسترس انسان بشوند .

زمانی که در حدود ۱۰۰۰۰ سال پیش کشاورزی بدوی به وجود آمد از آتش جهت از بین بردن درختان و بوته ها از زمین زراعی کمک گرفته می شد . همچنین با این طریق علفهای هرز که رقیب محصولات زراعی بودند حذف شدند . مخلوط شدن بقایای درختان و بوته های سوخته شده با خاك ، مواد غذایی آن را افزوده و حاصلخیزی زمینها بیشتر شد . همچنین از آتش جهت نگهداری و حفظ مراتع برای حیوانات وحشی مثل بوفالو در آمریکا استفاده می شد .

منبع اصلی سوخت جهت آتش چوب درختان وبوته ها بود . البته برخی از علفها و سایر گیاهان هم قابل سوخت بودند . با توّجه به جمعیّت کم انسان روی زمین انرژی قابل تجدید فراوانی به صورت چوب در دسترس بود . زغال سنگ در برخی نواحی شناخته شده بود اما از این منبع سوخت در اوائل تاریخ بشری به صورت گسترده استفاده نمی شد .

انرژی و ساختار جوامع

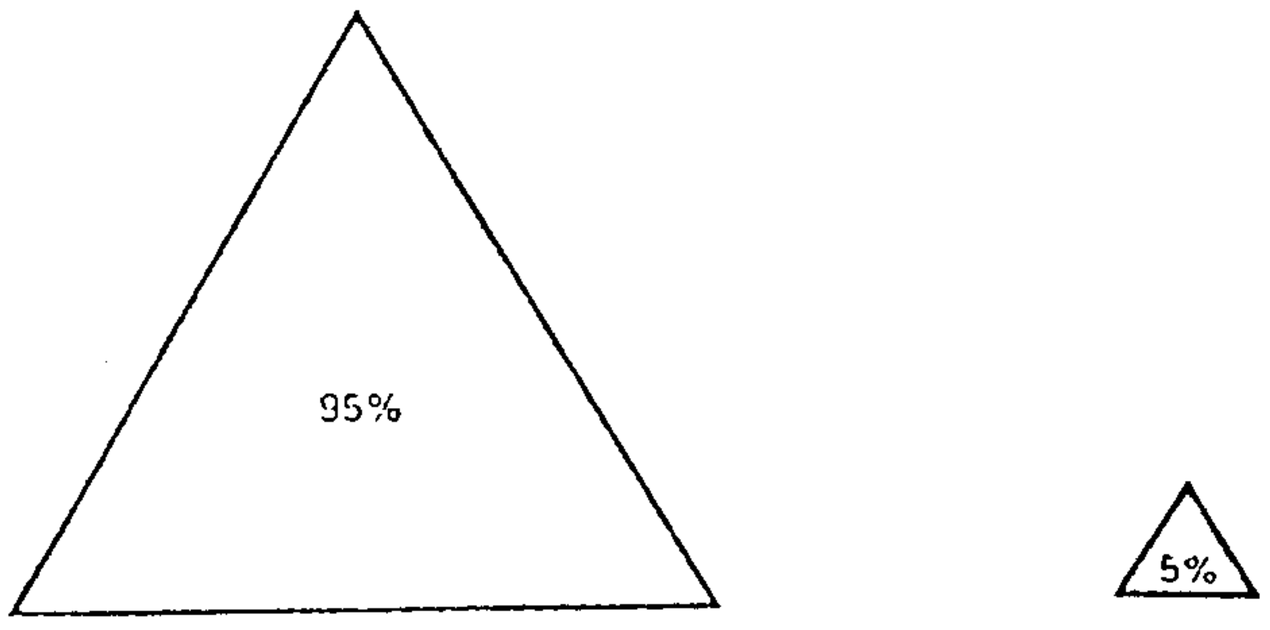
جوامع بدوی شکارچی و گرآورنده غذا سازمان کوچکی داشتند . حداکثر یک رئیس و

یا گروهی از افراد مسن رهبری اردوگاه یا دهکده را بر عهده داشتند . بیشتر این رهبران مجبور بودند ، همراه با تعداد دیگری از افراد به صید شکار بپردازند ، زیرا بندرت غذای اضافی و سایر منابع حیاتی برای ادامه دادن کار یک رهبر دایمی یا شورای ده وجود داشت . توسعه کشاورزی این نوع الگوی کار کردن را دگرگورن ساخت . خانواده کشاورز بدوی می توانست ۳ تا ۱۰ کیلو گرم محصول از هر کیلو بذر کشت شده به دست آورد . قسمتی از این غذا (انرژی) به اجتماع بر می گشت و برای کسانی که کشاورز نبودند مانند رهبران ـ پزشکان ـ کشیشها و سربازان مورد استفاره قرار می گرفت . افراد غیر کشاورز این جوامع بدوی باعث بهبود مدیریت شده و ثبات و امنیت را برای گروههای کشاورز بر قرار نموده لذا کشاورزان قادر شدند عملکرد را افزایش دهند . تحت شرایط مناسب برای کشاورزی و توسعه تکنولوژی ، غذای اضافی تولیدشد و در نتیجه گروههای بزرگ جمعیّت یا شهرکها توسعه یافتند . با تمرکز جمعیّت در شهرکها و شهرها کارهای تخصصی توسعه یافت . متخصصانی نظیر آهنگر ـ نجّار ـ بازرگان ـ ملوان در استفاده از زمان و انرژی از افراد بدون تخصص موثرتر بودند . خدمات و وسایلی که توسط این متخصصان مهیّا می شد سبب بهتر شدن و بالا رفتن کیفیّت زندگی در جوامع شد و برای اکثر اجتماعات ثبات افزایش یافت .

مصر در زمان پادشاهی فرعون مثال برجسته ای از یک جامعه ابتدایی که در آن منابع محیطی مناسبی جهت کشاورزی باثبات فراهم بود می باشد و حتی تکنولوژی کشاورزی به صورت مؤثری در آنجا توسعه یافته بود (کوترل ۱۹۵۵) . آب رودخانه نیل مواد غذایی با ارزشی داشت و برای زمینهای کشاورزی که مواد غذایی آن با برداشت محصول کاهش می یافت این مواد را جایگزین می نمود . همچنین این رود منبع مناسبی جهت آبیاری بود . اضافه بر این عامل مهم دیگر آب و هوای گرم مصر بود که جهت تولید بسیاری از محصولات مناسب بود . این سیستم پربار کشاورزی ۹۵٪ از مردم مصر را که مستقیماً به کارهای کشاورزی می پرداختند در برمی گرفت وجهت۵٪ بقیه که کشاورزی نمی کردند غذای کافی فراهم می شد .

برای طبقه کوچک حاکم غذای نسبتاً کمی لازم بود . موقعیت طبیعی مصر آن گونه بود که از تجاوز دشمن در امان بود . لذا هیچ گونه صرف انرژی زیادی جهت طبقه نظامی لازم نبود ، در نتیجه ۵٪از مردم مصر که در کارهای کشاورزی نمی توانستند باشند توسط حاکم مصر به عنوان برده جهت ساختن اهرام استفاده می شدند و مواد غذایی و کالا برای مدت حیات آنها تأمین می گردید . در طی این دوره جمعیّت مصر نسبتاً ثابت باقی ماند ، چون حکام مصر

تعدادی از جمعیّت این کشور را به عنوان برده به کار می گرفتند ، به مجرد این که تعداد افراد اضافی جهت کار آماده می شدند برای ساختن اهرام به کار گرفته می شدند . این افراد ساعتها به کار سخت وادار می شدند و در حقیقت آن قدر کار می کردند که از پا در می آمدند . پس از مرگ آنها افراد جدید جایگزین می شدند . این مسائل سیستم بنیادی کشاورزی را که تقریباً همه فعّالیتهای مردم مصر به آن اختصاص داشت در مخاطره نمی انداخت .



شکل ۱–۱– در طول دوران فراعنه و ساخت پروژه اهرام مصر این کشور دارای جمعیّتی برابر ۳ میلیون نفر بود . حدود ۹۵٪ مردم به کشاورزی مشغول بودند . حدود ۵٪ انرژی مازاد جهت فراعنه و ساختن اهرام مصر مصرف می شد .

دردوران فراعنه(۲۷۸۰–۱۶۲۵قبل از میلادمسیح) مصرحدوداً ۳میلیون جمعیّت داشت و بسیار کمتر از ۳۸ میلیون امروزی بود . ۵٪ تولید انرژی اضافی از ۳ میلیون نفر چندان زیاد نیست . براساس میزان سرانه مقدارآن از ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلو گرم گندم به ازای هر نفر درسال بود، و بر اساس ۳ میلیون نفر جمعیّت مقدار گندم اضافی $۱۰^{۶}\times۴۵$–۲۰ کیلو گرم در سال بود .

مقدار انرژی احداث اهرام مصر که بیش از ۲۰ سال به طول انجامید معادل مازاد انرژی جمعیّت ۳ میلیونی مصر بود . در طی این دوران حدود ۱۰۰۰۰۰ برده در سال، جهت ساختن اهرام کار می کردند . اگر هر برده ۴۰۰–۳۰۰ کیلو گرم غذا در سال مصرف کند ، مقدار کل غذای لازم $۱۰^{۶}\times۴۵$–۳۰ کیلو گرم ، یعنی درست به اندازه غذای مازاد جامعه کشاورزی مصر بود . در دوران بعدی تاریخ مصر همان مقدار انرژی مازاد جهت تأمین نیروهای نظامی که کشورهای همسایه مصر را فتح کردند استفاده می شد . وظائف این نظامیان امنیت سرزمینهای تسخیر شده بود واغلب افرادی را که شکست می دادند جهت بردگی به مصر آورده می شدند . اما راههای طولانی صحراها که نیروهای مصری مجبور بودند سفر و حمل و نقل نمایند به طور

طبیعی عـمل نظامی را محدود می کرد و مقادیر زیـادی از انرژی می بایست صرف حفظ و امنیت راهها و حمل ونقل نظامی شود . در زمـانهای بعد که جمعیّت مصـر در مقایسه با منابع اراضی و کـشاورزی افـزانش یافت ، منابع کـشـاورزی مازاد وجـود نداشت ، در تحت چنیـن شرایطی کـه جمعیّت نسبتاً زیاد بود و کمبود مواد غذایی وجود داشت جامعه مصری تنها می توانست نیازهای اسـاسی خود را تأمـین کند و فقط قـادر به حـفظ خود بود . گـاهی اوقات تحت فـشار این شـرایط قحطی داخلی ومـشکلات اجتمـاعی افزایش می یافت و باعث کـاهش جمعیّت می گردید زیرا ، این جوامع بی ثبات کارآیی لازم در کشاورزی و یا دیگر فعالیتهای ضروری را نداشتند . بنابراین تاریخ اوّلیه مصر نمونه جالبی از نقش انرژی (که بر حسب غذای مازاد اندازه گیری می شود) در ساختار و فـعالیتهای یک جامعه ابتـدایی است . اگر چه ساختار جوامع امروزی خـیلی پیچیده تر هستند ، هنوز انرژی به عنوان یک فاکتور نقش اساسی را دارد .

غذا به عنوان مرکز ثقل جوامع

به طور کلی یکی از اسـاسیـترین و ضـروریترین احـتیـاجات انسـان و طبیـعت تهیّـه غذای کافی است . در جوامع طبیعی تمام ساختار و فعّالیت جمعیّتی که آن را تشکیل می دهد حول غذا به عنوان یک منبع انرژی دور می زند (التـون ۱۹۲۷) . در جـوامع ابتـدایی تـر غـذا به عنوان یک کالای تبادلی مدتها قبل از به وجود آمدن پول به کار می رفت . انسان محصولات مازاد را مبادله می کرد و به این طـریق نه تنها در جیره غذایی او بهـبود حاصل شـد بلکه با گروههـای دیگر مردم در تماس متقابل قرار گرفت .

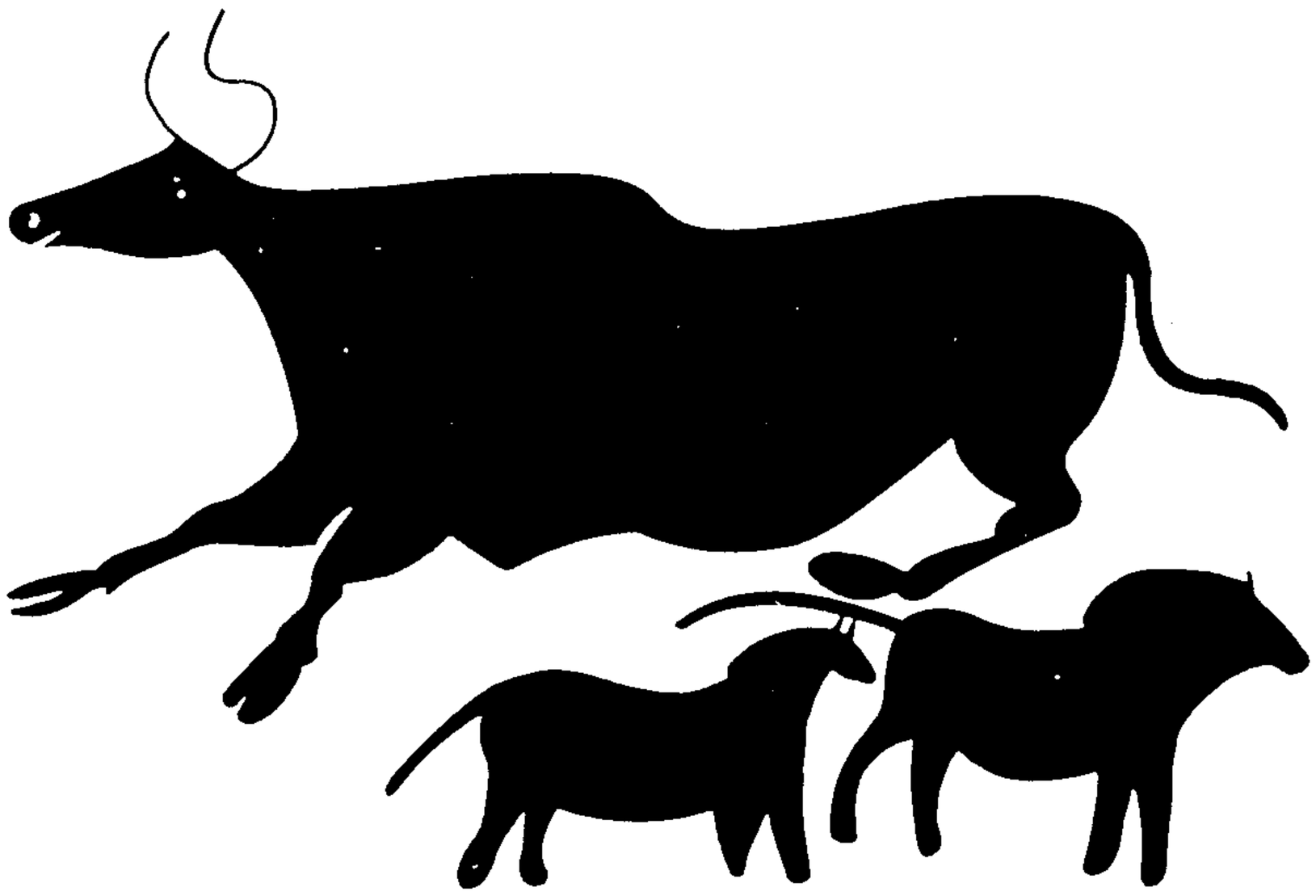
تکامل گـونه ها در جـمعیّـتهای داخل اجـتماعـات تحت تأثیـر رابطه عـرضـه و تقاضـای غذاست . همانـند جوامع بشری ، ثبات برای بقـای یک جامعه زیستی نیـز لازم است و لذا ثبات دارای روند مهم تکاملی می باشد (پی منتل ۱۹۶۱ و ۱۹۶۸) . تعادل ایجاد شده در تأمین عرضه و تقاضای جمعیّتها باعث ثبات نسبی در این سیستمهای پویا می شود .

علت اصلی کـه غذا و انرژی به عنوان منـابع بحرانی در جـوامع طبیـعی (از جمله انسـان) به حسـاب می آید این است که مـقدار انرژی خورشـیدی کـه تثبیت می شـود و یا به وسیله گـیاهان به بیـوماس تبـدیل می شـود محـدود است . گـیاهان کـمتـر از ۰/۱ درصد از انرژی نـورانی را که به زمین می رسد تثبیت می کنند . پیش از آن که از سوختهـای فسیلی استفاده شود ، انسان و سایر حیـوانات مشـترکـاً بخشی از انرژی خـورشیـدی را که به وسـیله گیـاهان جذب و سـپس به انرژی

تبدیل می شد استفاده می کردند .

در دوران ماقبل تاریخ انسان اهمیّت غذا را در زندگی شناخته بود . این مسأله در بسیاری از تصاویر حیوانات و گیاهان که توسط انسان آن دوران ، در غارها حک شده و وسایلی که مورد استفاده قرار می داده است بخوبی روشن است .

درجه ترجیح زیادی که انسان ، برای غذا قائل بوده است در طول تاریخ بخوبی روشن است . هنر نقاشی مصری نه تنها انواع محصولات غذایی و دامی را به منصه ظهور می آورده است بلکه غلات و سایر مواد غذایی همراه با مردگان دفن می گردید . یک مثال شگفت انگیز دیگر تمدن مایان در آمریکای مرکزی است که ذرت به عنوان یک غذای اصلی و عمده آنهابود. تصویر مکرّر ذرت در مجسمه ها و نقاشیها بر اهمیّت ذرت برای تمدن مایانها تأکید دارد .



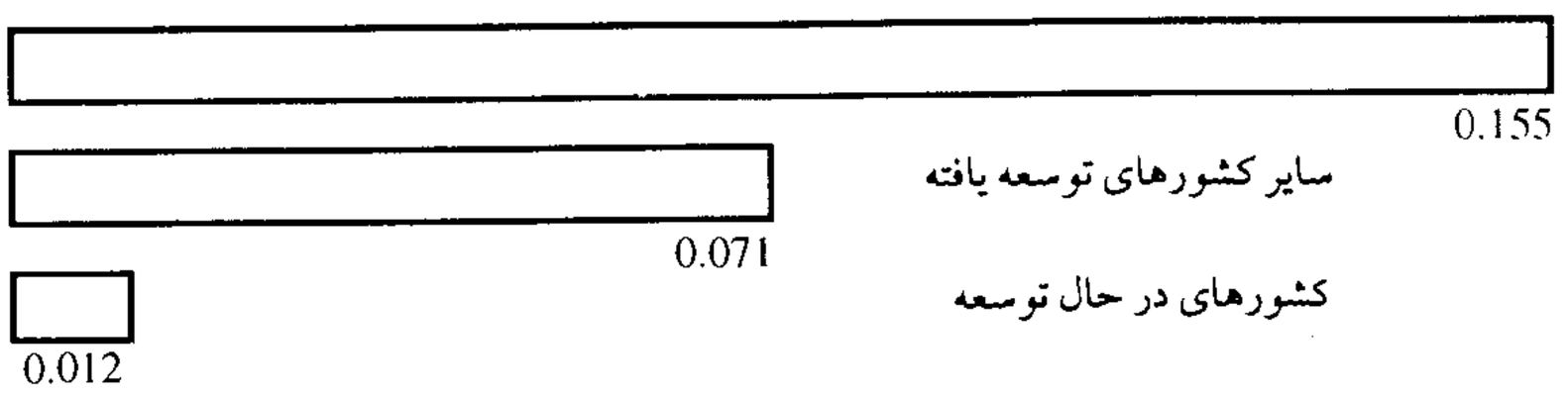
شکل ۲-۱ - اشکال نقاشی شده گاو و اسب در غار لاسکا در فرانسه
(برودریک۱۹۴۹)

از نظر تاریخی هیچ منبع دیگری بیشتر از غذا برای انسان ارزش نداشته است . این مسأله نه تنها در تصاویر و مجسمه ها و دیگر کارهای هنری بلکه در بسیاری از مراسم مذهبی و فرهنگی و جشنواره های برداشت محصول نمایان است .

کاربرد انرژی در سیستمهای غذایی

یکی از راههای اندازه گیری اهمیت نسبی غذا در جامعه بر اساس مقدار انرژی و کاری است که جهت تهیّه غذا برای انسان اختصاص داده می شود . در دوران ما قبل تاریخ حدود ۹۵٪ از کل انرژی مورد نیاز جهت بقاء خانواده برای تولید غذا ، استفاده می شد که این شامل انرژی جهت شکار ، جمع آوری ، حمل و نقل غذا و آماده کردن آن برای مصرف می شد .

حتی امروزه در برخی از کشورهای در حال توسعه که اقتصاد آنها بر پایه کشاورزی است انرژیی که به وسیله مردم صرف سیستم غذایی می شود ۸۰-۶۰ درصد را شامل می گردد(۱۹۷۵ ، RASAS) . این موضوع برعکس بسیاری از کشورهای توسعه یافته است که فقط حدود ۳۵-۱۵ درصد از انرژی جهت تولید غذا اختصاص دارد . مثلاً در آمریکا و انگلستان مقدار انرژی که جهت تولید غذا استفاده می شود در حدود ۱۶ درصد از کل انرژی مصرفی است (۱۹۷۵ ،FEA) . مانند کشورهای در حال توسعه این انرژی جهت تولید ، تبدیل ، توزیع و آماده ساختن غذا در کل سیستم استفاده می شود . اگر چه در آمریکا نسبتی از انرژی که در سیستم غذایی استفاده می شود فقط حدود ۱۶/۵ درصد کل انرژی مصرفی است ، مقدار کل انرژی که در این مورد مصرف می شود چندین برابر کشورهای توسعه یافته است مخصوصاً در ایالات متحده(شکل ۳/ ۱) مصرف سرانه انرژی جهت تهیّه غذا سه برابر مقدار سرانه انرژی مصرفی برای کل فعالیتهای انرژی خواه از جمله تولید غذا در کشورهای در حال توسعه است . این مقایسه یکبار دیگر وابستگی زیاد زندگی به انرژی در جوامعی مثل ایلات متحده را مخصوصاً از زمانی که دسترسی به سوختهای فسیلی میسر شده است نشان می دهد .



میزان انرژی مصرفی (برحسب بشکه در روز برای هر نفر)

شکل۳-۱ - مقدار انرژی مصرفی در ایالات متحده و دیگر کشورهای توسعه یافته و کشورهای در حال توسعه (پنروایسرمن ۱۹۷۴)

در جدول ۱-۱ مصرف انرژی و بازده غلات در هر هکتار و به ازای هر کارگر کشاورزی برای کشورهای مختلف آورده شده است .

جدول ۱-۱ : مصرف انرژی تجارتی و بازده غلات

	انرژی در هکتار	انرژی به ازاء هرکارگر	بازده در هکتار	بازده به ازاء کارگر
	10^9ژول		کیلو گرم	
کشورهای توسعه یافته	۲۴/۸	۱۰۷/۸	۳۱۰۰	۱۰۵۰۸
آمریکای شمالی	۲۰/۹	۵۵۵/۸	۳۴۵۷	۶۷۸۸۲
اروپای غربی	۲۷/۹	۸۲/۴	۳۱۶۳	۵۷۷۲
اقیانوسیه	۱۰/۸	۲۴۶/۸	۹۷۶	۲۰۷۴۶
سایر کشورهای توسعه یافته	۱۹/۴	۱۹/۱	۲۶۳۱	۲۲۱۵
کشورهای در حال توسعه آفریقا	۲/۲	۲/۲	۱۲۵۵	۸۷۷
آمریکای لاتین	۴/۲	۸/۶	۱۴۴۰	۱۸۵۶
خاور نزدیک	۳/۸	۴/۴	۱۳۲۸	۷۸۱
خاور دور	۱/۷	۱/۴	۱۳۲۸	۷۸۱
کشورهایی که اقتصاد مرکزی دارند	۵/۹	۶/۸	۱۷۴۴	۱۵۱۸
آسیا	۲/۴	۱/۷	۱۸۱۵	۹۱۱
اروپای شرقی و شوروی	۹/۳	۲۸/۵	۱۶۸۲	۴۱۰۹
جهان	۷/۹	۹/۹	۱۸۲۱	۱۶۷۱

فصل دوم

انرژی و نیروی انسان

انرژی و کار

انرژی ظرفیت انجام دادن کار است . اگر چه انرژی به اشکال مختلف یافت می شود (جدول شماره ۱-۲) اما همه اشکال آن ظرفیت انجام دادن کار را دارند . انرژی نورانی که از خورشید می آید مهمترین شکل انرژی برای بقای همه موجودات روی زمین است . گیاهان توانایی گرفتن یا تثبیت انرژی نورانی و تبدیل آن به انرژی شیمیایی جهت استفاده خود و حیواناتی که از آنها تغذیه می کنند را دارند . اگرچه انرژی خورشیدی در بسیاری از فعّالیتهای انسان استفاده می شود ، در درجه اوّل بیشتر در تولید کشاورزی و جنگل نقش دارد .

انرژی الکتریک در امواج رادیو ، رادار ، مایکروویو و تلویزیون استفاده می شود . حرکت و جابجایی اشیاء توسط انسان یا ماشین یک شکل از انرژی مکانیکی است . فرم دیگر ، انرژی گرمایی است که برای پختن و خنک کردن استفاده می شود . انرژی مغناطیسی ، نتیجه اثر متقابل بارمثبت و منفی یک ماده باردار است و می تواند کار انجام دهد . همچنین امواج صوتی یک شکل از انرژی را تشکیل می دهند . اخیراً یک فرم از انرژی کشف شده ، انرژی هسته ای است که از ذرات اتمی مثل اورانیوم آزاد می شود . از زمان کشف انرژی هسته ای ، بشر راه استفاده از آن را پیدا کرده که نه تنها برای بمبهای اتمی بلکه همچنین برای تولید الکتریسیته بویژه در نیروگاههای استفاده می شود .

قوانین ترمودینامیک

استفاده یا جریان انرژی اصولاً تابع دو قانون ترمودینامیک است . قانون اوّل ترمودینامیک می گوید ، که انرژی ممکن است از یک فرم به فرم دیگر تبدیل شود (جدول شماره۱-۲) اما تولید نشده و یا از بین نمی رود . برای مثال انرژی نورانی می تواند به انرژی گرمایی ، یا به انرژی مواد غذایی گیاهی (انرژی شیمیایی) تبدیل شود . در این مراحل تبدیل انرژی نورانی به انرژی مواد غذایی گیاهی (انرژی شیمیایی) انرژی نه کم می شود ونه از بین می رود بلکه فقط شکل آن تغییر داده می شود .

قانون دوم ترمودینامیک می گوید که تبدیل انرژی اتفاق نخواهد افتاد مگر این که انرژی از یک فرم متراکم به فرم رقیقتر تنزل کند و بعلاوه کارایی این تبدیل ۱۰۰٪ نیست . جریان انرژی از یک منبع پر انرژی به یک منبع کم انرژی به عنوان اصل ثبات نامیده می شود . برای مثال اگر یک جسم گرم نز یک جسم سرد قرار گیرد ، گرما از جسم گرم به جسم سرد انتقال می یابد اما هرگز برعکس آن اتفاق نخوهد افتاد . چون این انتقال کارآیی ۱۰۰٪ را ندارد درجه حرارت جسم سرد بالا خواهد رفت اما نه به اندازه تمام انرژی که از جسم گرم منتقل می شود . در این انتقال مقداری از انرژی در محیط پخش می شود . اگر مخلوط کردن یک فنجان آب جوش با یک فنجان آب سرد را در نظر بگیریم ، درجه حرارت مخلوط حاصل کمی پایینتر از مقدار انرژی است که از طریق محاسبه انرژی تلف شده آب جوشیده حاصل می شود . آب سرد هم خیلی گرمتر از حالت اوّلیه خود می شود . امّا چون مقداری از انرژی گرمایی در محیط پخش می شود گرمای آن به اندازه میانگین دو درجه حرارت اوّلیه که انتظار می رود نخواهد شد .

عمل همه سیستمهای بیولوژیک از جمله محصولات زراعی زمانی که انرژی خورشیدی توسط آنها تبدیل به انرژی شیمیایی می شود از قانون دوم ترمودینامیک پیروی می کند . گیاهان از این انرژی شیمیایی در مراحل ساخت بافتهای خود استفاره می کنند ، مقداری از این انرژی شیمیایی که انرژی نوری تغییر شکل داده شده است به صورت گرما در محیط اطراف پراکنده شد و از دست می رود.

جدول ۱ -۲: مثالهایی از تبدیل انرژی و وسایل تبدیل انرژی (از استینهارت و استینهارت ، ۱۹۷۴)

به	از	گرمایی	آکوستیک	شیمیایی	برقی	نور
مکانیکی	پارو زدن قایقرانی جک زدن دوچرخه اصطکاك ترمز پمپ گرما	موتور بخار	باروگراف گوش	انقباض ماهیچه بمب موتور جت	موتور الکتریکی کریستال پیزوالکتریک	دربازکن فتوالکتریک
گرمایی	رادیاتور	جذب کننده صدا		غذا سوخت	رزیستور شمع ماشین	اجاق خورشیدی اثر گلخانه ای
آکوستیک	زنگ ویلن	لوله آتش	مگافون	انفجار	گوشی تلفن کسی باصدای بلند صحبت می کند رعد	
شیمیایی	فتوگراف کوکی انفجار نیتروگلیسیرین در اثر ضربه	واکنشی های درون گرمایی		رشد ومتابولیزم	الکترولیز	فتو سنتز واکنشهای فتو شیمیایی
برقی	کریستال پیزوالکتریک دینام	ترموپیل	میکروفون القایی	باطری سلول سوخت	ترانسفورماتور آهن ربا	سلول خورشیدی
نور	اصطکاك(جرقه)	ترمولومینسنس		بیولومینسنس شمع		لامپ برق آسمان

اندازه گیری انرژی

واحدهای اصلی اندازه گیری انرژی کالری ، ژول ، BTU و وات است . گرما یک فرم از انرژی است که مستقیماً توانایی انجام دادن کار را ندارد ، اما ظرفیت بالابردن درجه حرارت یک ماده یا تغییر حالت (جامد ـ مایع ـ گاز) یک جسم سردتر را دارد . یک کالری یا گرم کالری مقدار گرمایی است که جهت بالا بردن درجه حرارت یک گرم آب به اندازه یک درجه سانتیگراد در درجه حرارت ۱۵ درجه سانتیگراد مورد نیاز است . کیلوکالری یا کیلو گرم ـ کالری ۱۰۰۰ گرم کالری است یا مقدار گرمایی که برای بالا بردن دمای ۱ کیلو گرم آب به اندازه ۱ درجه سانتیگراد در درجه حرارت ۱۵ درجه لازم است . در تغذیه از کالری بزرگ که معادل ۱۰۰۰ کیلو کالری کوچک یا ۱ کیلو کالری است استفاده می شود .

واحد گرمایی انگلیسی BTU مقدار گرمایی است که برای بالابردن دمای ۱ پوند آب به اندازه ۱ درجه فارنهایت لازم است و معادل ۲۵۲ کالری یا ۰/۲۵۲ کیلو کالری است . یک ژول معادل ۰/۷۴ فوت ـ پوند یا ۰/۱ کیلو گرم ـ متر است . وات معادل یک ژول در ثانیه یا ۱۴/۳ کیلو کالری در دقیقه است .

کار به وسیله واحد فوت ـ پوند اندازه گیری می شود و احتیاج به صرف یا استفاده از انرژی برای انجام آن می باشد و در سرعتهای مختلف انجام می شود . نیرو عبارت است از سرعت زمانی که کار انجام می شود و یا انرژی مصرف می گردد . بنابراین اصطلاح ژول بر ثانیه به معنی ، ۱ ژول انرژی مصرف شده در ثانیه است . اصطلاح وات مترادف ۱ ژول بر ثانیه است و مفهومی مختصر برای فهماندن این مقدار نیرو است .

اسب بخار معمولاً واحد دیگری است که برای نیرو استفاده می شود . یک اسب بخار ساعت ظرفیت انجام دادن ۳۳۰۰۰ فوت ـ پوند کار در دقیقه برای مدت یک ساعت است و بر اساس توانایی یک اسب معمولی برای جابجایی ۳۳۰۰۰ پوند به اندازه یک فوت در دقیقه برای مدت زمان یک ساعت می باشد . ماکزیمم ظرفیت انجام کار برای یک اسب در روز در حدود ۱۰ اسب بخار ساعت یا ۱۰ ساعت کار در روز است . یک اسب بخار ـ ساعت یا ۳۳۰۰۰ فوت ـ پوند کار در دقیقه برای یکساعت می تواند بر حسب انرژی گرمایی بیان شود . این مقدار نیرو درجه حرارت ۶۴۱ کیلو گرم آب را در درجه حرارت ۱۵ درجه سانتیگراد به اندازه یک درجه بالا می برد . بنابراین وقتی که برحسب کیلو کالری تبدیل می شود ، یک

اسب بخار ساعت ، ۶۴۱ کیلو کالری انرژی گرمایی است .

یک مرد کارگر که ۱۰ ساعت در روز کار کند فقط معادل یک اسب بخار ساعت نیرو تولید می کند . بنابراین یک ساعت نیروی انسان برابرحدود یک دهم از یکساعت نیروی اسب می باشد ، یا یک اسب در یک ساعت می تواند معادل مقدار کار ده کارگر در یک ساعت کار انجام دهد . نیروی اسب و نیروی گاو از اوّلین جانشینهای نیروی انسان بودند و در بهبود کیفّیت زندگی او شرکت داشتند . مطمئناً انسانهایی که در کشاورزی بدوی از فوکا استفاده می کردند وقتی که از گاو و یا اسب استفاده کردند بیشتر تولید می کردند .

تراکم خیلی زیاد انرژی در یک گالن بنزین می تواند هنگامی که با نیروی انسان مقایسه شود آشکار شود . اگر یک گالن بنزین برای راه اندازی یک موتور مکانیکی که کارآیی آن در تبدیل انرژی گرمایی به انرژی مکانیکی در حدود ۲۰٪ است استفاده شود می تواند معادل ۶۲۰۰ کیلو کالری کار انجام دهد . این معادل ۹/۷ اسب بخار ساعت کار است . از این رو از یک گالن بنزین می توان ، کاری معادل کار یک اسب که حدود ۱۰ ساعت در روز کار کند به دست آورد . بعلاوه یک گالن بنزین کاری معادل ۹ ساعت نیروی انسان یا یک کارگری که ۸ ساعت در روز و پنج روز در هفته برای حدود ۲/۵ هفته کار بکند تولید می کند .

تبدیل انرژی بیولوژیکی خورشیدی در کشاورزی

بقاء انسان و اکوسیستم او به کارآیی گیاهان سبز به عنوان تولیدکنندگان انرژی بستگی دارد . گیاهان نور خورشید را به انرژی غذایی برای خودشان ، انسان و دیگر موجودات تبدیل می کنند . اساس کلی سیستم حیات از جمله کشاورزی وابسته به تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی شیمیایی که از نظر بیولوژیکی برای انسان دائماً مفید است می باشد . مقدار انرژی خورشیدی که روزانه به یک هکتار زمین در یک ناحیه معتدل می دسد $۱۵-۴۵\times۱۰^{۶}$ کیلو کالری است . در طی یک سال کل انرژی خورشیدی دریافت شده در هکتار از $۱/۸\times۱۰^{۱۰}$ تا $۱/۱\times۱۰^{۱۰}$ کیلو کالری است که مقدار $۱/۴\times۱۰^{۱۰}$ کیلو کالری را می توان به عنوان یک میانگین قابل اعتماد در نظر گرفت . این مقدار تقریباً معدل انرژی پتانسیل ۴۵۲۰۰۰ گالن بنزین در سال در هر هکتار است . این مقدار انرژی زیاد به نظر می رسد و در حقیقت وقتی به عنوان یک واحد در نظر گرفته شود مقدار زیادی است . امّا هر میلیمتر مربع در روز فقط ۰/۰۰۳۸ کیلو کالری انرژی خورشیدی دریافت می داردکه تنها برای بالا بردن درجه حرارت ۳/۸

میلی لیتر آب به اندازه یک درجه سانتیگراد کافی است .

گیاهان سبز قادر هستند ، فقط درصد کمی از نور خورشید که به زمین می رسد را جذب کنند . کل انرژی خورشیدی که سالانه به وسیله گیاهان در اکوسیستمها تثبیت می شود در حدود ۴۰۰×۱۰^{۱۵} کیلو کالری تخمین زده می شود که بین اکوسیستمهای خشکی و اقیانوسها به طوریکسان تقسیم می شود (پی منتل و همکاران ۱۹۷۸) . مقدار انرژی تثبیت شده به وسیله گیاهان دنیا کمتر از ۰/۱ درصد از کل انرژی خورشیدی است که به زمین می رسد (ویتا کرولیکن ۱۹۷۵) . باید توّجه داشت که اگر چه خشکیها فقط حدود یک سوم سطح زمین را در بر می گیرند گیاهان در این اکوسیستمها در حدود نیمی از کل انرژی نورانی دریافت شده را تثبیت می کنند . اگر تنها منطقه معتدل در نظر گرفته شود تنها ۰/۰۷ درصد از $۱/۴ \times ۱۰^{۱۰}$ کیلو کالری نور خورشید در این نوع از اکوسیستمهای خشکی تثبیت می شود (ریفسند رولول ۱۹۶۵) . بنابراین انرژی خالص تثبیت شده به رسیله گیاهان در یک منطقه معتدله درحدود ۱۰×۱۰^{۶} کیلو کالری در هکتار در سال است . این مقدار بر حسب وزن خشک ماده گیاهی ، به طور متوسط معادل عملکرد ۲۴۰۰ کیلو گرم در هکتار در سال است ، که در برخی از مناطق سنگلاخی و کویری صفر و در بعضی باتلاقها و مردابها تا ۱۰۰۰۰ کیلو گرم در هکتار می وسد (ویتا کرولیکن ۱۹۷۵) .

در اکوسیستمهای کشاورزی تقریباً ۱۵×۱۰^{۶} کیلو کالری انرژی نورانی در هر هکتار در طول فصل رویش تثبیت می شود . با این وجود این مقدار فقط در حدود ۰/۱ درصد از کل انرژی خورشیدی رسیده در یک هکتار در طی سال و برابر حدود ۳۵۰۰ کیلو گرم در هکتار بیوماس خشک است . این مقدار بسته به نوع محصول فرق می کند و از ۲۰۰ کیلو گرم در هکتار برای محصولاتی نظیر لوبیا تا ۱۱۰۰۰ کیلو گرم در هکتار برای ذرت و نیشکر اندازه گیری شده است (الف ۱۹۷۶ USDA) . جهت مقایسه ، بیوماس سالانه اکوسیستمهای کشاورزی در هکتار کمی بیشتر از میانگین بیوماس سالانه اکوسیستمهای طبیعی است . این تعجب آور نیست چون که گیاهان زراعی روی حاصلخیزترین خاکها رشد می کنند و اغلب با رطوبت زیاد و مواد غذایی ضروری (کودها) تأمین می شوند .

در شرایط مناسب در طی روزهای آفتابی در وسط تابستان و زمانی که گیاهان نزدیک به مرحله رسیدن هستند محصولاتی نظیر ذرت و نیشکر مقدار ۵٪ از انرژی نورانی رسیده به زمین را جذب می کنند . امّا در منطقه معتدله در تمام فصل رشد درصد انرژی نورانی جذب

شده به وسیله گیاهان کمتر از ۱ / ۰ درصد است . این مقدار انرژی خالصی است که ممکن است به شکل ماده گیاهی برداشت شود .

البته مقدار قابل توجّه ای از انرژی جذب شده ، به وسیلهٔ خود گیاه استفاده می شود . برای مثال گیاه سویا در حدود ۲۵ درصد از انرژی را که برای تنفس و نگهداری خود لازم دارد مورد استفاده قرار می دهد و در حدود ۵٪ از انرژی در تهیّه غذا جهت باکتریهای تثبیت کننده ازت ، که با گیاه سویا به صورت همزیستی زندگی می کنند مصرف می شود . ۵ تا ۱۰ درصد دیگر به وسیله آفات که از گیاه سویا تغذیه می کنند از دست می رود . عملکرد خالص در لوبیا بعلاوه شاخ و برگ در حدود ۶۵ درصد انرژی وصول شده به وسیله گیاه است . بیشتر گیاهان بخشهای زیادی از انرژی نورانی تثبیت شده را در داخل میوه ها و بذرهای خود ذخیره می کنند . این مقادیر از ۵ تا ۵۰ درصد کل انرژی نورانی تثبیت شده به وسیله گیاه است و حاکی از اولویتی است که گیاه به تولید مثل می دهد (هارپر ۱۹۷۷) .

در تکنیکهای به نژادی از تخصیص مجدد انرژی در گیاهان در جهت بهبود عملکرد استفاده شده است . گروگان گزارش نموده است (گروگان ، تماس شخصی ۱۹۷۶) که یکی از فاکتورهای مؤثر در افزانش عملکرد در ارقام جدید ذرت تغییر در تخصیص انرژی داخل گیاه بوده است . اندازهٔ کاکل (اندام نر) و مقدار گرده تولید شده که بخصوص در ارقام اصلاح شده جدید کمتر است ، بدین منظور است که انرژی صرفه جویی شده در تولید کاکل و گرده به دانه ذرت اختصاص داده می شود . گیاهان ذرت که به صورت متراکم و تحت شرایط نرمال می رویند کاکل کوچکتر و مقدار گرده کمتری تولید می کنند و این برای تولید بذر بیشتر رضایت بخش است .

تولید بیوماس

سالانه حدود ۱۰۰ میلیارد تن مواد آلی ، در طبیعت ساخته می شود که قسمت عمده آن از طریق فتوسنتز در گیاهان سبز و مقدار کمی توسط باکتریها آبزی است . فتو سنتز نه تنها فرایند تولید غذا و سایر مواد مورد نیاز انسان است بلکه انرژیهای فسیلی امروزی نیز ناشی از تبدیل انرژی خورشیدی به وسیله فتوسنتز به موجودات زنده در میلیونها سال پیش است .

انرژی خورشید که به سطح زمین می رسد اشعه الکترومغناطیس است که طول موج آن از ۳/ ۰ تا ۳ میکرون متفاوت است . مقدار انرژی خورشیدی به ازای واحد یک سطح افقی

در ماوراء جو ۰/۵ کالری در سانتیمتر مربع در دقیقه است . این مقدار حد متوسطی برای روز و شب و همه عرضهای جغرافیایی است . اگر ۴۷٪ این انرژی به سطح زمین برسد مقدار انرژی موجود برای تولید غذا برابر :

کالری برسانتیمتر مربع در روز ۳۳۸ = ۶۰ ×۲۴ ×۰/۴۷ ×۰/۵ ×

در یک روز تابستان و در یک جنگل یا مزرعه مقدار آن کمی بیشتر و حدود ۵۰۰ تا ۷۰۰ کالری بر سانتیمتر مربع در روز است . حدود ۲۵٪ انرژی خورشیدی که به زمین می رسد دارای طول موج مناسب جهت فتوسنتز است . از این مقدار ۶۰ تا ۷۰٪ آن به وسیله برگها جذب می شود مقدار انرژی ذخیره شد ه به ازای هر واحد کربوهیدرات ساخته شده حدود $^{ev}۵$ است . فوتونهایی که این فرایند را به جریان می اندازد عمدتاً از قسمت انتهای طیف قرمز قابل رویت است که انرژی آن به ازای هر فوتون $^{ev}۱/۷$ است . حدود ۸ فوتون از نور قرمز برای تشکیل هر ملکول کربوهیدرات لازم است . بر این اساس برای ذخیره $^{ev}۵$ انرژی نیاز به $^{ev}۱۴$ انرژی ورودی است . این مقدار معادل کارآیی حدود ۳۵٪ است . با احتساب همه این فاکتورها کارآیی کلی برابر ۶٪ است (۳۵٪ ×۷۰٪ × ۲۵٪) .

راه عملیتر برای تعین کارآیی تولید بیوماس اندازه گیری مستقیم است . چنین اندازه گیریهایی حاکی از آن است که اگر مقدار انرژی روزانه برابر ۵۰۰ کالری بر سانتیمتر مربع در روز باشد ، پتانسیل خالص تولید برابر ۷۰ گرم در متر مربع در روز و تولید ناخالص برابر ۱۰۷ گرم خواهد بود ، که ۳۵ گرم سوخت ناشی از تنفس این مقدار را به ۷۱ گرم تولید خالص می رساند . بدین ترتیب اگر بخواهیم حداکثر کارآیی تبدیل انرژی خورشیدی به بیوماس را محاسبه کنیم و با فرض این که ماده تولیدی گلوکز باشد چون هرمول آن حاوی ۶۷۴ کیلو کالری انرژی است و وزن اتمی کربن ، هیدرژن و اکسیژن به ترتیب ، برابر ۱۲ ، ۱ و ۱۶ است لذا هرمول کلوکز ۱۸۰ گرم وزن خواهد داشت .

گرم در هر مول 180 = 16 (6) + 1 (12) + 12 (6) = (C6H1206) گلوکز

چون ۶۷۴ کیلو کالری در هر مول انرژی ذخیره شده است

$\frac{۶۷۴}{۱۸۰} \times ۱۰^{۳} = ۳۷۴۴$ گرم / کالری

با توجّه به این که تولید خالص ۷۱ گرم در متر مربع در روز است .

کالری بر سانتیمتر مربع در روز ۲۶/۶ = $\frac{۷۱ ۴ ۳۷۴۴}{۱۰^{۴}}$

با مقایسه این انرژی خروجی (تولیدی) با مقدار انرژی ورودی که ۵۰۰ کالری برسانتیمتر مربع در روز است کارآیی فتوسنتز برابر :

درصد ۵/۳ = $\frac{۲۶ / ۶}{۵۰۰}$

چون ۲۵٪ نور دارای طول موج مناسب و ۶۰٪ از نور ورودی توسط برگهای گیاه جذب می شود ، برای کسب ۵٪ کارآیی کلی لازم است ۳۵٪ انرژی جذب شده تبدیل به بیوماس شود . در جدول ۲-۲ به عنوان نمونه تولید خالص بیوماس برای برخی مناطق آمریکا آورده شده است .

جدول ۲-۲ : تولید خالص بیوماس در یک روز آفتابی و کارآیی تبدیل انرژی

	تولید گیاهی (گرم بر متر مربع درروز)	کارآیی تبدیل (درصد)
حداکثر توانایی	۷۱	۵
جریان آب آلوده	۵۵	۴
یک مزرعه ذرت	۲۰	۱/۵
یک جنگل کاج	۶	۰/۵
یک علفزار	۰/۳	۰/۵۰
صحرای نوادا	۰/۲	۰/۰۱۵

بطور کلی از مقدار کل انرژی خورشیدی در سطح زمین ۱۰۱۲ × ۴۰ وات آن به فتوسنتز تبدیل میشود . این مقدار حدود $\frac{۱}{۴۰۰۰}$ کل انرژی خورشیدی واصله است . حدود نصف فتوسنتز در اقیانوسها که ۷۰٪ سطح زمین را پوشانده اند انجام می شود . اگر فرض کنیم ماده خشک حاصله از فتوسنتز عمدتاً گلوکز باشد که هر گرم آن ۳۷۴۴ کالری انرژی داشته باشد مقدار کل ماده گیاهی تولید شده در سال برابر

سال /گرم $۱۰^{۱۶}$ × ۸ = $\frac{\text{گرم ۱}}{\text{کالری ۳۷۴۴}}$ × $\frac{\text{ثانیه } ۱۰^{۷} \times ۳/۱۵}{\text{سال}}$ × $\frac{\text{کالری ۱}}{۴/۱۸}$ × ثانیه /ژول $۱۰^{۱۲}$ × ۴۰

بر آورد دیگری که از تولید در سطح زمین شده است به طور متوسط ۳۲۰ گرم در متر مربع در سال است . چون زمین دارای شعاعی برابر ۱۰۶ ×۳۷/ ۶ متر است مقدار کل تولید برابر

مترمربع / گرم ۳۲۰ × مترمربع ۲(۱۰۶ × ۳۷/ ۶)۴π

سال / گرم $= ۱/۶ \times ۱۰^{۱۷}$

در جدول ۳-۲- تولید بیوماس برای برخی اکوسیستمهای طبیعی و کشاورزی آورده شده است .

جدول ۳-۲ : تولید بیوماس در برخی اکوسیستمها

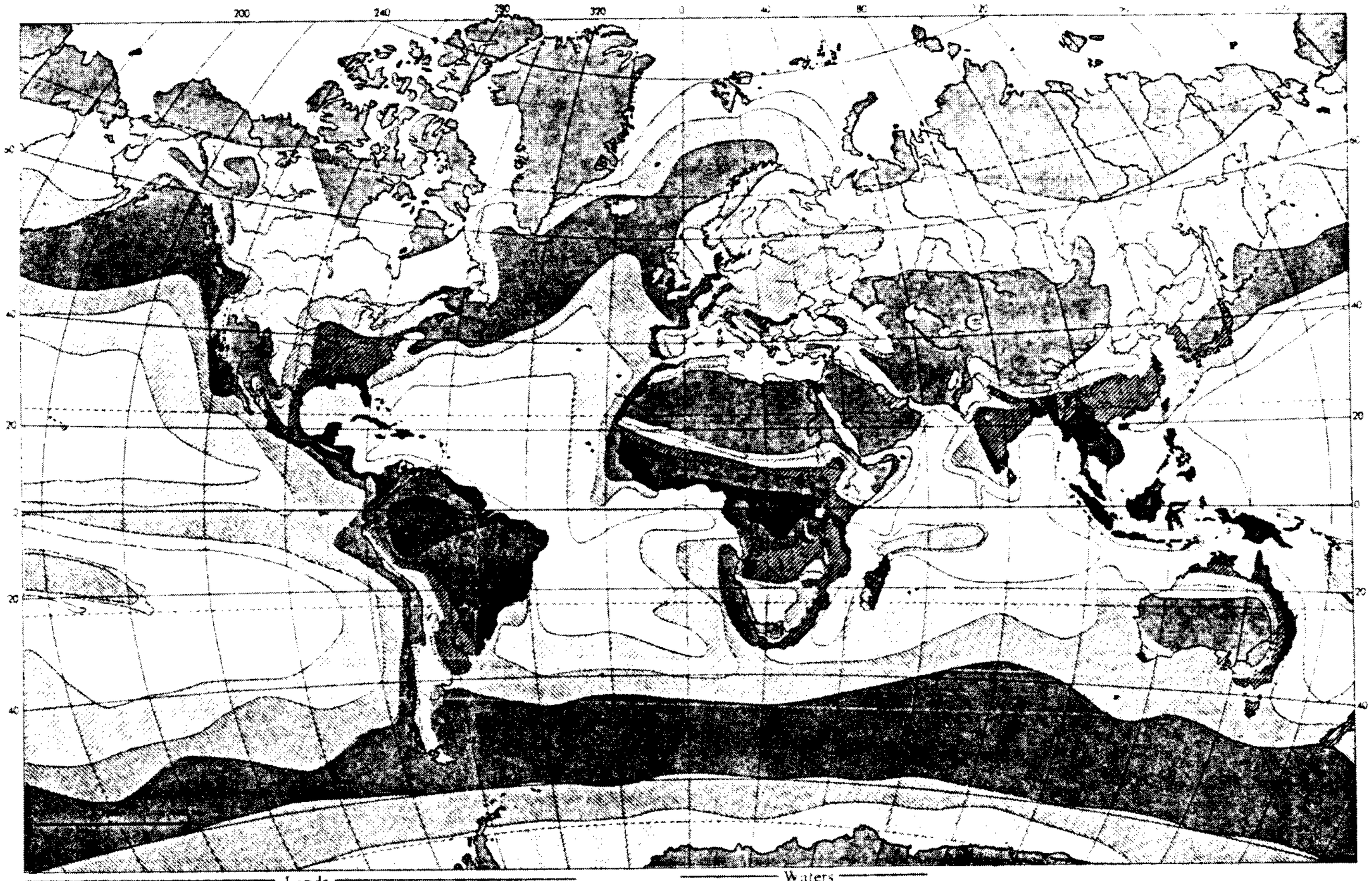
اکوسیستمهای طبیعی	تولید خالص (گرم در متر مربع در سال)
مناطق معتدله	۱۱۹۵
جنگلهای بلوط ـ کاج (نیویورك)	۱۳۵۰
جنگلهای افرا (دانمارك)	۱۴۵۰
نوعی کاج (انگلستان)	۱۶۰۰
چمنزار (زلاند نو)	۳۲۰۰
مناطق حاره	
جنگل (هند شرقی)	۶۰۰۰
نخل روغنی (کنگو)	۳۷۰۰
جنگل (ساحل عاج)	۱۳۴۰
آبهای شیرین	
برکه آب شیرین (دانمارك)	۹۵۰-۱۵۰۰
برکه فاضلاب (کالیفرنیا)	۵۶۰۰
باتلاق (مینسوتا)	۲۵۰۰
اقیانوسها	
جلبک (دانمارك)	۲۶۰-۳۴۰
علفهای دریایی (نوا اسکاتیا)	۲۰۰۰-۲۶۰۰

اقیانوس باز (متوسط)	۱۰۰
مناطق ساحلی (متوسط)	۲۰۰
اکوسیستمهای کشاورزی	
مناطق معتدله	
ذرت (مینسوتا)	۱۳۹۰
ذرت (اسرائیل)	۳۶۰۰
ذرت (متوسط برای امریکا)	۲۵۰۰-۴۰۰۰
برنج (ژاپن)	۱۰۰۰-۱۲۰۰
مناطق حاره	
نیشکر (هاوایی)	۷۲۰۰-۷۸۰۰
نیشکر (جاوه)	۹۴۰۰
برنج (متوسط برای سیلان)	۳۴۰-۵۵۰
برنج (متوسط برای غرب پاکستان)	۵۶۰ -۷۰۰

در شکل ۱-۲ الگوی تولیدبیوماس در سطح جهان نشان داده شده است.

انرژی بیولوژیکی قابل تجدید در مقایسه با انرژی فسیلی

تا قرن شانزدهم در انگلستان و فرانسه چوب ، که منبع انرژی قابل تجدید در این کشورها بود در حال پایان بود (نف ۱۹۷۷) . چوب برای پختن و تهیه غذا و گرم کردن منازل جمعیّت در حال توسعه استفاده می شد . از آن همچنین برای تولید زغال جهت مصرف در صنایع فلزی و تهیّه الوار برای ساختن کشتی و ساختمان سازی استفاده می شد . به دلیل کمبود چوب لندن و پاریس به زغال نرم به عنوان یک منبع قابل جانشین روی آوردند (کوك ۱۹۷۶) . از آنجایی که زغال نرم پس از سوختن زیان آور بود استفاده مداوم از چوب ترجیح داده می شد . افرادی که توانایی پرداخت پول بیشتری را داشتند از چوب جهت سوخت استفاده می کردند . در این زمان زغال سنگ در ابتدا برای گرم کردن استفاده می شد . استفاده از آن به عنوان یک منبع انرژی به جای نیروی کارگر و اسب تا حدود ۲۰۰ سال بعد رایج گردید .



شکل ۱-۲ الگوی تولید بیوماس در سطح جهان

اما از زغال سنگ به طور گسترده ای ، برای سوخت پمپها در عملیات استخراج معادن استفاده می شد . با عمیقتر شدن معادن از آب به داخل آنها تراوش می کرد و مشکلاتی به وجود می آورد . متصدیان معادن از آسیاب بادی ، پمپهای دستی و چرخها برای بالا آوردن آب استفاده می کردند اما نتایج خوبی نمی گرفتند . بعداً در سال ۱۶۹۸ توماس ساوری اوّلین پمپ را که با نیروی بخار کار می کرد برای بالا آوردن آب از داخل چاهها اختراع کرد اما معلوم گردید که کار کردن با این پمپ خطرناك است و لذا هرگز کاملاً پذیرفته نشد . در حدود ۱۰ سال بعد توماس نیوکومن یک پمپ جدید با نیروی بخار که خیلی مؤثرتر از پمپ ساوری بود طرح کرد و در همه جا این پمپ در معادن به کار گرفته شد . پس از آن زغال سنگ به طور مؤثری استخراج می شد و مقدار قابل توجهی از آن که استخراج می شد جایگزین چوب گردید . (توجّه : نزدیک به ۱۰۰ سال طول کشید که جمیز وات یک موتور بخار و پمپ با کارآیی خوب اختراع کرد . این پمپ مؤثر هنگامی که به مرحله کاربرد رسید بسرعت جایگزین پمپ بخار نیوکومن گردید) .

در ایالات متحده از سال ۱۷۰۰ تا ۱۸۰۰ چوب منبع اصلی سوخت بود . تا سال ۱۸۵۰ بیش از ۹۱ درصد از انرژی استفاده شده در ایالات متحده از سوختن چوب حاصل می شد (EOP ، ۱۹۷۷) . در طی این دوره ایالات متحده تراکم جمعیّت کمتری نسبت به اروپا داشت و جنگلهای آمریکا در مقایسه با جنگلهای اروپا برای دوره نسبتاً کوتاهی برداشت می شده است .

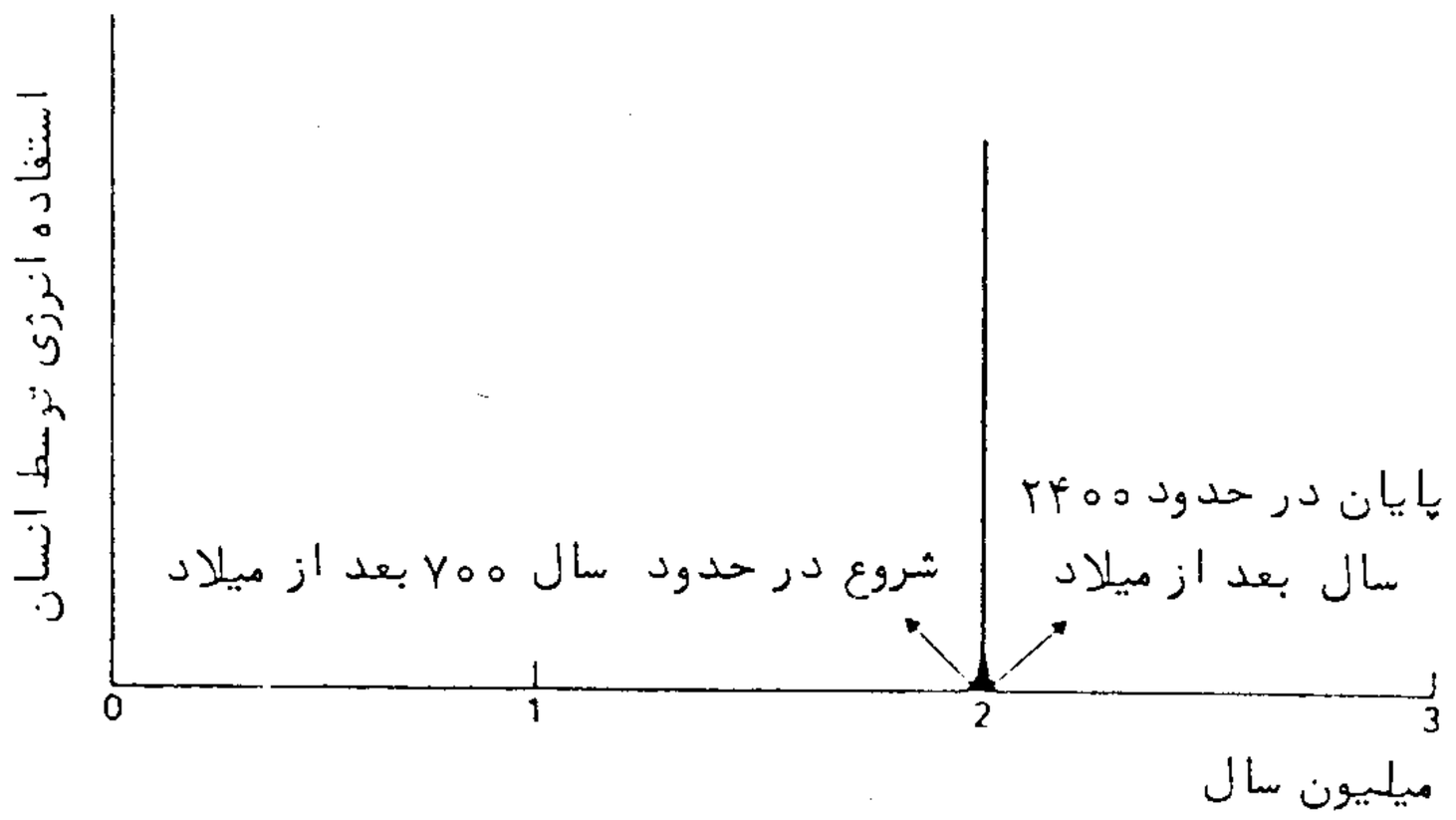
موجودی چوب در ایالات متحده در سال ۱۸۵۰ به دو دلیل کافی بود . اوّل آن که جمعیّت ایالات متحده در آن زمان ۱/۰ جمعیّت ۲۱۷ میلیونی امروز بود . دوم این که مصرف سرانه انرژی در حدود $\frac{۱}{۵}$ مقدار انرژی مصرفی سرانه امروزی بود . بنابراین در سال ۱۸۵۰ ایالات متحده فقط حدود $\frac{۱}{۵۰}$ از انرژی که امروزه مصرف می شود استفاده می کرد . جمعیّت نسبتاً کم و مصرف سرانه پایین انرژی باعث شد که جنگلها و دیگر گیاهان بتوانند احتیاجات انرژی ایالات متحده را در آن زمان تأمین کنند .

حتی قبل از سال ۱۸۵۰ شهرهای بزرگتر مشکل تهیّه چوب کافی را داشتند زیرا حمل چوب از جنگلها با توّجه به فاصله دور آنها از شهر مشکل بود . موتور بخار وات و موتور با احتراق داخلی که در سال ۱۸۷۶ ابداع شد تغییرات زیادی را در مصرف انرژی به وجود آورد . این موتورها که با سوخت فسیل کار می کردند سریعاً جایگزین موتورهای با سوخت چوب که کارآیی کمتری داشتند ، اسب و حتی نیروی انسان گردید . تولید کالاها افزایش یافت ، مصرف

انرژی افزانش یافت و در هر دهه استفاده از منابع سوخت غیر قابل تجدید بیشتر می شد .

درحال حاضر مصرف سوخت فسیل از هر زمان دیگر بیشتر است . مصرف سالانه برای دنیا درحدود ۶۲×۱۰^{۱۵} کیلوکالری است و هر سال درحال افزایش است . ایالات متحده به تنهایی ۲۹٪ این مقدار را مصرف می کند (ب ـ ۱۹۷۶، FEA) (کیلو کالری $۱/۸ \times ۱۰^{۱۵}$) . در ایالات متحده ۹۴٪ از کل سوختهای مصرفی سوختهای فسیلی تشکیل می دهند . از این مقدار ۴۶ درصد مواد نفتی ، ۳۰٪ گاز طبیعی و ۱۸٪ زغال سنگ (ب ـ ۱۹۷۶ و FEA) است . انرژی آبی ۴٪ و انرژی هسته ای ۲٪ از کل انرژی استفاده شده را تشکیل می دهد .

دوره استفاده از سوخت فسیلی در مقایسه با کل تاریخ بشر زمان اندکی را شامل می شود (شکل ۲-۲)



شکل ۲-۲ - استفاده از انرژی توسط انسان

با توجّه به این که بشر بیشتر از یک میلیون سال است که در روی زمین به وجود آمده است ، وابستگی به سوختهای فسیلی یک جزء کوچک در تاریخ است و ۵۰۰ تا ۷۰۰ سال شاید تقریباً ۰/۰۰۱ درصد از مدت زمانی که انسان روی زمین زندگی می کند خواهدشد . این بدان علت است که سوختهای فسیلی منابع طبیعی غیر قابل تجدید هستند و انسان تلاش کمی برای حفظ مقدار موجود کرده است .

گاز و نفت اوّلین سوختهای فسیلی خواهد بود که به اتمام می رسد . به نظر می رسد بیشتر از نصف این سوختها تا سال ۲۰۰۰ تمام خوهند شد (هوبرت ۱۹۷۲) . اگر در ایالات متحده تنها نفت جهت اداره کردن همه فعالیتهای نیروخواه استفاده می شد ذخایر نفتی این کشور

تنها برای پنج سال دوام می داشت (هاموند ۱۹۷۲) . تقریباً مقدار ۵۰ درصد نفت مصرفی آمریکا اکنون وارداتی است و این سئوال مطرح است که آیا آمریکا توان پرداختن قیمت این مقدار نفت وارداتی را دارد؟ در بیشتر کشورهای بازار مشترك اروپا این موضوع وخیمتر است زیرا ۹۸٪ نفت مصرفی آنها وارداتی است (SOEC ۱۹۷۶) . این واردات گران و پر خرج فشاری براقتصاد این کشورهاست و بر توازن تجارت آنها مؤثر واقع شده است .

ذخائر زغال سنگ در جهان زیاد است و موجودی آن برای ۱۰۰ سال آینده کافی خواهد بود (هوبرت ۱۹۷۲) ، اما استفارد زیاد از زغال سنگ مشکلاتی را به وجود می آورد . مشکل اصلی تولید اکسید گوگرد و دیگر آلوده کننده های خطرناك محیطی به هنگام سوختن زغال سنگ است . علاوه بر آن در حال حاضر کارگران ماهر مورد نیاز جهت استخراج زغال سنگ در بسیاری از قسمتهای دنیا وجود ندارد .

مشکل دیگر در استفاده از زغال سنگ روش استخراج است . بخصوص استخراج نواری ارزش زمین را برای تولید غذا و حیات وحش خراب می کند . اما این روش استخراج برای کارگران معدن بی خطرتر و اقتصادیتر است و در مقایسه با استخراج زیرزمینی انرژی کمتری لازم است . از نظر استخراج زغال سنگ راندمان استخراج نواری نسبت به استخراج زیر زمینی ۸۰ تا ۹۰ درصد است و استخراج زیر زمینی تنها ۵۰٪ راندمان دارد . این بدان علت است که در استخراج زیرزمینی رگه های کوچک زغال سنگ برای استخراج اقتصادی نیستند و بعضی از رگه های زغال سنگ به خاطر خطر ایجاد غارها قابل برداشت نمی باشند .

تولید زغال سنگ هم از نظر استخراج وهم حمل و نقل نسبت به نفت ارزانتر است . درحدود ۲۰ درصد انرژی پتانسیل صرف استخراج و تصفیه نفت می شود (کرونیکر ۱۹۷۸) . در نتیجه عملکرد آن در محل مصرف ۸۰٪ است . در مقایسه ، زغال سنگ عملکردی در حدود ۹۲٪ دارد (کوك ۱۹۷۶) . این بدان معنی است که بایدَ در حدود ۱۰۸ کیلو گرم زغال سنگ استخراج کرد تا بتوان معادل ۱۰۰ کیلو گرم انرژی زغال سنگ کسب نمود .

معادن زغال سنگ در جهان پراکنده هستند . اروپای غربی در حدود ۵٪ کل و ایالات متحده ۲۰٪ و اما روسیه نزدیک به ۵۶٪ از ذخائر زغال سنگ را دارا است (کوك ۱۹۷۶) . تغییر عادت مردم جهان از استفاده از نفت و گاز به استفاده از زغال سنگ به تغییرات زیادی در روش زندگی و روشهای تولید صنعتی نیاز دارد . خوشبختانه دنیا ذخائر زغال سنگ کافی به عنوان یک منبع انرژی کمکی تا کشف منابع جدید انرژی دارا می باشد .

فصل سوم

تغییر در اکوسیستمها جهت تولید غذا

اکوسیستمها

یک اکوسیستم شبکه ای از جریان انرژی و مواد معدنی موجود در آن است ، که اجزاء عمل کننده اصلی آن عبارتند از گیاهان ، جانوران و میکروارگانیسمها . این موجودات فعالیتهای مختلفی را انجام می دهند . مثلاً گیاهان به عنوان تولید کنندگان و میکروارگانیسمهای اصلی ، تجزیه کنندگان هستند . این موجودات دو کار اساسی را انجام می دهند .

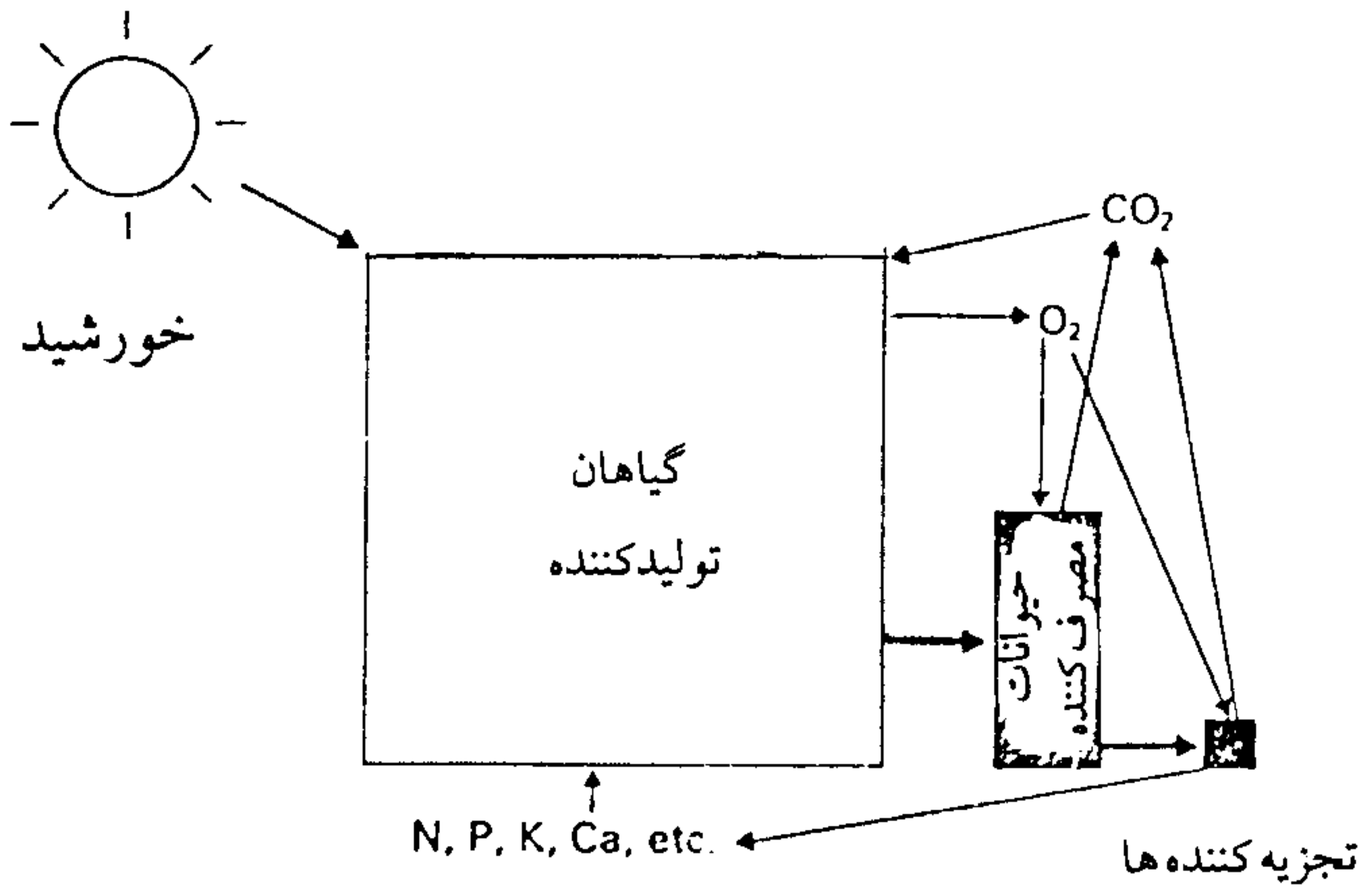
۱- تثبیت و بهره برداری از انرژی خورشیدی

۲- حفاظت و چرخه مجدد مواد معدنی (تصویر شماره ۱-۳) (سوت وود ۱۹۷۸) .

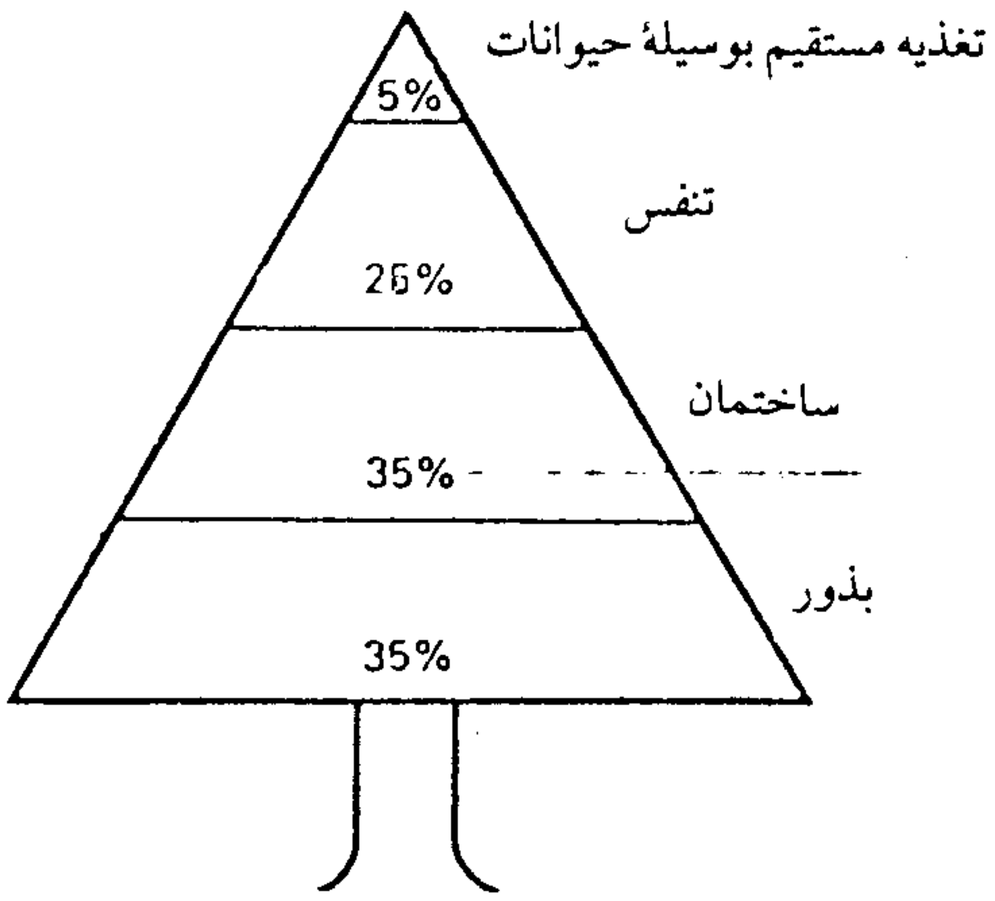
انرژی خورشیدی دریافت شده که جهت یک اکوسیستم لازم است مستقیما بستگی به جمعیّت گیاهی دارد . گیاهان نیز جهت بر آوردن احتیاجات انرژی خود به انرژی خورشیدی وابسته هستند . از کل انرژی دریافت شده توسط گیاهان حدود ۲۵ درصد جهت تنفس ، ۳۵ درصد برای ساختن و حفظ ساختار خود و ۳۵ درصد برای تولید مثل (تصویر شماره ۲-۳) استفاده می شود .

همچنین گیاهان مقداری مواد نیز جهت مصرف کنندگان و تجزیهکنندگان تولید می کنند . بعضی از مصرف کننده ها مستقیماً از گیاهان تغذیه می کنند اما بعضی دیگر انرژی مورد نیاز خود را به وسیله تغذیه از مصرف کننده های اوّلیه به دست می آورند . بطور کلی مقدار

انرژی گرفته شده توسط حیوانات از گیاهان کم بوده و در حدود ۵٪ تخمین زده می شود .



تصویرشماره۱-۳- انرژی خورشیدی تثبیت شده توسط گیاهان به وسیله حیوانات مصرف شده و بنوبه خود توسط تجزیه کنندگان مصرف می شود . مقدار انرژی انتقال یافته به صورت شماتیک در دیاگرام آمده است . چرخه بعضی از منابع معدنی نشانداده شده است .



تصویرشماره۲-۳- از کل انرژی خورشیدی تثبیت شده به وسیله گیاهان زراعی در حدود ۲۵٪ جهت تنفس ، ۳۵٪ برای ساخت و حفظ ساختمان و ۳۵٪ برای تولید مثل استفاده می شود . مقدار انرژی که به وسیله تغذیه مستقیم منتقل می شود حدود ۵٪ تخمین زده می شود .

زمانیکه گیاه و یا حیواناتی که از گیاهان تغذیه می کنند از بین بروند ، تجزیه کننده ها بخشی از انرژی را که در ابتداء به وسیله گیاهان تثبیت شده به دست می آورند . تجزیه کننده های اصل شامل باکتریها ، قارچها و پروتوزئاها می باشند . بعضی از بی مهرگان نظیر حشرات ، کرمهای ریز و خاکی ممکن است مستقیما مواد آلی فاسد شده را تغذیه نمایند . اما برخی دیگر میکروارگانیسم هایی را که از این مواد فاسد شده تغذیه می کنند ، مورد استفاده قرار می دهند .

تجزیه کننده ها با حفظ منابع معدنی و به چرخش در آوردن این عناصر ضروری برای استفاده مجدد رل ضروری را در اکوسیستم دارند . اگر تجزیه کننده ها قادر به چرخش عناصر حیاتی نبودند جذب و تبدیل انرژی در بیوماس گیاهی محدود و نهایتاً متوقف می شد . کمبود هر کدام از عناصر ضروری نظیر ازت ، فسفر ، پتاسیم ، کلسیم یا سولفور می تواند فعّالیت طبیعی اکوسیستم را محدود یا از آن جلوگیری کند . بنابراین فقدان هر عنصر ضروری ممکن است فاکتور محدود کننده ای برای تمام اکوسیستم باشد (تصویر شماره ۱-۳) .

یک اکوسیستم شامل هزاران گونه از گیاهان ، حیوانات و میکروارگانیسمها است . تعداد واقعی گونه ها در شبکه بستگی به محدوده اکوسیستم و محیط فیزیکی آن دارد . روابط متقابل بین ارگانیسمها و در داخل آنها به تنظیم و ثبات جریان انرژی و مواد معدنی در داخل اکوسیستمها کمک می کند . علاوه بر آن همه اکوسیستمها با هم در ارتباط هستند به طوری که انرژی و مواد معدنی بارها از یک اکوسیستم به اکوسیستم دیگر جریان دارد .

اکوسیستمهای کشاورزی و طبیعی

نه انسان و نه محصولات زراعی و نه دامها هیچکدام بدون ارتباط با دیگر اجزاء اکوسیستم نمی توانند به زندگی خود ادامه دهند . تعداد نسبتاً کمی ، یعنی در حدود ۲۰ نوع محصول اصلی و ۱۰ نوع دام اصلی در کشاورزی ایالات متحده و اروپا پرورش داده می شوند . جهت مقایسه تنها در ایالات متحده به طور تقریب ۲۰۰۰۰۰ گونه گیاهان وحشی ، حیوانات ومیگروارگانیسمها وجود دارد .

اکثریت این گونه ها برای بقای سیستم زنده ، که انسان و کشاورزی او فقط جزیی از آن است ، ضروری هستند . در حال حاضر هیچ کس نمی داند که چه تعداد از این ۲۰۰۰۰۰ گونه در اکوسیستم ایالات متحده می تواند قبل از اینکه سیستم زندگی انسان به مخاطره انداخته شود ، کاهش و یا حذف شود . بنابراین ما باید محتاط باشیم و از اخلال در محیط و آلودگی آن

که ممکن است نتیجه آن کاهش جمعیّتها و تعداد گونه ها باشد جلوگیری کنیم .

گیاهان آبی و خشکی از جمله گیاهان زراعی نه تنها نور خورشید را جذب می کنند بلکه همچنین موجودی اکسیژن را قابل تجدید کرده و در پاك کردن اتمسفر از آلودگیهای شیمیایی کمک می کنند . اکسیژن و ازن از رسیدن درصد زیادی از اشعه ماوراء بنفش خورشید به زمین جلوگیری می کنند . بدون این سپر حفاظتی زندگی روی زمین امکان پذیر نیست . افزایش کمی در اشعه ماورء بنفش رسیده به زمین می تواند اثرات محیطی خطرناك نظیر افزایش موتاسیونهای ژنتیکی و ظهور سرطان داشته باشد . این موضوع باعث شده است که اخیراً در مورد کاهش لایه ازن که در اثر استفاده از هواپیماهای مافوق صوت در لایه بالای اتمسفر و آزاد شدن فرئون از آئروسولها و سایر منابع صورت گرفته است هشدار داده شود . فاکتور دیگری که ممکن است مهم باشد افزایش مصرف کودهای ازت است ، که پس از بخار شدن در اتمسفر ممکن است لایه حفاظتی ازن را کاهش دهد (اشنیدر ۱۹۷۵) .

عمل حیاتی دیگری که به وسیله بسیاری از گونه ها در اکوسیستم طبیعی انجام می گیرد تجزیه مواد زائد انسان ، کشاورزی و سیستم طبیعی است . در ایالات متحده سالانه انسان بتنهایی در حورد $۱۰^{۶} \times ۱۰۰$ تن بقایای آلی تولید می کند . دامها نیز $۱۰^{۶} \times ۱۵۰۰$ تن دیگر تولید می کنند . مسلماً ، در صورتی که موجودات تجزیه کننده در اکوسیستم طبیعی نبود انسان در این بقایا دفن می شد . باکتریها ، قارچها ، پروتوزئاها و کرمهای خاکی همه به فساد و تجزیه این بقایا کمک می کنند . این موجودات تجزیه کننده کمک می کنند تا مواد معدنی ضروری جهت استفاده همه اعضاء اکوسیستم مجدداً به چرخش درآید .

بعضی از موجودات در حالی که مواد آلی را تجزیه می کنند سبب بهبود ساختمان خاك نیز می شوند . بعضی نظیر کرمهای خاکی در تشکیل خاك کمک می کنند . برای مثال ، تخمین زده می شود که کرمهای خاکی ۲/۵ تا ۶۳ تن اجزاء خاك را به سطح یک هکتار می آورند (برگزورا ۱۹۶۷) و مورچه ها ۱۰ تن دیگر را در هکتار به سطح می آورند (کوان ۱۹۶۲) .

گرده افشانی محصولات زراعی و گیاهان طبیعی نقش دیگر موجودات طبیعی اکوسیستم است . بدون گرده افشانی به وسیلهٔ زنبورهای وحشی ، زنبورهای عسل و دیگرحشرات میوه ای تولید نخواهد شد و بسیاری از سبزیجات کم خواهند شد و در حقیقت ، تولید بذر مخصوصاً برای گیاهان علوفه ای و سبزیجات غیر ممکن خواهد بود . در ایالت نیویورك بر آورد شده است که بیش از $۱۰^{۱۲} \times ۸$ شکوفه ممکن است در یک روز به وسیله

زنبورهای اهلی و وحشی گرده افشانی شوند . یک زنبور عسل تنها ممکن است بیش از ۸۰۰ شکوفه را در یک روز روشن آفتابی ملاقات کند ، که شامل در حدود ۱۰ مورد غزیمت و در هر دفعه حدود ۸۰ شکوفه را ملاقات می کند . کل تعداد کندوهای زنبور عسل در ایالت نیویورك ۱۲۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ زنبور عسل در هر کلنی (کندو) تخمین زده می شود . البته زنبورهای وحشی بیش از نصف شکوفه ها را گرده افشانی کرده و برای تولید موفقیت آمیز بذر و میوه حیاتی هستند .

بیوماس

روی همرفته ، انسان و سیستم کشاورزی او با هم درصد کوچکی از کل بیوماس ماده زنده در سیستم زندگی را تشکیل می دهند . متوسط بیوماس انسانی در ایالات متحده در حدود ۱۸ کیلو گرم در هکتار و بیوماس دام ۷۶ کیلو گرم در هکتار که چهار برابر از جمعیّت انسانی بیشتر است (پی منتل و همکاران ۱۹۷۵) .

محصولات زراعی در ایالات متحده سالانه اندکی بیش از ۲۰٪ کل بیوماس تولید شده گیاهی را به خود اختصاص می دهد . اگرهمه محصولات زراعی ، مراتع و جنگلهای تجارتی در نظر گرفته شود ، در حدود ۵۰٪ از کل بیوماس تولید شده گیاهی را شامل می شود (پی منتل و همکاران ۱۹۷۸) . اما بیوماس گیاهی فقط یک قسمت از کل سیستم است ، و میکروارگانیسمها نیز سهم مهمی را ایفاء می کنند . در یک خاك حاصلخیز جمعیّت قارچها و باکتریها هر یک ممکن است بیش از ۲۰۰۰ کیلو گرم در هکتار وزن تر داشته باشند . بعضی از جمعیّتهای طبیعی حیوانی نیز در زیستگاههای مناسب قراردارند . توده های کرم خاکی ممکن است ، بیش از ۱۵۰۰ کیلو گرم در هکتار و توده های بند پایان ممکن است ، در حدود ۱۰۰۰ کیلو گرم وزن داشته باشند . بنابراین براساس معیار مقایسه وزن انسان و دامهای او ، اکوسیستمهای طبیعی بیوماس خیلی بیشتری تولید می کنند .

تغییر در اکوسیستمهای کشاورزی

یکی از قدیمیترین دیدگاههای انسان در مورد رابطه او با اکوسفر در بند ۲۸ : ۱ تورات آمده است که می گوید : « برای دیگران مفید باش زمین را مقهور خود کن و از خاك بهره برداری

کن و از آن محافظت نما» . واضح است که انسان با استفاده از انرژی می تواند طبیعت را مقهور خود سازد . او با افزایش جمعیّت خود و با استفاده از انرژی فسیلی بسیاری از قسمتهای اکوسیستمهای طبیعی را مقهور خود ساخته است ، تنها افزانش جمعیّت نبود که به کوششهای انسان در کنترل طبیعت کمک کرد . توسعه ابزار و ماشینها ، همراه با کشف منابع جدید انرژی مانند انرژی فسیلی و انرژی اتمی ، بشر را قادر ساخت که کنترل خیلی زیادی روی محیطش اعمال کند . فوربز (۱۹۶۸) خاطر نشان کرده است که ، علم و تکنولوژی زائیده عکس العمل متقابل انسان و محیط او هستند ، و نیازهای واقعی و تخیلی بسیار زیاد او و آرزوهایش باعث شده است که انسان را در راه غلبه بر طبیعت هدایت کند . با توّجه به رشد تصاعدی تلاشهای تکنولوژیکی ، انسان در جهت افزایش جمعیّت روی زمین و تغییر اکوسیستمهای طبیعی عمل کرده است . اظهارات گابور ازکالج پادشاهی علوم و تکنولوژی لندن جالب توّجه است . وی اشاره کرده است که منحنی های نمایی فقط در ریاضیات به صورت بی نهایت رشد می کنند . در دنیای فیزیکی این منحنیها یا به صورت چرخشی در آمده و اشباع می شوند و یا به صورت فاجعه آمیزی قطع می شوند . وظیفه ما به عنوان انسانهای متفکر این است که بجای رشد نمایی آن را بسمت اشباع ملایم و آرام سوق دهیم ، هر چند این موضوع ما را با مسائل عجیب و نامطلوبی روبرو می کند .

تغییر اکوسیستم توسط انسان و استفاده مداوم و بدون توقف او از انرژی ، زمین ، آب و دیگر منابع حیاتی و تمایل او برای افزایش جمعیّت ، نظریه گابور را تقویت می کند . تغییر اکوسیستمهای طبیعی به وسیله کاربرد انرژی جهت اداره اکوسیستم مستقیماً به تولید غذا مربوط می شود . در این مقطع لازم است خصوصیات اکوسیستم مورد مطالعه قرار گیرد . لازم است پس از آن به نوبه خود بررسی شود که چطور این خصوصیات به اداره اکوسیستم مربوط هستند .

اکوسیستمهای بالغ یا کلیماکس معمولاً پیچیده و شامل گونه های مختلف زیادی هستند . این تنوع گونه ها مستقیماً در ثبات اکوسیستم دخالت دارد . وقتی در اکوسیستمهای طبیعی مداخله حاصل می شود ، تعداد گونه های گیاهان ، حیوانات و میکروارگانیسمها کاهش می یابند و سیستم نسبتاً ساده می شود . بعد از چنین تغییراتی تغییرات توالی شروع می شود و تدریجاً یک اکوسیستم جدید پیچیده و با ثبات ظاهر می شود .

با تغییر اکوسیستمهای طبیعی از شکل ساده به سیستم پیچیده ، مقادیر انرژی خورشیدی جذب شده و جاری در میان اکوسیستم افزایش می یابد . جهت تغییر یک اکوسیستم از حالت

ساده به حالت پیچیده انرژی بیشتری باید صرف شود البته مقدار انرژی لازم جهت تغییر دادن یک اکوسیستم بستگی به وسعت تغییراتی که می شود دارد . مسلماً ، برای تغییر تعداد یک یا دوگونه در اکوسیستم انرژی کمتری از تغییر اکوسیستم و تبدیل آن به سیستم تک کشتی لازم است .

در تولید کشاورزی انرژی لازم مصرفی جهت انجام تغییرات مستقیماً بستگی به درجه تغییر اکوسیستم دارد . برای مثال زمانی که یک اکوسیستم جهت تولید علوفه تغییر داده می شود ، رستنیهای طبیعی بایستی با بریدن درختان و بوته ها و انتقال بقایای آن حذف شود ، خاك بایستی برگردانده شده ، آهک و کود داده شود تا سرانجام بذر علوفه کشت شود . مقدار زیادی انرژی برای انجام این تغییرات لازم است خواه این تغییرات تنها به وسیله نیروی انسان یا با ماشین و سوخت فسیلی انجام شود . تغییر یک اکوسیستم به صورت کشت ردیفی تک کشتی نظیر کلم تکمه ای یا ذرت مقدار انرژی بیشتری نسبت به کشت علوفه احتیاج دارد . برای این نوع تغییر نه تنها مقداری انرژی برای حذف رستنیهای طبیعی لازم است ، بلکه مقداری انرژی اضافی در طی فصل رشد برای جلوگیری از غلبه علفهای هرز و دیگر آفات نیاز می باشد .

علفهای هرز که گونه های گیاهی پیشگام در توالی هستند ، سریعاً در مزرعه ذرت یا کلم تکمه ای تازه کشت شده غلبه می یابند . علفهای هرز چیره شده بایستی یا از ریشه کنده شده و دفن شوند و یا از طریق شیمیایی حذف شوند . همه این تلاشها جهت کنترل علفهای هرز به انرژی احتیاج دارند . علی رغم تکنولوژی قابل دسترس امروزی نابود ساختن کامل همه علفهای هرز غیر ممکن است . حتی اگر از نظر تکنولوژیکی ممکن باشد ، از نظر اقتصادی و مصرف نیرو غیر عملی خواهد بود .

علاوه بر علفهای هرز ، آفات و عوامل بیماری زا نیز محصولات تک کشتی را مورد حمله قرار می دهند . کنترل این آفات مصرف انرژی لازم دارد ، خواه این کنترل از طریق روشهای زراعی یا شیمیایی انجام گیرد . به طور خلاصه ، اکوسیستمهای طبیعی الگوهای تکامل گونه ای بخصوصی دارند . تغییر ساختمان گونه های یک اکوسیستم مخصوصاً تبدیل کردن آن به زراعت تک کشتی به مصرف نسبتاً زیادی انرژی احتیاج دادد . انرژی لازم بستگی به نوع محصول ، فصل رشد و موقعیت محیطی دارد .

روابط متقابل زمین، آب، کارگر و انرژی در تولید گیاهان زراعی

در مدیریت اکوسیستمهای کشاورزی ، زمین ، آب ، کارگر و انرژی را می توان در محدوده معینی جایگزین یکدیگر نمود .

امکان جانشینی هریک از این فاکتورها به جای دیگری تا حدودی قابلیت انعطاف در بهره برداری و مدیریت این منابع را فراهم می سازد . برای مثال در مناطق بخصوصی ، خاکهای خوب بیش از دو برابر خاکهای فقیر عملکرد خواهند داشت . از طرفی دیگر استفاده از کودها و سایر منابع انرژی و همچنین کارگر بیشتر ممکن است زمین ضعییفتر را از نظر کیفیت بهبود بخشیده و آن را همانند زمین با کیفیت بالا حاصلخیز نماید . بنابراین کیفیت زمین به عنوان یک فاکتور در تولیدات زراعی بستگی به فراهم بودن آب ، کارگر و انرژی دارد .

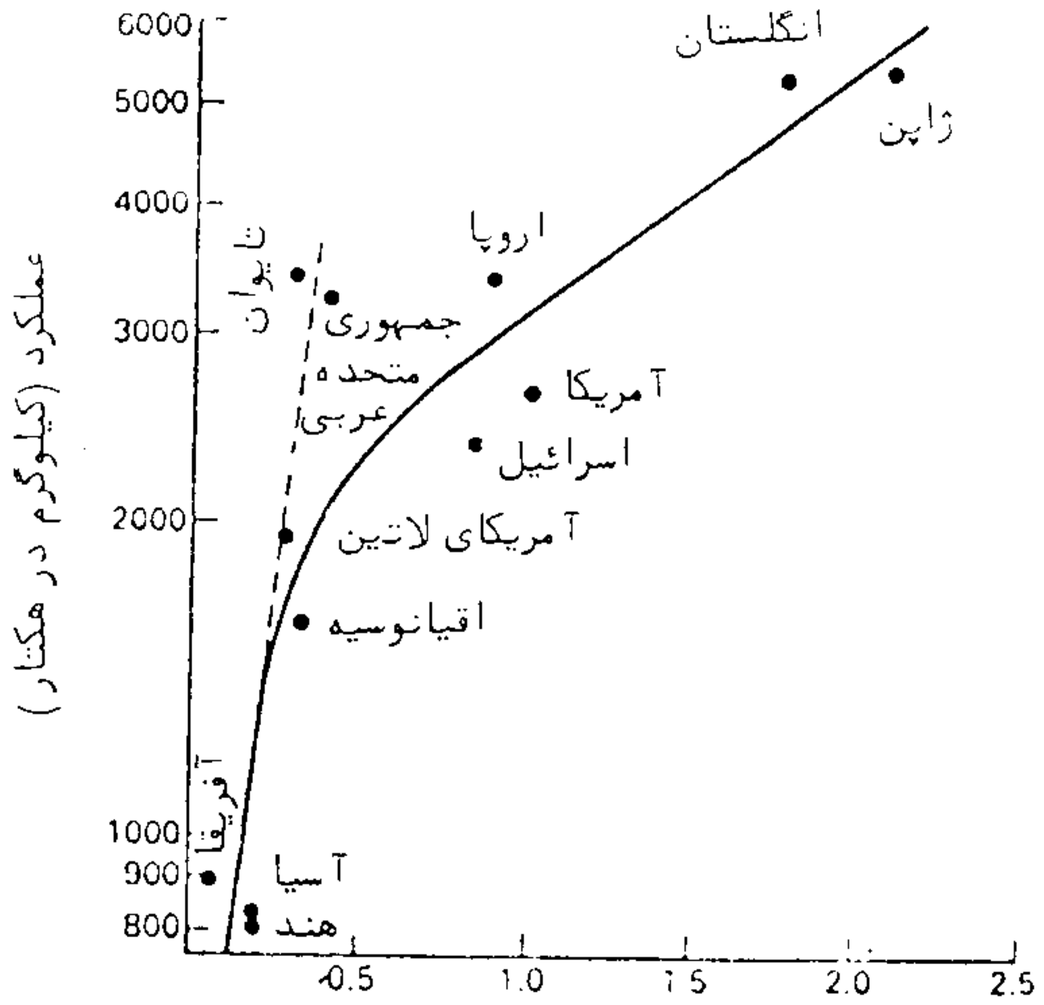
تأثیر کیفیت خاك روی عملکرد و مصرف انرژی به وسیله مشکل فرسایش خاك بخوبی آشکار می گردد . میانگین عمق خاك سطح الارض معمولاً ۲۰-۱۸ سانتیمتر است . برای هر ۲/۵ سانتیمتر از خاك سطح الارض که از دست می رود ، تولید محصول کاهش می یابد . با از دست رفتن هر ۲/۵ سانتیمتر خاك به طور متوسط در هر هکتار ۲۵۱ کیلو گرم ذرت ، ۱۶۱ کیلو گرم گندم ، ۱۶۸ کیلو گرم چاودار یا ۱۷۵ کیلو گرم سویا کاهش می یابد (پی منتل ۱۹۷۶) . اگر چه کاهش حاصلخیزی یک زمین فرسایش یافته با استفاده از کودهای بیشتر و دیگر منابع انرژی می تواند جبران شود ، همه این استراتژیها به صرف انرژی قابل ملاحظه ای احتیاج دارند . در ایالات متحده در حدود $\frac{۱}{۳}$ خاك سطح الارض زمینهای کشاورزی از دست رفته است . به طور تقریب معادل ۴۶ لیتر انرژی فسیل در هر هکتار به صورت کود و دیگر منابع انرژی برای حفظ حاصلخیری زمین مصرف می شود .

قابلیت دسترسی به آب کافی اغلب بر مصرف انرژی و مقدار زمین لازم برای تولید محصول مورد نظر مؤثر است . در شرایط رطوبت زیاد و استفاره از کودهای بیشتر ، گیاهان زراعی می توانند با تراکم بیشتر کشت شوند و در نتیجه عملکر بالاتری داشته باشند . اما با محدودیت رطوبت تعداد کمتری گیاه در هر هکتار می تواند کشت شود ، کود کمتری به کار گرفته شود و عملکرد کاهش می یابد .

در برخی مناطق مانند گندمزارهای ایالت واشنگتن کمبود رطوبت کافی ایجاب می کند که مزارع برای یک فصل زراعی آیش گذاشته شود . در طی سال آیش زمین رطوبت کافی را در

خـود جـمع کـرده تا گندم بتـواند در سـال بعـد رشـد نماید . امـا در چنین منـاطقی تولیـد گندم در مقایسه با مناطقیکه هر سال کشت می شود پائینتر است .

آبیاری یک روش رایج برای تولید بیشتر در مناطق خشک است . متأسفانه پمپاژ و توزیع آب در بسیـاری از مناطق به مصرف انرژی زیادی احـتیاج دارد . بنابراین باید تهـیّه آب نیز فاکـتور دیگری مانند انرژی ، زمـین زراعی و کارگر در رابطه با تولیـد در نظر گرفت . افزایش کـارگر در رابطه با تولیدات زراعی در زمـینهای با کیفیت ضعیفـتر در مقایسه با تـولید در زمینهای با کـیفیت بالاتر قـبلاً بحث شـد . نیـروی انسان می تـواند جایگزین نیـروی اسب و مـاشین آلات شـودو در بعضی موارد بدون تأثیر و یا دارای تأثیر روی عملکر باشد. به عنوان مثال بخش زیادی از نیروی اسب در هند ، آفـریقا ، آسـیا ، اقـیانوسـیه ، آمـریکای لاتین و جـمهـوری متـحده عـربی و تایوان به وسیله نیـروی انسان تأمین می شـود ، در حالیکه اسرائیل ، ایالت مـتحده ، اروپا و انگلستان و ژاپن بسـیار مکانیـزه هستند (تصـویر شمـاره ۳-۳) . باید توّجـه داشت که عـملکرد محـصولات برای تایوان و جمهوری متحده عربی با حـداقل نیروی اسب که به کار گرفته می شود بالا است . این آمار حـاکی از آن است که مکانیـزاسیون و جـانشین شدن نیـروی انسان با مـاشین ممکن است اثر کمی روی عملکرد داشته باشد . در این مورد بعداً توضیح بیشتری داده خواهدشد .



تصویر شماره ۳-۳ – رابطه بین عـملکرد در غـلات ، حبـوبات ، دانه های روغنی ، محـصولات قندی ، سیب زمینی ، کـاساوا ، پیاز و گـوجه فرنگی و نیروی اسب بخـار در هکتار در کشورهاو مناطق مختلف (آسیا غیر از چین) (لی ترو۱۹۷۸) .

انرژی، کار و سطح زندگی

تمام عملیات لازم جهت محصولات زراعی می تواند به وسیله نیروی انسان انجام شود . البته برای تولید محصولات به وسیله دست در حدود ۱۰۰۰ ساعت کار انسانی نیاز است و فقط در حدود یک هکتار می تواند به صورت موفقیت آمیزی توسط یک کارگر ، در طی یک فصل کشت اداره شود . در این شرایط تنها حداقل احتیاجات ضروری بشر می تواند حاصل شود . دلیل آن این است که مقدار عملکرد ناچیز است و بنابراین تولید اضافی بی نهایت کم است . فقط تولید اضافی می تواند با غذاهای دیگر ، کالاها وخدمات معاوضه شود . به این دلیل استاندارد زندگی در سیستمهایی که بیشترین نیرو از انسان به دست می آید در مقایسه باسیستمهای مکانیزه که مصرف انرژی از سوخت فسیلی در تولید کشاورزی زیاد است نسبتاً پایین است .

تعریف استاندارد زندگی بالا و پائین دقیق نیست . معمولاً استانداردزندگی نسبتاً بالا شامل غذای زیاد ، لباس ، خانه ، ماشین و وسایل متعدد دیگری وهمچنین بهداشت کافی می شود . انرژی فسیلی می تواند جایگزین نیروی انسانی شود و استفاده از انرژی فسیلی زیاد و نسبتاً ارزان دلیل اصلی استانداد زندگی بالا در ایالات متحده ، کانادا و اروپاست . برای مثال یک گالن بنزین ، در آمریکا در حدود ۰/۶۵ دلار فروخته می شود . بر اساس حداقل دستمزد در سال ۱۹۷۸ یعنی ۲/۶۵ دلار در ساعت ، این مقدار بنزین را می توان با فقط ۱۵ دقیقه کار خریداری کرد . اما همین یک گالن بنزین در یک ماشین معادل ۹۷ ساعت نیروی انسان نیرو تولید خواهد کرد . بنابراین با یک ساعت کار به ارزش ۲/۶۵ دلار می توان معادل ۳۹۵ ساعت کار انسان به شکل سوخت فسیل خریداری کرد .

قیمتهای نسبی بنزین و کار روی قیمت غذا نیز اثر می گذارد . اگر انرژی نسبت به قیمت غذا نسبتاً ارزان باشد ، استفاده از انرژی فسیلی در تولید غذا سرمایه گذاری جالبی است . این مسأله امروزه در ایالات متحده به واقعیت پیوسته است . ۱۰۰۰ کیلو کالری از ذرت شیرین دریک قوطی کنسرو ۰/۹۳ دلار فروخته می شود ، در حالی که ۱۰۰۰ کیلو کالری بنزین ۰/۰۲ دلار ارزش دارد . بنابراین یک کیلو کالری از ذرت شیرین ۴۷ برابر بیشتر از یک کیلو کالری انرژی بنزین قیمت دارد .

ارتباط مصرف انرژی و استانداد زندگی را می توان ، با مقایسه تولید ذرت به وسیله

سیستمهای با مصرف زیاد انرژی و سیستمهای وابسته به کارگر روشن نمود . برای مثال در مکزیک در حدود ۱۱۴۴ ساعت نیروی انسان صرف تولید یک هکتار ذرت می شود (لویس ۱۹۵۱) . در ایالات متحده در سیستم متمرکز انرژی فقط ۱۲ ساعت کار کارگری در هکتار مصرف می شود . در مرکز غربی ایالات متحده یک زارع می تواند بیش از ۱۰۰ هکتار مزرعه ذرت را اداره کند زیرا او به وسیله مصرف سوخت فسیل زیادی که در لوازم مکانیزه به کار می رود کمک می شود . یک زارع تولید کننده ذرت با دست می تواند فقط ۱/۵ هکتار را اداره کند . روشن است زارعی که ۱۰۰ هکتار را اداره می کند اگر فرض شود که سود حاصله از یک هکتار برای هر دو یکسان باشد قادر خواهد بود سطح زندگی بالاتری داشته باشد .

بنابراین انرژی فسیلی به انسان کمک کرده است که از اکوسیستمهای ساخته شده به وسیله بشر به طور مؤثرتری و با کارایی بیشتر برای تولید غذا نسبت به گذشته استفاده کند و این مستقیماً در بهبود استاندارد زندگی در بسیاری از نقاط دنیا سهیم بوده است .

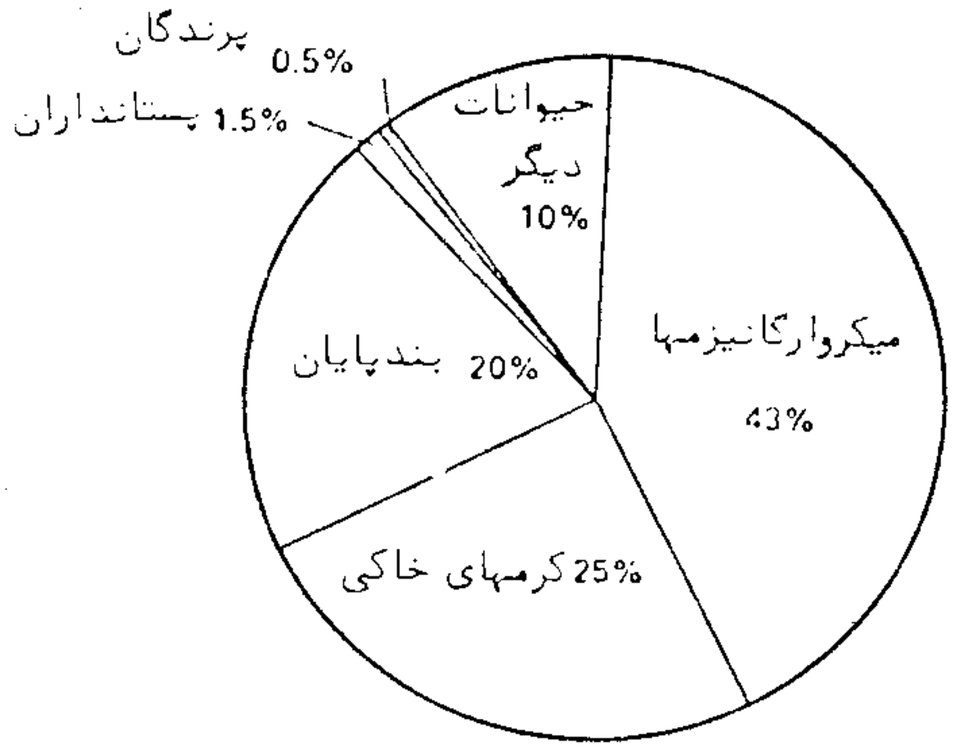
فصل چهارم

کشاورزی اوّلیه
و انسانهای شکارچی و جمع آوری کنندهٔ غذا

قبل از توسعهٔ کشاورزی و کشت محصولات زراعی ، حیوانات و گیاهان وحشی در اکوسیستم طبیعی تنها غذایی بود که انسان از آنها استفاده می کرده است . بدین ترتیب مقدار بیوماس حیوانی و گیاهان وحشی که در دسترس اوبوده و مساحتی از زمینها که برای غذای او نیاز بوده است مطرح می باشد) کل بیوماس سالانه در نواحی معتدل حدود ۲۴۰۰ کیلو گرم در هکتار می باشد (وزن خشک) . تحت شرایط مناسب این مقدار از توده گیاهی (بیوماس) ، ممکن است بیوماسی برابر ۲۰۰ کیلو گرم در هکتار (وزن خشک) حیوان و میکروارگانیزم ها را در طول یک سال از نطر غذایی تأمین کند . درصد این ۲۰۰ کیلو گرم از میکروارگانیزمها ، کرمهای خاکی ، بند پایان ، پستانداران ، پرندگان در شکل (۱-۴) نشان داده شده است .

اگر فرض کنیم که یک شکارچی و جمع آوری کننده غذا برای تأمین انرژی مورد احتیاج خود به ۲۵۰۰ کیلو کالری انرژی در روز احتیاج داشته باشد ، با برداشت حداقل ۱ / ۰ درصد بیوماس حیوانی از ۴۰ هکتار ، او می تواند خود را با ۸۸ کیلو کالری در روز به صورت پروتئین حیوانی (۳۲۰۰ کیلو کالری در سال) تأمین کند . باقیمانده ۲۴۱۲ کیلو کالری (۵۰۰ کیلو کالری در سال) انرژی مورد نیاز روزانه خود را از منابع دیگر ، نظیر دانه ها ، آجیلها ، میوه ها ، ریشه ها و دیگر گیاهان تأمین می کند و اگر فرض کنیم که یک کیلو گرم از مواد گیاهی قابل

هضم ۳۰۰۰ کیلو کالری انرژی تولید کند حدود ۲۹۴ کیلو گرم از مواد گیاهی باید از ۴۰ هکتار برداشت شود (۷ کیلو گرم در هکتار) تا کالری مورد نیاز او حاصل شود .



شکل ۴-۱- درصد کل توده زنده ۲۰۰ کیلو گرم (وزن خشک) در یک هکتار که از حیوانات و میکروارگانیزمها تشکیل شده است .

اگر چه تهّیه این مقدار مواد گیاهی مناسب برای تغذیه در یک محیط کاملاً جنگلی و پر درخت مقدور نیست ولی می تواند از زمینهایی که مخلوطی از چوب ، بوته و علف دارا باشد و نیز از جریان آب کافی ، تأمین کند .

اگر مواد غذایی گیاهی جمع آوری شده حاوی ۵ درصد پروتئین باشند ، مقدار ۱۲/۲ کیلو گرم پروتئین در سال و یا ۳۴ گرم پروتئین گیاهی در روز را می توان برداشت کرد . با ۳۴ گرم پروتئین گیاهی و ۲۲ گرم پروتئین حیوانی ، جمعاً ۵۶ گرم پروتئین تحت شرایط مناسب در رژیم غذایی روزانه او خواهدبود . کالری باقیمانده از هیدراتهای کربن موجود در غذاهای گیاهی تأمین خواهد شد و از انرژی مورد نیاز روزانه او که ۲۵۰۰ کیلو کالری است بیشتر خواهد بود . باید توّجه داشت که مصرف مقدار چربی در محاسبات وارد نشده است . بدون شک اگر انرژی چربیها که برابر ۹ کیلو کالری در هر گرم است در نظر گرفته شود مقدار کالری بیشتری برای او تأمین می شود . به استثنای گوشت حیوانات ، و غذاهای گیاهی نظیر آجیلها ، چربی این قبیل غذاها از اکثر غذاهایی که در دنیا مصرف می شوند کمتر است .

یک خانواده پنج نفره در یک اکوسیستم مناسب به ۲۰۰ هکتار زمین جهت جمع آوری

غـذاهای گیـاهی و حـیـوانی نیاز دارند . ایـن برآورد بر مبنـای قابلیت دسـتـرسی غـذای گیـاهی و حیوانی در یک اکوسیستم ایده‌آل که در آن غـذاهای گیاهی و حیوانی مناسب برای مصرف انسان وجود دارد می باشد . عـده‌ای معتقدند که مسـاحت زیادتری برای شکارچی و جمع آوری کننده غذا مـورد احتیـاج است . برای نمونه کلارك و هازول (۱۹۷۰) تخمین زده‌انـد که حداقل ۱۵۰ هکتار زمـین در شرایط محیطی مناسب جهت تأمـین منبع غذای کافی برای هر نفـر مورد احتـیاج است . این دانشمندان معتقدند که در یک محیط نسبتاً مناسب ۲۵۰ هکتار برای هر شخص مورد احتیاج است . این تخمینها ۶-۴ برابر بیشتر از مقداری است که قبلاً مورد بحث قرار گرفت .

تحت شرایط نامناسبـتر ، نظیر ناحیه سرد شـمال غربی کانادا احتمـالاً برای هر نفر حدود ۱۴۰۰۰ هکتار ضروری است تا بدین ترتیب ۹۱۲۵۰۰ کیلو کـالری انرژی غذایی مورد احتـیاج یک انسـان در طول سـال تأمـین کند (کـلارك و هازول ۱۹۷۰) . در منطقـه آب و هوایی سـرد منجمد شـمالی ممکن است برای هر فرد تا ۵۰۰۰۰ هکتار زمین نـیاز باشد . در این آب و هوای سـرد گـوشت و تولیـدات حیـوانی از غـذاهای غـالب در رژیم غـذایی هسـتند . در واقع گـوشت حیوانات و چربی ممکن است $\frac{۲}{۳}$ کالری غذاهای مصرفی در این نواحی را تشکیل بدهد .

در خیلی از مناطق نامناسب ممکن است تولیـد گیاهی در هکتار به طور متوسط فقط ۱۰ تا ۲۰۰ کیلو گـرم در سال باشد (ویتـاکو ، ولیکنز ۱۹۷۵) در حالی که تولیـدات حیوانی به طور متوسط ممکن است ۲ تا ۴ کیلو گـرم در هکتار در سـال باشد . محـصول سـالانه گوشت در هر هکتار ممکن است برای انسان به طور متوسط فقط ۱۰ گرم پروتئین باشد .

اگر بفرض $\frac{۲}{۳}$ کالـری حاصله از چنین مـحیطی از مـواد حیـوانی باشد انسـان می تواند با مصرف ۱۰۲ گرم پروتئین حیوانی در روز نیاز پروتئینی خود را بر طرف کند .

تولیدات گیاهی مصرف شده ممکن است ۴ گرم پروتئین دیگر به جیره غذائی اضافه کنند و لذا جمع پروتئین روزانه ۱۰۶ گرم می شود . این یک رژیم غذایی با پروتئین بالاست اما بیرون از محـدودهٔ پروتئین مـصرفی گـروههایی کـه ، رژیمهـای غذایی با پروتئـین بالا مصـرف می کنند نیست . برای مـثال در آمریکا مـقدار سرانـه پروتئین مصـرفی روزانه حدود ۱۰۱ گرم می باشد . (ب ـ ۱۹۷۶ USDA) . برای این که انرژی مصرفی به ۲۵۰۰ کیلو کالری برسـد چربی حیوانی بیشتری نسبت به رژیم غـذایی فعلی مردم آمریکا که ۴۰ تا ۴۳ درصد آن از چربیها تأمین می شود (سنای امریکا ۱۹۷۷) باید مصرف شود .

شکارچیها و جمع آوری کنندگان غذا

شکارچیها و جمع آوری کنندگان غذا ، احتمالاً حدود ۷۰ تا ۹۰ درصد انرژی خودشان را صرف به دست آوردن غذا می کنند . در حقیقت به دست آوردن غذا و جمع آوری هیزم برای تدارك غذا معمولاً عمده ترین فعّالیت این اجتماعات است .

چون بیشترین انرژی بشر در جستجو ، جمع آوری و حمل غذا به کار می رود در این جا ، انرژی مورد احتیاج بشر برای این فعالیتهای متفاوت بررسی خواهد شد . البته واضح است که انرژی که برای این فعالیتها صرف می شود بیشتر از انرژی متابولیسم پایه روزانه است که به حدود ۴۵ کیلو کالری در ساعت یا ۱۰۸۰ کیلو کالری در روز می رسد (دیک ۱۹۷۰) . راه رفتن با سرعتی برابر ۴ کیلومتر (۲/۵ مایل) در ساعت ، ۱۸۰ کیلو کالری در ساعت انرژی مصرف می کند (جدول ۱-۴) . اگر فرد باری به وزن ۹ تا ۲۳ کیلو گرم را هنگام راه رفتن حمل کند انرژی مصرفی تقریباً دو برابر می شود و به حدود ۳۴۰ کیلو کالری در ساعت می رسد (جدول ۱-۴) .

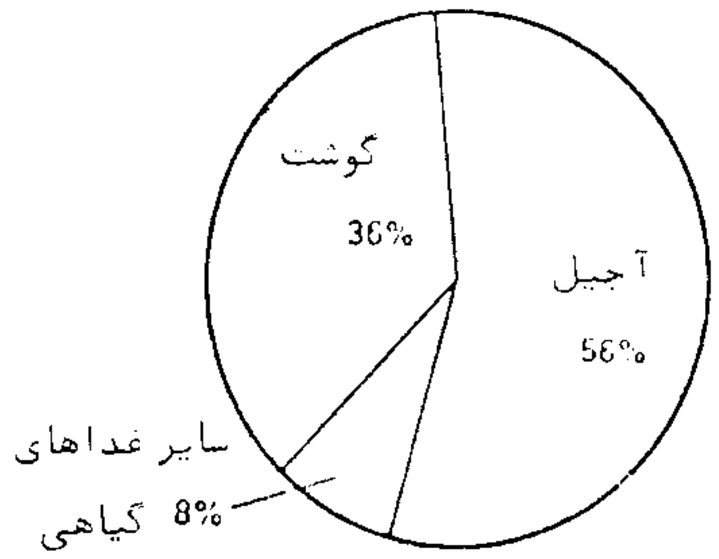
دویدن با سرعت ۱۱ تا ۱۳ کیلومتر در ساعت حدود ۱۸۰ کیلو کالری در ساعت نیاز دارد (جدول ۱-۴) . اگر شکارچی یا جمع آوری کننه غذا برای شکار یا جمع آوری غذا چندین کیلومتر راه برود یا بدود انرژی مصرفی برای تهیّه غذا نسبتاً زیاد می شود .

در بعضی اجتماعات شکارچی و جمع آوری کننده غذا تراکم انسان برابر یک نفر در ۱۵۸۰۸ تا ۳۱۶۱۶ هکتار است (ساهلینس ۱۹۷۲) . اگر فقط $\frac{۲}{۳}$ این جمعیّت شکارچی و جمع آوری کننده فعّال باشند بنابراین هر نفر باید ۴۷۹۰۳ هکتار (۳۰ مایل مربع) را برای غذا جستجو کند . $\frac{۱}{۳}$ باقیمانده که شامل بچه ها و یا افراد مسن هستند کار زیادی در این زمینه انجام نمی دهند . اگر قرار باشد که یک شکارچی و جمع آوری کنندهٔ غذا مساحتی برابر ۴۷۹۰۳ هکتار را به صورتی جستجو کند که در هر دفعه نواری به عرض ۵۸ متر را در بر گیرد ، باید حدود ۸۳۱۶ کیلومتر را طی کند تا تمام مساحت را بپوشاند . لازمه چنین موضوعی این است که شخص باید در هر ساعت ۴ کیلومتر ، به مدت ۴۰ ساعت در هفته و برای ۵۲ هفته راه برود . واضح است که این قدم زدن کار طاقت فرسایی است و نه شکارچی و جمع آوری کنندگان اوّلیه و نه شکارچی و جمع آوری کنندگانی که در دنیای امروز زندگی می کنند چنین کاری را انجام داده اند .

معمولاً شکارچی و جمع آوری کنندگان غذا سعی نمی کنند که تمام سطح رابرای غذاجستجو کنند ، در عوض چون قلمروشان را خوب می شناسند ، می دانند ، که غذا را از کجا پیدا کنند ، این شناخت به مقدار زیادی سبب کاهش مسافتی که باید به دنبال غذا جستجو و حرکت نمایند می شود .

جدول ۱ -۴ : انرژی مورد احتیاج برای فعالیتهای مختلف (کیلو کالری در ساعت) (پیک ۱۹۷۰)

کار سبک		کارمتوسط	
تشستن	۱۹	کفاشی	۸۰ -۱۱۵
نوشتن	۲۰	جارو کردن	۸۵-۱۱۰
ایستاده استراحت کردن	۲۰	گرد گیری کردن	۱۱۰
تایپ کردن	۱۶-۴۰	شستن	۱۲۵-۲۱۵
به سرعت تایپ کردن	۵۵	باصندلی چرخدار حرکت کردن	۸۰-۱۶۰
دوزندگی	۳۰-۹۰	فلز کاری	۱۲۰-۱۴۰
لباس پوشیدن ودرآوردن	۳۳	درودگری	۱۵۰-۱۹۰
نقشه کشیدن	۴۰-۵۰	نقاشی کردن خانه	۱۴۵-۱۶۰
لیتوگرافی	۴۰-۵۰	قدم زدن	۱۳۰-۲۴۰
ویلن زدن	۴۰-۵۰		
خیاطی کردن	۵۰-۸۵	کار خیلی سخت	
ظرف شویی	۶۰	بنایی	۳۵۰
اطو کردن	۶۰	اره کردن چوب	۴۲۰
صحافی	۴۵-۹۰	کار در معدن زغال سنگ(متوسط شیفت)	۳۲۰
کار سخت		دویدن	۸۰۰-۱۰۰۰
واکسن زدن	۱۷۵	کوهنوردی	۴۰۰-۹۰۰
نجاری	۱۹۵	خیلی بسرعت راه رفتن	۵۷۰
آهنگری	۲۷۵ -۳۵۰	خیلی بسرعت پارو زدن	۱۲۴۰
پرچ کردن	۲۷۵	خیلی بسرعت دویدن	۱۲۴۰
راه پیمایی	۲۸۰-۴۰۰	اسکی کردن	۵۰۰-۹۵۰
دوچرخه سواری	۱۸۰-۶۰۰	کشتی گرفتن	۱۰۰۰
پارو زدن	۲۰۰-۶۰۰	از پله بالا رفتن	۱۰۰۰
شنا کردن	۲۰۰-۷۰۰		



شکل ۲-۴- درصد انواع غذاهایی که رژیم غذایی روزانه قبیله کونگ را تشکیل می دهد (لی ۱۹۶۹) .

به هر حال ، حتی زمانی که محل غذا مورد شناسایی است باز هم باید مسافتی از یک گوشه به گوشه دیگر این ۴۷۹۰۳ هکتار یا حدود ۲۲ کیلومتر را طی نمایند . یک رفت و برگشت معادل ۱۹۸۰ کیلو کالری انرژی نیاز دارد .

طایفه وحشی « کونگ» که در حال حاضر در منطقه «بوب » بوتسوانا در افریقا زندگی می کنند ، دارای اقتصاد انرژی یک جامعه شکارچی ، جمع آوری کنند غذا می باشند (لی ۱۹۶۹ ولی ودرو ۱۹۷۶) . جمعیّتی از این قبیله که مورد مطالعه قرار گرفت برابر ۲۴۸ نفر بود که در مساحت ۲۸۵۰ کیلو متر مربع زندگی می کردند . برای هر فرد ۱۰/۴ کیلومتر مربع یا ۱۰۴۰ هکتار زمین جهت تأمین غذا نیاز بود .

باید توّجه داشت که این مساحت خیلی کمتر یا فقط ۳ درصد مساحتی است که قبلاً به وسیله ساهلینس در این مورد مطالعه شده است .

محلی که افراد وحشی کونگ زندگی می کنند منطقه نسبتاً خشکی با بارندگی سالانه ۱۵-۲۵ سانتی متر است (مارشال ۱۹۷۶ ، لی ۱۹۷۶ و دور ولی ۱۹۶۹) .

چاههای دائمی آب فقط در جاهایی که لایه آهکی زیرین در معرض قرار داشته است به عنوان تنها منبع دائمی آب وجود دارد . در فصلهای بارانی نیز آب به طور موقتی به صورت منابع موقت در دسترس است . بحرانی ترین تصمیم گیری افراد این قبیله انتخاب محل در جایی که بتوانند غذا و آب به دست آورند است . چون آب حاصل محدود کننده تر است معمولاً افراد قبیله محل کمپ را جایی انتخاب می کنند که از تأمین آب کافی مطمئن باشند . غذای جمع

آوری شده به وسیله افراد قبیله بر اساس وزن شامل ۳۳ درصد آجیل مونگونگو ، ۳۷٪ گوشت و ۳۰٪ غذاهای متنوع گیاهی است (لی ۱۹۶۹ ، مارشال ۱۹۷۶) . برمبنای کالری ، آجیلها دارای ۱۲۰۰ کیلو کالری ، گوشت ۷۶۸ کیلو کالری و مواد گیاهی دیگر ۱۷۲ کیلو کالری که در مجموع انرژی کسب شده روزانه ۲۱۴۰ کیلو کالری است . با این حساب آجیل مونگونگو تأمین کننده بیشترین کالری روزانه افراد کونگ است .

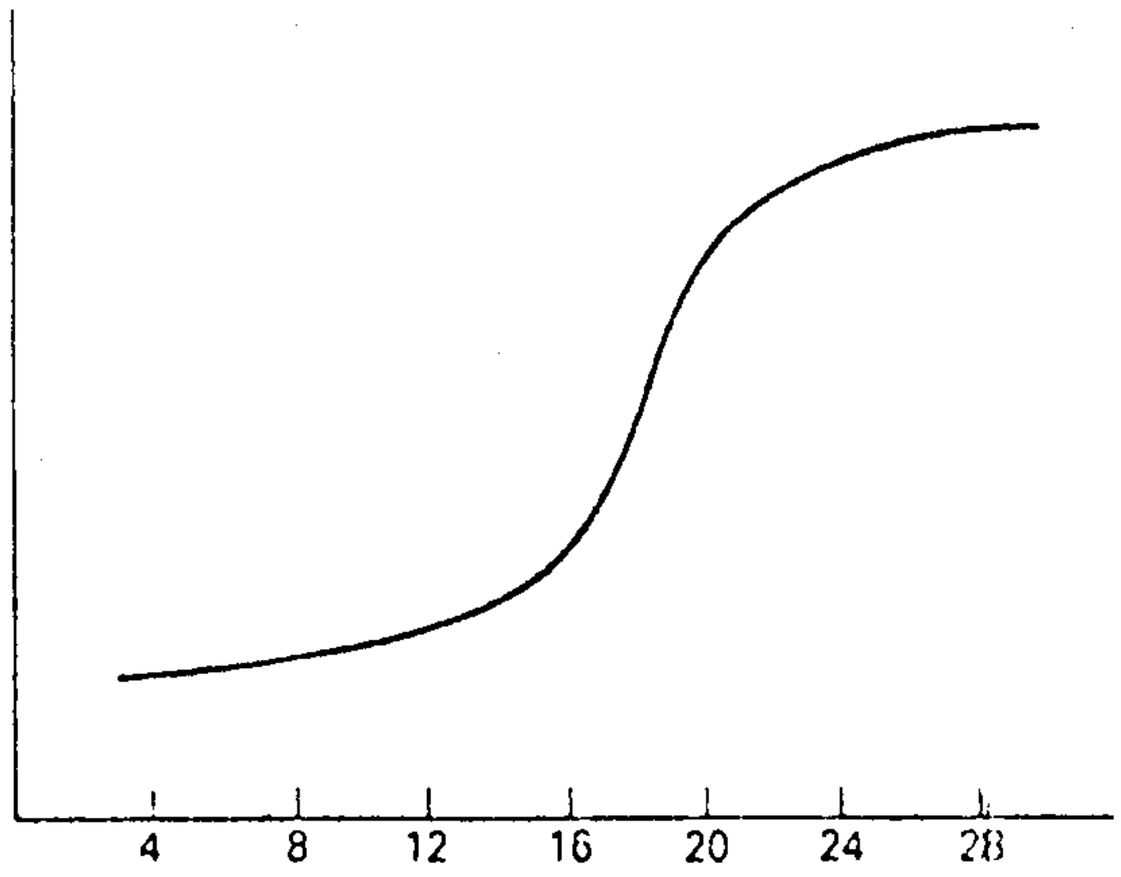
همان طوریکه انتظار می رود افراد قبیله ترجیح می دهند غذاهایی را جمع آوری و مصرف نمایند که نزدیک منبع آب باشد . آنها کمپ را برای مدت یک هفته یا یک ماه در محلی بر پا می کنند و غذاهای موجود در مسافت طولانی اطراف آن را مصرف می کنند . مثلاً اغلب کمپ را در جنگلهای دارای آجیل بر پا می کنند و در هفته اوّل میوه های موجود در شعاع ۱/۶ کیلومتری (یک مایل) در هفته دوم در شعاع ۳/۲ کیلومتری (دو مایل) و سومین هفته را در شعاع ۴/۸ کیلومتری (سه مایل) مصرف می کنند (لی ۱۹۶۹) . انرژی مصرفی جهت جمع آوری آجیل مونگونگو با افزایش فاصله از کمپ زیادتر می شود . خصوصاً با افزایش فاصله جمع آوری از کمپ از ۳ تا ۱۹ کیلومتر منحنی صرف انرژی هم بتدیج بالا می رود (شکل ۳-۴) . البته بعد از ۱۹ کیلومتر منحنی صرف انرژی بشدت افزایش می یابد ، چون بعد از آن فرد جمع آوری کننده غذا در عوض یک روز سفر رفت و برگشت باید یک سفر دو روزه انجام دهد . بعلاوه اقامت شبانه نیاز به حمل آب و مواد اضافی در تمام مدت سفر دارد .

یک چاره برای تغذیه جمع آوری کنندگان ، در طی سفر طولانی خوردن غذای فراوان ولی غیر مرغوب که نزدیک چاههای آب پیدا می کنند است . در خلال فصل خشک موقعی که چاههای آب کمی وجود دارند افراد قبیله از دو استراتژی برای تأمین غذای خود استفاده می کنند . در طول این دوره سخت تقسیم کار به صورتی است که افراد مسن که کمتر می توانند حرکت کنند اطراف محل سکونت به جمع آوری غذاهای نسبتاً نامرغوب و افراد جوان به جمع آوری آجیل در جنگلها می پردازند (لی ۱۹۶۹) .

در خلال فصل بارندگی در صورتی که تعدادی حوضچه دایم آب وجود داشته باشد کمپ را در جایی که گیاهان آجیلی و آب نزدیک باشد بر پا می کنند در طی این دوره ایده آل جمع آوری کنندگان غذا ، بندرت بیشتر از ۶/۷ کیلومتر مسافت رفت و برگشت (۶ مایل) برای جمع آوری طی می کنند .

صرف کل انرژی برای یک روز با فعالیت متوسط که شامل جمع آوری آجیل باشد

۲۶۸۰ کیلو کالری است . صرف این انرژی بستگی به نوع فعّالیت می تواند کاهش یابد (جدول ۲-۴) . انرژی مصرفی برای جمع آوری آجیل در یک فاصله متوسط ۴/۸ کیلومتری، و انرژیی که از مصرف آجیلها به دست می آید را می توان از داده های لی محاسبه نمود (لی ۱۹۶۹) . با راه رفتن با سرعت ۴ کیلومتر در ساعت حدود ۱/۲ ساعت وقت می گیرد تا به محل اجیلها برسند . برای را رفتن حدود ۱۸۰ کیلو کالری در ساعت انرژی احتیاج است (جدول ۱-۴) . بااضافه کردن ۴۵ کیلو کالری انرژی مورد نیاز متابولیسم پایه ، جمع کل آن ۲۲۵ کیلو کالری در ساعت می شود و برای ۱/۲ ساعت کل انرژی مصرف شده ۲۷۰ کیلو کالری است . برای جمع کردن آجیل به مدت تقریبی ۳ ساعت (۲۲۵ کیلو کالری انرژی در ساعت) ، ۶۷۵ کیلو کالری انرژی مصرف می شود .



شکل۳-۴: مخارج انرژی جهت تهیه آجیل مونگونگو در فواصل مختلف (لی ۱۹۶۹) .

بازگشتن از فاصله ۴/۸ کیلومتری به کمپ نیز ۱/۲ ساعت وقت می برد ، به هر حال حمل بار میوه بعلاوه راه رفتن نیاز به کالری زیادی، حدود ۳۸۵ کیلو کالری در ساعت دارد (برای متابولیسم پایه ۴۵ کیلو کاری + ۳۴۰ کیلو کالری) . برای این نوع فعّالیت در عرض ۱/۲ ساعت برابر ۴۶۵ کیلو کالری انرژی مصرف شده است . لذا حدود ۴۷۳ کیلو کالری انرژی ، که به عنوان میزان پایه به هنگام استراحت و خواب روزانه افراد قبیله مصرف شده نیز به آن مقدار اضافه می شود . اگر برای فعالیتهای سبک دیگر در مدت ۸ ساعت در روز ، انرژی مصرفی ۱۰۰ کیلو کالری در ساعت (۵۵+۴۵ کیلو کالری برای انرژی متابولیسم پایه) یا ۸۰۰ کیلو

کالری برای فعالیت در هشت ساعت باشد ، لذا کل انرژی مصرفی روزانه ۲۶۸۰ کیلو کالری می باشد . از ۱۲/۵ کیلو گرم از آجیلهای جمع آوری شده که حدود ۲۵۰۰ آجیل می باشند ، حدود ۱/۷۵ کیلو گرم «مغز» برای مصرف استخراج می شود ، که حاوی ۱۰۵۰۰ کیلو کالری انرژی است .

جدول ۲-۴ : تجزیه و تحلیل انرژی مصرفی و تولیدی برای قبیله کونگ فو در جمع آوری آجیل مونگونگو از فاصله ۴/۸ کیلومتر (لی ۱۹۶۹) .

نهاده ها		کیلو کالری
مسافرت به محل آجیلها	ساعت۲/ ۱=۴/۸ کیلومتر	۲۷۰
جمع آوری آجیلها	۳ ساعت	۶۷۵
بازگشت به کمپ	۴/۸ کیلومتر و حمل ۱۲/۵کیلو آجیل = ۲/ ۱ ساعت	۴۶۲
		۱۴۰۷ کیلو کاری
خواب	۱۰/۵ساعت	۴۷۳
فعالیتهای دیگر	۸ ساعت	۸۰۰
		جمع کل ۲۸۶۰ کیلو کالری
بازده ها		
مغز میوه ها ، ۱/۷۵ kg		۱۰۵۰۰
نسبت تولید به مصرف		۳/۹

اگر به طور متوسط شکارچی و جمع آوری کنندگان غذا برای به دست آوردن و تهیه غذا ۲/۲ روز در هفته کار کنند تقریباً برای فعّالیتهای دیگرشان ۴/۸ روز در هفته وقت دارند . فعّالیتهای دیگرشان شامل جمع آوری هیزم، حمل ونقل ، ساختن پناهگاه و پوشاك ، مراقبت از بچه ها و استراحت می باشد (لی ۱۹۶۹ ، مارشال ۱۹۶۷) .

مشاهدات نشانداده است که استراحت افراد قبیله شامل ، رقص ، دیدار از کمپهای دیگر و فعالیتهای دسته جمعی دیگر بوده است .

با مصرف ۲۶۸۰ کیلو کالری برای به دست آوردن ۱۰۵۰۰ کیلو کالری آجیل نسبت انرژی تولیدی به مصرفی معادل ۳/۹ به یک می شود . بر همین اساس اگر آجیلهای جمع آوری شده از فاصله ۹/۶ کیلومتری باشد ، نسبت انرژی تولیدی به مصرفی ، فقط مقدار کمی کاهش

یافته و به ۳/۳ به ۱ می رسد (جدول ۳-۴) . نسبت انرژی تولیدی به مصرفی براساس اطّلاعات موجو د حاکی از آن است که زنان به طور متوسط ۲/۲ روز در یک هفته غذا جمع آوری می کنند (بین ۱/۲ تا ۳/۳ روز) و ۲۳۱۰۰ کیلو کالـری انرژی از آجیلها در یک هفتـه حاصل می شود . این مقـدار انرژی غذایی کـافی برای جمع آوری کنندگان تأمـین می کند (۱۴۲۹۶ کیلو کالری) و ۳۸٪ نیز انرژی مـازاد وجود دارد . این ۳۸٪ مازاد صـرف تغذیه بچه هـا و پیر مردها می شـود که $\frac{1}{3}$ جمعیّت را تشکیل داده و قادر به جمع آوری غذا نیستند .

جدول ۳-۴:تجـزیه و تحلیل انرژی مـصـرفی و تولـیـدی جمع آوری کنندگـان قـبـیله کـونگ برای آجـیل «مونگونگو» از فاصله ۹/۶ کیلومتری کمپ .

نهاده ها		کیلو کالری
مسافرت به محل آجیلها	ساعت۲/۴=۹/۶ کیلومتر	۵۴۰
جمع آوری آجیلها	ساعت ۳	۶۷۵
بازگشت به کمپ و حمل ۱۲/۵ کیلو گرم آجیل	ساعت ۲/۴=۹/۶ کیلو متر	۶۲۴
		۲۱۳۹ جمع اولیه
خواب	۱۰/۵ساعت	۴۷۳
فعّالیتهای دیگر	۶ ساعت	۶۰۰
		۳۲۱۲ جمع کل
بازده ها		
۱/۷۵ کیلو گرم مغز میوه ها		۱۰۵۰۰
نسبت تولید به مصرف		۳/۳

کشاورزی اوّلیه

اگر چه نمی توان به طور دقـیق تکامل کشاروزی را تخمین زد ، ولـی می توان آنچه را که اتفاق افتـاده است تصور نمود . بدون تردید کشاورزی اوّلیه بتـدریج از جوامع جمع آوری کننده

غذا ، که ساختار منضمی نداشتند ، توسعه یافته است . جمع آوری کنندگان میوه ، سبزیجات و بذرها از جمله غلات را جمع آوری و برای مصرف به کمپ می آورند . شاید بعضی از بذرها در محلهای مسطح کمپ می افتادند و رشد می کردند . بعداً به مجرد بازگشت به نردیک همان کمپها ، افراد با تراکمی از گیاهان سبز شده روبرو می شدند .

احتمالاً این موضوع باعث می شد که بعضی از افراد ماجراجو این بذرها را به گیاهان نسبت داده و شروع به کشت آنها بنمایند . سهولت نسبی برداشت چنین محصولاتی با جمع آوری اتفاقی مقایسه شد و باعث تشویق برای کاشت بیشتر گردید . تلاش برای تولید غذا ابتدا کند پیش رفته است و شاید فقط درصد کمی از منبع غذایی از بذرها به دست می آمد و اما بتدریج این درصد افزایش یافته است .

یک مرحله مهم برای کمک به رشد این بذرها از بین بردن پوشش طبیعی از جمله بوته ها و درختان بود که با گیاهان رقابت می کردند و ساده ترین راه سوزاندن بود . سوزاندن نه فقط علفهای هرز را از بین برد بلکه مواد غذایی خاك را نیز افزایش می داد . پس از سوزاندن بجز درختان تنومند بقیه سطح کرت را پاك می کردند و با ایجاد چاله هایی در سطح خاك توسط چوبهایی بذرها در این چاله ها قرار می دادند . قرار دادن بذر ها در این چاله ها باعث بهبود جوانه زنی و رشد بعدی می شد لذا امکان رقابت با علفهای هرز فراهم می گردید .

در واقع برای گیاهان کشت شده اوّلیه هیچ گونه مراقبتی به عمل نمی آمد ، و یا بسیار اندك بود و کشاورز اوّلیه پس از چند ماه یا یک سال برای برداشت و جمع آوری آنچه باقیماند بود ، مراجعه می کرد . حشرات ، پرندگان و پستانداران قسمتی از محصول را از بین می بردند . علفهای هرز نیز باعث کاهش تولید می شد ، همین طور که امروزه برخی از همان آفات تولیدات را کاهش می دهند .

مرحلهٔ بعدی در توسعه کشاورزی اوّلیه افزایش سطح زیر کشت بود تا بدین ترتیب غذای بیشتری تولید کنند . با گذشت زمان کمپ به حالت نسبتاً دایمی درآمد ، چون غذا به مقدار فراوان در نزدیک وجود داشت ، لازم نبود که مردان و زنان برای تهیّه غذا مسافرت کنند ، لذا در این زمان زندگی در حوالی کشتزارها باعث شد که عده ای ادعای مالکیت کنند و کشتزارهای خود را از سایر افراد ، پرندگان و پستانداران محافظت نمایند . بر خلاف کشاورزی امروزی زمینهای اوّلیه فقط برای دو سال کشت می شدند و به علت تخلیه مواد غذایی و شیوع آفات مجبور به رها سازی آن بودند .

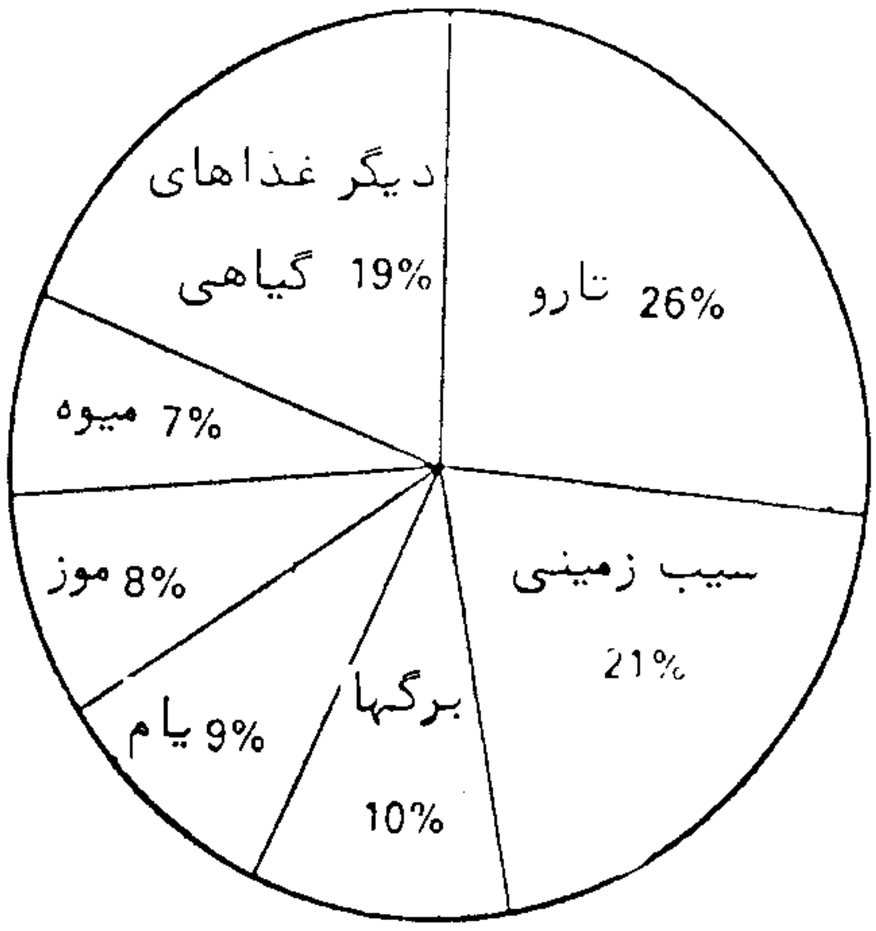
جالب این که «بریدن ـ سوزاندن» یا تیپ کشاورزی سوئیدن (Swidden) امروزه در بسیاری از قسمتهای جهان ، اعمال می شود (روتین برگ ۱۹۷۱) . در این نوع کشاورزی باید زمین را قبل از این که برای کشت بعدی آماده گردد به مدت ۱۰ تا ۲۰ سال به صورت آیش رها کرد . در این مدت طولانی بتدریج خاك مواد غذایی مورد احتیاج را برای تولید محصول زیاد در خود جمع می کند . کشاورزی سوئیدن هنگامی که در دامنه ها اجرا شود ، منجر به ایجاد مشکلات فرسایش خاك می گردد . البته فرسایش یک مشکل عمده برای تولید همه محصولات است ، خصوصاً در دامنه ها ، که زمین های کشاورزی بدون پوشش رها می شود .

به هر حال با به کار گیری روشهای حفاظت خاك می توان به مقدار زیادی از فرسایش کاست . مثلاً اضافات بعضی از درختان بریده شده را می توان در جهت عمود بر شیب قرار داد تا سرعت رواناب را کاهش دهند (روپاپورت ۱۹۶۸ و ۱۹۷۱) و یا رها کردن مقداری درخت بعلاوه بعضی شاخه های نیم سوخته و برگها و مواد آلی دیگر ، همه این ها باعث کاهش قدرت باران می شوند ، و شسته شدن خاك مناسب سطح الارض را کند ، می کنند .

در مطالعه ای که روی یک جامعه ابتدایی کشاورزی در گینه جدید شده است اطّلاعات خوبی در مورد کشاورزی سوئیدن حاصل گردیده است . گینه جدید دارای اکوسیستم حاره ای کوهستانی با باران سالانه ۳۹۱ سانتی متر می باشد . وجود شیبهای نسبتاً شدید مشکل فرسایش خاك را به وجود آورده است . البته این کشاورزان اوّلیه روشهای حفاظت خاك زا که قبلاً ذکر شد اعمال کرده اند . در این بررسی جمعیّت روستایی مورد مطالعه ۲۰۴ نفر بود و ۸۳۰ هکتار زمین در تصرف داشتند که از آن فقط ۳۶۴ هکتار مناسب کشت بود و سالانه ۱۹ هکتار زیر کشت محصولات یک ساله می رفت و چون بعضی از آنها گیاهان دو ساله بودند در هر زمان ۳۷ هکتار زیر کشت بود. در نتیجه ۹۰٪ اراضی روستا به صورت آیش رها می شد و غذای روستاییان عمدتاً منشاء گیاهی داشت (۹۹ درصد) .

گیاهان عمده ای که مصرف می شد (بر حسب وزن) عبارت بودند از : تارو ، سیب زمینی شیرین ، میوه ، برگها ، یام ، موز و غیره (نمودار ۴-۴) . مصرف پروتئین حیوانی عمدتاً از خوك تأمین می شد که توسط روستاییان پرورش داده می شد و در ضمن کیسه داران ، مارها ، سوسمار ، پرندگان و لارو حشرات که در لای درختان و چوبها وجود داشتند شکار می گردید . انرژی مصرفی روزانه هر فرد بالغ به طور متوسط ۲۴۰۰ کیلو کالری بود که حاوی ۳۵ گرم پروتئین بوده و عمدتاً منشاء گیاهی داشت (راپاپورت ۱۹۶۸) . این مقدار پروتئین با

استانداردهای FAO که عموماً برای هر فرد بالغ تحت این شرایط روزانه ۴۰ گرم پروتئین توصیه می کند کم است .



نمودار ۴-۴ - درصد مواد گیاهی مصرفی توسط روستاییان در گینه جدید

همان طور که انتظار می رود درکشاورزی سوئیدن تولید غذا به کالری زیادی نیاز دارد . اهالی گینه جدید ۱۹۴۶ ساعت در هر هکتار در سال برای تولید محصولات کار می کنند (راپاپورت ۱۹۶۸ و ۱۹۷۱) . حدود ۴۲ درصد از کار مصرفی برای وجین علفهای هرز و ۱۵ درصد برای از بین بردن درختان ، و بوته ها مصرف می شود (جدول ۴-۴) . حمل میوه از باغها به منازل نیز نیروی زیادی مصرف می کند . این فعالیتها حدود ۲۷۷ ساعت کار است . اما روستاییان اغلب آن را به عنوان تفریح قلمداد می کنند زیرا آنها برداشت محصول را به حالت جشن انجام می دهند .

کل انرژی که در این سیستم ، در یک هکتار مصرف می شود ۷۳۹۱۶۰ کیلو کالری است . متوسط مقدار تولید در هکتار $۱۱/۴ \times ۱۰^۶$ کیلو کالری است . نسبت انرژی تولیدی به مصرفی برابر ۱۵/۴ به ۱ است (راپاپورت ۱۹۶۸ ، ۱۹۷۱) . اگر فرض کنیم که به طور متوسط ، افراد بالغ روزانه ۲۴۰۰ کیلو کالری مصرف کنند ، یک فرد بتنهایی در یک سال باید ۸۷۶۰۰۰ کیلو کالری مصرف نماید .

بنابراین یک هکتار باید بتواند غذای کافی برای ۱۳ نفر و یا اگر ۳۷ هکتار اراضی زیر

کشت برود باید بتواند غذای کافی جمعیّت ۲۰۴ نفری آن جا را تأمین کند .

جالب توّجه است که ۵۵٪ انرژی محصولات توسط خود روستاییان مصرف می شود و ۴۵٪ آن به مصرف خوکهایشان می رسد (جدول ۴-۴) . هنگامی که این موضوع در محاسبات منظور شود نسبت تعداد افراد به مساحت زمین کاهش می یابد ، به طوری که فقط ۵/۵ نفر در هر هکتار زمین کشت شده کار می کنند .

جدول ۴-۴ : تجزیه و تحلیل انرژی تولیدی به مصرفی در کشاورزی سوئیدن در گینه جدید ، در یک هکتار از کشت مخلوط سیب زمینی شیرین ، تارو ، کازاوا ، یام و موز (راپاپورت ۱۹۶۸ و ۱۹۷۱) .

انرژی مصرفی	مقدار	کیلو کالری درساعت	کیلوکالری در هکتار
قطع علفهای زیر بوته ها	۱۷۵ ساعت	۴۰۰	۷۰۰۰۰
قطع درختان	۶۸	۴۰۰	۲۷۲۰۰
دیوار کشی باغ	۸۴	۵۰۰	۴۲۰۰۰
وجین و سوزاندن	۷۸	۳۰۰	۲۳۴۰۰
قرار دادن حائلهایی برای حفظ خاك	۴۴	۳۰۰	۱۷۶۰۰
کاشتن و وجین کردن	۷۴۲	۳۰۰	۲۲۲۶۰۰
سایر مراقبتها	۱۳۷	۴۰۰	۵۴۸۰۰
برداشت	۲۷۷	۳۰۰	۸۳۱۰۰
حمل	۲۶۴	۴۰۰	۱۴۵۶۰۰
جمع	۱۸۶۹ ساعت		۶۸۶۳۰۰
تیشه	*۸/۰ کیلو گرم		۱۶۸۶۰
بذرها و غیره	*۱۰ کیلو گرم		۳۶۰۰۰
			۷۳۹۱۶۵
انرژی تولیدی			
تولید محصول			۱۱۳۸۴۴۶۲
نسبت تولید به مصرف			۱۵/۴ : ۱

* بعنوان انرژی مصرفی اضافی برآورد شده است .

«راپاپورت» (۱۹۷۱) گزارش داده است که برای تعلیف هر خوك پرواری $۴/۵ \times ۱۰^{۶}$ کیلو کالری در یک دوره ۱۰ ساله مورد احتیاج است . اگر بپذیریم که مقدار ۶۵ کیلو کالری غذا برای تولید یک کیلو گوشت خوك احتیاج باشد ، (پی منتال و همکاران ۱۹۷۵) بازدهی $۴/۵ \times ۱۰^{۶}$ کیلو کالری انرژی مصرفی باید ۶۹۲۳۰ کیلو کالری گوشت خوك باشد . این مقدار فقط ۱/۵ درصد بازده انرژی مصرفی خوکهاست ، و خیلی کمتر از حالتی است که مستقیماً غذاهای گیاهی مصرف کرده باشند . همان طور که ذکر شد از مقدار $۱۱/۴ \times ۱۰^{۶}$ کیلو کالری که در یک هکتار تولید می شود ۴۵٪ آن ($۵/۱ \times ۱۰^{۶}$ کیلو کالری)صرف تعلیف خوکها می شود (جدول ۴-۴) . اگر برای تولید یک کیلو کالری گوشت خوك ، ۶۵ کیلو کالری علوفه مورد احتیاج باشد ، لذا از $۵/۱ \times ۱۰^{۶}$ کیلو کالری علوفه ۷۸۴۶۱ کیلو کالری گوشت به دست می آید . اگر این ۷۸۴۶۱ کیلو کالری با $۵/۱ \times ۱۰^{۶}$ کیلو کالری اضافه شود $۵/۲ \times ۱۰^{۶}$ کیلو کالری در هر هکتار تولید می شود .

بنا به گفته راپاپورت (۱۹۷۱ ، ۱۹۶۸) حسنی که تولید گوشت خوك دارد این است که نگهداری خوکها یک روش عملی ذخیره مواد غذایی اضافی در طی سالهای پر تولید است . بنابراین در صورتی که برداشت محصول کم باشد روستاییان برای جبران کمبود مواد غذایی از گوشت خوکها استفاده می کنند .

یک مثال دیگر از تولید مواد غذایی به وسیله سیستم کشاورزی سوئیدن در یکی از روستاهای ناحیه «تپوزتلان» در مکزیک وجود دارد (لوپس ۱۹۵۱) . نیروی انسانی مصرفی در هکتار برای تولید غذای اصلی آنها یعنی ذرت ۱۱۴۴ ساعت در مقایسه با ۱۸۶۴ ساعت کار در ناحیه گینه جدید برای تولید سایر محصولات است (جدول ۵-۴) . محاسبه کل انرژی تولید شده به مصرف شده در این سیستم کشاورزی در جدول (۵-۴) آورده شده است .

فعّالیت اصلی که مستقیماً برای ذرت انجام می شود ۳۴۴۸۰۰ کیلو کالری انرژی نیاز دارد . به این مقدار ۶۴۳۵۰ کیلو کالری که در مدت استراحت مصرف شده و ۸۵۸۰۰ کیلو کالری که برای فعّالیتهای متفرقه مصرف شده است اضافه گردیده است . هنگامی که انرژی مصرفی برای ساختن تیشه و فوکاو نیز انرژی بذر اضافه شوند کل انرژی مصرفی برای هر هکتار ذرت ۵۴۸۴۹۰ کیلو کالری است در مقابل آن تولید محصول $۶/۸ \times ۱۰^{۶}$ کیلو کالری انرژی است که نسبت انرژی تولیدی به مصرفی برابر ۱۲/۶ به یک است . این نسبت اندکی کمتر از نسبت ۱۵/۴ به یک در سیستم کشاورزی گینه جدید است .

حتی جوامع ابتدایی نیز برای تأمین غذای خود از نظر انرژی متفاوت بوده اند . انسانهای اوّلیه شکارچی و جمع آوری کننده غذا احتمالاً سیستم مصرفی ، خیلی شبیه افراد قبیله گونگ که به طور متوسط نسبت تولید به مصرف آنها تحت شرایط ایده آل ۴ به یک است داشته اند . سیستمهای کشاورزی که کمی بیشترسازمان یافته اند نظیر روستائیان گینه جدید و مکزیک نسبت مناسبتری از انرژی ۱۲ تا ۱۵ به یک را دارند . بعلاوه در این سیستمها که محصولات بیشتری کشت می شوند ، اراضی کمتری برای تغذیه هر فرد لازم است .

جدول ۵-۴ : انرژی مصرفی برای تولید ذرت درمکزیک در سیستم کشاورزی سوئیدن (از لوپس ۱۹۵۱) .

انرژی مصرفی	مقدار در هکتار	کیلو کالری در ساعت	کیلو کالری در هکتار
تسطیح با تیشه و کارد	۳۲۰ ساعت	۴۰۰	۱۲۸۰۰۰
حصار کشی	۹۶	۴۰۰	۳۸۴۰۰
سوزاندن	۹۴	۳۰۰	۱۹۲۰۰
بذرکاری	۹۶	۳۰۰	۳۸۴۰۰
واکاری	۳۲	۳۰۰	۹۶۰۰
وجین	۲۴۰	۳۰۰	۷۲۰۰۰
حمل ذرت	۸۰	۴۰۰	۳۲۰۰
پوست گیری ذرت	۱۲۰	۳۰۰	۳۹۰۰۰
کل کار	۱۱۴۴ ساعت		۳۴۴۸۰۰
استراحت	۱۴۳۰ساعت		۶۴۳۵۰
فعّالیتهای دیگر	۸۵۸ ساعت		۸۵۸۰۰
انرژی لازم برای			
ساخت تیشه و فوکا	۰/۸ * کیلو گرم		۱۶۸۶۰
انرژی بذر	۱۰/۴ * کیلو گرم		۳۶۶۰۰
کل			۵۴۸۱۰
انرژی تولیدی			
تولید محصول	۱۹۴۴کیلوگرم		۶۹۰۱۲۰۰
نسبت تولید به مصرف			۱۲/۵ : ۱

* به عنوان انرژی مصرفی اضافی بر آورد شده است .

فصل پنجم

سیستمهای اولیه دامداری و نیروی حیوانی

نقش حیوانات در جامعه

بشر در طول زندگی خود برای غذا ، نیرو و همراهی به حیوانات وابسته بوده است و حتی حیواناتی نظیر ببر ، پلنگ و شیر را پرستش می کرده است . امروزه نیز حیوانات به عنوان سمبل یک نیروی ویژه محسوب می شوند . درحال حاضر می توان انواع اتومبیلهای آمریکایی تحت اسامی پلنگ ، یوزپلنگ یا ببر را خریداری کرد و یا در آگهیهای پمپ بنزین عباراتی مانند « ببری را در تانک اتومبیل خود بیندازید» ، را مشاهده کرد . البته نقش عمده حیوانات تهیّه غذا و کمک به بشر برای کشت محصولات کشاورزی ، ساختن مسکن وحمل و نقل بوده است .

همه مدارك موجود ، حاکی از این است که بشر همه چیز خوار است ، و می تواند ، نه تنها از انواع غذاهای گیاهی مصرف کند ، بلکه غذاهای حیوانی را نیز مصرف می نماید . نسبت غذاهای گیاهی به غذاهای حیوانی به عادات فرهنگی ، قابلیت دسترسی به غذا و ذائقه شخصی متفاوت است .

گله داری اوّلیه

تمدّنهای اوّلیه وابسته به دامداری و کشت محصولات ، به عنوان مکملی بر امرشکار و جمع آوری غذاهای طبیعی بوده است . اوّلین حیواناتی که بشر به عنوان منبع غذایی نگهداری

کرده است عبارتند از : مرغ ، اردك ، خوك ، خرگوش ، گوسفند ، بز ، گاو ، شتر ، الاغ و لاما . این حیوانات گوشت ، چربی ، شیر ، خون به منظور تولید انرژی و پروتئین و نیز سایر مواد مغذی عمده برای انسان فراهم می کرده است . احتمالاً دامداری زمانی آغاز شد که یک شکارچی حیوان جوانی را برای نگهداری به محل سکونتش آورد و در ان جا تغذیه و حفاظت شد و زمانی که انسان به غذای بیشتری نیاز پیدا کرد آنان را می کشت . بعدها بعضی از این حیوانات اهلی شدند و تکثیرو زادآوری کردند . بالاخره تعداد حیوانات اهلی به اندازه ای زیاد می شد که نه فقط برای رفع نیازهای آنی غذایی بلکه ، برای تولید مثل نیز کافی بودو لذا تأمین غذا به صورت نسبتاً با ثباتی تداوم حاصل می نمود .

مطمئناً گله داری حیوانات اهلی مؤثرتر و قابل اعتمادتر از شکار کردن بود ، چون مقدار زیادی از وقت و انرژی که در تعقیب حیوانات وحشی مصرف می شد کاهش می داد . علاوه بر آن گله داری توسط زنان و کودکان به سادگی امکان پذیر بود و لذا مردان فرصت انجام دادن سایر وظایف ضروری برای رفع احتیاجاب و بقاء جامعه را پیدا می کردند .

علاوه بر آن نگهداری گله هایی از گوسفند ، بز ، گاو ، شتر ، روش قابل اعتمادی برای ذخیره تولیدات غذایی اضافی در سالهای که محصول زیاد تولید می شد بود . در شرایط محیطی نامساعد ، زمانی که تولیدات گیاهی کم بود ، حیوانات اهلی یک منبع غذایی قابل دسترسی برای بشر بودند .

ثبات منابع غذایی از طریق نگهداری حیوانات برای انسانهایی که در زیستگاههای نامناسب زندگی می کردند با اهمیت تر بود . در شرایط رطوبت زیاد ، خشکی ، سرما ، یا مناطق کوهپایه ای ، تولید محصولات گیاهی غیر قابل پیش بینی و حتی بعضی وقتها غیر ممکن است . بعلاوه در بسیاری از این مناطق سخت گونه های چمنی که سازگار بوده و علفهای دیگری که قادر به رشد هستند برای تغذیه بشر مناسب نمی باشند . خوشبختانه این گیاهان برای حیوانات اهلی غذای مناسبی هستند که تبدیل به غذاهای دامی قابل تغذیه انسان می شوند .

روش گله داری که به وسیله قبیله «دودو» در شمال شرقی اوگاندا انجام می شود اهمیّت دامداری را در زیستگاههای سخت نشان می دهد (دش لر ـ ۱۹۶۵) . هنگامی که دشلر روی این قبیله مطالعه می کرد ، تعداد افراد قبیله ۲۰۰۰۰ نفر ، حیوانات نگهداری شده ۷۵۰۰۰ رأس گاو کوهندار ، وسعت منطقه ۷۸۰۰۰۰ هکتار و یا به طور تقریب برای هر گاو ۱۰ هکتار مساحت بوده است . تراکم جمعیّت انسانی کم ، و حدود یک نفر در ۳۹۰ هکتار ، نسبت

گاو به انسان ۳۸ به یک و بر اساس مقایسه بیوماس این نسبت خیلی زیاد و ۱۸۷ به ۱ بوده است .

محل زندگی قبیله «دودو» نامساعد و عمدتاً از بوته های خاردار و علفهای چمنی دایمی تشکیل شده است و متوسط بارندگی سالیانه آن بین ۴۵ تا ۶۲ سانتیمتر است . در این منطقه علاوه بر نگهداری حیوانات سورگم نیز کشت می کنند که در سالهای پر باران محصول فراوان تولید می کند . متأسفانه در آن قسمت از اوگاندا سالهای کم باران نیز فراوان است ولذا سورگم یک منبع غیر قابل اعتماد غذایی است . هنگامی که محصول سورگم کم است گاوها نیاز غذایی را به صورت شیر ، خون و گوشت تأمین می کنند . بعلاوه برای رفع کمبود سورگم در محل ، با پول حاصله از فروش گاو سورگم خریداری می نمایند .

تولید شیر از ۷۵۰۰۰ رأس گاو $۱۰^{۶} \times ۲۵۰۰$ کیلو کالری ، گوشت $۱۰^{۶} \times ۲۳۰۰$ کیلو کالری و خون $۱۰^{۶} \times ۶۳۰$ کیلو کالری در سال براورد کرده اند (پی منتل و همکاران ۱۹۷ و ستوبی و همکاران ۱۹۷۸) . برای تولید این مقدار ($۱۰^{۶} \times ۵۴۳۰$ کیلو کالری) انرژی غذایی ، گاوها با دانه تغذیه نشده بلکه از مراتعی که برای مصرف بشر نامناسب است تعلیف می شده اند . مصرف روزانه هر حیوان ۸ کیلو گرم علوفه برآورد می شود (پی منتل وهمکاران ۱۹۷۵ و وستوبی و همکاران ۱۹۷۸) .

قبیله « دودو» برای اداره حیوانات اهلی از سوخت های فسیلی استفاده نمی کنند و کارها توسط نیروی انسانی انجام می شود . با جمعیّت ۲۰۰۰۰ نفری این قبیله اگر ۴۰ درصد از کار مردان ، که شامل ۵۶ ساعت در هفته است ، و ۴۰ درصد از کار زنان که ۷ ساعت کار در هفته صرف گله داری شود ، سالیانه ۳۴ کارگر ساعت در هر هکتار از مراتع صرف مدیریت سیستم نگهداری حیوانات می شود .

همان طور که ذکر شد ، تولید سالیانه پروتئین حیوانی ، در هکتار با صرف ۳۴ کارگر ساعت ۰/۷ کیلو گرم است . انرژی مصرفی برای یک کارگرساعت ۲۵۰ کیلو کالری برآورد شده است .

اگر۸ ساعت کار با مصرف ۲۵۰ کیلو کالری در ساعت و ۱۰ ساعت استراحت ، با مصرف ۴۵ کیلو کالری در ساعت و ۶ ساعت سایر فعالیتها با مصرف ۱۰۰ کیلو کالری در ساعت برای مردانی که ، به امور گله داری مشغولند درنظر گرفته شود مصرف سرانه در روز برای نگهداری و مواظبت از گاوهای کوهاندار ۳۰۵۰ کیلو کالری می باشد .

با ۸۰۰۰ کارگر مرد که گاوها را نگهداری می کنند ، مصرف انرژی روزانه $۴/ \times ۱۰^{۶}$ ۲۴ و سالیانه ۸۹۰۰×۱۰^{۶} کیلو کالری می باشد . در اندازه گیری انرژی مصرفی زنان ، فقط یک ساعت کار در روز ، برای این منظور در نظر گرفته شده است ، زیرا بیشتر اوقاتشان صرف مواظبت از مزارع سورگم می شود (دش لر ۱۹۶۵) . با اضافه کردن ۷۳۰×۱۰^{۶} کیلو کالری انرژی مصرفی سالیانه زنان در امور گله داری ، به انرژی مصرفی سالیانه مردان ، کل انرژی که برای گله داری مصرف می شود ۹۶۰۰×۱۰^{۶} کیلو کالری است .

با تولید ۵۴۳۰×۱۰^{۶} کیلو کالری انرژی از پروتئین حیوانی و مصرف ۹۶۰۰×۱۰^{۶} کیلو کالری ، نسبت انرژی تولیدی به مصرفی تنها ۰/۵۴ به ۱ یا حدود ۲ کیلو کالری انرژی برای تولید یک کیلو کالری انرژی حیوانی است . بر مبنای پروتئین حیوانی ، قبیله دودو نمی توانند برای زندگی خود تنها متکی به دامداری باشند . همان طور که ذکر شد ، سورگم غذای اساسی این قبیله است (دشلر ۱۹۶۵) . بنابراین پروتئین دامی تولیدی به عنوان مکملی برای سورگم تولید شده و یا خریداری شده به کار می رود .

نگهداری حیوانات اهلی توسط این قبیله نقش مهمی را که حیوانات اهلی در تهیّه غذای بشر در این سیستم اکولوژیک دارند نشان می دهد . اولاً حیوانات اهلی به طور مؤثری علفهای موجود در شرایط نامساعد را به غذای (شیر ، گوشت ، خون) مناسب انسان تبدیل می کنند . ثانیاً از حیوانات اهلی به عنوان یک منبع غذایی ذخیره شده استفاده می شود . بعلاوه گله های گاو منبع مناسبی هستند که برای خرید سورگم به هنگامیکه تولید محصول آن کم است فروخته می شوند .

نیروی حیوان به عنوان یك منبع انرژی

قسمت عمده ای از مدت زمانی را که بشر در جهان سکونت گزیده است منبع اصلی نیروی مورد نیاز او را نیروی انسانی تشکیل می داده است . انسان با نیروی خود حرکت می کرده است ، مواد را حمل و نقل ، زمین را شخم ، بذرها را کاشت ، برداشت محصول را انجام می داد و از غلات آرد تهیّه می کرد, حیوانات را شکار و خود را از گزند حیوانات درنده و افراد دیگر محفوظ می داشته است .

نیروی اضافی اوّلیه از افراد دیگری که به عنوان برده به کار گرفته می شدند و از حیوانات اهلی تأمین می شد . اجتماعات شکارچی و جمع آوری کنندگان غذا ، هنگامی که مقدار زیادی

غذا جمع آوری و یا شکار می کردند برای حفظ آنها به همدیگر ملحق شده و به یکدیگر کمک می کردند . بهمین ترتیب تمرکز نیروی انسانی در کشاورزی بدوی ، نیاز و سودمندی کار حیوان و برده را افزایش داد .

برای شکار کردن باید بیشتر از یک نفر شکار را به طرف شکارچی هدایت نمایند و یک نفر شکارچی دیگر باید ، وظیفه ردیابی و کشتن حیوانات مجروح را عهده دار شود. اغلب برای کشتن حیوانات قوی به مهارت و نیروی همکاری چندین شکارچی احتیاج است ، حتی بعد از کشتن شکار ، برای انتقال لاشه از فاصله دور به کمپ انرژی زیادی مصرف می شد . بنابراین پس از شکار نیروی انسانی کمکی ضروری بود .

البته برای شکار ، شکارچیهای کمکی یا افرادی که اجیر می شدند باید تغذیه می شدند . به هر حال یک شکارچی بایک نفر کمکی بیشتر از نیازهای خودشان غذا تهیّه می کردند تا غذای کافی برای جمعیّت کمپ تأمین نمایند . در این روش ، یک کارگر اجیر شده بیش از انرژی مصرفی خود بازده انرژی داشت . به موازات نیروی برده ، استفاده از نیروی حیوانی به عنوان یک منبع نیروی اضافی بتدریج افزایش یافت . حیوانات جوان وحشی که پس از دستگیری اهلی می شدند به منظور حمل کالا و یا افراد استفاده می شدند . احتمالاً در آغاز از این حیوانات برای حمل غذاهای جمع آوری شده و لاشه حیوانات به کمپ استفاده می شد ، بعلاو ه جمعیّتهای کوچ نشین از حیوانات برای حمل و انتقال اثاثیه به کمپ های جدید استفاده می کردند .

در طول زمان انواع زیادی حیوانات به عنوان چارپایان باربر ، اهلی شدند . شواهد نشان می دهد که الاغ از نخستین حیوانات بار بوده است که ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح در مصر و بعداً حدود ۱۸۰۰ سال در بین النهرین از آن استفاده می شده است (لئونارد ۱۹۷۳) . برای این اجتماعات ، کشاورزی فعّالیت اصلی بود و از حیوانات برای انتقال محصول از مزرعه به روستا استفاده می کردند و بتدریج یک سیستم توسعه یافته حمل و نقل وداد وستد بین روستا به وجود آمد .

از ۲۵۰۰ سال قبل از میلاد مسیح از گاوهای نر و گاومیش به عنوان چهارپایان باربر و جهت شخم اراضی استفاده می شده است (لئونارد ۱۹۶۳) . به کار گیری نیروی حیوانات در عملیات شخم و کشت اراضی پیشرفت عظیمی در تولیدات کشاورزی بوده است . وقتی که انسان بتنهایی یک هکتار زمین را شخم می زد مقدار خیلی زیادی انرژی و حدود ۴۰۰ ساعت کار انجام می داد . استفاده از یک ساعت کار گاو نر که جایگزین ۳ تا ۵ ساعت کار انسانی شد

وقت و انرژی انسانی مورد نیاز را به مقدار زیادی کاهش داد .

موحله بعدی که استفاده از اسب بود پیشرفت مهمی به شمار می رود زیرا حرکت با اسب سریعتر از گاو است . موطن اصلی اسبها را در آسیا حدس می زنند ولی احتمالاً این حیوان تا ۳۰۰۰ سال قبل اهلی نشده است (لی ۱۹۵۵) . اسب نیز ماند گاو در ابتدا برای حمل و نقل کالاها و افراد و سپس برای شخم و کار در مزارع به کار گرفته شده اند . از حیوانات دیگر نظیر شتر ، لاما ، بز ، و حتی سگ برای حمل انسان و کالاهایش استفاده می شده است .

اختراع چرخ در ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد افزایش بسیار زیادی در کار آیی انرژی برای نقل و انتقال به وجود آورد (لی ۱۹۵۵) . استفاده از چرخ ، بارگیری کالاها را برای حمل و نقل بدون مصرف انرژی کمکی توسط انسان و حیوان را دو برابر کرد . این انرژی اضافی بعدها به طرق دیگری قابل استفاده واقع شد و بدون شک انسان را در بهبود سطح زندگیش یاری داده است .

علاوه بر آن ، کار برد چرخ کارایی عملیاتی که به تهیّه غذا مربوط می شد مثل آسیاب کردن غلات را بهبود بخشید . آرد کردن غلات با نیروی دست کند و خسته کننده بود . در ابتداء چرخ آسیاب های اوّلیه توسط نیروی حیوانات به حرکت در می آمد امّا بعدها انسان دریافت که از نیروی آب و باد می تواند برای چرخاندن آسیابها استفاده کند . البته استفاده از نیروی باد و آب کارآیی بیشتری دارد زیرا آنها جهت نگهداری به غذا احتیاج ندارند .

اگر چه نیروی آب و باد برای آسیاب کردن دانه ها ، خیلی کارآمدتر از نیروی انسانی و حیوانی است ، امّا کارهایی وجود دارند که بهترین منبع انرژی برای انجام آنها نیروی انسان است . این موضوع با تجزیه و تحلیل انرژی مصرفی برای شخم و کاربرد علف کشها قابل توضیح است . یک انسان با استفاده از یک فوکای سنگین برای شخم و آماده سازی زمین حدود ۴۰۰ ساعت کار یا ۴۰ روز کار ۱۰ ساعته نیاز دارد ، (لویس ۱۹۵۱) . اگر فرض کنیم ، برای این کار سنگین ۴۰۰ کیلو کالری انرژی در ساعت مصرف شود ، یک فرد با ۱۰ ساعت کار روزانه ۴۰۰۰ کیلو کالری انرژی مصرف می کند ، و باید انرژی که جهت نگهداری کارگر در ۱۴ ساعت دیگر نیاز است نیز به مقدار فوق اضافه گردد . اگر برای فردی ۱۰ ساعت استراحت و مقدار ۴۵ کیلو کالری در هر ساعت و برای چهار ساعت دیگر با فعالیتهایی نظیر غذا خوردن و غیره هرساعت ۱۰۰ کیلو کالری انرژی منظور گردد ، انرژی مصرفی یک فرد در روز ۴۸۵۰ کیلو کالری می شود . وقتی که این مقدار را برای ۴۰ روز کار محاسبه نماییم ،

جمع انرژی مصرفی ۱۹۴۰۰۰ کیلو کالری خواهد بود (جدول ۱-۵) . باید مقدار ۶۰۰۰ کیلو کالری انرژی که جهت ساخت و نگهداری فوکای سنگین مصرف می شود نیز به آن اضافه کرد . لذا کل انرژی مصرفی برای شخم یک هکتار توسط نیروی انسانی بتنهائی ۲۰۰۰۰۰ کیلو کالری است .

در مقایسه با این ، گاونر ، تراکتورهای دستی و تراکتورهای ۵۰ اسب بخار مقدار بسیار بیشتری انرژی جهت انجام کار مشابهی و در مدت زمان کمتری مصرف می کنند . برای مثال یک جفت گاو ، شخم یک هکتار زمین را در مدت ۶۵ ساعت و با صرف ۵۰ درصد انرژی بیشتری نسبت به انسان انجام می دهند (جدول ۱-۵) . این بدان دلیل است که گاو علاوه بر مصرف غذا باید توسط یک نفر نیز هدایت شود .

همین طور تراکتورهای ۶ و ۵۰ اسب بخار در مدت بسیار کمتری به ترتیب در ۲۵ و ۴ ساعت یک هکتار را شخم می زنند ، در صورتی که برای این کار به ۴۰۰ ساعت کار انسانی نیاز است (جدول ۱-۵) . اما صرف انرژی تراکتور نسبت به انسان یا گاو بسیار زیادتر است زیرا برای حرکت ماشین به مصرف مقدار زیادی مواد سوختی نیاز است .

جدول ۱-۵ : مقایسه انرژی مصرفی برای شخم یک هکتار توسط نیروی انسانی ، گاو ، تراکتورهای ۶ و ۵۰ اسب بخار .

عامل شخم کننده	زمان لازم ساعت	استفاده از ماشین (کیلو کالری)	سوخت مصرفی (کیلو کالری)	نیروی انسانی مصرفی (کیلو کالری)	مصرف نیروی گاو (کیلوکالری)	مصرف کل (کیلو کالری)
نیروی انسانی	۴۰۰	۶۰۰۰	۰	۱۹۴۰۰۰	-	۲۰۰۰۰۰
گاو (جفت)	۶۵	۶۰۰۰	۰	۳۱۵۲۵	۲۶۰۰۰۰ [a]	۲۶۷۵۲۵
تراکتور ۶ اسب بخار	۲۵	۱۹۱۶۳۱	۲۳۷۵۶۲ [b]	۱۰۲۱۲۵	-	۴۴۱۳۱۸
تراکتور ۵۰اسب بخار	۴	۲۴۵۲۸۸ [e]	۳۰۶۳۰۳ [c]	۳۴۰۰	-	۵۵۳۹۹۱

a : مصرف روزانه هر گاو ۲۰۰۰۰ کیلو کالری غذا برآورد شده است .

b : مقدار مصرف بنزین ۲۳/۵ لیتر برآورد شده است .

براساس قیمت فعلی مواد سوختی ، یونجه خشک و نیروی انسانی در تمام کشورها ، معمولاً به کارگیری ماشین یا گاو برای شخم بجای نیروی انسانی اقتصادیتر است ، زیرا نیروی

انسانی بسیار پر خرج است . اگر قیمت مواد نفتی افزایش یابد استفاده از ماشین به ارزانی وضع فعلی نخواهد بود . شخم یک نمونه از کار بسیار سنگین برای انسان و تراکتور است . به منظور بررسی کارآیی نسبی نیروی انسانی و تراکتور، مقایسه ای از مصرف انرژی در کاربرد علف کشها مفید خواهد بود . یک کارگر یک مزرعه یک هکتاری را در مدت ۳ ساعت سمپاشی می کند ، و انرژی مصرفی ۳۰۰ کیلو کالری در ساعت که مجموعاً ۹۰۰ کیلو کالری برآورد می شود . اگر مقدار ۸ کیلو کالری که برای ساخت و نگهداری سمپاش دستی مصرف می شود اضافه شود انرژی مصرفی ۹۰۸ کیلو کالری می شود (جدول ۲-۵) .

جدول ۲-۵ : مقایسه انرژی مصرفی برای کاربرد علف کش در یک هکتار
به وسیله نیروی انسانی و تراکتور ۵۰ اسب بخار .

واحد سمپاشی کننده	زمان لازم ساعت	استفاده از ماشین (کیلوکالری)	مصرف سوخت مواد نفتی (کیلوکالری)	مصرف نیروی انسانی (کیلوکالری)	مصرف کل (کیلوکالری)
انسان	۳	۸[a]	۰	۹۰۰	۹۰۸
ترکتور ۵۰ اسب بخار	۰/۷	۲۱۴۶۳[b]	۳۰۳۲۷[c]	۲۱۰	۵۲۰۰۰

a : ۸ کیلو کالری نیروی ماشین در عملیات سمپاشی استفاده شده است .

b : ۲۱۴۶۳ کیلو کالری از نیروی ماشین در عملیات سمپاشی استفاده شده است .

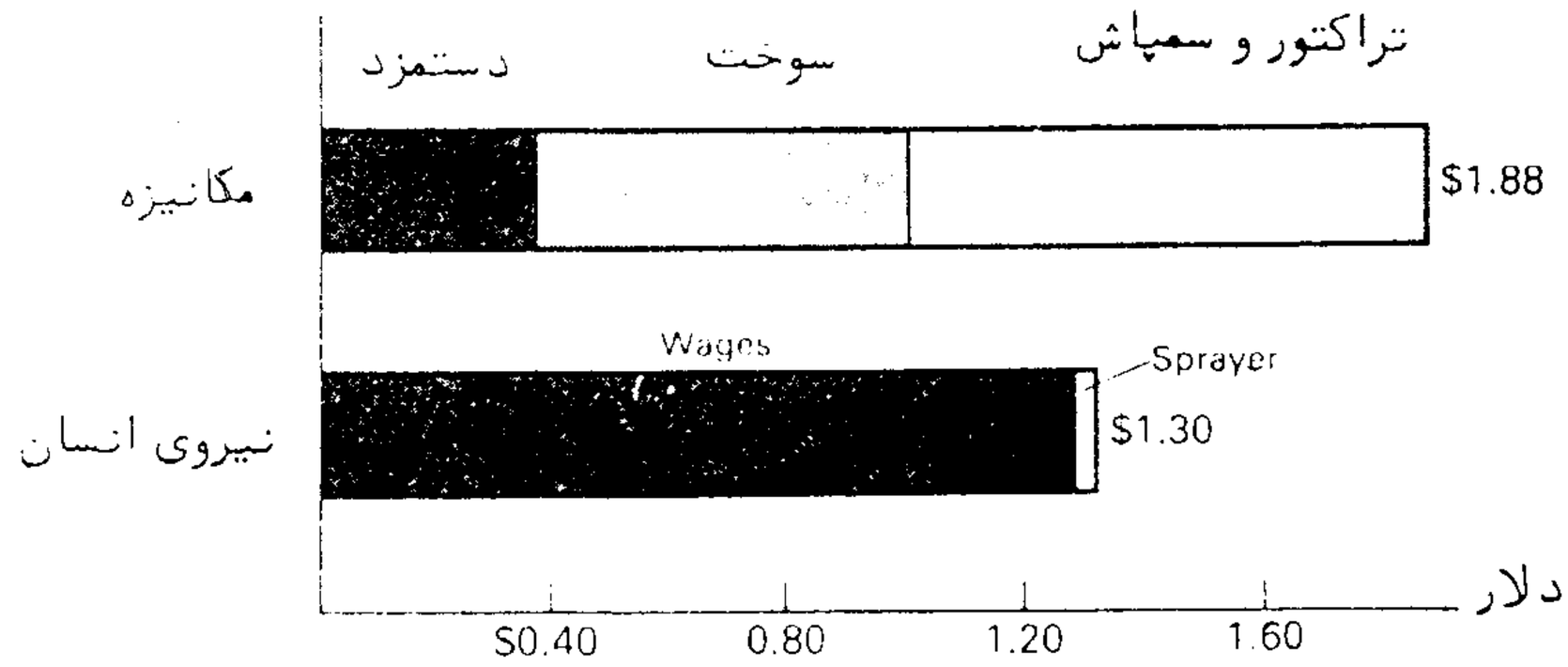
c : سه لیتر بیزین مصرف شده است .

با یک تراکتور ۵۰ اسب بخار اگر از سمپاش ماشینی استفاده شود جهت سمپاشی یک هکتار به ۰/۷ ساعت وقت احتیاج است . مقدار بنزین ۳ لیتر معادل ۳۰۳۲۷ کیلو کالری انرژی برآورد شده است . نیروی انسانی مصرفی برای ۰/۷ ساعت و یا ۲۱۰ کیلو کالری در نظر گرفته شده است و مقدار ۲۱۴۶۳ کیلو کالری انرژی برای ساخت و نگهداری تراکتور و سمپاشی مصرف می شود . لذا کل انرژی مصرفی برای سمپاشی تراکتوری ۵۲۰۰۰ کیلو کالری و یا ۵۷ بار بیشتر از مقدار انرژی مصرفی سمپاشی دستی است (جدول ۲-۵) .

واضح است که استفاده از یک تراکتور ۵۰ اسب بخاربرای این کار تلف کردن انرژی است ، و در حقیقت نیروی تراکتور برای چنین کارهایی بیش از نیروی مورد نیاز می باشد . وزن

تراکتور و سمپاش ۵ تا ۶ تن است که مقدار زیادی انرژی برای انتقال این وزن زیاد در مزرعه مورد احتیاج است .

وقتی که فقط ارزش پولی مورد ملاحظه قرارگیرد ، کار برد علف کشها به وسیله نیروی انسانی اقتصادیتر از به کار گیری تراکتور می باشد . بنابراین در یک کشور ، جایی که دستمزد کارگر در مزرعه کمتر از ۰/۵ دلار در ساعت باشد هزینه کاربرد علف کشها به وسیله دست حدوداً ۱/۳۰ دلار است ، در صورتی که به کارگیری تراکتور هزینه ای برابر ۱/۸۸ دلار در ساعت دارد (شکل ۱-۵) .



شکل ۱-۵: ارزش اقتصادی کاربرد علف کشها در یک کشور در حال توسعه .

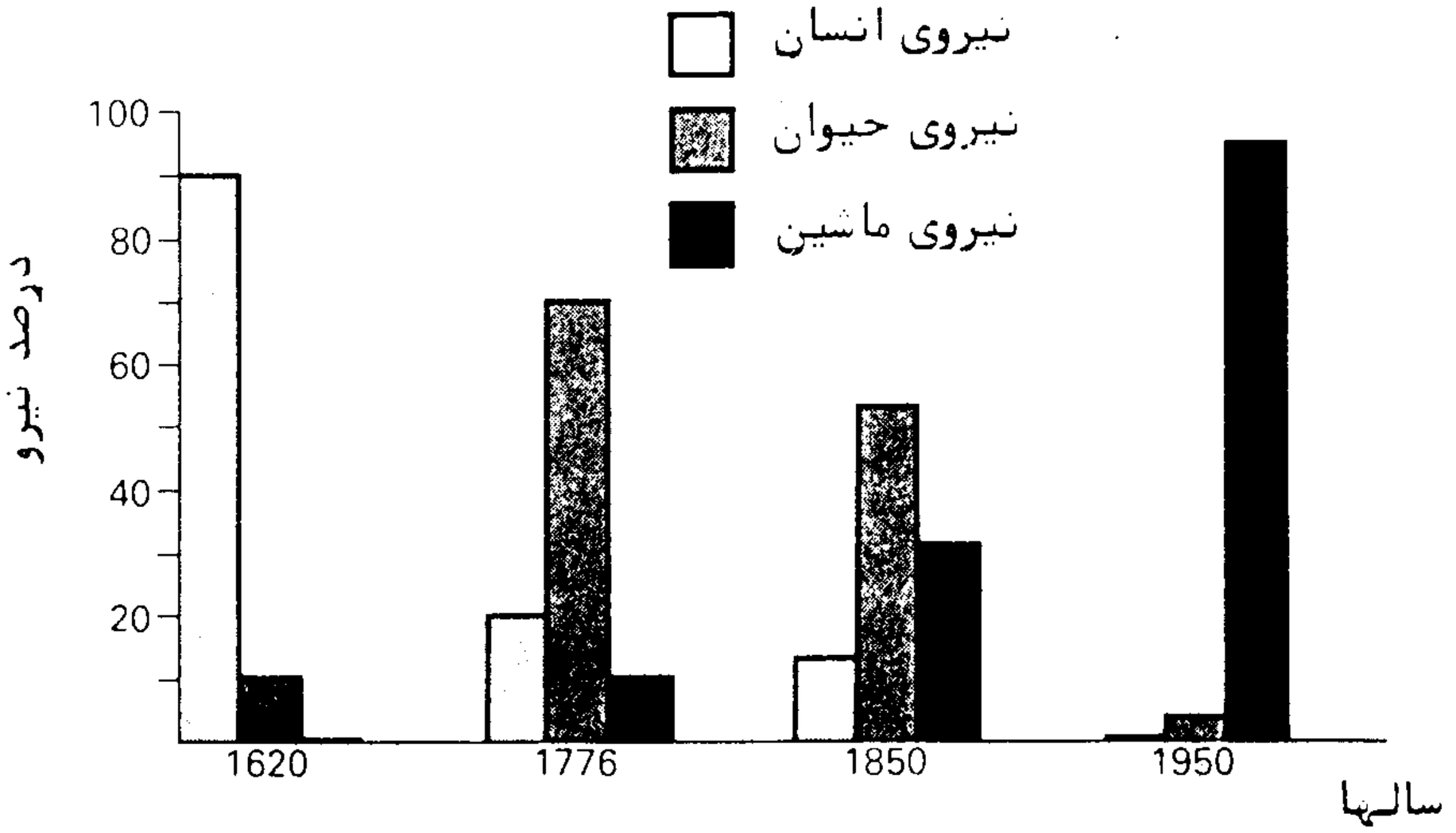
سمپاشی دستی به علت افزایش دستمزد کارگر گران تمام می شود . در این مقایسه ، در مورد نوع انرژی مصرفی چیزی گفته نشد و این یک فاکتور مهم است ، و باید در نظر گرفت . انسان به غذا احتیاج دارد و تراکتور مواد نفتی مصرف می کند در صورتی که گاو از علوفه یعنی تولیدات گیاهی که انسان نمی تواند به عنوان غذا مصرف کند ، استفاده می کند .

در بعضی مناطق ، علوفه به عنوان یک منبع مجانی انرژی محسوب می شود . علفهایی که در کنار جاده ها ، ابراهه ها و در مناطق مشابه رشد می کنند با اراضی زراعی رقابتی ندارند و می توان به مصرف گاو یا حیوانات دیگر رساند . همچنین کاه باقیمانده پس از برداشت برنج و غلات مشابه می تواند مورد استفاده قرار گیرد . بدین ترتیب هزینه نگهداری یک گاو نر برای کشاورزان خرده پا بسیار کم است . حیوانات کاری از قبیل گاومیش دارای محاسن زیادی هستند زیرا شیر و گوشت تولید می کنند و دارای قدرت خوبی نیز هستند .

مصرف پروتئین دامی در برخی کشورهای در حال توسعه چندان زیاد نیست ، ولی این

منبع دارای ارزش غذایی زیادی است . در بسیاری از کشورها تراکتور جانشین حیوانات کاری شده است برای مثال هنگامی که برای اوّلین بار در سال ۱۶۲۰ آمریکا به وجود آمد نیروی انسانی نقش اساسی داشت . اما در سال ۱۷۷۶ حدود ۷۰٪ نیروی کار از حیوانات و ۲۰٪ توسط انسان تأمین می شد (کوك ۱۹۷۶) .

در سال ۱۸۵۰ نیروی حیوانی به ۵۳٪ و نیروی انسانی به ۱۳٪ تنزل یافت (کوك ۱۹۷۶- شکل ۲-۵) . پس از گذشت ۱۰۰ سال در سال ۱۹۵۰ نیروی حیوان و انسان به ۱٪ تنزل یافت در صورتی که ماشینهایی که از سوختهای فسیلی استفاده می کنند ۹۵٪ نیروی کار را تأمین می کنند . لذا انسان با استفاده مداوم از منابع غیر قابل تجدید سوخت فسیلی تحولات عظیمی را به وجود آورد .



شکل ۲-۵ - درصد نیروی مصرفی انسان ، حیوان و ماشین در طی دوره های مختلف تاریخ آمریکا (منابع : برای سال ۱۶۲۰ تخمینی است ، ۱۷۷۶ و ۱۸۵۰ و ۱۹۵۰ از کوك ، ۱۹۷۶) .

الگوهای مصرف غذای حیوانی

تمامی شواهد راجع به الگوهای غذای بشر دلالت بر همه چیز خوار بودن او دارند البته

یک همه چیز خوار دارای یک رژیم غذایی با دامنهٔ وسیع است که ممکن است از مواد گیاهی و پروتئین آن تا مواد حیوانی و پروتئین آن در بر داشته باشد . علی رغم این که اکثریت مردم همیشه عمدتاً وابسته به مواد گیاهی برای کسب انرژی و دیگر مواد غذایی بوده اند ، در طول تاریخ حیوانات خواه شکار شده و یا تحت مراقبت انسان برای تغذیهٔ بشر ارزشمند بوده اند . حتی امروزه اغلب جوامع دنیا با انرژی سرانه ۲۱۰۰ کیلو کالری در روز زندگی می کنند و بیشتر انرژی و پروتئین خود را از غلات و حبوبات به دست می آورند (PSAC ، ۱۹۶۷) .

مثالهای متعددی در این زمینه وجود دارد و برای مثال یکی از رژیمهای غذایی منحصر به فرد در طی قرن ۱۹ در ایرلند مصرف می شده است . در این مدت ایرلندیها برای تأمین انرژی و پروتئین به مصرف سیب زمینی وابسته بوده اند . آنها روزانه ۴/۵ کیلو گرم سیب زمینی و نیم لیتر شیر مصرف می کردند (کونل ۱۹۵۰) . مصرف این دو نوع غذا ۳۸۵۲ کیلو کالری انرژی و ۶۴ گرم پروتئین در روز تأمین می کرده است ، که ۴۵ گرم پروتئین آن از مصرف سیب زمینی حاصل می شد . اگر رژیم غذایی روستائیان « گینه جدید» که توسط راپاپورت (۱۹۶۸) مطالعه شده است را در نظر بگیریم آنها عمدتاً گیاهان را به عنوان غذا مصرف می کردند (شکل ۴-۴) و در واقع ۹۹٪ از انرژی آنها از مواد گیاهی به دست می آمد .

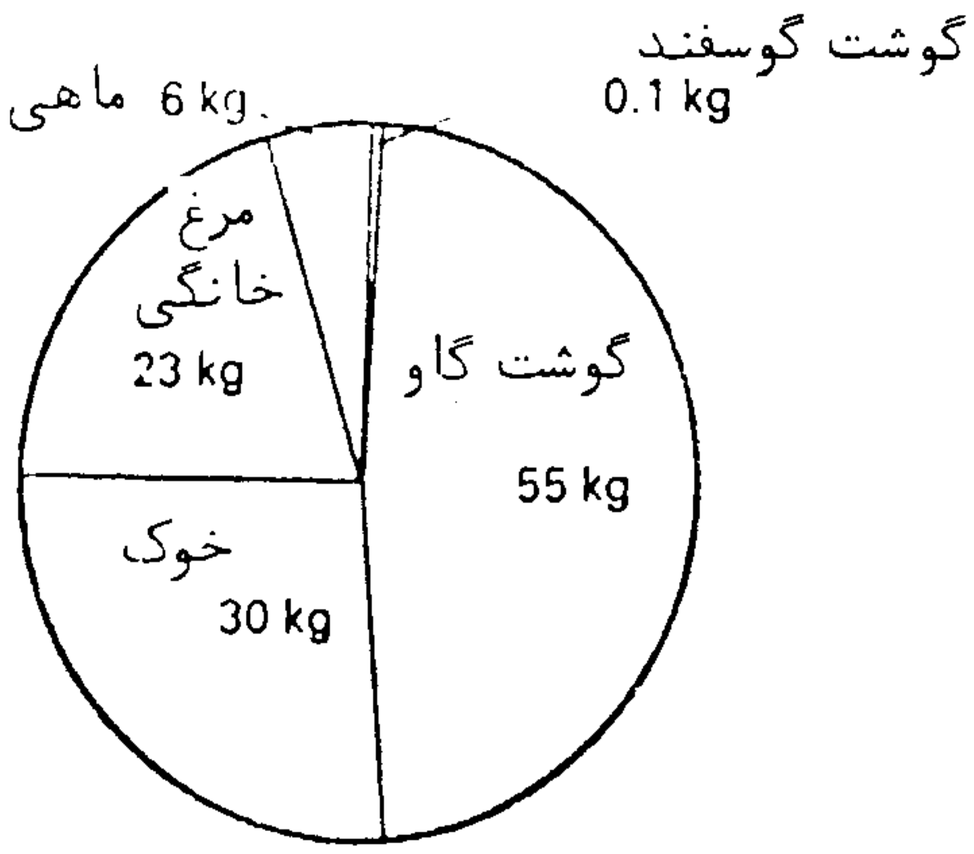
یک مثال جدید رژیم غذایی ۱۲ روستا در جنوب هندوستان است . مصرف سرانه روزانه برای هرعضوخانواده۲۱۰ تا۳۳۰ گرم برنج و گندم و۱۴۰ میلی لیترشیرو۴۰ گرم از حبوبات ودانه هاست(تاندون وهمکاران۱۹۷۲) . این رژیم غذایی حدود۱۵۰۰ کیلوکالری انرژی و ۴۸گرم پروتئین تأمین می کند، که قست عمده ای ازانرژی وپروتئین ازگیاهان کسب می شود .

در آمریکای مرکزی ، جایی که ذرت غذای اصلی محسوب می شود ، عموماً کارگران روزانه ۵۰۰ گرم ذرت مصرف می کنند . همراه ذرت ۱۰۰ گرم لوبیای سیاه نیز مصرف می کنند که مجموعاً این دو ۲۱۱۸ کیلو کالری انرژی و ۶۸ گرم پروتئین تأمین می کنند . ذرت و لوبیا برای تأمین اسید آمینه های ضروری انسان مکمل یکدیگرند . از طریق مصرف گیاهان دیگر و یا تولیدات حیوانی نیز مقداری انرژی اضافی به دست می آورند .

نمونهٔ کاملاً متفاوتی برای آمریکا وجود دارد در این کشور از ۱۰۱ گرم پروتئین مصرفی روزانه ، $\frac{۲}{۳}$ و یا ۶۹ گرم آن از منبع حیوانی تأمین می شود . خصوصاً از نظر مصرف سرانه گوشت و پروتئین حیوانی آمریکا یکی از پر مصرف ترین کشورها در جهان است و البته این الگو برای بسیاری از کشورهای صنعتی اروپا نیز صادق است (OECD ، ۱۹۷۴) . در سال

۱۹۷۵ مصرف سرانه سالیانه گوشت ۱۱۵ کیلو گرم و یا ۳۲۰ گرم در روز بوده است (ب ـ ۱۹۷۶ و الف ـ ۱۹۷۷ ، USDA) . در این کشورها گوشت گاو ، حداکثر مصرف را دارد (شکل ۲-۵) .

بعلاوه سالیانه ۲۸۵ تخم مرغ (۳۶ کیلو گرم) و ۱۳۰ کیلو گرم شیر مصرف می کنند (ب ـ ۱۹۷۶ ، USDA) .



شکل ۳-۵ : مصرف سرانه گوشت در سال برای هر فرد آمریکایی .

گرچه پستانداران و فرآورده های آنها مثل شیر و پنیر مواد حیوانی غالبی هستند که توسط انسان مصرف می شوند از انواع زیادی از مواد حیوانی مثل بعضی گونه های پرندگان و تخم آن از تخم شتر مرغ گرفته تا پرندگان کوچکی مثل گنجشک انگلیسی نیز تغذیه می کنند . پرندگان کوچک را پس از پرکندن به سیخ می کشند و همراه با استخوان آنها را کاملاً می خورند (لی کوك ۱۹۶۶) . از تخم مرغ به روشهای مختلفی به صورت خام ، پخته ، تفریخ شده و به صورت ترشی در آورده شده استفاده غذایی می شود . بعضی روشهای منحصر بفرد برای مصرف تخم مرغ عبارتند از روش چینی یا روش «قرنی» و روش فیلیپینی «بلوت» است .

تخم مرغهای قرنی با پوششی از رس در آهک نگهداری می شود و برای مدتهای طولانی در جایی مدفون می شود . همان طوریکه از اسمش بر می آید ، تخم مرغهای قرنی برای چندین سال نگهداری می شوند . پس از آن سفیده تبدیل به ماده سیاه ژلاتینی و زرده برنگ سبز تیره تا سیاه تبدیل می شود . برای تهیه بلوت غذای خوشمزه تهیه شده از تخم مرغ در فیلیپین تخمهای

اردك را به مدت حدود ۱۷ روز تفریخ می کنند .

با توجه به این که در حالت عادی پس از ۲۱ روز جوجه های طبیعی از تخمها بیرون می آیند در روز هفدهم که جوجه های نسبتاً کامل تولید شده اند تخمها را آب پز می کنند و به صورت گرم و یا پس از سرد شدن می خورند . اکثر غربیها که برای اوّلین بار این غذا را مصرف می کنند آن را جالب می یابند .

ماهیهای آبهای شیرین و شور و تخم ماهیها غذاهایی مطلوب هستند ، ماهیها به روشهای متفاوت خام ، نمک زده ، دودی ، خشک ، آب پز ، پخته ، سرخ شده و یا ترکیبی از این روشها مصرف می شوند .

بند پایان نظیر میگو ، خرچنگهای آب شیرین و خرچنگهای دریایی و موجودات نزدیک به اینها و حشرات در بعضی نقاط جهان به عنوان غذا مصرف می شوند .

در اروپا و ایالات متحده میگو ، خرچنگ آب شیرین و خرچنگ دریایی جزء پر ارزشترین و گران قیمت ترین غذاها هستند و حشرات خویشاوندان آنها غیر قابل قبول تشخیص داده شده اند . در واقع در آمریکا قوانین حکومتی در جهت استفاده از حداقل ممکن از حشرات در غذا وضع شده است (۱۹۷۴ ، FDA) .

در ایالات متحده علی رغم وجود مقررات غذایی ، حشرات کوچک علفخوار شامل شته ها ، تریپسها ، و دوبالان در غذاها وجود دارند . حشراتی که عمدتاً به عنوان غذا مصرف می شوند ، حشراتی بزرگ نظیر ملخها و ملخهای مهاجر می باشند (پی منتل و همکاران ، ۱۹۷۷) . تعدادی از مردم سوسمار ، مار ، حلزون و قورباغه ها را می خورند . در حقیقت در بعضی فرهنگها قورباغه و حلزون غذاهای با ارزشی هستند ، سوسمارها و مارها نیز خورده می شوند و به عنوان غذای خوشمزه نگهداری می گردند .

ارزش غذایی غذاهای پروتئینی

یکی از مهمترین نکات قابل توجه در ارزیابی نسبی منابع پروتئینی حیوانی و گیاهی مقدار مواد مغذی آنهاست . یک مقایسه کلی نشان می دهد که برای مثال یک فنجان لوبیای پخته خشک (۱۹۰) گرم با ۵۸ گرم از گوشت چرخ کرده و پخته گاو از نظر مقدار پروتئین و آهن و ویتامینهای مهم گروه B برابری می کند (۱۹۷۵ ، USDA) علاوه بر آن لوبیا فاقد چربی ، کلسترول و ویتامین B12 است .

اگر چه متوسط مقدار پروتئین مصرفی این غذاها معادل هم است ولی کیفیت غذایی پروتئین آنها متفاوت است . وقتی صحبت از کیفیت می شود یعنی نوع و مقدار اسید آمینه های ضروری که پروتئین را می سازند . پروتئین حیوانی حاوی هر ۸نوع اسید آمینه ضروری به مقدار مطلوب و بفرم قابل استفاده انسان برای سنتز پروتئین می باشد . بنابراین پروتئین های حیوانی از نوع پروتئین با کیفیت بالا است .

پروتئین گیاهی حاوی مقدار کمتری از اسیدهای آمینه ضروری است و نسبت به پروتئین حیوانی از کیفیت کمتری برخوردار است . بعلاوه بعضی پروتئین های گیاهی از نظر یک یا چند اسید آمینه ضروری کمبود دارند . مثلاً در غلات اسید آمینه ضروری لیزین نسبتاً کم است در صورتی که بقولات نظیر لوبیای خشک ونخودها از نظر اسید آمینه ضروری میتونین نسبتاً فقیر هستند ، امّا لیزین به مقدار فراوان دارند . خوشبختانه با ترکیب پروتئین های گیاهی به عنوان مکمل می توان کمبود اسیدهای آمینه را برطرف نمود . بنابراین در مواردی که پروتئین غلات و حبوبات با هم مصرف شوند توازن تامین اسیدهای آمینه و مخلوط پروتئین از نظر کیفیت بهتر از حالتی است که هر کدام به تنهایی مصرف شوند (ناس ۱۹۷۴ - ب) . جیره غذایی فاقد پروتئین حیوانی و یا جیره ای که بمقدار کمی از ان داشته باشد نیاز به دقت بیشتری دارد . طبق نظر جستروسان برگ (۱۹۷۴) تحت چنین محدودیتهایی باید نوع غذاهای گیاهی مصرفی متنوع باشد تا بتواند جیره ای متوازن از نظر غذایی را تأمین نماید .

بعلاوه چون ویتامین B_{12} که یک ویتامین ضروری است در غذاهای گیاهی وجود ندارد باید این ویتامین را به عنوان مکمل مصرف نمود . برای گروههای حساس مثل کودکان ، بچه های در حال رشد (نوجوانان) ، زنان حامله هنگامی که یک رژیم غذایی گیاهی به کار برده می شود اغلب به مکمل غذایی اضافی نیاز دارند . مصرف مقادیر زیاد غذاهای گیاهی برای تأمین مواد مغذی ضروری مثل کلسیم ، آهن برای بعضی از افراد این گروه مشکل است . مزیت دیگر تولیدات حیوانی بر تولیدات گیاهی به عنوان غذا برای مردان و خصوصاً بچه ها تراکم زیاد انرژی غذایی در واحد وزن آنها است . این موضوع در مقایسه ذرت شیرین با گوشت گاو قابل ملاحظه است .

از مصرف ۴۵۵ گرم ذرت شیرین ۳۷۵ کیلو کالری انرژی حاصل می شود در صورتی که همین مقدار انرژی با مصرف ۱۴۰ گرم گوشت گاو به دست می آید . بنابراین تولید انرژی گوشت گاو در واحد وزن بیشتر از ۳ برابر ذرت شیرین است .

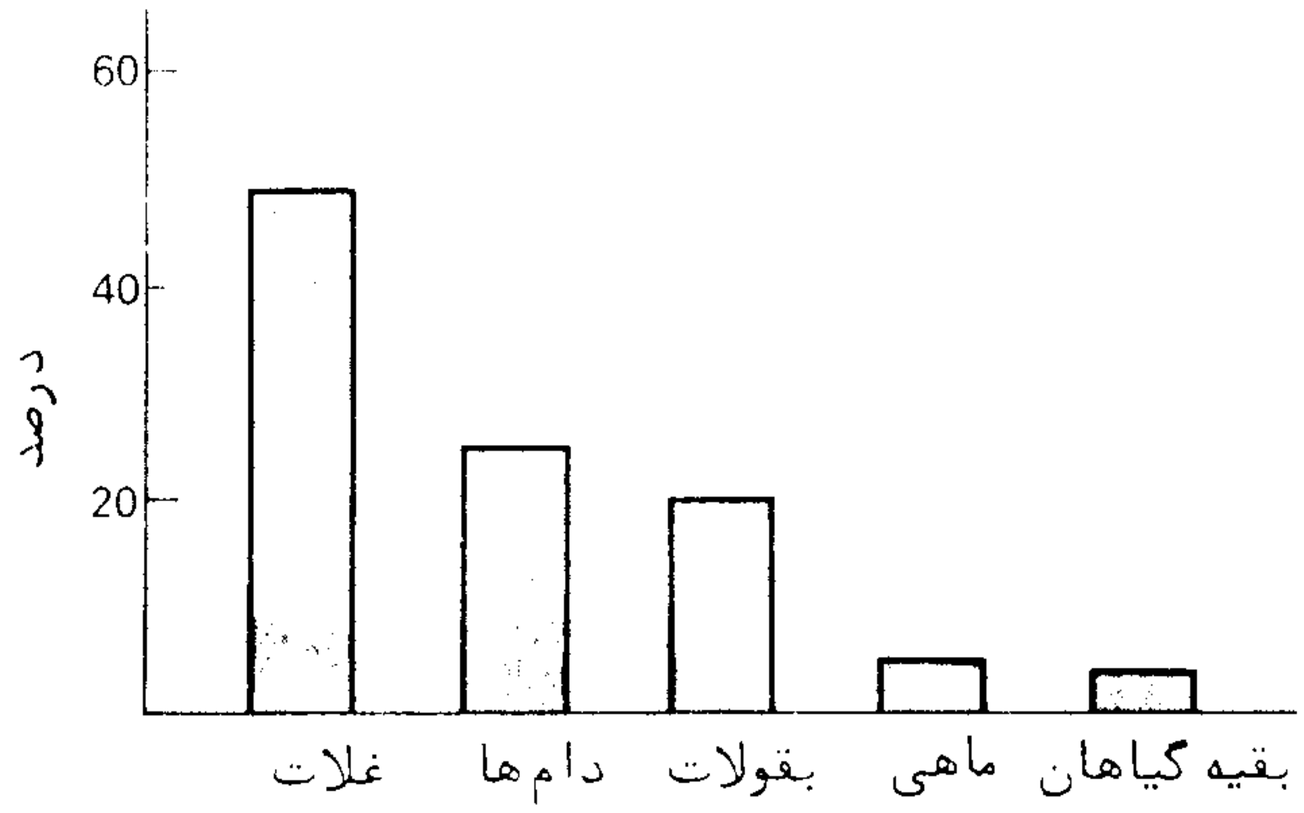
فصل ششم

مصرف انرژی در تولیدات حیوانی

سیستمهای تولید

مقدار انرژی که در سیستمهای تولیدی حیوانات مصرف می شود ، نه فقط به خود حیوان بلکه به نوع غذا نیز بستگی دارد . حیوانات از نظر کارآیی تبدیل انرژی و پروتئین گیاهی به غذاهای پروتئینی متفاوت هستند ، همچنین از نظر توانایی استفاده از غذاهای گیاهی نیز با هم اختلاف دارند .

در سطح جهانی حدود ۲۵٪ (۳۰×۱۰^{۶} تن) از پروئین مصرفی مردم جهان از منبع حیوانی است (شکل ۱-۶ و جدول ۱-۶) . طبق یک برآورد بیشتر از ۶۰٪ این پروتئین حیوانی از دامهایی حاصل می شود که از علفهای چمنی و گیاهان علوفه ای غیر قابل مصرف برای انسان تغذیه می کنند ، بقیه آن (۴۰٪) از پروتئین گیاهی و دامی تغذیه شده به دامها که برای مصرف انسان هم مناسب هستند تأمین می شود . از ۵۰×۱۰^{۶} تن پروتئین گیاهی و حیوانی مناسب برای تغذیه انسان تنها ۱۳×۱۰^{۶} تن پروتئین دامی حاصل می شود . مقصود این است که علاوه بر مصرف مقدار زیادی علوفه ، ۴ کیلو گرم پروتئین گیاهی مناسب برای تغذیه انسان به یک کیلو گرم پروتئین حیوانی تبدیل می شود . بدون شک اگر این تبدیل پروتئین گیاهی به دامی را با مصرف مستقیم پروتئین گیاهی توسط انسان مقایسه کنیم از کارآیی نسبتاً کمی برخوردار است .



شکل ۱-۶- درصد پروتئین قابل دسترس انسان در سراسر جهان

در امریکا و دیگر کشورهای پیشرفته صنعتی که مصرف پروتئین و یا مصرف پروتئین دامی زیاد است از سیستمهای فشرده دامداری برای تأمین مقادیر زیادی تولیدات حیوانی استفاده می شود .

استفاده از مقادیر زیاد غلات برای این سیستمها ضروری است . البته با وجودی که غلات به مصرف حیوانات می رسند ولی به صورت مستقیم نیز قابل استفاده انسان است . برای مثال در آمریکا سالانه ۱۳۰۰ کیلو گرم غلات (به استثنای صادرات) به ازای هر نفر تولید می شود (الف -USDA, ۱۹۷۶) که فقط ۱۱۰ کیلو گرم آن به مصرف مستقیم و ۱۱۹۰ کیلو گرم باقیمانده صرف تعلیف دامها و یا مصارف دیگر می شود به عبارت دیگر علاوه بر علوفه مصرفی از مقدار ۲۶×۱۰^{۶} تن پروتئین گیاهی و حیوانی مناسب برای تغذیه انسان که صرف تعلیف دامها می شود ۶×۱۰^{۶} تن پروتئین حیوانی تولید می شود (جدول ۱-۶) مقدار نسبتاً زیادی از این پروتئین گیاهی از غلات و بقولات می باشد . نتیجتاً به طور متوسط هر ۵ کیلو گرم پروتئین ماهی و گیاهی که به مصرف دامها می رسند فقط یک کیلو گرم پروتئین حیوانی تولید می شود (جدول ۱-۶) .

چون پروتئین گیاهی جهت تولید پروتئین حیوانی در چرخهٔ دام قرار می گیرد مخارج تولید نه تنها به انرژی و پروتئین گیاهی مصرفی دام مربوط می شود بلکه آن مقداری که توسط دامهایی که در به نژادی به کار گرفته شده اند تعلیف شده است نیز شامل می گردد . در این رابطه متعاقباً تحت عنوان تولید ات مختلف دامی بیشتر توضیح داده می شود .

جدول ۱ -۶ : تخمین پروتئین حیوانی و گیاهی تولیدی (میلیون تن) و مصرفی ، توسط انسان و دام در دنیا (پی منتل و همکاران ۱۹۷۵) .

اقلام	آمریکا	سراسر جهان		
		۱۹۷۵	۲۰۰۰	راه حل پیشنهادی برای سال ۲۰۰
کل تولید پروتئین غلات	۱۷	۹۵	۱۶۶	۱۳۴
تعلیف دامها	۱۵/۵	۳۸	۴۹	۰
مناسب مصرف انسان	۱/۵	۵۷	۱۱۷	۱۳۴
کل تولید پروتئین بقولات	۹/۳	۳۰	۵۰	۳۶
تعلیف دامها	۹	۶	۸	۰
مناسب مصرف انسان	۰/۳	۲۴	۴۲	۳۶
کل پروتئین تولیدی از دیگر گیاهان	۰/۸	۶	۱۲	۹
تعلیف دامها	۰/۱	۱	۲	۰
مناسب مصرف انسان	۰/۷	۵	۱۰	۹
کل پروتئین دامی تولیدی	۶	۳۳	۴۳	۲۵
تعلیف دامها	۰/۷	۳	۴	۰
مناسب برای مصرف انسان	۵/۳	۳۰	۳۹	۲۵
کل پروتئین تولیدی ماهی	۱	۹	۱۲	۱۲
تعلیف دامها	۰/۸	۳	۴	۰
مناسب مصرف انسان	۰/۲	۶	۸	۱۲
کل پروتئین تولیدی	۳۴/۱	۱۷۳	۲۸۳	۲۱۶
تعلیف دامها	۲۶/۱	۵۱	۶۷	۰
مناسب مصرف انسان	۸	۱۲۲	۲۱۶	۲۱۶

تولید شیر

در بین همه تولیدات پروتئینی حیوانی ، بر اساس نسبت تبدیل پروتئین گیاهی به پروتئین حیوانی ، شیر کارآمدترین تولید است (جدول ۲-۶) . در بررسی که بر روی چندین گلهٔ گاو

شیری در ایالت نیویورك انجام شد حدود ۶۰ کیلو گرم پروتئین شیر از مصرف ۱۹۰ کیلو گرم پروتئین گیاهی تولید شد که نسبت تبدیل ۳۱٪ است . از ۱۹۰ کیلو گرم پروتئین گیاهی که گاوها و گوساله های جایگزینی آنها مصرف کرده اند وصرف تولید پروتئین شیر شده است حدود نصف آن غلات قابل تغذیه انسان و ۹۰ کیلو گرم علوفه بوده است .

بر اساس انرژی ، حدود ۷×۱۰^{۶} کیلو کالری انرژی غذایی که توسط گاو شیرده مصرف شده ۲۳۶۰۰۰ کیلو کالری (۵۰ کیلو گرم) پروتئین شیر تولید شده است . به عبارت دیگر به ازای تولید هر کیلو کالری پروتئین شیر حدود ۳۰ کیلو کالری انرژی غذای دامی مصرف شده است . این نتایج مشابه نتایج دید (۱۹۷۰) است که نسبت ۲۸ به ۱ برای تولید پروتئین شیر گزارش کرده است .

گاو شیری در تبدیل پروتئین غذای دامی به پروتئین شیر کار آیی نسبتاً قابل ملاحظه ای دارد زیرا در مقایسه با حیوانات دیگر یک دورهٔ نسبتاً طولانی ۴-۵ ساله تولیددارد . مخارج تولید گوساله ماده قابل جایگزین نسبتاً کم است و معادل $\frac{۱}{۴}$ تا $\frac{۱}{۵}$ گوساله های ماده باید سالانه به عنوان جایگزین تغذیه شوند . بر عکس گاو شیری ، گاو گوشتی باید هم دام گوشتی و هم گاو ماده در تمام طول سال تغذیه شوند . در تولید شیر مقادیر زیادی انرژی به مصرف تراکتور ، کامیون ، انتقال کود و سایر ادوات می رسد . مقدار انرژی فسیلی که برای تولید غذای دام و تولیدات دامی مصرف می شود ۳۶ کیلو کالری به ازای یک کیلو کالری پروتئین شیر است . البته این مقدار از نسبت ۲۰ به ۱ که توسط لیچ (۱۹۷۶) برای تولید پروتئین شیر در انگلستان گزارش شده ، خیلی بیشتر است . بر اساس نیروی کارگر ، مقدار ۲/۶ کیلو گرم پروتئین شیر به ازای هر ساعت کار یک کارگر تولید می شود .

تولید تخم مرغ

بعد از تولید پروتئین شیر تولید تخم مرغ بیشترین کارآیی را دارد . تقریباً ۲۷٪ پروتئین گیاهی مصرف شده توسط مرغ به پروتئین تخم مرغ تبدیل می شود ، یعنی با مصرف ۶۷۰ کیلو گرم پروتئین غذای دامی ، ۱۸۰ کیلو گرم پروتئین تخم مرغ تولید می شود . البّته باید توّجه داشت اکثر پروتئین های گیاهی ، که به مصرف تغذیه مرغها می رسد ، برای تغذیه مستقیم انسان نیز مناسب هستند . حدوداً از $۱۴/۴ \times ۱۰^{۶}$ کیلو کالری انرژی غذای مصرفی توسط مرغ ۱۸۸

کیلو گرم پروتئین تخم مرغ تولید می شود (جدول ۲-۶) . بنابراین حدود ۲۰ کیلو کالری انرژی غذای دامی باید برای تولید یک کیلو کالری پرتئین تخم مرغ مصرف شود . کل انرژی فسیلی مصرفی در این سیستم $۹/۶ \times ۱۰^{۶}$ کیلو کالری است که شامل انرژی تولید غذای دامی و نگهداری دامها می شود . از نظر مصرف سوخت های فسیلی ۱۳ کیلو کالری انرژی برای تولید ۱ کیلو کالری پروتئین تخم مرغ لازم است که معادل $\frac{۱}{۳}$ انرژی لازم برای پروتئین شیر است . بنابراین مرغ دارای کارآیی خوبی برای تولید پروتئین تخم مرغ هم از نظر تبدیل مواد غذایی و هم سوختهای فسیلی می باشد ، این بدین علت است که مرغ حدود یک سال تولید دارد و برای جایگزینی مرغها فقط ۳ تا ۴ ماه قبل از تخمگذاری غذا مصرف می شود .

تولید جوجه گوشتی

اگر چه تولید پروتئین جوجه گوشتی شبیه تولید ، پروتئین تخم مرغ است ولی کارآیی کمتری دارد . فقط حدود ۱۸٪ پروتئین گیاهی مصرفی در این سیستم به پروتئین جوجه گوشتی تبدیل می شود ، یعنی از مصرف ۶۵۰ کیلو گرم پروتئین مواد غذایی ، حدود ۱۲۰ کیلو گرم پروتئین جوجهٔ گوشتی تولید می شود . بعلاوه همانند تولید تخم مرغ در این روش نیز اکثر پروتئین گیاهی مصرفی ، از غلات که برای تغذیه انسان مناسب هستند تأمین می شود .

تقریباً از مصرف ۸/۹ میلیون کیلو کالری انرژی غذای دامی حدود ۱۱۶ کیلو گرم پروتئین جوجه گوشتی تولید می شود (جدول ۲-۶) . بنابراین با مصرف ۱۹ کیلو کالری انرژی غذا ، یک کیلو کالری پروتئین جوجه گوشتی می باشد . کارآیی انرژی غذا برای تولید پروتئین جوجه گوشتی به علت فاکتورهای زیر می باشد :

۱- مرغ تعداد زیادی تخم مرغ (۲۳۱ تخم مرغ) تولید می کند .

۲- فقط ۱۰ هفته لازم است تایک جوجه گوشتی تغذیه شود وبه وزن قابل ارائه به بازار برسد .

۳- جوجه گوشتی حداکثراستفاده را از غذا می برد .

در ارزشیابی نسبت مصرف به تولید از نظر انرژیهای فسیلی نسبت ۲۲ به ۱ برای تولید جوجه گوشتی است که تقریباً دو برابر تولید تخم مرغ است اما کمتر از انرژی مصرفی برای تولید شیر است .

تولید گوشت خوک

درمقایسه با تولید شیر، گوشت خوک کمتر از $\frac{1}{2}$ کارآیی تبدیل پروتئین گیاهی به پروتئین حیوانی دارد (جدول ۲-۶) . خوک فقط۹٪ از پروتئین گیاهی مصرفی رابه پروتئین حیوانی تبدیل می کند . از مقدار ۶۹۰ کیلو گرم پروتئین گیاهی که خوکها تغذیه می کنند ، فقط ۶۵ کیلوگرم گوشت تولید می کند . اگرچه قسمت عمده پروتئین گیاهیکه خوک مصرف می کند برای انسان نیز مناسب است ولی از ضایعات و بقایای غذایی و پس مانده نیز استفاده می کند . همچنین خوک از مواد غذایی اضافی که در طول فصل رشد در باغها تولید می شود نیز می تواند تغذیه نماید . اغلب ریشه ها را خارج کرده و از سبزیجات و ریشه های گوناگون استفاده می کند وازبلوط وچندین گیاه دیگرکه برای مصرف انسان کم ارزش هستند استفاده می کند . حدود ۱۷×۱۰^{۶} کیلو کالری انرژی موجود در غذا که به وسیله خوک مصرف می شود ۶۵ کیلوگرم پروتئین تولیدمی شود واین حدود ۶۵کیلوکالری انرژی غذابرای تولید هرکیلو کالری پروتئین می باشد . این تاحدودی ازنسبت۵۱ به ۱که رید (۱۹۷۰) تخمین زدبیشتر است .

انرژی فسیلی مصرفی حدود ۳۵ کیلو کالری انرژی غذای مصرفی برای تولید هر کیلو کالری گوشت خوک می باشد . این نسبت نزدیک به متوسط انرژی لازم برای تولید پروتئین حیوانی است .

یکی ازمزایای عمده نگهداری خوک درمقایسه باگاو یا گوسفندآن است، که خوک در هربارشش تا ۱۰ خوکچه تولید می کندو این مسأله باعث کاهش تعداحیواناتی که درگله جهت تولید مثل وتأمین خوکچه های جوان به منظورتولید گوشت لازم است می گردد. نگهداری یک گله تنهابه منظورتولیدمثل(زادآوری) هزینه زیادی ازنظرتغذیه ونگهداری در بردارد.

تولید گوشت گاو با استفاده از دانه غلات و علف چمنی

برای تولید گوشت گاو با استفاده از غلات و علفهای چمنی در روشهای تعلیف دستی در مجتمعهای بزرگ گاو گوشتی ، پروتئین مورد تغذیه گله حدود ۴۲٪ علوفه و بقیه را دانه غلات تشکیل می دهد . کارآیی تبدیل پروتئین در این مجتمعها که با غلات و علفهای چمنی تعلیف می شود تنها ۶٪ است (جدول۳-۶) . از ۶۹۰ کیلو گرم پروتئین گیاهی که به مصرف گاو گوشتی می رسد حدود ۵۰ کیلو گرم پروتئین حیوانی تولید می شود .

حدود ۲۵×۱۰^{۶} کیلو کالری که به مصرف این گاوهای گوشتی می رسد فقط مقدار ۵۰ کیلو گرم پروتئین گوشت گاو تولید می شود این رقم به ۱۲۲ کیلو کالری غذای دامی برای تولید هر کیلو کالری پروتئین گوشت می رسد که با نسبت ۱۲۳ به ۱ که توسط رید (۱۹۷۰) گزارش شده کاملاً مطابقت دارد .

انرژی فسیلی مصرفی برای تولید گوشت گاو حدود ۷۸ کیلو کالری به ازای تولید هر کیلو کالری پروتئین گوشت گاو برآورد شده است . این برآورد از نسبت ۴۵ به ۱ که برای تولید پروتئین گوشت گاو در انگلستان محاسبه شده است بیشتر می باشد (لیچ ، ۱۹۷۶) . تولید پروتئین از گوشت گاو چون متضمن صرف هزینه مداوم برای نگهداری دامهای بارور می باشد از نظر مصرف انرژی گران تمام می شود و اصولاً میزان تولید مثل (زاد آوری) گاو کم است . برای هر گاو گوشتی که جهت پروار شدن به اصطبلهای تغذیه دستی فرستاده می شود حدود ۱/۳ گاو اضافی باید سالانه تغذیه و نگهداری شود . اگر چه دامهای بارور بیشتر از علوفه تغذیه می شوند ، ولی مصرف انرژی در این روش نسبتاً بالا است . بعلاوه زادآوری گاو گوشتی به طور متوسط حدود ۰/۸ گوساله در یک ماده گاو در سال است . اگر هر گاو گوشتی بتواند در سال به طور متوسط دو بار زایمان کند این یک موفقیت بزرگ محسوب می شود .

گاوهای گوشتی نیز مانند گاوهای شیری قادرند از علوفه تغذیه نمایند ، بنابراین تولید گوشت گاو از طریق چرا در مراتع و علفهای دیگر نیز مقدور می باشد . گوشت تولید شده تا حدودی سفت تر و چربی کمتری دارد . اما اکثراً طعم گوشت تولیدی از علف در واقع بیشتر از گوشت تولید شده با تعلیف دستی غلات است . البته در مواردی که دامها از علوفه چراگاه استفاده می کنند زمان بیشتری در مقایسه با تعلیف دستی نیاز دارند تا فربه شوند و به وزن مطلوب جهت ارائه به بازار برسند .

تولید گوشت گاو از مراتع

همان طورکه ذکرشد از مزایای تولید گوشت گاو برای تولید پروتئین امکان تغذیه از علفهای چمنی و بوته هاست که برای مصرف انسان نامطلوب می باشد . یک مثال مناسب مراتع بسیار خوب تگزاس است که ۲/۲ کیلوگرم پروتئین گوشت گاودرهکتار تولید می کند که در مقایسه با ۵۰ کیلو گرم پروتئین گوشت درروش تغذیه دستی می باشد (جدول ۲-۶) . تحت شرایط عادی متوسط تولیدمحصول کمترازحدود ۰/۲ تا ۰/۵ کیلوگرم درهکتاردرسال است .

جدول ۲-۶ : تجزیه و تحلیل تولید پروتئین گیاهی در هکتار برای محصولات مختلف در آمریکا و بعضی کشورهای دیگر که به مقادیر متفاوت دستمزد و انرژی نیاز دارند (پی منتل وهمکاران ، ۱۹۷۵)* .

محصول	تولید پروتئین محصول (کیلوگرم)	تولید محصول (کیلوگرم)	تولید انرژی غذایی محصول (10^6 کیلوکالری)	مصرف انرژی فسیلی برای تولید محصول (10^6 کیلوکالری)	کارگر (ساعت کارانسان)	کیلوکالری انرژی فسیلی مصرفی / کیلوکالری پروتئین تولیدی
یونجه[a]	۷۱۰	۶۴۵۱ (وزن خشک)	۱۱/۴	۲/۶۹۴	۹	۰/۹۵
سویا[b]	۶۴۰	۱۸۸۲	۷/۹	۵/۲۸۵	۱۵	۲/۰۶
کلم دکمه ای[a]	۶۰۴	۱۲۳۲۰	۵/۹	۸/۳۹۲	۶۰	۳/۵۱
سیب زمینی[a]	۵۲۴	۲۶۲۰۸	۲۰/۲	۸/۹۰۷	۶۰	۴/۲۵
ذرت[a]	۴۵۷	۵۰۸۰	۱۷/۹	۶/۶۴۴	۲۲	۳/۶۳
ذرت سیلوئی[a]	۳۹۳	۳۰۲۰۰	۲۴/۱	۵/۴۹۳	۲۵	۳/۴۹
برنج[a]	۳۸۸	۵۷۶۹	۲۱	۱۵/۵۳۶	۳۰	۱۰/۰۱
لوبیا خشک[a]	۳۲۵	۱۴۵۷	۵	۴/۴۷۸	۱۵	۳/۴۴
جود وسر[a]	۲۷۶	۱۹۰۰	۷/۴	۲/۹۷۸	۶	۲/۷۰
گندم[a]	۲۷۴	۲۲۸۴	۷/۵	۳/۷۷۰	۷	۳/۴۴
علوفه خشک[a]	۲۰۰	۵۰۰۰ (وزن خشک)	۸/۶	۳/۱۱۵	۱۶	۳/۸۹
ذرت (مکزیک)[c]	۱۷۵	۱۹۴۴	۶/۸	۰/۰۵۳	۱۱۴۴	۰/۰۸
برنج (فیلیپین)[c]	۱۱۱	۱۶۵۴	۶	۰/۵۸۲	۵۷۶	۱/۳۱
گندم (هندوستان)[c]	۹۹	۸۲۱	۲/۷	۰/۰۷۹	۶۱۵	۰/۶۵
سورگم (سودان)[c]	۹۹	۹۰۰	۳	۰/۰۷۹	۲۴۰	۰/۲۰
کازاوا (تانگا)[c]	۵۸	۵۸۲۴ (وزن خشک)	۱۹/۲	۰/۰۱۶	۱۲۸۴	۰/۰۷

a) داده ها از پی منتل ، ۱۹۷۶ – b) داده ها از پی منتل ، ۱۹۷۶ . مصرف انرژی شامل ۱/۱ میلیون کیلو کالری که برای آماده سازی لوبیا (بقولات) جهت مصرف دامها به کار برده می شود نیز می شود . c) داده ها از پی منتل و همکاران ۱۹۷۴ .

* مقادیر بعضی از تولیدات و انرژی مصرفی ممکن است با مقادیر تولید و انرژی موجود در فصلهای ۷ و ۸ متفاوت باشد . مقادیر این جدول برای آمریکا معتبر است .

جدول ۳-۶ : تولید پروتئین حیوانی کیلو گرم در هکتار در آمریکا (بجز برای اقلام آخر جدول) با مصرف مواد غذائی مختلف ، دستمزدکارگرو انرژی (پی منتل و همکاران ۱۹۷۵) .

تولیدات دامی	محصول پروتئین دامی (کیلو گرم)	مصرف پروتئین علوفه (کیلو گرم)	مصرف انرژی پروتئین (10^3 کیلو کالری)	مصرف انرژی فسیلی (10^3 کیلو کالری) برای تولید: علوفه	دام	علوفه و دام	ساعات کار انسان	نسبت کیلو کالری: مصرف علوفه به تولید پروتئین	مصرف انرژی فسیلی به تولید پروتئین
شیر	۵۹	۱۸۸	۶۹۶۳	۲۳۸۲	۶۱۷۹	۸۵۶۱	۲۳	۳۰	۳۵/۹
تخم مرغ	۱۸۲	۶۷۲	۱۴۴۰۶	۶۰۷۰	۳۴۹۰	۹۵۶۰	۱۷۴	۲۰	۱۳/۱
جوجه گوشتی	۱۱۶	۶۵۱	۸۸۸۶	۶۴۴۶	۳۷۸۷	۱۰۲۳۳	۳۸	۱۹	۲۲/۱
گربه ماهی	۵۱	۴۸۴	۵۰۰۷	۲۱۸۰	۴۸۸۸	۷۰۶۸	۵۵	۲۵	۳۴/۶
خوک	۶۵	۶۸۹	۱۷۰۲۱	۶۷۷۴	۲۴۳۸	۹۲۱۲	۲۸	۶۵	۳۵/۴
گوشت گاو (تعلیف دستی)	۵۱	۷۸۶	۲۴۶۵۲	۷۱۲۹	۸۷۱۶	۱۵۸۴۵	۳۱	۱۲۲	۷۷/۷
گوشت گاو (چرای در مرتع)	۲/۲	۲۳	۱۴۲۰	۰	۸۹	۸۹	۱	۱۶۴	۱۰/۱
گوسفند (چرای در مرتع)	۰/۱۷	۳	۱۲۸	۲	۹	۱۱	۰/۲	۱۸۸	۱۱/۲
شیر ، خون و گاوهای کوهاندار (چرای در مرتع)	۰/۷۶	۱	۴۰	۰	۰	۰	۳۴	۱۵۹	-

در تگزاس حدود $۱/۴ \times ۱۰^{۶}$ کیلو کالری انرژی غذای دامی برای تولید ۲/۲ کیلو گرم پروتئین گوشت گاو مصرف می شود و در نتیجه ۱۶۴ کیلو انرژی غذای دامی برای تولید هر کیلو کالری پروتئین مصرف می شود . با وجودی که این مورد برای یک مرتع بسیار خوب است امّا انرژی بسیار زیادی (۱ : ۱۶۴) نسبت به شرای تغذیه دستی (۱ : ۱۲۲) مورد احتیاج است زیرا گاوها برای به دست آوردن علوفه باید در مرتع حرکت و غذای خود را از محدوده وسیعی برداشت نمایند .

در تغذیه دستی غذا جهت مصرف دامها آورده می شود ، تفاوتهای دیگری نیز از نظر تهیه انواع غذای دامی وجود دارد که در تغذیه دستی از غلات و در چراگاه از علوفه استفاده می شود . مزّیت بزرك مراتع نسبت به تغذیه دستی آن است که انرژی فسیلی مصرفی اساساً کم یا فقط حدود ۱۰ کیلو کالری برای تولید یک کیلو کالری پروتئین گوشت گاو در مقایسه با ۷۸ کیلو کالری انرژی فسیلی مصرفی در سیستم تغذیه دستی می باشد . انرژی فسیلی عمدتاً جهت وانت هایی که در چراگاه برای مواظبت از دامها در حرکت است مصرف می شود .

گوسفند داری

گوسفند نیز مانند گاو می تواند در چراگاه نگهداری شده و برای چرای گوسفند سطح وسیعی مورد نیاز است . گوسفند داری در یوتا این موضوع را نشان می دهد . در یوتا سالانه ۰/۱۷ کیلو گرم پروتئین گوسفند در هر هکتار با مصرف انرژی غذایی معادل ۱۲۸۰۰۰ کیلو کالری تولید می شود (جدول ۲-۶) . به عبارتی ۱۸۸ کیلو کالری انرژی مواد غذایی برای تولیدهرکیلو کالری پروتئین بره مصرف می شود . اگر ارزش پشم تولید شده هم در تجزیه و تحلیل دخالت داده شود این نسبت کاهش می یابد .

مقدار انرژی فسیلی برای تولید پروتئین گوسفند کم و حدود ۱۶ کیلو کالری برای تولید هر کیلو کالری پروتئین می باشد . همان طور که در تولید گوشت گاو ملاحظه شد ، انرژی فسیلی عمدتاً برای سوخت گیری وانتهاکه در کارهای گله داری استفاده می شود ، مصرف می گردد . گوسفند داری دارای برخی مزایا برگاوداری است زیرا گوسفند به طور متوسط دو قلوزایی دارد ولی گاو معمولاً کمتر از یک گوساله در سال تولید می کند . یک گوسفند بخوبی ۵ تا ۶ بره تولید می کند (تی . ژ . راید ۱۹۷۷ مکاتبات شخصی) . اگر خصوصیت دو قلوزایی به گوسفندهای تجارتی انتقال داده شود ، کارآیی تولید پروتئین بره افزایش می یابد ، زیرا تعداد

دام مورد نیاز در گله جهت تولید مثل کاهش می یابد . باید توّجه داشت که نگهداری تعداد زیادی دام جهت زادآوری مستلزم صرف انرژی بالایی می باشد .

ارزشیابی روشهای دامداری

به علت تفاوت بین انواع غذاهای گیاهی که به وسیله دامها مصرف می شوند و قابلیت دسترسی سوختهای فسیلی ، زمین و کارگر ، مشکل است بتوان یک طبقه بندی ساده را بین سیستمهای مختلف تولید محصولات دامی ارائه نمود .

مثلاً اگر در تولید تخم مرغ و جوجه گوشتی فقط زمین و انرژی در نظر گرفته شود از کارآمدترین سیستمها بحساب می آیند . باید توّجه داشت که تولیدجوجه گوشتی از نظر نیروی کارگری نیز کارآیی زیادی دارد .

اگر فقط علوفه در دسترس باشد تولید تخم مرغ ، جوجه گوشتی و خوك حذف می شوند و فقط تولید شیر ، گوشت گاو و گوسفند سیستمهای مناسب خواهند بود . از بین این سه محصول ، تولید شیر بیشترین کارآیی تبدیل را دارد ، زیرا ضمن مصرف علوفه مقدار نسبتاً کمی انرژی ، زمین ، کارگر برای تولید این محصول نیاز می باشد .

برای مقایسه روشهای تولید گوشت گاو باید فاکتورهای متعددی را مد نظر گرفت تا بتوان سیستم تولید گوشت بر مبنای تغذیه با علفهای چمنی و غلات را با سیستم تولید بر مبنای علفهای چمنی مقایسه نمود . مثلاً گاو گوشتی با تغذیه دستی به سرعت فربه می شود . بنابراین نسبت به روش تغذیه در مراتع زودتر فروخته می شود و تغذیه کوتاه مدت هزینه را کاهش می دهد . گوشت گاوهایی که با غذای دستی پرورش یافته اند به وسیله مصرف کنندگان ترجیح داده می شود ، زیرا از کیفیت بهتری برخوردار است ودر مقایسه با گوشت تولیدی در مراتع تردتر است . در مقابل این مزایا باید قیمتها و قابلیت دسترسی به غلات را در این مورد در نظر گرفت . اگر قیمتها به اندازه کافی افزایش یابد ، تعلیف گاوهای گوشتی با علفهای چمنی با صرفه تر خواهد بود . متأسفانه مقدار قابل ملاحظه ای انرژی ، زمین و کارگر برای تولید گوشت گاو در مراتع باید مصرف شود (پی منتل وهمکاران ۱۹۷۸ - ب) .

در حالی که افزایش زمین و کارگر امری عادی است ولی صرف انرژی بیشتر ممکن است تعجب آور باشد . انرژی باید بفرم کود و علف کش مصرف شود تا بتوان زمینهای کم بازده را برای تولید علوفه اختصاص داد .

لذا دورنمای پروتئین حیوانی پیچیده به نظر می رسد و پیش بینی آن ساده نیست . باید گفت انرژی فسیلی ، موجودیت زمین و قیمت غلات عوامل تعیین کننده دامنه و نوع سیستمهای تولید خواهند بود . ممکن است لازم باشد درجه ترجیح مصرف کنندگان ، خصوصاً در کشورهائی که غذاهای با پروتئین حیوانی زیاد طرفدار زیادی دارد کمتر مورد توّجه قرار گیرد ، زیرا با افزایش جمعیّت جهان تولیدات دامی ممکن است کاهش یابد و یا در آن تغییراتی داده شود .

فصل هفتم

استفاده از انرژی در تولید غلات و بقولات

گیاهانی که در سطح جهان کشت می شوند ، از نظر تأمین کالری و پروتئین از منابع فوق العا ده مهم بشمار می روند . در حقیقت مواد غذایی گیاهی بیش از ۷۰ درصد پروتئین مصرفی انسان را تأمین می کند (پی منتل و همکاران ۱۹۷۵) . حدود نیمی ازپروتئین مصرفی انسان از طریق غلات تأمین می شود (وکز ۱۹۶۸ ، روبرتز ۱۹۷۶) حال آن که بقولات حدود ۲۰٪ آن را فراهم می کند (پی منتل وهمکاران ۱۹۷۵ ، روبرتز ۱۹۷۶) .

باید توجّه داشت که دامها نیز از گیاهان تغذیه می کنند و بعد خود به مصرف تغذیه انسان می رسند . اگر چه بعضی از گیاهان از جمله انواع علوفه به مصرف انسان نمی رسند امّا غلات و بقولات از این نظر حائز اهمیت هستند . لذا توجّه به این نکته جالب است که در ایالات متحده حدود ۵۰ میلیون تن از پروتئین گیاهی مناسب برای مصرف انسان ، صرف تغذیه دامها می شود و بعلاوه ۸۷ درصد آن از بقولات و غلاتی که جنبه غذائی دارند تشکیل می شود (پی منتل ۱۹۷۵) .

تقریباً تمامی یا ۹۰ درصد انرژی پروتئین گیاهی که صرف تغذیهٔ انسان می شود توسط ۱۵ محصول زراعی مهم و اساسی تأمین می گردد (ترستون ۱۹۶۹ ، منگلز دورف ۱۹۶۶ ، هارا ۱۹۶۱) . این محصولات عبارتند از : برنج ، گندم ، ذرت ، سورگوم ، ارزن ، چاودار ، جو ، کاساوا ،سیب زمینی شیرین ، سیب زمینی ، نارگیل ، موز ، لوبیا معمولی ، سویا و بادام زمینی .

از میان همه این محصولات غلات دانه ای به دلائل مختلفی غذای اصلی انسان را

تشکیل داده است . غلات می توانند در طیف وسیعی از شرائط محیطی از جمله خاك ، رطوبت و دما رشد نمایند . این گیاهان به ازای هر واحد از سطح زمین مقدار زیادی عناصر غذائی را جذب می کنند . بعلاوه غلات در موقع برداشت در مقایسه با محصولاتی چون سیب زمینی و دیگر سبزیجات که دارای ۸۰ درصد آب می باشند ، دارای رطوبت نسبتاً پائینی (۲۰-۱۳ درصد) می باشد و به همین دلیل به سهولت قابل حمل می باشند . پائین بودن میزان رطوبت سبب می شود که غلات دانه ای با حداقل امکانات بسهولت برای مدتی طولانی انبار شود . بالاخره اکثر غلات در دورهٔ رشد کمتر مورد حمله آفات قرار می گیرند .

اوّلین مشکل پروتئین غلات دانه ای این است که لیزین که یک اسید آمینه ضروری است به مقدار کمی در آن وجود دارد (آلتزشول ۱۹۵۸۹ ، برتون ۱۹۶۵ ، PSAC ۱۹۶۷) . موضوع دیگر این است که غلات دانه ای خشک به طور متوسط حدو د ۹ درصد و حبوبا ت خشک بطور متوسط ۲۰ درصد پروتئین دارند . اکثر بقولات مقدار کمی متیونین دارند که یک اسید آمینه ضروری است امّا لیزین آنها در حد زیادی است (۱۹۶۷ ، PSAC) . بنابراین انسان می تواند با خوردن غلات و حبوبات توأماً روزانه به مقدار لازم اسیدهای آمینهٔ ضروری خود را تأمین کند . در حقیقت در مناطقی از دنیا که گیاهان رقم عمده غذای انسان را تشکیل می داده اند برای مدتی طولانی غلات و حبوبا ت غذای اصلی مردم بوده است .

مصرف انرژی در تولید غلات

ذرت

ذرت با تولیدی در حدود ۳۳۴ میلیون تن در سال یکی از غلات عمده دنیا است (FAO، ۱۹۷۷) . در شرایط مناسب آب و هوائی ذرت یکی از پر تولیدترین ، محصولات زراعی در واحد سطح است . به همین دلیل در این جا انرژی مصرفی و تولیدی ذرت با استفاده از نیروی انسانی ، نیروی حیوان و با وسائل مکانیزه مقایسه خواهند شد .

نیروی انسانی

در مکزیک تولید ذرت با استفاده از نیروی انسان و در روشی که جنگلها قطع و سوزانده می شود ، تنها به یک نفر نیروی کارگری با یک تبر و فوکا نیاز دارد . مجموع انرژی مصرفی

برای نیروی انسانی برابر با ۴۱۲۰ کیلو کالری در روز است (شکل ۱-۷)

جدول ۱-۷: انرژی مصرفی در تولید ذرت توسط نیروی انسانی در مکزیک

	مقدار در هکتار		کیلو کالری در هکتار
انرژی مصرفی			
کارگر	۱۱۴۴[a]	ساعت	۵۸۹۱۶۰[c]
فوکاوتبر	۱۶۵۷۰[b]	کیلو کالری	۱۶۵۷۰
بذر	۱۰/۴[b]	کیلو گرم	۳۶۶۰۸
جمع			۶۴۲۳۳۸
انرژی تولیدی			
عملکرد ذرت	۱۹۴۴[a]	کیلو گرم	۶۹۰۱۲۰۰
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی			۱۰/۷۴
عملکرد پروتئین	۱۷۵	کیلو گرم	

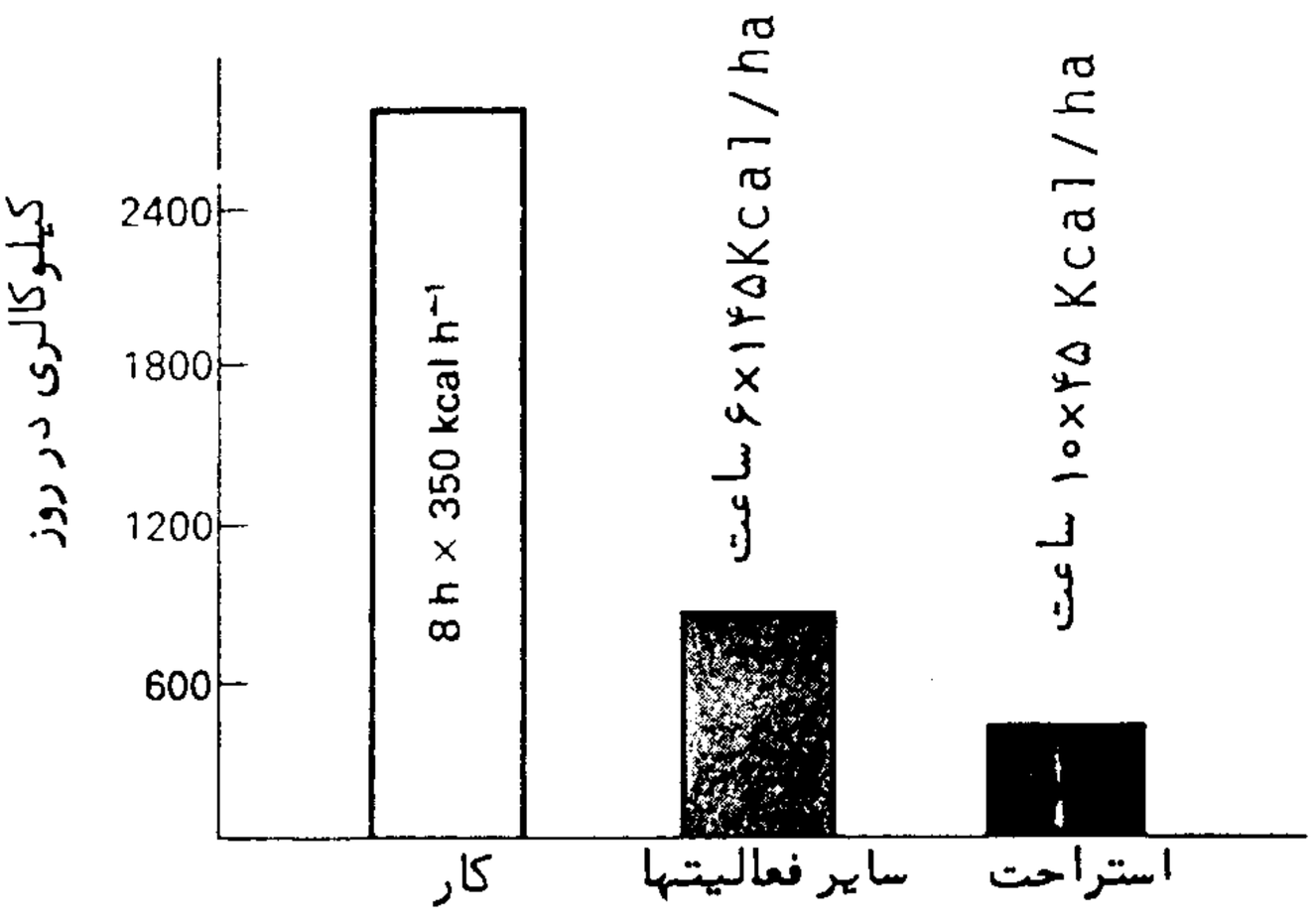
(a) لویس ، ب ـ ۱۹۵۱ (b) تخمینی است

(c) متن ملاحظه شود .

برای تولید ذرت به حدود ۱۱۴۴ ساعت کار (۴۳ روز) نیاز است لذا کل انرژی نیروی انسانی مصرف شده برابر با ۵۸۹۱۶۰ کیلو کالری در هکتار است . اگر انرژی را که صرف ساختن فوکا و تبر می شود و انرژی لازم برای تولید بذر را به آن اضافه کنیم مجموع انرژی مصرفی مورد نیاز برای تولید ذرت توسط نیروی انسانی برابر با ۶۴۲۳۳۸ کیلو کالری در هکتار می شود و اگرعملکرد ذرت ۱۹۴۰ کیلو گرم یا $۶/۹ \times ۱۰^{۶}$ کیلو کالری در هکتار باشد نسبت انرژی تولیدی به مصرفی در حدود ۱۱ به ۱ خواهد شد (شکل ۱-۷) .

در این سیستم انرژی فسیلی فقط ، صرف ساختن فوکا و تبر می شود . بر اساس ۱۶۵۷۰ کیلو کالری انرژی فسیلی مصرفی نسبت انرژی تولیدی به مصرفی برابر با تولید حدود ۴۲۲ کیلو کالری ذرت به ازای یک کیلو کالری سوخت فسیلی مصرفی است . تولید ذرت توسط نیروی انسانی در گواتمالا حدود ۱۴۲۰ ساعت در هکتار نیاز دارد که قریب ۳۰۰ ساعت بیشتر از مکزیک می باشد (جدول ۲-۷) . از آن جایی که عملکرد ذرت حدود ۱۰۷۰ کیلو گرم

در هکتار است ، یعنی تقریباً نصف آنچه که در مکزیک تولید می شود ، نسبت انرژی تولیدی به مصرفی که برابر ۵ به ۱ می باشد کارآیی کمتری درمقایسه با مکزیک دارد (جدول ۱-۷)



شکل ۱-۷ - کل انرژی مصرفی که توسط یک انسان بالغ در فعالیتهای زراعی با نیروی انسانی یا توأم با نیروی حیوانی صرف می شود حدود ۴۱۲۰ کیلو کالری در روز است .

جدول ۲-۷ : انرژی مصرفی در تولید ذرت توسط نیروی انسانی در گواتمالا

	مقدار در هکتار		کیلو کالری در هکتار
انرژی مصرفی : کارگر	۱۴۱۵[a]	ساعت	۷۲۸۷۲۵[c]
فوکا و تبر	۱۶۵۷۰[b]	کیلو کالری	۱۶۵۷۰ کیلو کالری
بذر	۱۷/۴	بذر	۳۶۶۰۸
جمع			۷۸۱۹۰۳
انرژی تولیدی : عملکرد ذرت	۱۰۶۶	کیلو گرم	۳۷۸۴۳۰۰
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی			۴/۸۴
عملکرد پروتئین	۹۶	کیلو گرم	

(a) استاد لمن ، ۱۹۴۰ (b) تخمینی است

(c) به متن مراجعه شود

تولید ذرت در نیجریه تنها به ۶۲۰ ساعت کار انسان در هرهکتار و یا حدود نصف مقدارنیروی کارگری لازم در مکزیک و گواتمالا نیاز دارد . گرچه مقدار کمی کود در نیجریه

استفاده می شود اما عملکرد ذرت در حدود ۱۰۰۰ کیلو گرم در هکتار می باشد . این مقدار از آنچه که در مکزیک و گواتمالا تولید می شود کمتر است . البته نسبت انرژی تولیدی به مصرفی ۶ به ۱ است زیرا ساعات کار نیروی انسانی کمتر است (جدول ۳-۷) .

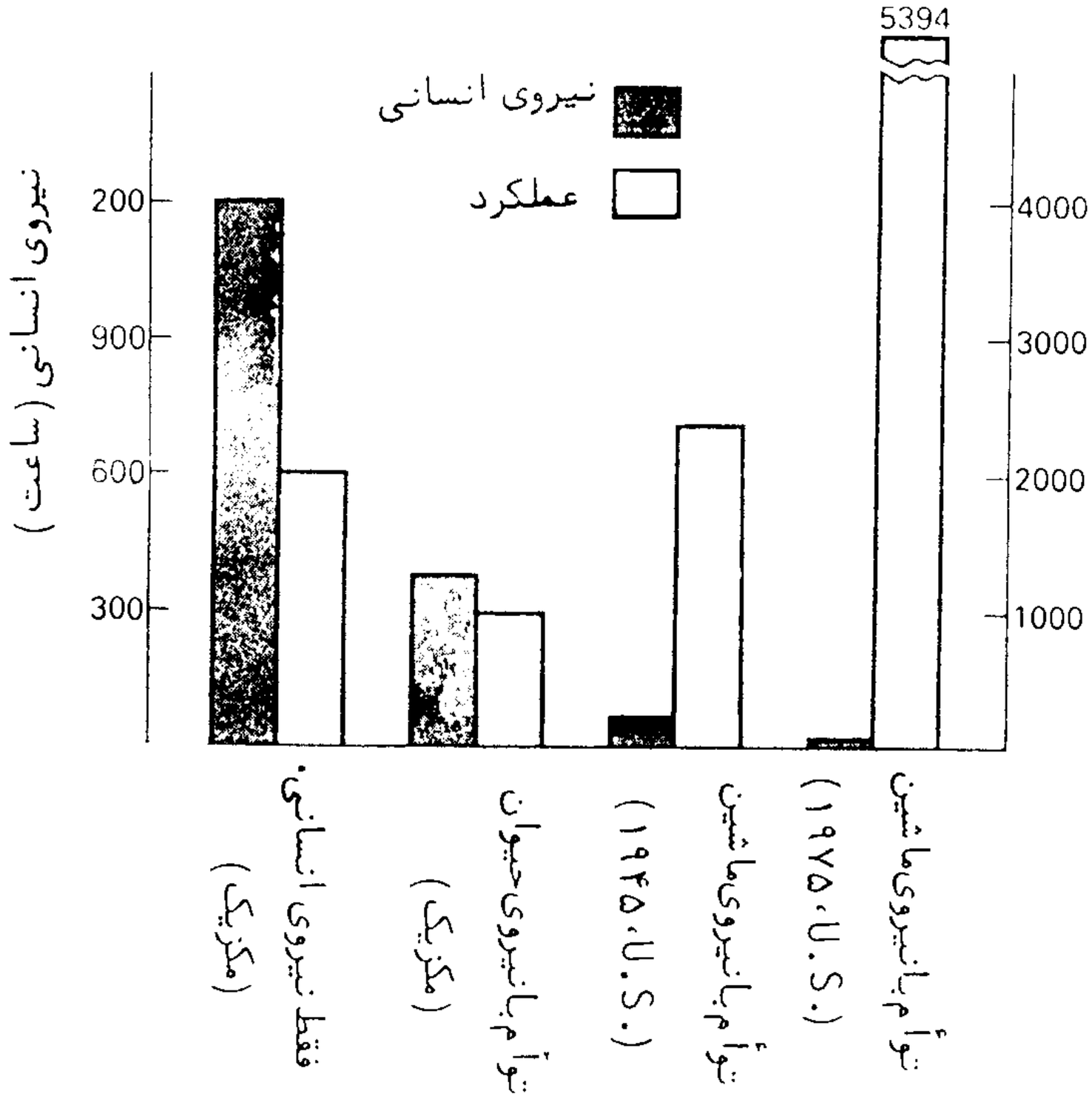
جدول ۳-۷ : انرژی مصرفی در تولید ذرت توسط نیروی انسانی در نیجریه

		مقدار در هکتار		کیلو کالری در هکتار
انرژی ورودی :	کارگر	۶۲۰[a]	ساعت	۳۱۹۳۰۰[c]
	فوکا و تبر	۱۶۵۷۰[b]	کیلو کالری	۱۶۵۷۰
	ازت	۱۱[a]	کیلو گرم	۱۶۷۰۰[d]
	فسفر	۴[a]	کیلو گرم	۱۲۰۰۰[d]
	پتاسیم	۶[a]	کیلو گرم	۹۶۰۰[d]
	بذر	۱۰/۴[b]	کیلو گرم	۳۶۶۰۸
	جمع			۵۵۵۷۷۸
انرژی تولیدی :				
	عملکرد ذرت	۱۰۰۴	کیلو گرم	۳۵۶۴۲۰۰
	نسبت انرژی تولیدی به مصرفی			۶/۴۱
	عملکرد پروتئین	۹۰	کیلو گرم	

(a) اکین و می ۱۹۷۱ (b) تخمینی است

(c) به متن مراجعه شود (d) به ضمیمه A مرجعه شود .

اگر چه عملکرد ذرت که با دست تولید می شود بسیار کمتر از عملکر آن با وسایل مکانیزه در ایالات متحده است ولی دلیل آن استفاده از نیروی انسانی و یا نیروی ماشین نیست (شکل ۲-۷) . عملکرد پایین را می توان به استعمال کم کودها ، عدم وجود واریته های هیبرید (پر تولید) ، خاك ضعیف و شرایط محیطی متداول نسبت داد . بنابراین با اضافه کردن کودهای مناسب و استفاده از واریته های پر تولید ذرت امکان افزایش عملکرد محصول وجود دارد حتی اگر سیستم تولید ذرت متکی بر نیروی انسانی باشد .



شکل ۲-۷- نیروی انسانی مصرفی و عملکرد در هکتار برای سیستم های مختلف تولید ذرت .

نیروی دامی

در مکزیک برای تولید یک هکتار ذرت به ۲۰۰ ساعت نیروی گاونیاز است ودر این رابطه نیروی انسانی موردنیاز در حدود ۳۸۰ ساعت است (جدول ۴-۷) . با توجّه به این موضوع که تولید ذرت با دست در مکزیک به ۱۱۴۰ ساعت کار نیاز دارد ، ۲۰۰ ساعت کار نیروی دامی ، باعث ۷۶۰ساعت صرفه جویی درنیروی انسانی شده است (جداول۱-۷ و۴-۷) . این بدین معنی است که تحت چنین شرایطی ۱ ساعت کار دام جایگزین نزدیک به ۴ ساعت کار انسان شده است .

نیروی کار یک گاو ۰/۷۵ - ۰/۵ اسب بخار است . یک اسب بخار ساعت کار برابر با ۱۰ ساعت کار یک انسان است . بنابراین نیروی یک گاو در ساعت برابر ۷/۵-۵ ساعت کار یک انسان است . در مکزیک قدرت کار یک گاو در ساعت جایگزین ۴ ساعت کار یک انسان می شود(جداول ۱-۷ و ۴-۷) . این مقدارکمی کمترازقدرت تئوری یک گاو یعنی ۰/۷۵-۰/۵ *اسب بخار ساعت ، می باشد .*

جدول ۴-۷ : انرژی مصرفی در تولید ذرت با استفاده از نیروی حیوان در مکزیک

	مقدار در هکتار		کیلو کالری در هکتار
انرژی مصرفی :			
کارگر	۳۸۴[a]	ساعت	۱۹۷۲۴۵[c]
دام	۱۹۸[a]	ساعت	۴۹۵۰۰۰[d]
ماشین آلات	۴۱۴۰۰[b]	کیلو کالری	۴۱۴۰۰
بذر	۱۰/۴[b]	کیلو گرم	۳۶۶۰۸
جمع			۷۷۰۲۳۵
انرژی تولیدی :			
عملکرد ذرت	۹۴۱	کیلو گرم	۳۳۴۰۵۵۰
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی			۴/۳۴
عملکرد پروتئین	۸۵	کیلو گرم	

(a) لویس ، ۱۹۵۱ (b) تخمینی است

(c) به متن مراجعه شود

(d) روزانه ۲۰۰۰۰ کیلو کالری انرژی علوفه ای جهت مصرف دام در نظر گرفته شده است .

با فرض این که یک گاو در روز ۲۰۰۰۰ کیلو کالری غذا مصرف کند (پی منتل ۱۹۷۴) ، و یک انسان در روز ۴۱۲۰ کیلو کالری ، انسان و دام توأماً در مقایسه با انسان به تنهایی به انرژی مصرفی بیشتری نیازمند هستند (جداول ۱-۷ و ۴-۷) . البته باید توجّه داشت با وجودی که انسان عمدتاً ذرت دانه ای مصرف می کند گاو اکثراً علفهایی را که برای مصرف انسان نامناسب است ، مصرف می کند .

کل انرژی مصرفی برای انسان ودام توأماً در حدود ۷۷۰۲۵۰ کیلو کالری در هکتار

است ، و نسبت انرژی تولیدی به مصرفی حدود ۴ به ۱ می باشد . کاهش این نسبت به علت کاهش عملکرد ذرت است که مقدار آن ۹۴۰ کیلو گرم در هکتار یعنی کمتر از نصف عملکردی است (۱۹۴۰ کیلو گرم در هکتار) که تنها توسط انسان به دست می آید (جدول ۴-۷) . این موضوع ممکن است ، به این دلیل باشد ، که ذرت در زمینی نامرغوب برای جندین سال کشت شده است . به احتمال قوی خاك این گونه مزارع نسبت به خاکهای جنگلی که پس از قطع و سوختن درختان ذرت در آن کشت کرده اند حاصلخیزی کمتری دارند . اگر برگها و سایر مواد آلی در هر فصل به زمین اضافه شده بود ممکن بود عملکرد ذرت برابر عملکرد آن در زمینهای جنگلی بشود . البته انرژی مصرفی برای انسان و دام افزایش می یافت و این انرژی مصرفی جهت جمع کردن ، انتقال دادن و پهن کردن مواد آلی مورد نیاز است .

درگواتمالا استفاده از ۳۱۰ ساعت نیروی دام ، نیروی انسانی مورد نیاز را تقریباً به نصف تقلیل می دهد(جدول ۵-۷) . چون انرژی غذایی موردنیازبرای انسان و دام ($۱/۲ \times ۱۰^۶$ کیلو کالری) بیش از انرژی غذایی انسان به صورت تنها (۷۸۱۹۰۰ کیلو کالری) است ولی عملکرد ذرت فرقی نکرده است ، لذا نسبت انرژی تولیدی به مصرفی (۳ به ۱) کمتراز حالتی است ، که انسان به تنهایی عمل می کند .

جدول ۵-۷ : انرژی مصرفی در تولید ذرت با استفاده از نیروی یک گاو در گواتمالا

	مقدار در هکتار		کیلو کالری در هکتار
انرژی مصرفی :			
کارگر	۷۰۰[a]	ساعت	۳۶۰۵۰۰[c]
دام	۳۱۱[a]	ساعت	۷۷۷۵۰۰[d]
ماشین آلات	۴۱۴۰۰[b]	کیلو کالری	۴۱۴۰۰
بذر	۱۰/۴	کیلو کالری	۳۶۶۰۸
جمع			۱۲۱۶۰۰۸
انرژی تولیدی :			
عملکرد ذرت	۱۰۶۶[a]	کیلو گرم	۳۷۸۴۳۰۰
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی			۳/۱۱
عملکرد پروتئین	۹۶	کیلو گرم	

(a) استاد لمن ، ۱۹۴۰ (b) تخمینی است

(c) به متن مراجعه شود

(d) روزانه ۲۰۰۰۰ کیلو کالری انرژی علوفه ای جهت مصرف دام در نظر گرفته شده است .

درمواردی که درفیلیپین از گاو میش استفاده می شود، انرژی مصرفی انسان و دام در این کشور برابر مقداری است ، که در مکزیک توسط انسان و دام صرف می گردد (جدول ۶-۷) .

جدول ۶-۷ : انرژی مصرفی در تولید ذرت در فیلیپین

	مقدار در هکتار		کیلو کالری در هکتار
انرژی مصرفی :			
کارگر	۲۹۶[a]	ساعت	۱۵۲۴۴۰[c]
گاومیش	۱۸۲[a]	ساعت	۳۶۴۳۲۵[d]
ماشین آلات	۴۱۴۰۰[b]	کیلو کالری	۴۱۴۰۰
ازت	۴[a]	کیلو گرم	۵۸۸۰۰[e]
فسفر	۱[a]	کیلو گرم	۳۰۰۰[e]
پتاسیم	۰/۳[a]	کیلو گرم	۴۸۰[e]
بذر	۱۰/۴[b]	کیلو گرم	۳۶۶۰۸
حمل و نقل	۳۰۰۰	کیلو کالری	۳۰۰۰
جمع			۶۶۰۰۵۳
انرژی تولیدی :			
عملکرد	۹۴۱	کیلو گرم	۳۳۴۰۵۵۰
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی			۵/۰۶
عملکرد پروتئین	۸۵	کیلو گرم	

(a) آلان ، ۱۹۶۱ ، FAO ، ۱۹۶۱ ، AED ، ۱۹۶۰

(b) تخمینی است (c) به متن مراجعه شود (e) ضمیمه A .

(d) روزانه ۲۰۰۰۰ کیلو کالری انرژی علوفه ای ، جهت مصرف دام در نظر گرفته شده است .

گرچه در فیلیپین مقداری کود شیمیایی استفاده می شود ، امّا عملکرد ذرت در هر دو جا یکسان است . تا اندازه ای تعجب آور است که در هر دو سیستم در دو منطقه مختلف از جهان با فرهنگ های مختلف ، انرژی مصرفی و عملکرد ذرت تا این اندازه مشابه باشد .

نیروی ماشین

انرژی کشاورزی مکانیزه به طور بارزی با انرژی وابسته به نیروی کاردستی متفاوت

است . تولید ذرت در ایالات متحده ، نمونه مشخصی از وابستگی شدید به نیروی ماشین است . اولاً همان طور که انتظار می رود در مجموع نیروی انسانی مصرفی در مقایسه با سیستم های قبلی شدیداً کاهش یافته است و متوسط آن ۱۲ ساعت در هکتار است (جدول ۷-۷) . کل انرژی انسانی مصرف شده در روز حدود ۳۷۲۰ کیلو کالری محاسبه شده است (شکل ۳-۷) . بنابراین ۱۲ ساعت نیروی کارگر نمایانگر کل انرژی مصرفی (۵۵۸۰ کیلو کالری) می باشد که به مقدار قابل ملاحظه ای کمتر از مقداری است که در سایر سیستمهای کشاورزی قبلی مصرف می شود .

در موازنه با چنین نیروی انسانی کمی که صرف می شود انرژی فسیلی مورد نیاز ماشینها برای جایگزین شدن بجای نیروی انسانی شدیداً افزایش می یابد . در سال ۱۹۷۵ در آمریکا برای تولید ذرت به طور متوسط ۷×۱۰^{۶} کیلو کالری انرژی فسیلی معادل ۷۰۰ لیتر بنزین مصرف شده است . عملکرد ذرت بالا بوده و در حدود ۵۳۹۰ کیلو گرم در هکتار معادل ۱۹×۱۰^{۶} کیلو کالری انرژی و نسبت انرژی تولیدی به مصرفی در حدود ۳ به ۱ می باشد .

بدیهی است که نسبت انرژی تولیدی به مصرفی متأثر از عملکرد گیاه و انرژی مصرفی است . این موضوع با مقایسه انرژی مصرفی برای تولید ذرت در آمریکا در سال ۱۹۴۵ و سال ۱۹۷۵ به وضوح بیان شده است . از سال ۱۹۴۵ کل انرژی مصرفی ۳ برابر شده و نتیجه آن کاهش نسبت انرژی تولیدی به مصرفی از ۳/۷ به ۲/۹ یا ۲۲ درصد کاهش بوده است (پی منتل ۱۹۷۳) . در طول این مدت سوخت فسیلی نسبتاً ارزان بوده است ، لذا کاهش نسبت انرژی ، سود اقتصادی حاصل از عملکر زیاد ذرت را کم نکرده است .

انرژی فسیلی مصرفی برای تولید ذرت در آمریکا عمدتاً از فرآورده های نفتی و گاز طبیعی تأمین می شود . کود از ته که از گاز طبیعی تولید می شود بزرگترین رقم انرژی مصرفی با بیش از ۲۷ درصد کل انرژی فسیلی مصرفی را تشکیل می دهد (جدول ۷-۷) . ماشین و سوخت کلاً حدود ۲۸ درصد انرژی فسیلی مصرفی را شامل می شوند . به طور کلی در حدود نیمی از انرژی مصرفی در تولید ذرت در ایالات متحده باعث کاهش کار دام و انسان شده و در حدود نصف آن تولید ذرت را افزایش داده است .

انرژی مصرفی برای تولید ذرت در ایالت متحده مشابه آنچه لیچ (۱۹۷۶) برای انگلستان گزارش داده است، می باشد (جدول ۸-۷) . درانگلستان درمقایسه با ایالات متحده کودکمتری مصرف می شود اما از انرژی فسیلی جهت خشک کردن، ذرت بیشتراز ایالات متحده استفاده

می شود . البته درمجموع نسبت انرژی تولیدی به مصرفی که برابر ۲ به ۱ است ، مشابه می باشد . بایدتوجّه داشت که در انگلستان نیروی انسانی درمحسبات به کارنرفته است .

جدول ۷-۷ : انرژی مصرف شده برای تولید یک هکتار ذرت در ایالات متحده در سال ۱۹۷۵

	مقداردر هکتار		کیلو کالری در هکتار
انرژی مصرفی :			
کارگر	۱۲[a]	ساعت	۵۵۸۰
ماشین	۳۱[b]	کیلو گرم	۵۵۸۰۰۰[b]
گازوئیل	۱۱۲[c]	لیتر	۱۲۷۸۳۶۸[c]
ازت	۱۲۸[d]	کیلو گرم	۱۸۸۱۶۰۰[d]
فسفر	۷۲[d]	کیلو گرم	۲۱۶۰۰۰[d]
پتاسیم	۸۰[d]	کیلو گرم	۱۲۸۰۰۰[d]
آهک	۱۰۰[e]	کیلو گرم	۳۱۵۰۰[e]
بذر	۲۱[f]	کیلو گرم	۵۲۵۰۰۰[f]
آبیاری	۷۸۰۰۰۰[g]	کیلوکالری	۷۸۰۰۰۰
حشره کش	۱[h]	کیلو گرم	۸۶۹۰[h]
علف کش	۲[h]	کیلو گرم	۱۹۹۸۲۰[h]
خشک کردن	۴۲۶۳۴۱[i]	کیلو کالری	۴۲۶۳۴۱[i]
الکتریسیته	۳۸۰۰۰۰[j]	کیلو کالری	۳۸۰۰۰۰
حمل و نقل	۱۳۶[k]	کیلو گرم	۳۴۹۵۲
جمع			۶۵۳۲۰۷۱
انرژی تولیدی :			
عملکرد ذرت	۵۳۹۰[l]	کیلو گرم	۱۹۱۴۸۷۰۰
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی			۲/۹۳
عملکرد پروتئین	۴۸۵	کیلو گرم	

(a) تخمینی است

(b) حدود ۳/۴ تن ماشین آلات برای مدیریت ۱۰۰ هکتار بر آورد شده است و استهلاك ان بیش از ۱۰ سال فرض شده است .

(c) سوخت : شامل سوخت مصرفی در تراکتورها ، کمباینها ، کامیونها ، و اتومبیلها و اکثر این سوختها گازوئیل در نظر گرفته شده است .

(d) متوسط کود مصرفی در تولید ذرت

(e) مصرف آهک بر اساس اطلاعّات FEDS محاسبه شده است (USDA ، ۱۹۷۷) .

(f) بذرها بر اساس کاشت ۶۲۰۰۰ گیاه در هکتار برآورد شده است . مقدار انرژی بذر هیبرید ۲۵۰۰۰۰ کیلو کالری در هکتار برآورد شده است (هیشل ۱۹۷۸) .

(g) طبق یک برآورد در آمریکا ۳/۸ درصد مساحت ذرت دانه ای آبیاری می شود . فرض شده است که آب از عمق ۳۰ متر پمپاژ شده و به روش آبیاری بارانی ، عمل آبیاری انجام می شود (بتی و کلر ، ۱۹۷۸) .

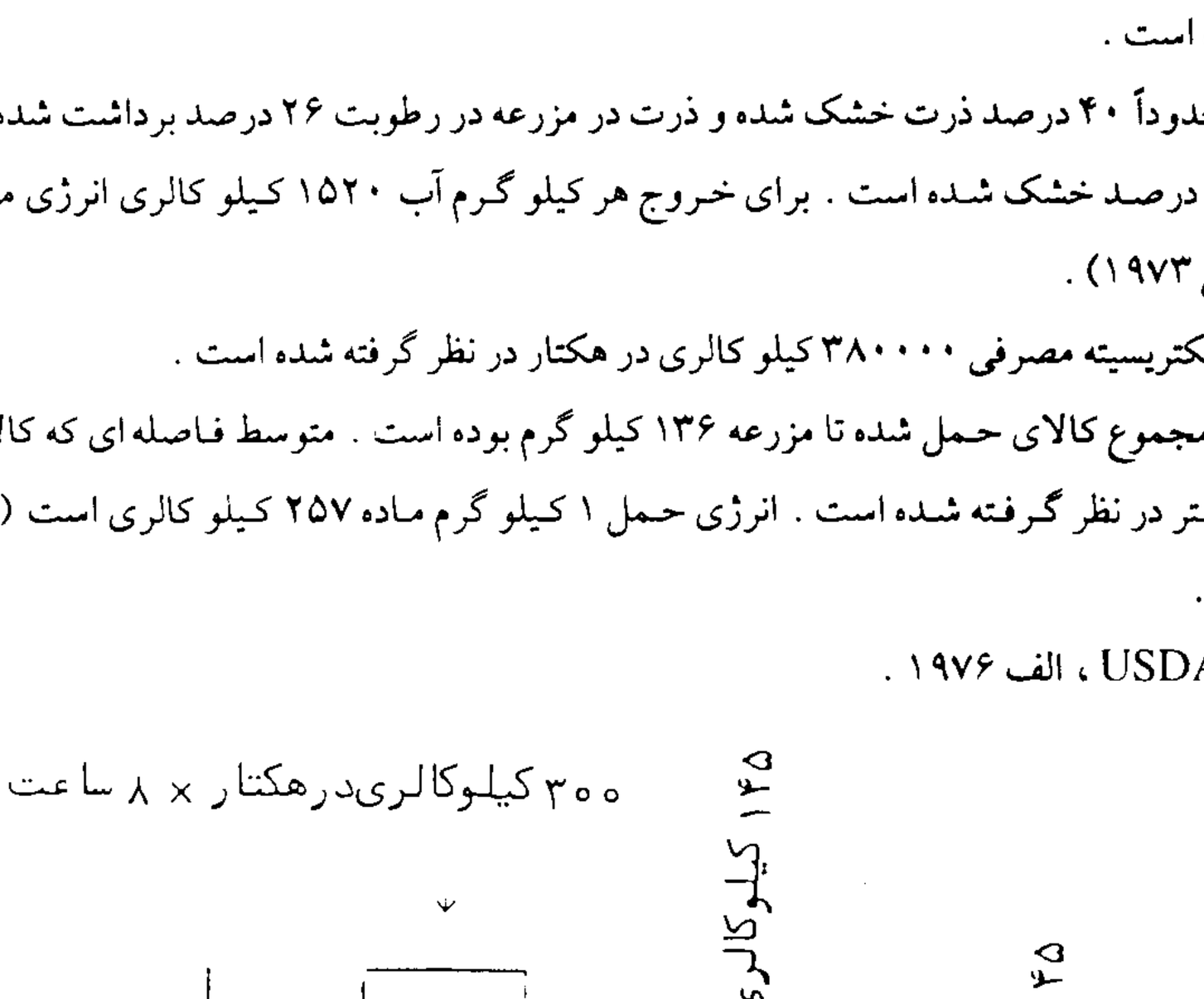
(h) مصرف آفت کش و علف کش بر اساس اطلاعّات USDA محاسبه شده ، و نحوه محاسبه انرژی در ضمیمه c آمده است .

(i) حدوداً ۴۰ درصد ذرت خشک شده و ذرت در مزرعه در رطوبت ۲۶ درصد برداشت شده و تا رسیدن به رطوبت ۱۳ درصد خشک شده است . برای خروج هر کیلو گرم آب ۱۵۲۰ کیلو کالری انرژی مصرف شده است (پی منتل ۱۹۷۳) .

(j) الکتریسیته مصرفی ۳۸۰۰۰۰ کیلو کالری در هکتار در نظر گرفته شده است .

(k) مجموع کالای حمل شده تا مزرعه ۱۳۶ کیلو گرم بوده است . متوسط فاصله ای که کالا حمل شده ۶۴۳۰ کیلو متر در نظر گرفته شده است . انرژی حمل ۱ کیلو گرم ماده ۲۵۷ کیلو کالری است (به فصل ۱۱ مراجعه شود) .

(l) USDA ، الف ۱۹۷۶ .



شکل ۳-۷ - کل انرژی مصرفی که توسط یک انسان بالغ در فعالیتهای زراعی با بکارگیری ماشین آلات صرف می شود حدود ۳۷۲۰ کیلو کالری در روز است.

جدول ۷-۸ : انرژی مصرفی در تولید ذرت در انگلستان (لیچ ، ۱۹۷۶) .

	مقدار در هکتار	ژیگاژول در هکتار
انرژی مصرفی :		
تراکتور	۱۸۹ مگاژول در ساعت × ۱۷/۳ ساعت	۳/۲۷
کمباین	(۲۲۰ مگاژول در ساعت) ۲/۵ ساعت	۰/۵۵
سایر ماشین آلات	(۱۰۰ مگاژول به ازاء هر لیره) ۲۸/۴ لیره	۲/۸۴
ازت	۵۶ کیلو گرم	۴/۴۸
فسفر	۴۵ کیلو گرم	۰/۶۳
پتاسیم	۴۵ کیلو گرم	۰/۴۰
محلولهای بکار رفته	تخمین زده شده برای غلات ۷/۴ لیره	۱/۴۰
سوخت جهت خشک کردن	۲۷۰ لیتر	۱۱/۶۷
الکتریسیته جهت خشک کردن	۱۴۸ کیلو وات ساعت	۲/۱۳
جمع		۲۶/۳۷
انرژی تولیدی :		
عملکرد ذرت	۵۰۲۰کیلوگرم	۶۱/۷
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۲/۳۴
عملکرد پروتئین	۴۵۲ کیلو گرم	

۱ کیلو کالری = ۴۱۸۶ ژول ۱ ژیگاژول = 10^9 ژول

گندم

گندم یکی از مهمترین محصولات غله ای در جهان امروز بوده و تعداد بیشتری از مردم در مقایسه با سایر غلات از گندم تغذیه می کنند . کل عملکرد سالانه حدود ۴۲۰ میلیون تن (FAO,۱۹۷۷) بوده ، که در سیستمهای مختلف با استفاده از نیروی انسان و دام تا سیستمهای کاملاً مکانیزه تولید می شود . انرژی مصرفی و عملکرد گندم همانند ذرت در سیستمهای مختلف متفاوت بوده و لذا بر نسبت انرژی تولیدی به مصرفی تأثیر می گذارد . به عنوان مثال تولید گندم درمنطقه اوتاپرداش هند ، با استفاده از نیروی انسان و گاو در (جدول ۹-۷) نشان داده شده است . درآن جا حدود $۲/۸ \times ۱۰^۶$ کیلوکالری انرژی مصرفی نیاز است تا عملکردی برابر $۲/۷ \times ۱۰^۶$ کیلوکالری انرژی غذایی فراهم شود . درنتیجه نسبت انرژی تولیدی به

مصرفی برابر ۰/۹۶ به ۱ شده است . به عبارت دیگر انرژی به دست آمده در قالب گندم کمتر از انرژی مصرف شده است و یا این که با توجّه به انرژی مصرف شده ، سود خالص در تولید گندم وجود ندارد .

جدول ۹-۷ : انرژی مصرفی در تولید گندم با استفاده از گاو در اوتارپرداش هند

	مقدار در هکتار	کیلو کالری در هکتار
انرژی مصرفی :		
کارگر	۶۱۵[a] ساعت	۳۲۴۴۱۳[c]
گاو (جفت)	هرکدام ۳۲۱[a] ساعت	۲۲۴۷۵۰۰[d]
ماشین آلات	۴۱۴۰۰[b] کیلوکالری	۴۱۴۰۰
کود	در قسمت کارگر و گاو محاسبه شده	
آبیاری	در قسمت کارگر و گاو محاسبه شده	
بذر	۶۵ کیلو گرم	۲۱۴۵۰۰
جمع		۲۸۲۷۸۱۳
انرژی تولیدی :		
عملکر گندم	۸۲۱ کیلو گرم	۲۷۰۹۳۰۰
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۰/۹۶
عملکرد پروتئین	۹۹ کیلو گرم	

(a) MFACDCGI ، ۱۹۶۶ (b) تخمینی است

(c) به متن مراجعه شود .

(d) برای هر گاو روزانه ۲۰۰۰۰ کیلو کالری انرژی علوفه ای در نظر گرفته شده است .

این نسبت منفی انرژی تولیدی به انرژی مصرفی ممکن است گمراه کننده باشد زیرا یکی از بزرگترین موارد مصرف انرژی در چنین سیستم تولیدی $۲/۲\times۱۰^{۶}$ کیلو کالری انرژی لازم برای دو رأس گاو است (جدول ۹-۷) . زیرا گاوها عمدتاً علوفه و مقدار کمی غله مصرف می کنند . آنها در حقیقت یک نوع سیستم تبدیل کننده غذا هستند . گاوها با کار و تلاشی که در مزرعه گندم می کنند انرژی علوفه را به انرژی گندم تبدیل می کنند . اگر در این بررسی گاو حذف شده بود ، آن گاه نسبت انرژی تولیدی به مصرفی کاملاً مناسب شده و به رقم

۵ به ۱ کیلو کالری افزایش می یافت که واقعیتر می باشد .

در این سیستم (گاو - انسان) انرژی فسیلی فقط صرف ماشین آلات شده است . اگر نسبت انرژی تولیدی به مصرفی فقط بر اساس مصرف انرژی فسیلی سنجیده شود ، آن گاه کارآیی ۶۵ به ۱ خواهد شد (جدول ۹-۷) .

در مقایسه با سیستم ساده تولید در هند ، در آمریکا تولید گندم ، انرژی خیلی زیاد مصرف می کند (جدول ۱۰-۷) .

جدول ۱۰-۷ : انرژی مصرفی در تولید گندم در ایالات متحده

	مقدار در هکتار	کیلو کالری در هکتار
انرژی مصرفی :		
کارگر	۷۶[a] ساعت	۳۲۵۵
ماشین آلات	۲۰[b] کیلوگرم	۳۶۰۰۰۰
گازوئیل	۵۳[c] لیتر	۶۰۴۹۴۲[e]
ازت	۵۰[a] کیلوگرم	۷۱۵۰۰۰[f]
فسفر	۲۶[a] کیلوگرم	۷۸۰۰۰[f]
پتاسیم	۳۰[a] کیلو گرم	۴۸۰۰۰[f]
آهک	۳۵[d] کیلو گرم	۱۱۰۲۵[f]
بذر	۱۰۶[a] کیلوگرم	۶۹۹۶۰۰
علف کش	۰/۵[a] کیلوگرم	۴۹۹۵۵[g]
الکتریسیته	۲۰۰۰۰۰[h]	۲۰۰۰۰۰
حمل و نقل	۱۷۷[i] کیلوگرم	۴۵۴۸۹[i]
جمع		۲۸۱۵۲۶۶
انرژی تولیدی :		
عملکرد گندم	۲۰۶۰[g]	۶۷۹۸۰۰۰
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۲/۴۱
عملکرد پروتئین	۲۴۷ کیلو گرم	

(a) مولینس و گراتف ۱۹۶۸ ، کرل ۱۹۶۲ (b) تخمین زده شده

(c) براساس اطّلاعات FEDS تخمین زده شده است (ب ، ۱۹۷۷ ، USDA) .

(d) تخمینی است (e) ضمیمه B

(f) ضمیمه A (g) ضمیمه C

(h) تخمینی است (i) ۲۵۷ کیلو کالری به ازای هر کیلو گرم ×۱۱۷ کیلوگرم

(j) متوسط عملکرد گندم در ایالات متحده (۱۹۷۶ ، USDA) .

ماشین آلات بزرگی که با صرف انرژی فسیلی تهیه می شوند جایگزین قدرت حیوان شده و به طور مؤثری نیروی انسان را کاهش می دهد . در حالی که استفاده از ماشین و کود تولید گندم در هکتار را افزایش داده است این امر به طور فزاینده ای مصرف سوخت فسیلی را بیش از آنچه در سیستم استفاده از نیروی انسان ـ حیوان صرف می شود بالا برده است . نسبت ۲ به ۱ نتیجه مصرف $۱۰^{۶} \times ۲/۸$ کیلو کالری انرژی جهت تولید $۱۰^{۶} \times ۶/۸$ کیلو کالری انرژی گندم می باشد . لیست مصرفی برای تولید گندم در انگلستان در جدول ۱۱-۷ ذکر شده است . مقدار کود مصرفی و عملکرد گندم در انگلستان نسبت به آمریکا بیشتر است . از چنین عملکرد بالائی می توان نتیجه گرفت که نسبت ۴ به ۱ انرژی تولیدی به مصرفی در انگلستان تقریباً دو برابر نسبت ۲ به ۱ در آمریکا است . اگر چه در انگلستان نیروی انسانی مصرفی در محاسبه منظور نشده است ، اما نسبت به سیستم فوق العاده مکانیزه آن کشور مقدار آن ناچیز بوده و در صورت محاسبه تغییر زیادی ایجاد نمی کند (جدول ۱۱-۷) .

جدول ۱۱-۷ : انرژی مصرفی در تولید گندم زمستانه در انگلستان (بعد از لیچ ، ۱۹۷۶) .

	مقدار در هکتار	ژیگاژول در هکتار
انرژی مصرفی :		
کار در مزرعه (تراکتور)	۳/۲۴ ژیگاژول	۳/۲۴
کار در مزرعه (لوازم)	۱/۲۹ ژیگاژول	۱/۲۹
ازت	۹۵ کیلوگرم	
فسفر	۵۵ کیلوگرم	۸/۸۷
پتاسیم	۵۵ کیلوگرم	
مواد محلول	۴ کیلوگرم	۰/۴۰
سوخت جهت خشک کردن	۱/۶۷ ژیگاژول	۱/۶۷
ماشین آلات خشک کننده	۰/۵۶ ژیگاژول	۰/۵۶
جمع		۱۶/۰۳
انرژی تولیدی :		
عملکر گندم	۳۷۸۰ کیلوگرم	۵۶/۲
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۳/۵۱
عملکرد پروتئین	۴۵۲ کیلوگرم	

۱ کیلو کالری = ۴۱۸۶ ژول ۱ ژیگاژول = $۱۰^{۹}$ ژول

یولاف

یکی ازغلات پرتولیددرآمریکایولاف است(جدول۱۲-۷) . دریک سال نسبتاً مناسب با صرف۱۰۶ × ۱/ ۲کیلوکالری انرژی، ۱۰۶ × ۷/ ۶ کیلوکالری انرژی غذائی از این گیاه حاصل می شود. بنابراین نسبت انرژی تولیدی به مصرفی آن۳به۱ بوده که به مراتب ازگندم بیشتر است .

جدول ۱۲ -۷ : انرژی مصرفی در تولید یولاف در ایالات متحده

	مقدار در هکتار	کیلوگرم در هکتار
انرژی مصرفی :		
کارگر	۶ ساعت[a]	۲۷۹۰
ماشین آلات	۲۰ کیلوگرم[b]	۳۶۰۰۰۰[b]
گازوئیل	۴۵لیتر[c]	۵۱۳۶۳۰
ازت	۱۵ کیلوگرم[a]	۲۲۰۵۰۰[e]
فسفر	۱۲ کیلوگرم[a]	۳۶۰۰۰[e]
پتاسیم	۲۱ کیلوگرم[a]	۳۳۶۰۰[e]
آهک	۳۰ کیلوگرم[c]	۹۴۵۰[e]
بذر	۹۳ کیلوگرم[a]	۷۲۵۴۰۰[f]
علف کش	۰/۲ کیلوگرم[a]	۱۹۹۸۲[g]
الکتریسیته	۲۰۰۰۰۰ کیلوکالری[h]	۲۰۰۰۰۰
حمل و نقل	۱۵۸ کیلوگرم	۴۰۶۰۶[i]
جـــمع		۲۱۶۱۹۵۸
انرژی تولیدی :		
عملکرد یولاف	۱۷۳۲ کیلوگرم[d]	۶۷۱۹۷۰۰
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۳/۱۱
عملکرد پروتئین	۲۴۲ کیلوگرم	

(a) (ب ـ ۱۹۷۶ ، USDA) (b) تخمن زده شده

(d) متوسط عملکر یولاف در امریکا (الف ـ ۱۹۷۶ ، USDA)

(e) ضمیمه A ملاحظه شود (f) مقدار انرژی بذر دو برابر شده است .

(g) ضمیمه C ملاحظه شود

(h) بر اساس آمار FEDSتخمین زده شده است (ب ـ ۱۹۷۶ ، USDA)

(i) ۱۵۸ کیلوگرم ×۲۵۷ کیلوکالری در هر کیلوگرم .

در آمریکا مانند تولید گندم ، مصرف نیروی انسانی در هکتار برای این گیاه نیز ناچیز بوده و در مقابل انرژی فسیلی مصرفی در ماشین آلات یکی از ارقام بزرك انرژی مصرفی است .

با مقایسه لیست انرژی مصرفی برای تولید یولاف و جو در انگلستان با این که مقدار بیشتری کود دراین کشور مصرف می شود و به تبع عملکرد محصول بالاتر از ایالات متحده است اما نسبت انرژی تولیدی به مصرفی کمتر است .

جدول ۱۳ -۷ : انرژی مصرفی در تولید یولاف وجو در انگلستان (بعد از لیچ ، ۱۹۷۶)

	مقدار در هکتار	ژیگاژول در هکتار
انرژی مصرفی :		
ازت	۹۷ کیلو گرم	۷/۷۶
فسفر	۴۸ کیلوگرم	۰/۶۷
پتاسیم	۴۸ کیلوگرم	۰/۴۳
کار تراکتور در مزرعه	۳/۲۴ ژیگاژول	۳/۲۴
کار ادوات در مزرعه	۱/۲۹ ژیگاژول	۱/۲۹
محلولها	۴ کیلوگرم	۰/۴۰
سوخت جهت خشک کردن	۳۹۰ مگاژول برتن	۱۲/۴۰
ماشین آلات جهت خشک کردن	۱۳۰ مگاژول برتن	۰/۴۷
جمع		۱۵/۶۶
انرژی تولیدی :		
عملکرد یولاف یاجو	۳۴۱۰ کیلوگرم	۳۷/۲
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۲/۴
عملکرد پروتئین	۴۷۷ کیلوگرم	

۱ کیلو کالری = ۴۱۸۶ ژول ۱ژیگاژول = 10^9 ژول

برنج

در دنیا سالانه $10^6 \times 345$ تن برنج تولید می شود (۱۹۶۶ ، FAO) . در حقیقت برنج غذای اصلی حدود ۲ میلیارد نفر است که بیشتر آنها در کشورهای در حال توسعه زندگی می کنند (۱۹۶۶ ، FAO) . در این رابطه بررسی روشهای مختلف تولید برنج

ضروری است .

تولید برنج توسط قبیله «Iban» در «Berneo» نمونه مشخصی از تولید برنج با استفاده از نیروی انسان است (جدول ۱۴-۷) . فری من در سال ۱۹۵۵ گزارش کرده است که در یک هکتار کلاً به ۱۱۸۶ ساعت کار انسانی نیاز است (جدول ۱۴-۷) . برنج کاری به روش سوئیدن در این جا هم در زمینهای بکر و هم با سوزاندن جنگلهای ثانویه صورت می گیرد . برای برنج کاری در یک هکتار کلاً $۱۰^۶ \times ۱/۰$ کیلو کالری انرژی مصرف می شود که $\frac{۲}{۳}$ آن را نیروی انسانی و $\frac{۱}{۳}$ بقیه را بذر تشکیل می دهد و عملکرد آن ۲۰۲۰ کیلو گرم در هکتار و $۱۰^۶ \times ۷/۳$ کیلو کالری انرژی غذائی است . بنابراین نسبت انرژی تولیدی به مصرفی برابر ۷ به ۱ می باشد و بدین ترتیب بازده سرمایه گذاری نسبتاً بالا است .

جدول ۱۴-۷ : انرژی مصرفی در تولید برنج با استفاده از نیروی انسان در قبیله «Iban» از «Borneo»

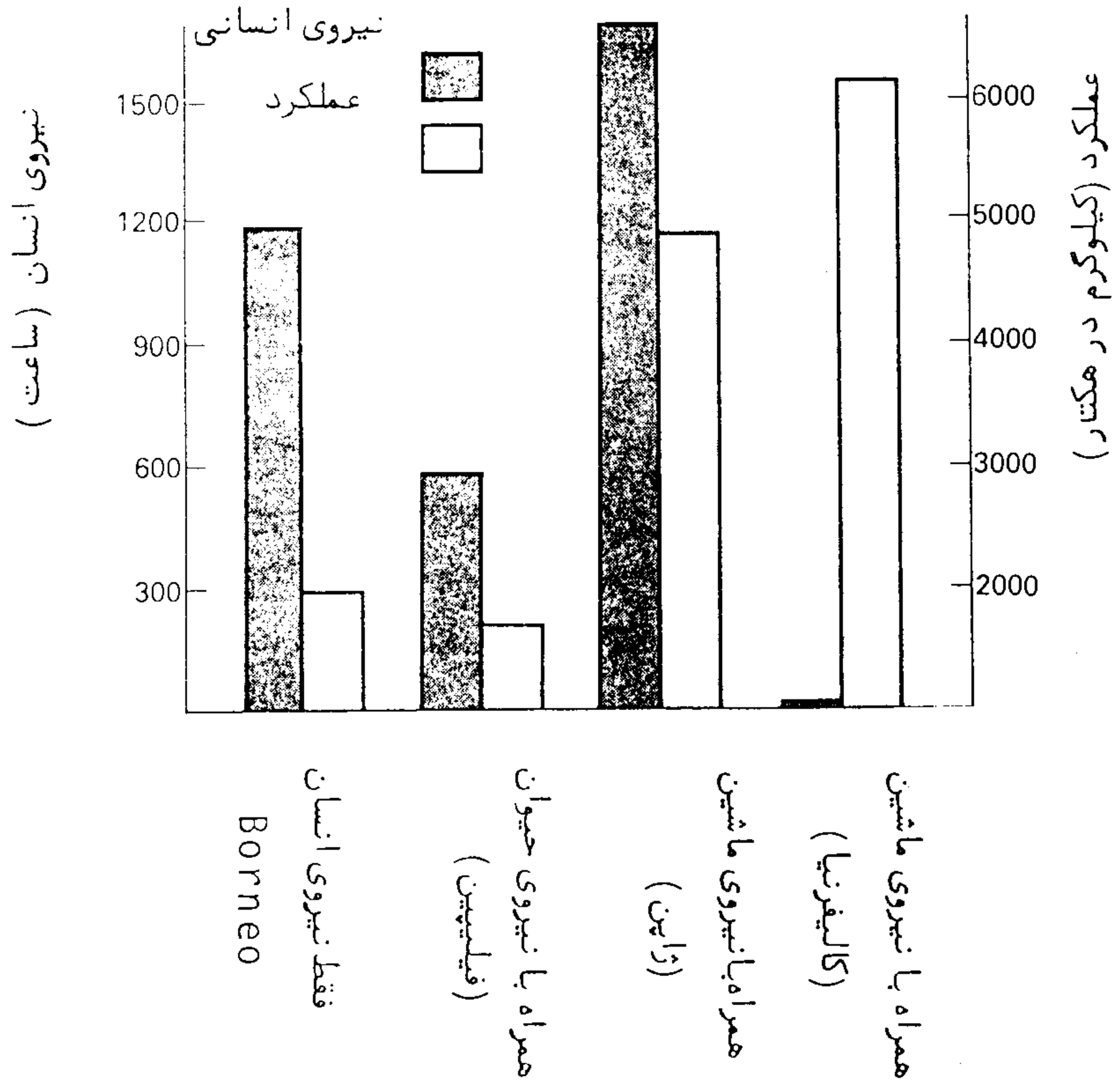
	مقدار در هکتار	کیلو کاردی در هکتار
انرژی مصرفی :		
کارگر	۱۱۸۶[a] ساعت	۶۲۵۶۱۵
فوکا و تبر	۱۶۵۷۰[b] کیلو کالری	۱۶۵۷۰
بذر	۱۰۸[a] کیلوگرم	۳۹۲۰۴۰[c]
جمع		۱۰۳۴۲۲۵
انرژی تولیدی :		
عملکرد برنج	۲۰۱۶[a]	۷۳۱۸۰۸۰
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۷/۰۸
عملکرد پروتئین	۱۴۱ کیلوگرم	

(a) فری من ۱۹۵۵ (b) برآوردی جهت ساخت فوکا و تبر

(c) برآوردی از انرژی غذائی برنج که در موقع کاشت استفاده می شود .

از طرف دیگر به نظر می رسد که بجز در کشور ژاپن نیروی انسانی مصرفی با عملکرد مرتبط باشد . به این نحو که با افزایش نیروی انسانی عملکرد کم می شود (شکل ۴-۷) . همانند ذرت ، برنجکاری توسط انسان نیز زمانی عملکرد بالا خواهد داشت که از واریته های پر تولید ،

کودها و از سایر تکنولوژی ها استفاده شود .



شکل۴-۷- نیروی انسان و عملکرد در هکتار در سیستمهای مختلف تولیدبرنج

در فیلیپین برای تولید برنج از نیروی انسانی و حیوان توأماً استفاده می شود (جدول ۱۵-۷) . کلاً $۱۰^۶ \times ۱/۸$ کیلو کالری انرژی مصرف می شود تا ۱۶۵۰ کیلو گرم برنج که معادل $۱۰^۶ \times ۶/۰$ کیلو کالری انرژی غذائی است تولید شود . نسبت انرژی تولیدی به مصرفی ۳ به ۱ می باشد که این مقدار در حدود نصف نسبتی است که در تولید برنج قبیله «Iban» بدست می آید . همچنان که در فیلیپین برای تولید گندم از گاو استفاده می شود ، گاو میش نیز انرژی علوفه را به انرژی برنج تبدیل می کند .

اگرانرژی مصرفی گاو میش به دلیل این که انرژی قابل تجدیداست محاسبه نشود، آن گاه نسبت انرژی تولیدی به مصرفی برابر ۱۰ به ۱ خواهدشد. درآمریکا همانند سایرغلات برای تولید برنج از انرژی مصرفی زیادی بخصوص انرژی فسیلی استفاده می شود (جدول ۱۶-۷).

جدول ۱۵-۷ : انرژی مصرفی در تولید برنج در فیلیپین با استفاده از نیروی گاو میش(پی منتل ۱۹۷۶).
انرژی مصرفی جهت آبیاری در قسمت کارگر و گاومیش محاسبه شده است .

	مقدار در هکتار	کیلو کالری در هکتار
انرژی مصرفی :		
کارگر	۵۷۶ ساعت [a]	۳۰۳۸۴۰ [b]
ادوات	۴۱۴۲۴ کیلوگرم [c]	۴۱۴۲۴ [c]
گاو میش	۲۷۲ ساعت [a]	۹۵۲۰۰۰ [d]
ازت	۵/۶ کیلوگرم [a]	۸۵۰۰۸ [e]
بذر	۱۰۸ کیلوگرم [a]	۳۹۹۶۰۰ [f]
علف کش	۰/۶ کیلوگرم [a]	۴۳۵۶۰ [g]
جمع		۱۸۲۵۴۳۲
انرژی تولیدی :		
عملکرد برنج	۱۶۵۴ کیلوگرم [a]	۶۰۰۴۰۲۰
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۳/۲۹
عملکرد پروتئین	۱۱۶ کیلوگرم	

(a) دلوس ریز و همکاران ۱۹۶۵
(b) به متن مراجعه شود
(c) برای ماشین آلات برآورد شده است .
(d) انرژی مصرفی گاومیش مشابه گاو در نظر گرفته شده است
(e) ضمیمه A
(f) دلوس ریزو همکاران۱۹۶۵ ، انرژی بذر برنج را درحدود ۳۷۰۰ کیلوکالری درهرکیلوگرم ارزیابی نمودند .
(g) ضمیمه C
(h) انرژی غذائی برنج سفید برای هر کیلو گرم ۳۶۳۰ کیلوکالری می باشد .

جدول ۱۶ -۷ : انرژی مصرفی در تولید برنج در کالیفرنیا

	مقدار در هکتار	کیلوکالری در هکتار
انرژی مصرفی :		
کارگر	۱۷[a] ساعت	۷۹۰۵[b]
ماشین آلات	۲۰[c] کیلوگرم	۳۶۰۰۰۰[c]
گازوئیل	۲۸۶[d] لیتر	۳۲۶۴۴۰۴[e]
بنزین	۶۵[d] لیتر	۶۵۷۰۸۵[e]
گاز مایع	۴۶[d] لیتر	۳۵۴۴۳۰[e]
ازت	۲۸۰[f] کیلوگرم	۴۱۱۶۰۰۰[h]
فسفر	۶۷[f] کیلوگرم	۲۰۱۰۰۰[h]
آهک	۳۵[g] کیلوگرم	۱۱۰۲۵[h]
بذر	۱۵۷[a] کیلوگرم	۱۱۳۹۸۲۰[i]
آبیاری (گاز طبیعی)	۱۱۰[d] مترمکعب	۱۲۶۹۴۳۰[d]
حشره کش	۲/۲[a] کیلوگرم	۱۹۱۲۰۲[j]
علف کش	۱۱/۲[a]	۱۱۱۸۹۹۲[j]
خشک کردن	۶۱۶۰[a] کیلوگرم	۱۲۱۷۲۱۶[k]
الکتریسیته	۳۸۰۰۰۰[g] کیلوکالری	۳۸۰۰۰۰[g]
حمل ونقل	۴۷۱ کیلوگرم	۱۲۱۰۴۷
جـــمع		۱۴۴۳۹۵۵۶
انرژی تولیدی :		
عملکرد برنج	۶۱۶۰[a] کیلوگرم	۲۲۳۶۰۸۰۰
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۱/۵۵
عملکرد پروتئین	۴۶۲ کیلوگرم	

(a) گرانته ، آمارل و جانسون ۱۹۷۱ (b) به متن مراجعه شود

(c) تخمینی است . (d) FED ، ۱۹۶۷

(e) ضمیمه B (f) سروینکا و همکاران ۱۹۷۴

(l) تخمینی است . (h) ضمیمه A

(i) انرژی بذر دو برابر در نظر گرفته شده است (j) ضمیمه C

(k) محصولات از رطوبت ۲۶ درصد تا حد ۱۳ درصد خشک شده اند و برای خروج هر کیلو گرم آب ، ۱۵۲۰ کیلوگرم انرژی مصرف شده است . (l) ۲۵۷ کیلوکالری به ازای هرکیلوگرم×۴۷۱ کیلوگرم .

براساس آمار برنجکاری در کالیفرنیا عملکر متوسط برنج ۶۱۶۰ کیلو گرم ($۱۰^۶ \times ۲۲/۴$ کیلو کالری) است که نسبت به سایر سیستمها به مراتب بیشتر است . البته انرژی مصرفی ($۱۰^۶ \times ۱۴/۴$ کیلوکالری) بسیار زیاد بوده که نتیجه آن نسبت پائین انرژی تولیدی به مصرفی برابر ۱/۶ به ۱ است . در حالی که قسمت اعظم انرژی مصرفی را سوخت و ماشین آلات تشکیل می دهد اما کودها ۳۷ درصد کل انرژی فسیلی را شامل می شوند . سایر ارقام مصرفی عبارتند از آبیاری ، بذر و خشک کردن . اگر چه مصرف نیروی انسانی به ۱۷ ساعت در هکتار کاهش یافته است اما برای تولید غله در امریکا رقم بالائی است .

در مقایسه با سیستم فوق تولید برنج در ژاپن هنوز به کار فزاینده ای نیاز داشته و حدود ۱۷۳۰ ساعت در هکتار نیروی انسانی لازم است (جدول ۱۷-۷) .

اگر چه در ژاپن عملکرد برنج پایین است ولی انرژی فسیلی کمتر از ایالات متحده مصرف می شود . در نتیجه نسبت انرژی تولیدی به مصرفی برای تولید برنج در ژاپن برابر ۲/۵ به ۱ بوده که در مقایسه با ۱/۶ به ۱ در ایالا ت متحده ، سیستم تولید ، در ژاپن از کارآئی بیشتری برخودار است .

سورگوم

در آفریقا سورگوم به طور گسترده ای به عنوان غذا مصرف می شود ، آمار موجود در مورد تولید سورگوم در سودان نشان می دهد که ، تولید سورگوم با دست نسبت به تولید ذرت با دست در مکزیک به نیروی کمتری نیازمند است (جداول ۱-۷ و ۱۸-۷) . در مقایسه با ۱۱۴۰ ساعت کار در هکتار برای تولید ذرت در مکزیک (جدول ۱۲-۷) در سودان فقط به ۲۴۰ ساعت کار در هکتار نیاز است (جدول ۱۸-۷) .

نیروی انسانی بیش از نیمی از کل انرژی مصرفی را به خود اختصاص می دهد ، و بزرگترین رقم انرژی مصرفی است . ساخت فوکا تنها مورد مصرف انرژی فسیلی است که حدود ۱۶۵۷۰ کیلو کالری انرژی صرف ساخت آن می شود (جدول ۱۸-۷) . اگر عملکرد ۹۰۰ کیلو گرم در هکتار به $۱۰^۶ \times ۳/۰$ کیلو کالری انرژی غذایی تبدیل شود ، نسبت انرژی تولیدی به مصرفی برابر ۴ به ۱ شده که این نسبت تولیدی بسیار بالایی است .

تولید سورگوم در ایالات متحده به انرژی مصرفی زیادی بالاخص انرژی فسیلی جهت ماشین آلات و تولید کود نیازمند است (جدول ۱۹-۷) .

جدول ۱۷ -۷ : انرژی مصرفی در تولید برنج در ژاپن

	مقدار در هکتار	کیلو کالری در هکتار
انرژی مصرفی :		
کارگر	۱۷۲۹[a] ساعت	۸۰۳۹۸۵
ماشین آلات	۱۰[b] کیلوگرم	۱۸۰۰۰۰[b]
بنزین	۹۰[c] لیتر	۹۰۹۸۱۰[c]
ازت	۱۴۲[d] کیلو گرم	۲۰۸۷۴۰۰[d]
فسفر	۷۵[d] کیلوگرم	۲۲۵۰۰۰[d]
پتاسیم	۸۸[a] کیلوگرم	۱۴۰۸۰۰[d]
بذر	۱۱۲[e] کیلوگرم	۸۱۳۱۲۰[e]
آبیاری	۹۰[f] لیتر	۹۰۹۸۱۰[f]
حشره کش	۴[g] کیلوگرم	۳۴۷۶۴۰[g]
علف کش	۷[g] کیلوگرم	۲۹۹۳۷۰[g]
الکتریسته	۲/۶[h] کیلووات ساعت	۷۴۰۰[h]
حمل ونقل	۲۰۰[i] کیلوگرم	۵۱۴۰۰
جمع		۷۱۷۵۷۳۵
انرژی تولیدی :		
عملکرد برنج	۴۸۴۸کیلوگرم	۱۷۵۹۸۲۴۰
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۲/۴۵
عملکرد پروتئین	۳۶۴کیلوگرم	

(a) مالسوبایاشی و همکاران ۱۹۶۳ (b) تخمینی است

(c) بر اساس مدیریت فشرده و تراکتورهای کوچک برآورد شده است(ضمیمه B ملاحظه شود).

(d) آلان ۱۹۶۱ و ضمیمه A

(e) طبق نظرات گرانت و مولینس (۱۹۶۳) برآورد شده وانرژی بذور دوبرابر محاسبه شده است .

(f) بر اساس نیروی مورد نیاز لوازم آمریکائی برآورد شده است.

(g) طبق برآورد (۱۹۶۳ ، FAO) از روی آمار مربوط به حشره کشهای به کار رفته در ژاپن ، محاسبه شده است . (h) تخمینی است (ضمیمه B ملاحظه شود).

(i) ۲۵۷ کیلو کالری به ازای هر کیلو گرم × ۲۰۰ کیلو گرم

(j) عملکرد برنج در ژاپن در سالهای ۶۴-۱۹۶۰ (الف ـ ۱۹۷۱ ، USDA)

جدول ۱۸ -۷ : انرژی مصرفی در تولید سورگوم با استفاده از نیروی انسان در سودان

	مقدار در هکتار	کیلوکالری در هکتار
انرژی مصرفی :		
کارگر	۲۴۰ ساعت [a]	۱۲۶۶۰۰ [d]
فوکا	۱۶۵۷۰ کیلوکالری [b]	۱۶۵۷۰
بذر	۱۹ کیلوگرم [c]	۶۲۷۰۰
جمع		۲۰۵۸۷۰
انرژی تولیدی :		
عملکرد سورگوم	۹۰۰ کیلوگرم [a]	۲۹۷۰۰۰۰
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۱۴/۴۳
عملکرد پروتئین	۱۰۸ کیلوگرم	

(a) BDPA ، ۱۹۶۵ (b) تخمینی است

(c) تخمینی است (d) به متن مراجعه شود.

بنابراین گرچه عملکرد ۳۰۳۰ کیلو گرم در هکتار بیش از ۳ برابر عملکرد در سودان است اما نسبت نهایی انرژی تولیدی به مصرفی برابر۲ به ۱ بسیار کمتر از سودان است مقایسه بین تولیدسورگوم و ذرت در آمریکا نشان می دهد که انرژی مصرفی کاملاً مشابه هستند (جداول ۷-۷ و ۱۹-۷) . البته عملکردسورگوم درحدود ۳۰۳۰کیلو گرم درهکتاراست که نسبت به متوسط عملکرد ذرت که در حدود ۵۳۹۰ کیلو گرم در هکتار است ، خیلی کمتر است . یکی از دلایل عملکرد پائین سورگوم این است که سورگوم اساساً در مناطق خشک تولید می شود در حالی که ذرت در مناطقی رشد می کند که شرایط اقلیمی مناسبتری جهت رشد محصول دارد .

کاربرد انرژی در تولید بقولات

نخود ، لوبیا و عدس همگی به خانواده بقولات تعلق دارند و از جنبه غذایی بخصوص در مناطقی از جهان که غذای حیوانی کمیاب و گران است و یا این که دلائل اعتقادی یا فرهنگی مانع از تغذیه گوشت حیوان می شود ، اهمیت بسزایی دارد . اکثر بقولات از کربوهیدرات زیادی شامل ۶۰-۵۵درصد و نیز میزان بالایی پرونئین شامل ۳۰-۲۰ درصد برخوردارند . ۴۵-۴۰ درصد پروتئین در سویا استثنائاً رقم بالایی در بین گیاهان است . بقولات علاوه بر پروتئین از

نظر ذخیره آهن و تیامین گیاهان بسیار مناسبی هستند .

جدول ۱۹ -۷ : انرژی مصرفی در تولید سورگوم در ایالات متحده

	مقدار در هکتار	کیلو کالری در هکتار
انرژی مصرفی :		
کارگر	۱۲ساعت[a]	۵۵۸۰
ماشین آلات	۳۱ کیلوگرم[b]	۵۵۸۰۰۰[b]
گازوئیل	۱۳۵ لیتر[a]	۱۵۴۰۸۹۰[g]
ازت	۷۸ کیلوگرم[c]	۱۱۴۶۶۰۰[h]
فسفر	۳۱ کیلوگرم[c]	۹۳۰۰۰[h]
پتاسیم	۱۰ کیلوگرم[c]	۱۶۰۰۰[h]
آهک	۳۰کیلوگرم[a]	۹۴۵۰[h]
بذر	۳۰ کیلوگرم[a]	۴۲۰۰۰۰[i]
آبیاری	۶۲۵۰۰۰کیلوکالری[d]	۶۲۵۰۰۰
حشره کش	۱کیلوگرم[e]	۸۶۹۱۰[j]
علف کش	۴/۵ کیلوگرم[e]	۴۴۹۵۹۵[j]
الکتریسیته	۳۸۰۰۰۰کیلوکالری[f]	۳۸۰۰۰۰
حمل ونقل	۱۶۲ کیلوگرم	۴۱۶۳۴[k]
جمع		۵۳۷۲۶۵۹
انرژی تولیدی :		
عملکرد سورگوم	۲۰۳۱ کیلوگرم	۱۰۵۴۷۸۸۰
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۱/۹۶
عملکرد پروتئین	۳۴۴ کیلوگرم	

(a) تخمین زده شده

(b) طبق یک برآورد ۳۱/۴۰ تن ماشین آلات برای مدیریت ۱۰۰ هکتار بکار گرفته شده است و عمر مفید ماشین آلات ۱۰ سال در نظر گرفته شده است .

(c) USDA ، ۱۹۷۴

(d) طبق یک برآورد ۴٪ سورگوم ها آبیاری شده اند

(e) الف USDA ، ۱۹۷۵

(f) الکتریسیته مورد استفاده در حدود ۳۸۰۰۰۰ کیلو کالری برای هر هکتار در نظرگرفته شده است .

(g) براساس ضمیمه B

(h) براساس ضمیمه A

(i) میشل ۱۹۷۸

(j) براساس ضمیمه C

(k) ۲۵۷ کیلوکالری به ازای هر کیلوگرم × ۱۶۲ کیلوگرم .

سویا

سویا به دلیل مقدار زیاد پروتئین آن احتمالاً مهمترین محصول پروتئینی در دنیا است . در سال ۱۹۷۶ تقریباً $۶۲/۱ \times ۱۰^{۶}$ تن سویا در سطح جهان تولید شده است (۱۹۷۷ ، FAO) در حدود ۷۵ درصد کل سویا در ایالات متحده تولید می شود و چین دومین تولید کننده بزرك سویا است (۱۹۷۷ ، FAO) . در ایالات متحده مقدار نسبتاً کم سویا به عنوان غذای انسان به طور مستقیم مصرف می شود . در عوض از سویا جهت تهیه روغن و نیز از کنجاله وآرد آن جهت تغذیه دام استفاده می شود . سویا و تولیدات آن در رأس صادرات فرآورده های کشاورزی ایالت متحده قرار دارد (۱۹۷۶ ، USDA) و لذا نقش مهمی ، در موازنه قیمتهای صادرات و واردات در این کشور ایفا می کند .

در ایالات متحده عملکرد انرژی غذایی سویا بطور متوسط $۷/۶ \times ۱۰^{۶}$ کیلوکالری درهکتار می باشد (جدول ۲۰-۷) . با انرژی مصرفی $۱/۸ \times ۱۰^{۶}$ کیلو کالری نسبت انرژی تولیدی به مصرفی ۴ به ۱ است . بزرکترین ارقام مصرف انرژی مربوط به علف کشها و عملیات کاشت بوده و بزرکترین رقم بعدی ساخت ماشین آلات است .

باید توجّه داشت که عملکرد پروتئین سویا بالا بوده و از سایر بقولات بیشتر است (جدول ۲۰-۷) .

بقولات کلاً از این نظر که ازت مورد نیازشان اساساً از اکثر محصولات دیگر کمتر است بی نظیر هستند . به عنوان مثال سویا به $\frac{۱}{۱۰}$ ازت مصرفی ذرت نیازمند است (جداول ۲۰-۷ و ۷-۷) . این موضوع به این دلیل است که سویا و سایر بقولات از طریق ارتباط همزیستی با میکروارگانیسمها در خاك قادر هستند که از ازت اتمسفر استفاده کنند . فرآیند تثبیت ازت که توسط میکروارگانیسم ها انجام می شود تماماً ۵ درصد انرژی نورانی را که توسط سویا جذب می شود ، مصرف می کند . به عبارت دیگر اگر کل انرژی جذب شده توسط سویا به دانه منتقل می شد و برای تثبیت ازت انرژی صرف نمی شدممکن بود عملکرد سویا افزایش یابد . ازت تثبیت شده موجب صرفه جویی در مصرف کود می شود . برای جایگزین کردن ازت تثبیت شده نیاز به تهیّه ۱۰۰ کیلو گرم کود تجارتی بوده که مستلزم صرف ۱۵۲۰۰۰۰ کیلو کالری انرژی فسیلی است .

پر واضح است که تهیّه ازت مورد نیاز توسط خود گیاه اقتصادیتر است تا این که انسان

آنرا ساخته و به مصرف گیاه برساند . مقدار ۱۰۰ کیلو گرمی که از عملکرد سویا به علت صرف انرژی در تثبیت ازت کاسته شده است ، ۲۵ دلار ارزش دارد که نسبت به ۴۸ دلار ارزش ۱۰۰ کیلو ازت تولیدی گیاه بسیار کمتر است .

جدول ۲۰-۷ : انرژی مصرفی در تولید سویا در ایالات متحده

	مقدار در هکتار	کیلوکالری در هکتار
انرژی مصرفی :		
کارگر	۱۰[a] ساعت	۴۶۵۰
ماشین آلات	۲۰[b] کیلوگرم	۳۶۰۰۰۰[b]
گازوئیل	۷[a] لیتر	۷۹۸۹۸[d]
بنزین	۵[a] لیتر	۵۰۵۴۵[d]
ازت	۴[a] کیلوگرم	۵۸۸۰۰[e]
فسفر	۱۸[a] کیلوگرم	۵۴۰۰۰[e]
پتاسیم	۴۷[a] کیلوگرم	۷۵۲۰۰[e]
آهک	۳۵۰[a] کیلوگرم	۱۱۰۲۵۰[e]
بذر	۶۰[a] کیلوگرم	۴۸۰۰۰۰[f]
علف کش	۵[a] کیلوگرم	۴۹۹۵۵۰[g]
الکتریسیته	۱۰[a] کیلووات ساعت	۲۸۶۳۰[h]
حمل و نقل	۱۰۰ کیلوگرم	۲۵۷۰۰[i]
جمع		۱۸۲۷۲۲۳
انرژی تولیدی :		
عملکرد سویا	۱۸۸۲[c] کیلوگرم	۷۶۸۴۴۶۰
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۴/۱۵
عملکرد پروتئین	۶۴۰ کیلوگرم	

(a) اطّلاعات FEDS (ب ۱۹۷۷ ، USDA) .
(b) تخمین زده شده
(c) الف ۱۹۷۶ ، USDA
(d) ضمیمه B
(e) ضمیمه A
(f) میشل ۱۹۷۸
(g) ضمیمه C
(h) ضمیمه B
(i) ۲۵۷ کیلوکالری به ازای هر کیلوگرم × ۱۰۰ کیلوگرم .

لوبیا

انرژی مصرفی برای تولید لوبیا کاملاً شبیه سویا است (جدول ۲۱-۷) .

جدول ۲۱-۷ : انرژی مصرفی در تولید لوبیا در ایالات متحده

	مقدار در هکتار	کیلوکالری در هکتار
انرژی مصرفی :		
کارگر	۱۰ ساعت [a]	۴۶۵۰
ماشین آلات	۲۰ کیلوگرم [b]	۳۶۰۰۰۰ [b]
گازوئیل	۷۶ لیتر [c]	۸۶۷۴۶۴ [g]
ازت	۱۶ کیلوگرم [d]	۲۳۵۲۰۰ [h]
فسفر	۱۸ کیلوگرم [d]	۵۴۰۰۰۰ [h]
پتاسیم	۴۷ کیلوگرم [d]	۱۱۰۲۵۰ [h]
آهک	۳۵۰ کیلوگرم [a]	۴۸۰۰۰۰ [a]
بذر	۶۰ کیلوگرم [a]	۸۶۹۱۰ [i]
حشره کش	۱ کیلوگرم [e]	۳۹۹۶۴۰ [i]
علف کش	۴ کیلوگرم [e]	۳۹۹۶۴۰
الکتریسیته	۱۰ کیلووات ساعت [f]	۲۸۶۳۰ [f]
حمل و نقل	۱۴۸ کیلوگرم	۳۸۰۳۶ [j]
جمع		۲۷۳۹۹۸۰
انرژی تولیدی :		
عملکرد لوبیا	۱۴۵۷ کیلوگرم [k]	۴۹۵۳۸۰۰
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۱/۸۱
عملکرد پروتئین	۳۲۵ کیلوگرم	

(a) بر اساس اطّلاعات سویا تخمین زده شده است. (b) برآورد شده است .

(c) برآورد شده است .

(d) فرض شده است که مشابه تولید سویا در ایالات متحده باشد . جدول ۲۰-۷ ملاحظه گردد .

(e) برآورد شده است .

(f) بر اساس اطّلاعات گرفته شده از سویا و ضمیمه B برآورد شده است .

(g) ضمیمه B (h) ضمیمه A

(i) ضمیمه C

(j) ۲۵۷ کیلو کالری به ازای هر کیلوگرم × ۱۴۸ کیلوگرم

(k) الف ۱۹۷۶ ، USDA

البته عملکرد ۱۴۶۰ کیلوگرم در هکتار برای لوبیا نسبت به ۱۸۸۰ کیلو گرم در هکتار برای سویا کمتر است و نسبت انرژی تولیدی به مصرفی آن فقط ۱/۸ به ۱ می باشد . بعلاوه عملکرد پروتئین آن نصف سویا است .

لوبیای چشم بلبلی

نخود گاوی نیز در بسیاری از نقاط جهان یکی از بقولات مهم بشمار می رود (۱۹۷۷ ، FAO) . ارقام مربوط به انرژی مصرفی برای تولید لوبیای چشم بلبلی در شمال نیجریه بر اساس سیستمی است که بر نیروی انسانی متکی می باشد (دورینگ ۱۹۷۷) . کل انرژی مصرفی معادل ۸۱۱۸۰۰ کیلو کالری بوده در حالی که عملکرد آن در چنین منطقه ای با توجّه به ۸۱۴ ساعت کار انسان $۵/۲\times۱۰^{۶}$ کیلو کالری است (جدول ۲۲-۷) . نتیجتاً نسبت انرژی تولیدی به مصرفی برای تولید لوبیای چشم بلبلی در چنین سیستمی برابر ۶/۵ به ۱ می باشد .

جدول ۲۲-۷ : انرژی مصرفی در تولیدلوبیای چشم بلبلی در شمال نیجریه

	مقدار در هکتار	کیلوکالری در هکتار
انرژی مصرفی :		
کارگر	۸۱۴ ساعت [a]	۴۱۹۲۱۰ [c]
فوکا و سایر لوازم	۱۶۵۷۰ [b]	۱۶۵۷۰ [b]
علف کشها	۵/۶ لیتر	۳۱۹۱۰۰ [a]
بذر	۱۶/۸ [a] کیلوگرم	۵۷۰۰۰ [a]
جمع		۸۱۱۸۸۰
انرژی تولیدی :		
عملکرد لوبیای چشم بلبلی	۱۵۳۰ کیلوگرم	۵۲۴۷۹۰۰ [a]
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۶/۴۶
عملکردپروتئین	۴۲۸ کیلو گرم	

(a) دورینگ ۱۹۷۷ (b) برآورد شده است

(c) به متن مراجعه شود .

بادام زمینی

سالانه حدوداً $۱۸/۵ \times ۱۰^{۶}$ تن بادام زمینی در سطح جهان تولید می شود . بادام زمینی علاوه بر مصرف غذایی به خاطر روغن مناسبی که دارد کشت می شود . طبق گزارش دورینگ در سال ۱۹۷۷ برای تولید بادام زمینی در شمال شرقی تایلند نیروی انسانی بزرگترین رقم انرژی مصرفی را تشکیل داده است (جدول ۲۳-۷) . کل انرژی مصرفی از جمله نیروی انسانی معادل $۱/۹ \times ۱۰^{۶}$ کیلو کالری است و عملکرد آن برابر $۵/۰ \times ۱۰^{۶}$ کیلو کالری بوده است .

جدول ۲۳-۷ : انرژی مصرفی در تولید بادام زمینی در شمال شرقی تایلند

	مقدار در هکتار	کیلوکالری در هکتار
انرژی مصرفی :		
کارگر	۹۳۶[a] ساعت	۵۸۵۰۴۰[b]
گاومیش	۰/۱۷[a] گاومیش	۱۱۱۶۰۰۰[a]
ادوات	۱۶۵۷۰[d] کیلوکالری	۱۶۵۷۰[d]
حشره کش	۱۰۸۷۰۰[a] کیلوکالری	۱۰۸۷۰۰[a]
ازت	۲[a] کیلوگرم	۲۹۴۰۰[c]
فسفر	۲[a] کیلوگرم	۶۰۰۰[c]
پتاسیم	۲[a] کیلوگرم	۳۲۰۰[c]
بذر	۱۵ کیلوگرم[a] (پوست گیری نشده)	۵۸۵۰۰[a]
جمع		۱۹۲۳۴۱۰
انرژی تولیدی :		
عملکرد بادام زمینی	۱۲۸۰[a] کیلوگرم	۴۹۹۲۰۰۰[a]
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۲/۶۰
عملکرد پروتئین	۲۱۸ کیلوگرم	

(a) دورینگ ۱۹۷۷ (b) به متن مراجعه شود

(c) ضمیمه A ملاحظه شود (d) برآورد شده است .

لذا نسبت انرژی تولیدی به مصرفی برای تولید بادام زمینی در چنین سیستمی ۲/۶ به ۱ می باشد (جدول ۲۳-۷) .

عملکرد بادام زمینی در ایالات متحده $۱۰^{۶} \times ۱۵/۳$ کیلو کالری است ، که حدود ۳ برابر عملکردی است که در تایلند حاصل می شود . البته با مقدار زیاد انرژی مصرفی ، نسبت انرژی تولیدی به مصرفی ۱/۴ به ۱ می باشد (جدول ۲۴-۷) .

جدول ۲۴-۷ : انرژی مصرفی در تولید بادام زمینی در جورجیا- آمریکا (پی منتل ۱۹۷۸)

	مقدار درهکتار	کیلوکالری درهکتار
انرژی مصرفی :		
کارگر	۱۹ ساعت	۸۸۳۵
ماشین آلات	۲۰ کیلوگرم	۳۶۰۰۰۰
بنزین	۶۳ لیتر	۶۳۶۸۶۷
گازوئیل	۱۲۵ لیتر	۱۴۲۶۷۵۰
الکتریسیته	۴۰۹۹۷ کیلوکالری	۴۰۹۹۷
ازت	۳۳ کیلوگرم	۴۸۵۱۰۰
فسفر	۶۹ کیلوگرم	۲۰۷۰۰۰
پتاسیم	۱۱۲ کیلوگرم	۱۷۹۲۰۰
آهک	۱۳۶۲ کیلوگرم	۴۰۸۶۰۰
بذر	۱۲۷ کیلوگرم	۲۲۸۶۰۰۰
حشره کش	۳۷ کیلوگرم	۳۲۱۵۶۷۰
علف کش	۱۶ کیلوگرم	۱۵۹۸۵۶۰
حمل و نقل	۳۳۵ کیلوگرم	۷۶۰۹۵
جمع		۱۰۹۴۷۶۷۴
انرژی تولیدی :	۳۷۲۴ کیلوگرم	۱۵۰۳۵۶۴۰
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۱/۴
عملکرد پروتئین	۳۲۰ کیلوگرم	

مسأله مهم درآینده پیداکردن روشهایی جهت افزایش عملکرد غلات و بقولات درهکتار بدون این که کارآیی نسبت انرژی تولیدی به مصرفی تغییر کند ، می باشد . با کمک به نژادی و

تولید واریته های پیشرفته که دارای عملکرد بالایی هستند امکان افزایش عملکرد وجود دارد . برنج ۸ – IR که درانستیتوی بین المللی تحقیقات برنج اصلاح شده است ، نمونه ای از یک غله با عملکرد بالا است . با استفاده صحیح از کودها نیز می توان عملکرد را افزایش داد . واریته های جدید باید ، درمقابل آفات که موجب کاهش عملکرد شده و استفاده از آفت کش بیشتر را ضروری می سازد ، مقاوم باشند . هزینه کود و آفت کش ناشی از مصرف انرژی فسیلی است و این خود جزیی از کارآیی نسبت انرژی تولیدی به مصرفی می باشد . بدیهی است ، بخشهایی از سیستم تولید که وابسته به انرژی فسیلی است بدلیل این که این منابع غیرقابل تجدید بمرور زمان کاهش یافته و بهای آن افزایش می یابد ، درآینده تحت فشار خواهد بود . مشکل بزرگتری که درآینده گریبانگیر ما خواهد بود این است که ما تا چه اندازه ای می توانیم مستقیماً پروتئین گیاهی مصرف کنیم و تا چه اندازه امکان تبدیل آن به پروتئین دامی ، برای ما وجود دارد . تولید پروتئین حیوانی نه تنها ازنظر مصرف انرژی ، نیروی انسانی و زمین لازم برای تولید علوفه مخارج دربردارد بلکه مخارج مستقیم دام را نیز شامل می شود . اتلاف انرژی درتبدیل پروتئین گیاهی به پروتئین حیوانی این حقیقت را آشکار می سازد که ما با هرمعیاری که ارزیابی کنیم ، پروتئین حیوانی گران خواهد بود .

کارآیی انرژی برای برخی محصولات زراعی درایران

به منظور محاسبه کارآیی انرژی دربرخی محصولات زراعی ایران از اطلاعات موجود درمنابع علمی مختلف استفاده گردید . بدین ترتیب انرژی نهاده های مختلف و نیز بازده ها براساس ارقام موجود به شرح زیر درنظر گرفته شد . به عنوان مثال :

کارگر = ۵۱۵ کیلوکالری درهکتار

گازوئیل = ۱۱۴۱۴ کیلوکالری درلیتر

برق = ۲۸۶۳ کیلوکالری درکیلووات ساعت

کود ازته = ۱۲۰۰۰ کیلوکالری درکیلوگرم

کود فسفره = ۳۰۰۰ کیلوکالری درکیلوگرم

علف کشها = ۹۹۹۱۰ کیلوکالری درکیلوگرم

حشره کشها = ۸۶۹۱۰ کیلوکالری درکیلوگرم

حمل ونقل = ۲۵۷ کیلوکالری درکیلوگرم

براین اساس و نیز با توجه به مقدار انرژی حاصل از محصول برای هرکدام از گیاهان مقدار انرژی مصرفی و تولیدی محاسبه گردید (جدول ۲۵-۷) .

جدول ۲۵ -۷ : محاسبه کارآیی انرژی برای برخی محصولات زراعی درایران

	انرژی ورودی (کیلوکالری درهکتار)	انرژی خروجی (کیلوکالری درهکتار)	نسبت انرژی خروجی به ورودی
گندم (آبی)			
مورد (۱)	۷۳۹۹۰۶۹	۱۷۹۰۳۶۰۰	۲/۴
مورد (۲)	۷۷۸۸۲۳۷	۱۴۶۵۰۰۰	۱/۹
مورد (۳)	۹۸۶۳۶۴۲	۲۲۷۹۲۷۹۰	۲/۳
گندم (دیم)	۶۶۶۵۴۳	۳۵۷۶۲۵۰	۵/۴
جو (آبی)	۱۰۷۴۲۰۵۱	۲۰۵۵۰۰۰۰	۱/۹
پنبه	۱۱۳۳۵۳۴۲	۱۴۰۱۵۴۳۰	۱/۲
آفتابگردان			
مورد (۱)	۶۷۶۵۰۵۶	۸۰۶۱۰۰۰	۱/۷
مورد (۲)	۷۰۰۳۵۸۹	۱۳۵۶۰۰۰۰	۱/۹
سودانگراس	۷۰۳۷۷۱۱	۴۸۹۰۰۰۰۰	۶/۹
ذرت	۸۹۰۲۷۱۶	۲۱۰۰۰۰۰۰	۲/۳
سیب زمینی			
مورد (۱)	۱۶۷۷۵۹۹۰	۱۰۳۱۴۰۰۰	۰/۶
مورد (۲)	۱۹۱۷۵۱۶۸	۱۴۳۴۰۰۰۰	۰/۷
یونجه	۱۷۶۹۴۷۰۵	۸۸۵۵۰۰۰۰	۵
چغندرقند	۱۲۶۵۸۲	۲۰۶۱۱۵	۱/۶
سویا			
مورد (۱)	۶۳۶۲۲۰۴	۱۲۰۰۰۰۰۰	۱/۹
مورد (۲)	۵۴۶۶۸۸۷	۸۰۰۰۰۰۰	۱/۴
عدس آبی			
مورد (۱)	۳۲۵۲۰۱۶	۵۷۴۳۲۰۰	۱/۷
مورد (۲)	۲۵۹۲۱۷۹	۲۸۸۰۴۸۰	۱/۱
عدس دیم	۱۱۸۹۶۱۰	۱۴۴۰۲۴۰	۱/۲
هندوانه	۶۹۷۹۲	۷۰۷۷۸	۱/۱

ملاحظه می شود که کارآیی مصرف انرژی در اکثر محصولات کمی کمتر از مقادیری است ، که درمنابع علمی برای همین محصولات درکشورهای دیگر آورده شده است . این موضوع می تواند ناشی از مصرف بی رویه نهاده هایی مانند کود شیمیایی و سموم و نیز عملکرد کمتر این محصولات باشد . مصرف انرژی برای گندم برابر ۳/۵ درانگلستان ، ۲/۵ درآمریکا و ۲/۶ در چین گزارش شده است . این ارقام برای ذرت به ترتیب ۲/۹ ، ۲/۳ و ۳/۵ است . درحالی که این ارقام برای ایران ۱/۹ تا ۲/۴ درمورد گندم و ۲/۳ درمورد ذرت است . کارآیی انرژی در زراعتهای دیم معمولاً بیشتر است . به طورکلی کارآیی انرژی درسیستمهای سنتی بالاتر از سیستمهای مکانیزه است ، و درمواردی نسبت انرژی خروجی به ورودی تا ۱۵ نیز گزارش شده است . این موضوع عمدتاً در رابطه با عدم مصرف و یا مصرف اندك انرژیهای فسیلی و وابستگی این سیستمها به انرژیهای بیولوژیک است .

برای محاسبهٔ کارآیی انرژی دریک سیستم سنتی تولید گندم نهاده ها و انرژی مصرفی آنها و نیز انرژی محصول به صورت زیر محاسبه شد .

جدول ۲۶-۷ انرژی مصرفی کارگر برای یک هکتار کشت سنتی گندم

	مقدار در هکتار (ساعت)	کیلوکالری درهکتار
شخم	۲۴	۹۶۰۰
تسطیح	۱/۵	۶۰۰
بذرکاری	۱	۴۰۰
آبیاری	۴۸	۱۹۲۰۰
لایروبی قنات	۹۶	۳۸۴۰۰
برداشت محصول	۷۰	۲۸۰۰۰
جمع آوری	۴۰	۱۶۰۰
خرمن کوبی	۱۲۰	۴۸۰۰۰
بوجاری	۳۰	۱۲۰۰۰
جمع		۱۷۲۲۰۰

انرژی هر ساعت کار کارگر ۴۰۰ کیلوکالری درنظر گرفته شده است .

جدول ۲۷-۷: انرژی مصرفی یک جفت گاو

	مقدار هکتار (ساعت)	کیلوکالری درهکتار
شخم	۲۴	۸۴۰۰۰
تسطیح	۱	۳۵۰۰
خرمن کوبی	۶۰	۲۱۰۰۰۰
جمع		۲۹۷۵۰۰

انرژی مصرفی هرساعت برای یک جفت گاو ۳۵۰۰ کیلوکالری درنظرگرفته شده است .

جدول ۲۸-۷: انرژی مصرفی برای ساخت ادوات

	کیلوکالری
خیش	۲۰۰۰۰
داس	۳۰۰۰
چنگک	۳۰۰۰
ادوات حمل ونقل	۳۳۳۱۳
ادوات لایروبی قنات	۲۳۳
جمع	۵۹۵۴۶

درمحاسبه انرژی برای ساخت ادوات تعداد سالهایی که این ادوات قابل استفاده هستند نیز درنظر گرفته شده است .

انرژی مصرفی به صورت کود دامی و بذر براساس ۱۰۰۰۰ کیلوگرم کود و ۱۰ کیلو بذر به ترتیب۲۲۳۳۳۳ و۳۴۶۰۰کیلوکالری محاسبه شده است . انرژی هرکیلو بذر ۳۴۶۰ و هرکیلو کود دامی با احتساب ۲۰ درصد رطوبت و مصرف هر سه سال یکبار محاسبه شده است .

بدین ترتیب مقدار کل انرژی ورودی دریک هکتار گندم به صورت کشت سنتی ۳۰۸۲۵۷۹ کیلوکالری محاسبه شده است . مقدار انرژی خروجی براساس ۳۲۰۰ کیلوگرم بذر و ۴۲۰۰ کیلوگرم کاه (۲۲۱۰ کیلوکالری به ازاء هرکیلو کاه) برابر ۲۰۳۵۴۰۰۰ کیلوکالری و درنتیجه نسبت انرژی خروجی به ورودی برابر ۶/۶ محاسبه شده است .

فصل هشتم

مصرف انرژی در تولید میوه ، سبزی و علوفه

میوه

میوه ها که در حقیقت مواد خوراکی چسبیده به بذر هستند ، به صورت خام ، پخته و خشکبار مصرف می شوند . مقدار آب میوه ها بالا بوده و به حدود ۷۵-۹۰ درصد می رسد . کربوهیدراتها که عمدتاً به صورت مواد قندی بوده و بعد از آب بیشترین مقدار را دارا هستند ۶ تا ۲۲ درصد میوه را تشکیل می دهند . میوه ها دارای مقدار ناچیزی پروتئین و چربی هستند . مرکبات ، طالبی و توت فرنگی سرشار از ویتامین A هستند در حالی که پرتقال دارای کاروتن زیادی بوده و کاروتن ماده تشکیل دهنده ویتامین است . در این جا تولید سیب و پرتقال در ایالات متحده به عنوان نمونه هایی ازنظرمصرف و تولید انرژی در میوه ها بحث خواهد شد .

سیب

سیب یک محصول اقتصادی با ارزشی است . در ایالات متحده سالانه $۳/۲ \times ۱۰^{۶}$ تن سیب به ارزش ۵۳۸ میلیون دلار تولید می شود (۱۹۷۵ ، USDA) . مواد نفتی که جهت کاربرد انواع ماشین آلات در باغها صرف می شود حدود ۵۰ درصد کل انرژی مصرفی را شامل می شود (جدول ۱-۸) و بعد از آن آفت کشها با صرف ۲۶ درصد کل انرژی مصرفی بزرگترین مصرف کننده انرژی هستند .

جدول ۱ -۸ : انرژی مصرفی در تولید سیب در ایالات متحده

	مقدار در هکتار	کیلوکالری در هکتار
انرژی مصرفی :		
کارگر	۱۷۵[b] ساعت	۸۱۳۷۵[c]
ماشین آلات	۳۵[b] کیلوگرم	۶۳۰۰۰۰
گازوئیل	۵۶۰[a] لیتر	۶۳۹۱۸۴۰[d]
بیزین	۲۴۵[a] لیتر	۲۴۷۶۷۰۵[d]
ازت	۱۹۰[a] کیلوگرم	۲۷۹۳۰۰۰[e]
پتاسیم	۴۱[a] کیلوگرم	۶۵۶۰۰[e]
آهک	۴۵[b] کیلوگرم	۱۴۱۷۵[e]
آبیاری	۳۲۰۰۰۰[a] کیلوکالری	۳۲۰۰۰۰
حشره کش	۳۰[a] کیلوگرم	۲۶۰۷۳۰۰[f]
علف کش	۲[a] کیلوگرم	۱۹۹۸۲۰[f]
قارچ کش	۳۰[a] کیلوگرم	۱۹۴۷۳۰۰[f]
الکتریسیته	۳۱۰۰۰۰[b] کیلوکالری	۳۱۰۰۰۰[b]
حمل و نقل	۶۳۵ کیلوگرم	۱۶۳۱۹۵[g]
جمع		۱۸۰۰۰۳۱۰
انرژی تولیدی :		
عملکرد سیب	۱۷۹۲۰[a] کیلوگرم	۹۵۸۷۲۰۰
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۰/۵۳
عملکردپروتئین	۳۶ کیلوگرم	

(a) FEA، ۱۹۷۶ a (b) برآورد شده است

(c) ۴۶۵ کیلوکالری برای هر ساعت × ۱۷۵ ساعت (d) ضمیمه B ملاحظه شود

(e) ضمیمه A ملاحظه شود (f) ضمیمه C ملاحظه شود

(g) ۲۵۷ کیلوکالری برای هر کیلو گرم × ۶۳۵ کیلوگرم .

در ایالات متحده صرف ۱۷۵ ساعت کار در هکتار برای تولید سیب در مقایسه با تولید سایر محصولات غذایی بالاترین مقدار است که ، قسمت اعظم ان صرف برداشت میوه می شود . کل نیروی انسانی مصرف شده حدود ۸۱۳۸۰ کیلوکالری در هکتار است ، و این تنها

۰/۵ درصد از کل انرژی مصرفی در تولید سیب است که $۱۰^{۶} \times ۱۸/۳$ کیلو کالری را شامل می شود . عملکرد میوه سیب $۱۰^{۶} \times ۹/۶$ کیلو کالری انرژی در هکتار است . بنابراین نسبت انرژی تولیدی به مصرفی ۰/۵ به ۱ می باشد . یعنی برای تولید هر کیلو کالری سیب باید ۲ کیلوکالری انرژی مصرف شود .

پرتقال

پرتقال یکی دیگر ازمیوه های با ارزشی است که ، در ایالات متحده سالانه $۱۰^{۶} \times ۹/۳$ تن تولید می شود . اگر چه پرتقال و سایر مرکبات بیش از دو برابر سیب زمینی ویتامین C دارند ، ولی در حدود بیش از نیمی از ویتامین C موجود در غذای مردم ایالات متحده را بجای مرکبات ، سیب زمینی تشکیل می دهد (۱۹۷۵ ، USDA) .

از نظر تکنولوژی تولید و انرژی مصرفی ، پرتقال و سیب چندان تفاوتی با هم ندارند (جدول ۲-۸) . تولید پرتقال نسبت به سیب به مواد نفتی بیشتری نیازمند است و در عوض مصرف آفت کش آن بیش از نصف مقداری است که برای سیب نیاز است .

با توجّه به بازده انرژی به صورت محصول پرتقال که معادل $۱۰^{۶} \times ۶/۸$ کیلوکالری انرژی است . نسبت انرژی تولیدی به مصرفی آن فقط ۰/۴ به ۱ می باشد بنابراین برای تولید هر کیلو کالری پرتقال ، نزدیک به ۳ کیلوکالری انرژی نیاز است. براساس نسبت انرژی تولیدی به مصرفی ، تولید پرتقال نسبت به سیب به انرژی بیشتری نیازمند است . البته از نقطه نظر ویتامین C ، پرتقال با داشتن مقدار ۵۰ میلی گرم در هر ۱۰۰ گرم نسبت به سیب که فقط ۳ میلی گرم در هر ۱۰۰ گرم ویتامین C دارد ، ارزشمندتراست .

سبزی

سبزیجات عبارتند از قسمتهای مختلفی از گیاهان علفی که به مصرف انسان می رسند . بنابراین کلم و اسفناج ، برگهای بعضی گیاهان ، هویج ، ریشه بعضی گیاهان، کلم تکمه ای ، گلهای بعضی گیاهان ، کدو ، گوجه فرنگی ، میوه بعضی گیاهان ، نخود و لوبیا ، بذر بعضی گیاهان ، پیاز و سیب زمینی ، غده های گیاه همه سبزی هستند .

جدول ۲-۸ : انرژی مصرفی در تولید پرتقال در ایالات متحده

	مقدار در هکتار	کیلوکالری در هکتار
انرژی مصرفی :		
کارگر	۱۷۳ساعت[a]	۸۰۴۴۵[e]
ماشین آلات	۶۰کیلوگرم[a]	۱۰۸۰۰۰۰[a]
گازوئیل	۵۵۰ لیتر[b]	۵۷۶۴۰۷۰
بنزین	۴۴۰ لیتر[b]	۴۴۴۷۹۶۰
ازت	۱۹۵کیلوگرم[b]	۲۸۶۶۵۰۰[d]
فسفر	۴۶ کیلوگرم[b]	۱۳۸۰۰۰[d]
پتاسیم	۱۸۸ کیلوگرم[b]	۳۰۰۰۸۰[b]
آهک	۴۵ کیلوگرم[a]	۱۴۱۷۵[d]
آبیاری	۵۳۲۰۰۰کیلوکالری[b]	۵۳۲۰۰۰[b]
حشره کش	۲۴ کیلوگرم[b]	۲۰۸۵۸۴۰[e]
علف کش	۰/۲ کیلوگرم[b]	۱۹۹۸۲[e]
قارچ کش	۸ کیلوگرم[b]	۵۱۹۲۸۰[e]
خشک کردن		
الکتریسیته	۳۱۰۰۰۰ کیلوکالری[a]	۳۱۰۰۰۰
حمل و نقل	۷۴۰ کیلوگرم	۱۹۰۱۸۰[f]
جـــمع		۱۸۳۴۹۲۳۲
انرژی تولیدی :		
عملکرد پرتقال	۱۹۰۴۰[b]	۶۷۷۸۲۴۰
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۰/۳۷
عملکرد پروتئین	۱۹۰ کیلوگرم	

(a) برآورد شده است — FEA ، ۱۹۷۶a(b)

(c) ۴۶۵ کیلوکالری برای هر ساعت × ۱۷۳ — (d) ضمیمه A ملاحظه شود

(e) ضمیمه C ملاحظه شود

(f) ۲۵۷ کیلوکالری به ازای هر کیلوگرم × ۷۴۰ کیلوگرم .

سبزیجات مانند میوه ها دارای مقدار زیادی آب ، چربی کم و به استثنای نخود و لوبیا پروتئین کمی دارند . کربوهیدراتها که عمدتاً نشاسته هستند از مقدار زیاد (حدود ۲۲ درصد) در لوبیا تا مقدار ۲ درصد در کاهو تغییر می کند . به طور کلی سبزیجات نسبت به میوه ها دارای مواد معدنی و ویتامین بیشتری هستند . بویژه سبزیهائی که دارای برگ سبز تیره هستند مانند اسفناج مقدار زیادی ویتامین C ، کاروتن و آهن دارند . سبزیهائی که دارای برگهای سبز تیره هستند بجز اسفناج و نوعی چغندر از نظر کلسیم بسیار غنی هستند .

اکسالیک اسید موجود در اسفناج چون ممکن است با کلسیم ترکیب شده و تشکیل رسوب بدهد لذا انسان به مقدار کمی از آن نیاز دارد . بسیاری از سبزیجات بویژه دانه ها ، تیامین فراوان دارند . برای محاسبه انرژی ، طیف وسیعی از سبزیجات شامل : سیب زمینی ، اسفناج ، کلم تکمه ای ، گوجه فرنگی ، چغندر قند و کاساوا انتخاب شده اند .

سیب زمینی

سیب زمینی یا سیب زمینی سفید یکی از ۱۵ گیاهی است که در جهان امروز به عنوان غذا به مصرف انسان می دسد . حتی در ایالات متحده که در انجا سبزیجات متنوعی وجود دارد ، مقدار زیادی سیب زمینی مصرف می شود . هر نفر سالانه در حدود ۵۴ کیلوگرم و یا روزانه ۲۰۰ گرم سیب زمینی مصرف می کند(USDA ، ۱۹۷۵) . طبق اطّلاعات موجود در ایالت نیویورك ، مصرف کود بالاترین رقم انرژی در تولید سیب زمینی بوده و این مقدار $\frac{۱}{۳}$ کل انرژی مصرفی است (جدول ۳-۸) . $\frac{۱}{۳}$ دیگر انرژی صرف مواد نفتی و ماشین آلات می شود که منجر به تقلیل کار انسانی که متوسط آن ۳۵ ساعت در هکتار است شده است .

کل انرژی مصرفی برای تولید سیب زمینی در نیویورك برابر $۱۶/۰ \times ۱۰^{۶}$ کیلو کالری در هکتار است . با صرف انرژی فوق عملکرد سیب زمینی معادل $۱۹/۷ \times ۱۰^{۶}$ کیلو کالری است ، و نسبت انرژی تولیدی به مصرفی آن ۱/۲ به ۱ بوده که این مقدار کمی کمتر از نسبت ۱/۶ به ۱ است که توسط لیچ از انگلستان گزارش شده است (جدول ۴-۸) . اختلاف انرژی مصرفی در نیورك و انگلستان زیاد نیست . اگر چه سیب زمینی فقط ۲ درصد پروتئین دارد ولی عملکرد کل پروتئین آن که ۷۲۲ کیلوگرم در هکتار است رقم قابل توجهی است . این مقدار عملکرد نسبتاً بالایی است بخصوص برای این ماده غذایی که بیشتر آن را آب تشکیل می دهد .

جدول ۳-۸ : انرژی مصرفی در تولید سیب زمینی در ایالت نیویورك

	مقدار در هکتار	کیلوکالری در هکتار
انرژی مصرفی :		
کارگر	۳۵[a] ساعت	۱۶۲۷۵[d]
ماشین آلات	۳۱[b] کیلوگرم	۴۸۰۰۰۰
گازوئیل	۱۵۲[e] لیتر	۱۷۳۴۹۲۸[e]
بنزین	۲۷۲[e] لیتر	۲۷۴۹۶۴۸[e]
ازت	۲۰۵[a] کیلوگرم	۳۰۱۳۵۰۰[f]
فسفر	۳۴۸[a] کیلوگرم	۱۰۴۴۰۰۰
پتاسیم	۱۹۸[a] کیلوگرم	۳۱۶۸۰۰[f]
بذر	۱۹۰۰[a] کیلوگرم	۱۰۸۸۷۰۰[g]
حشره کش	۳۱[a] کیلوگرم	۲۶۹۴۲۱۰[h]
علف کش	۱۸[a] کیلوگرم	۱۷۹۸۳۸۰[h]
قارچ کش	۶[b] کیلوگرم	۳۸۹۴۶۰[a]
الکتریسیته	۴۷[e] کیلووات ساعت	۱۳۴۵۶۱[e]
حمل و نقل	۲۲۴۴ کیلوگرم	۵۷۷۹۹۳[j]
جمع		۱۶۰۳۸۴۵۵
انرژی تولیدی :	۳۴۳۸۴[a] کیلوگرم	۱۹۷۰۲۰۳۲
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۱/۲۳
عملکرد پروتئین	۷۲۲ کیلوگرم	

(a) سیندر ۱۹۷۷ (b) برآورد شده است

(c) الف ۱۹۷۶ ، FEA (d) ۴۵۶کیلوکالری برای هر ساعت × ۳۵

(e) ضمیمهB ملاحظه شود (f) ضمیمه A ملاحظه شود

(g) ۵۷۳ کیلو کالری به ازای هر کیلو گرم × ۲۲۴۹ کیلوگرم . (h) ضمیمه C ملاحظه شود

(i) ۲۵۷ کیلو کالری به ازای هر کیلو گرم × ۲۲۴۹ کیلو گرم .

جدول ۴-۸ : انرژی مصرفی در تولید سیب زمینی در انگلستان (لیچ ، ۱۹۷۶)

	مقدار در هکتار	کیلوکالری در هکتار
انرژی مصرفی :		
کار در مزرعه :		
سوخت تراکتورها به عنوان		
ماشینهای برداشت	۲/۸۵ ژیگاژول	۲/۸۵
سوخت ماشینهای برداشت ،		
حمل ونقل	۳/۳۸ ژیگاژول	۳/۳۸
استهلاك وتعمیرات تراکتور	۱/۱۴ ژیگاژول	۱/۱۴
استهلاك و تعمیرات ماشین		
برداشت	۶/۷۰ ژیگاژول	۶/۷۰
ازت	۱۷۵ کیلوگرم	۱۴/۰۰
فسفر	۱۷۵ کیلوگرم	۲/۴۵
پتاسیم	۲۵۰ کیلوگرم	۲/۲۵
محلولها	۱۳ کیلوگرم	۱/۲۴
سوخت جهت بذرکاری		
(۶۲۰ مگاژول به ازای هر تن)	۱/۵۷ ژیگاژول	۱/۵۷
انبار کردن (۱/۶۵ کیلو وات ساعت برتن)	۰/۵۷ ژیگاژول	۰/۵۷
جمع		۳۶/۱۵
انرژی تولیدی :		
عملکرد سیب زمینی	۲۶۳۰۰ کیلو گرم	۵۶/۹
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۱/۵۷
پروتئین تولیدی	۳۷۶ کیلوگرم	

اسفناج

اسفناج که یک سبزی برگی است به صورت خام یا پخته مصرف می شود . اگر چه کشت آن در دنیا زیاد نیست ولی از نظر غذایی با ارزش است . اسفناج مانند دیگر سبزیجات برگی از نظر آهن ، ریبوفلاوین و و یتامین A و C غنی است . بالاترین رقم مصرف انرژی برای

تولید اسفناج در ایالات متحده کود از ته بوده که نزدیک به ۵۰ درصد کل انرژی مصرفی را شامل می شود(جدول ۵-۸) . بعد از آن بزرگترین مصرف کننده انرژی سوخت و ماشین آلات هستند . کل انرژی مصرفی برابر $۱۲/۸ \times ۱۰^{۶}$ کیلوکالری بوده و عملکرد اسفناج $۲/۹ \times ۱۰^{۶}$ کیلوکالری درهکتار می باشد . نسبت انرژی تولیدی به مصرفی ۰/۲ به ۱ است . این بدین معنی است که برای تولیدهرکیلوکالری اسفناج ، نیازبه صرف ۵کیلو کالری انرژی فسیلی است .

گوجه فرنگی

از نظر گیاه شناسی گوجه فرنگی یک میوه است ولی چون معمولاً به عنوان سبزی مصرف می شود در این بخش قرار می گیرد . گوجه فرنگی بطرق مختلفی از جمله به صورت تازه در سالاد پخته شده ، کنسرو و به عنوان آب میوه مصرف می شود . ارزش غذایی آن به خاطر ویتامین C (۲۳ میلی گرم در ۱۰۰ گرم گوجه فرنگی خام) ، ویتامین A و آهن آن است .

طبق اطّلاعات موجود از تولید گوجه فرنگی در کالیفرنیا ، ۵۸ درصد کل انرژی مصرفی را سوخت و ماشین آلات تشکیل داده که موجب کاهش کار انسانی می شود (جدول ۶-۸) . دومیّن مصرف کننده زیاد انرژی کود است . کل انرژی مصرفی $۱۶/۶ \times ۱۰^{۶}$ کیلو کالری در هکتار و متوسط عملکرد گوجه فرنگی در کالیفرنیا $۹/۹ \times ۱۰^{۶}$ کیلو کالری است . بنابراین نسبت انرژی تولیدی به مصرفی ۰/۶ به ۱ است یعنی برای تولید هر کیلو کالری گوجه فرنگی نیاز به صرف حدود ۲ کیلو کالری انرژی است . از آن جا که عملکرد گوجه فرنگی در هکتار بسیار بالا است ، عملکرد پروتئین آن به مقدار ۴۹۶ کیلو گرم در هکتار نیز زیادمی باشد ، اگر چه گوجه فرنگی به طور متوسط فقط ۱ درصد پروتئین داشته و میزان آب آن زیاد است .

کلم تکمه‌ای

در انگلستان کلم تکمه ای یک سبزی مطلوبی است ولی مصرف آن در آمریکا عمومیت کمتری دارد . مانند اسفناج سرشار از ویتامین A و C و آهن است ، و نظیر اکثر سبزیجات دیگر ، برای تولید کلم تکمه ای در آمریکا ، سوخت و ماشین آلات بزرگترین مصرف کننده

انرژی هستند که بیش از $\frac{۱}{۳}$ کل انرژی مصرفی را شامل می شوند (جدول ۷-۸) .

جدول ۵-۸ : انرژی مصرفی در تولید اسفناج در ایالات متحده (بعد از ترهن درسال ۱۹۷۷ ، انجام شده است) .

	مقدار در هکتار	کیلو کالری در هکتار
انرژی مصرفی :		
کارگر	۵۶ ساعت [a]	۲۶۰۴۰ [e]
ماشین آلات	۳۰ کیلوگرم [b]	۴۸۰۰۰۰
سوخت	۲۹۷ لیتر [a]	۲۹۷۰۰۰۰ [a]
ازت	۴۷۰ کیلوگرم [a]	۶۹۰۹۰۰۰ [d]
فسفر	۳۵۴ کیلوگرم [a]	۱۰۶۲۰۰۰ [d]
پتاسیم	۱۳۶ کیلوگرم [a]	۲۱۷۶۰۰ [d]
آهک	۴۵۴ کیلوگرم [a]	۱۴۳۰۱۰ [d]
بذر	۳۳۶ کیلوگرم [a]	۱۳۵۳۰۰ [a]
آبیاری	۶۹۵۰۰ کیلوکالری [a]	۶۹۵۰۰ [a]
حشره کش	۲ کیلوگرم [a]	۱۷۳۸۲۰ [e]
علف کش	۲ کیلوگرم [a]	۱۶۹۸۲۰ [e]
الکتریسیته	۳۰۰۰۰۰ کیلوکالری [a]	۳۰۰۰۰۰ [a]
حمل و نقل	۲۸۷ کیلوگرم	۷۳۷۵۹ [f]
جمع		۱۲۷۵۹۸۴۹
انرژی تولیدی :		
عملکرد اسفناج	۱۱۲۰۰ کیلوگرم [a]	
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۰/۲۳
عملکرد پروتئین	۳۵۸ کیلو گرم [a]	

(a) ترهون ۱۹۷۷ (b) برآورد شده است

(c) ۴۶۵ کیلوکالری در هر ساعت×۵۶ ساعت (d) ضمیمه A ملاحظه شود

(e) ضمیمه C ملاحظه شود (f) ۲۵۷ کیلوکالری به ازای هرکیلوگرم×۱۲۸۷ کیلو گرم .

جدول ۶-۸ : انرژی مصرفی در تولید گوجه فرنگی در کالیفرنیا

	مقدار در هکتار	کیلوکالری در هکتار
انرژی مصرفی :		
کارگر	۱۶۵ساعت[a]	۷۶۷۲۵[e]
ماشین آلات	۳۰ کیلوگرم[b]	۴۸۰۰۰۰
گازوئیل	۲۴۶ لیتر[c]	۲۸۰۷۸۴۴[f]
بنزین	۶۲۸لیتر[c]	۶۳۴۸۴۵۲[f]
ازت	۱۶۸کیلوگرم[d]	۲۴۶۹۶۰۰[g]
فسفر	۵۶ کیلوگرم[d]	۱۶۸۰۰۰[g]
پتاسیم	۹۶ کیلوگرم[b]	۱۵۳۶۰۰[g]
آهک	۵۰ کیلوگرم[b]	۱۵۷۵۰[g]
بذر	۴ کیلوگرم[b]	۲۰۰۰۰[b]
آبیاری	۱۰۱۰۹۰۰ کیلوکالری[c]	۱۰۱۰۹۰۰[c]
حشره کشها	۲۵ کیلوگرم[a]	۲۱۷۲۵۲۵[h]
علف کشها	۲ کیلوگرم[a]	۱۹۹۸۲۰[h]
قارچ کشها	۴کیلوگرم[b]	۲۵۹۶۴۰[h]
الکتریسیته	۲۰۰۰۰۰ کیلوگرم[b]	۲۰۰۰۰۰[b]
حمل و نقل	۶۹۱ کیلوگرم	۱۷۷۵۸۷
جمع		۱۶۵۶۰۴۴۳
انرژی تولیدی :		
عملکرد گوجه فرنگی	۴۹۶۱۶ کیلوگرم[a]	۹۹۲۳۲۰۰
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۰/۶۰
عملکرد پروتئین	۴۹۶ کیلوگرم	

(a) واکروهنت ۱۹۷۳ (b) برآورد شده است

(c) الف ۱۹۷۶ ، FEA (d) ۱۹۷۴ ، سرونیکا و همکاران

(e) ۴۶۵ کیلوکالری به ازای هر ساعت×۱۶۵ ساعت (f) ضمیمه B ملاحظه گردد

(g) ضمیمه A ملاحظه گردد (h) ضمیمهC ملاحظه گردد

(i) ۲۵۷ کیلوکالری به ازای هر کیلو گرم× ۱۶۹۱ کیلوگرم .

بعد از آن برزگترین مصرف کننده انرژی کود است . کل انرژی مصرفی برای تولید کلم تکمه ای برابر ۱۰۶×۸/۱ کیلو کالری در هکتار است . در مقابل صرف این مقدار انرژی عملکرد آن در حدود ۱۰۶×۵/۵ کیلو کالری انرژی غذایی است . بنابراین نسبت انرژی تولیدی به مصرفی معادل ۰/۷ به ۱ است . اگر چه کلم تکمه ای ، از جهت داشتن مقدار فراوانی انرژی غذایی یا پروتئین در هکتار مانند سیب زمینی نیست اما عملکرد ۶۰۴ کیلو گرم پروتئین در هکتار آن قابل توّجه است . با توّجه به محاسبه نسبت انرژی تولیدی به مصرفی برای سبزیجات مختلف ، کلم تکمه ای بعد از سیب زمینی بالاترین عملکرد انرژی و پروتئین در هکتار را داراست .

چغندر قند :

چغندر قند محصول دیگری است که عموماً به لحاظ طبقه بندی سبزی محسوب نمی شود ولی بدلیل این که در بسیاری از نقاط جهان یک کالای غذایی با ارزشی است ، در این بخش گنجانده شده است . چغندر قند و نیشکر هر دو دارای ساکارز هستند . اگرچه مواد قندی آنها از نظر انرژی مهم است ولی این گیاهان فاقد مواد معدنی و پروتئین می باشند . مزیت عمده چغندر قند نسبت به نیشکر این است که چغندر قند می تواند در مناطق معتدل رشد کند در صورتی که نیشکر فقط در مناطق حاره و شبه حاره تولید می شود .

طبق گزارش لیچ(۱۹۷۶) ، در انگلستان کود از ته در حدود نیمی از انرژی مصرفی برای تولید چغندر قند را شامل می شود(جدول ۸-۸) . بعد از آن ماشین آلات و سوخت بیشترین مصرف کننده انرژی هستند . متوسط عملکرد چغندر قند ۳۵/۵ تن و عیار آن ۱۶/۵ درصد است . برای قند تنها ، نسبت انرژی تولیدی به مصرفی در حدود ۳/۶ به ۱ بوده که از نظر نسبت انرژی تولیدی به مصرفی یکی از کاراترین محصولات محاسبه شده در این بخش است .

کاساوا :

طبق آمار موجود کاساوا از نظر نسبت انرژی تولیدی به مصرفی محصول مهمی است (جدول۹-۸) .

جدول ۷-۸: مصرف انرژی در تولید کلم تکمه ای در ایالات متحده

		مقدار در هکتار	کیلوکالری در هکتار
انرژی مصرفی :			
	کارگر	۶۰[a] ساعت	۲۷۹۰۰[c]
	ماشن آلات	۳۰[b] کیلوگرم	۴۸۰۰۰۰
	سوخت	۲۸۵[a] لیتر	۲۸۸۱۰۶۵[d]
	ازت	۱۸۰[a] کیلوگرم	۲۴۶۶۰۰۰[e]
	فسفر	۴۵[a] کیلوگرم	۱۳۵۰۰۰[e]
	پتاسیم	۴۰[a] کیلوگرم	۶۴۰۰۰[e]
	آهک	۴۰[a] کیلوگرم	۱۲۶۰۰[e]
	بذر	۴[a] کیلوگرم	۱۶۱۲۰[a]
	حشره کش	۵[a] کیلوگرم	۴۳۴۵۵۰[f]
	علف کش	۱۰[a] کیلوگرم	۹۹۹۱۰۰[f]
	الکتریسیته	۳۰۰۰۰۰[b] کیلوکالری	۳۰۰۰۰۰[b]
	حمل و نقل	۲۴۹ کیلوگرم	۶۳۹۹۳[g]
	جـــمع		۸۰۶۰۳۲۸
انرژی تولیدی :			
	عملکرد کلم تکمه ای	۱۲۳۲۰[a] کیلوگرم	۵۵۴۴۰۰۰
	نسبت انرژی تولید به مصرفی		۰/۶۹
	عملکرد پروتئین	۶۰۴ کیلوگرم	

(a) پی منتل ۱۹۷۶ (b) برآورد شده است

(c) ۴۶۵ کیلوکالری برای هر ساعت×۶۰ ساعت

(d) ضمیمه B ملاحظه (e) ضمیمه A ملاحظه شود

(f) ضمیمه C ملاحظه شود

(g) ۲۵۷ کیلو کالری به ازای هرکیلوگرم×۲۴۹کیلوگرم .

جدول ۸-۸: مصرف انرژی در تولید چغندر قند در انگلستان (بعد از لیچ ، ۱۹۷۶).

	مقدار در هکتار	ژول در هکتار
انرژی مصرفی :		
سوخت تراکتور (به منظور برداشت)	$۲/۵\times۱۰^{۹}$ ژول	$۲/۵\times۱۰^{۹}$
ماشین برداشت و سوخت و حمل ونقل	$۲/۵۴\times۱۰^{۹}$ ژول	$۲/۵۴\times۱۰^{۹}$
استهلاك و تعمیرات تراکتور	$۲/۰۰\times۱۰^{۹}$ ژول	$۲/۰۰\times۱۰^{۹}$
استهلاك و تعمیرات ماشین برداشت	$۲/۸۰\times۱۰^{۹}$ ژول	$۲/۸۰\times۱۰^{۹}$
ازت	۱۶۰ کیلوگرم	$۱۲/۸۰\times۱۰^{۹}$
فسفر	۵۰ کیلوگرم	$۰/۷۰\times۱۰^{۹}$
پتاسیم	۱۵۰ کیلوگرم	$۱/۳۵\times۱۰^{۹}$
نمک طعام	۷۰ کیلوگرم	$۰/۱۰\times۱۰^{۹}$
سولفات پتاسیم (k20 ۱۷ درصد)	۲۸۰ کیلوگرم	$۰/۴۳\times۱۰^{۹}$
محلولهای افشان	۱۰/۹ کیلوگرم	$۱/۰۹\times۱۰^{۹}$
بذر	۷/۵لیره×۱۴۴ مگاژول به ازای هرلیره	$۱/۰۸\times۱۰^{۹}$
جـــمع		$۲۷/۳۹\times۱۰^{۹}$
انرژی تولیدی :		
عملکرد چغندر قند	۳۵۵۰۰ کیلوگرم	$۹۹/۱\times۱۰^{۹}$
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۳/۶۲

۱ کیلو کالری = ۴۱۸۶ ژول

آماری که برای تولید کاساوا در فوق آمده مربوط به منطقه تانگای آفریقا است . کارایی نسبت انرژی تولیدی به مصرفی برای تولید کاساوا در منطقه فوق ۲۳ به ۱ می باشد . ریشه کاساوا ۱۲-۹ ماه پس از کشت آن که از طریق ساقه های بریده شده صورت می گیرد ، برداشت می شود . برای تولید محصول نیاز به ۱۳۰۰ ساعت کار انسانی در هکتار است . کل انرژی مصرفی در حدود ۸۳۸۳۰۰ کیلو کالری در هکتار و عملکرد آن در حدود $۱۹/۲\times۱۰^{۶}$ کیلو

کالری در هکتار محاسبه شده است . این مقدار عملکرد بالای انرژی عمدتاً از نشاسته موجود در کاساوا تأمین می شود . البته عملکرد پروتئین کم و در حد ۵۸ کیلوگرم در هکتار است . بعلاوه کیفیت پروتئین کاساوا پائین ترین پروتئین گیاهی قلمداد می شود . با این که تولید کاساوا تا این حد کارایی داشته و گیاهی است که عموماً به عنوان غذا مصرف می شود ولی متأسفانه کمیت و کیفیت پروتئین آن نامناسب است .

جدول ۹-۸ : مصرف انرژی در تولید کاساوا در منطقه تانگای آفریقا

	مقدار در هکتار	کیلو کالری در هکتار
مصرف انرژی :		
کارگر	۱۲۸۴ ساعت[a]	۸۲۱۷۶۰[c]
فوکا	۱۶۵۰۰ کیلوکالری[b]	۱۶۵۰۰[b]
برداشت	—	—
جمع		۸۳۸۲۶۰
انرژی تولیدی :		
عملکرد کاساوا	۵۸۲۴ کیلوگرم	۱۹۲۱۹۲۰۰
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۲۲/۹۳
عملکرد پروتئین	۵۸ کیلو گرم	

(a) روتنبرگ ۱۹۶۸ (b) برآورد شده است

(c) انرژی مصرفی نیروی انسانی در یک روز عبارت است از :

۱ - ۸ ساعت کار با احتساب ۳۵۰ کیلو کالری در هر ساعت .

۲ - ۶ ساعت سایر فعالیتها از قرار هر ساعت ۱۴۵ کیلو کالری .

۳ - ۱۰ ساعت استراحت که برای هر ساعت ۴۵ کیلو کالری محاسبه شده است ، بنابراین کل انرژی مصرفی برای هر نفر ۴۱۲۰ کیلو کالری خواهد بود .

تولید علوفه

یکی از قسمتهای اساسی دامپروری بویژه برای حیوانات علفخوار ، تولید علوفه است . همانند سایر سیستمهای تولید محصول ، برای تولید علوفه نیز انرژی ضروری است . به طور

کلی چنین سیستمهایی با مدیریتی فشرده همراه نیستند زیرا درآمد گیاهان علوفه ای در واحد سطح کم است . یونجه ، سایر انواع علفهای خشک و ذرت سیلویی از نظر انرژی مصرفی و تولیدی بررسی شده اند .

یونجه

یونجه نه تنها یکی از پرمحصولترین گیاهان علوفه ای است بلکه از مغذیترین آنها برای دام نیز می باشد . در این جا ایالت اوهایو به عنوان نمونه بررسی شده است . در این ایالت برای یونجه نیز مانند اکثر سیستمهای فشرده زراعی ، عمده انرژی مصرفی ، صرف سوخت و ماشین آلات می شود (جدول ۱۰-۸) و این دو رویهمرفته در حدود ۷۰ درصد کل انرژی مصرفی در تولید یونجه را شامل می شوند . برعکس بیشتر محصولات ، یونجه مانند سایر بقولات ، بدلیل همزیستی با باکتریهای تثبیت کننده ازت ، به کودهای ازته نیاز چندانی ندارد . گران بودن کود ازته باعث شده است که تولید یونجه از نظر انرژی از کارایی خوبی برخوردار باشد .

کل انرژی مصرفی جهت تولید یونجه در حدود ۱۰۶×۲/۵ کیلو کالری در هکتار محاسبه شده است و با عملکردی در حدود ۱۰۶×۱۵/۴ کیلو کالری ، نسبت انرژی تولیدی به مصرفی ۶ به ۱ خواهد بود . یونجه علاوه بر تولید انرژی ، با تولید حدود ۱۱۰۰ کیلو گرم پروتئین در هکتار ، از عملکرد پروتئین بالایی برخوردار است . نکته مهم دیگر این که در ایالت متحده ، یونجه سهم بزرگی در عرضه پروتئین گیاهی جهت تغذیه دام دارد .

علوفه خشک

دردنیا بیشترین علوفه ای که صرف تغذیه گاو، گوسفند و سایر نشخوارکنندگان می شود شامل انواع متعدد علفهای چمنی می باشد. درچراگاهها حیوانات همراه با رشد گیاه، به چرای علوفه مشغول می شوند و بدین ترتیب عمل برداشت را انجام می دهند . مقداری از علوفه که توسط انسان برداشت می شود در این جا به عنوان سیستم تولید مورد بررسی قرار می گیرد .

جدول ۱۰-۸ : انرژی مصرفی در تولید یونجه در اوهایو

	مقدار در هکتار	کیلو کالری در هکتار
انرژی مصرفی :		
کارگر	۱۳[a] ساعت	۶۰۴۵[c]
ماشین آلات	۲۰[b] کیلوگرم	۳۶۰۰۰۰
گازوئیل	۱۲۹[a] لیتر	۱۳۰۴۰۶۱[d]
ازت	۷[a] کیلوگرم	۱۰۳۹۰۰[e]
فسفر	۴۵[a] کیلوگرم	۱۳۵۰۰۰[e]
پتاسیم	۵۹[a] کیلوگرم	۹۴۴۰۰[e]
آهک	۱۷۹[a] کیلوگرم	۵۶۳۸۵[e]
بذر	۴/۵[a] کیلوگرم	۲۷۹۰۰۰[f]
حشره کش	۰/۴[a] کیلوگرم	۳۴۷۶۴[g]
علف کش	۰/۲[a] کیلوگرم	۱۹۹۸۲[g]
الکتریسیته	۲۶[a] کیلو وات ساعت	۷۴۴۳۸[h]
حمل و نقل	۱۳۲ کیلوگرم	۳۳۹۲۴[j]
جـــمع		۲۵۰۱۸۹۹
انرژی تولیدی :		
عملکرد یونجه	۶۸۳۲[a] کیلوگرم	۱۵۴۴۰۳۲۰
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۶/۷
عملکرد پروتئین	۱۱۲۷ کیلوگرم	

(a) USDA ، ۱۹۷۷ (b) برآورد شده است

(c) ۴۶۵ کیلوکالری برای هر ساعت×۱۳ ساعت (d) ضمیمه B ملاحظه شود

(e) ضمیمه A ملاحظه شود (f) میشل ۱۹۷۸

(g) ضمیمه C ملاحظه گردد (h) ضمیمه B ملاحظه شود

(i) ۲۵۷ کیلو کالری به ازای هر کیلو گرم×۱۳۲ کیلو گرم .

در ایالات متحده ، در تولید علوفه خشک همانند یونجه ، دو رقم عمده انرژی مصرفی عبارتند از سوخت و ماشین آلات (جدول ۱۱-۸) که روی هم ۴۲ درصد کل انرژی مصرفی را شامل می شوند . متوسط عملکرد در حدود $۸/۶\times۱۰^{۷}$ کیلو کالری در هکتار انرژی غذایی

علوفه برآورد شده است که در مقایسه با کل انرژی مصرفی (در حدود $۱/۷ \times ۱۰^{۶}$ کیلو کالری در هکتار) ، نسبت انرژی تولیدی به مصرفی در آمریکا ۵ به ۱ می باشد . باید توّجه داشت که نسبت ۵ به ۱ در ایالات متحده در مقایسه با نسبت ۲ به ۱ در انگلستان دارای بازده سرمایه بیشتری است (جدول ۱۲-۸) .

جدول ۱۱-۸ : انرژی مصرفی در تولید علوفه خشک در ایالات متحده

	مقدار در هکتار	کیلو کالری درهکتار
انرژی مصرفی :		
کارگر	۱۶ ساعت [a]	۷۴۴۰ [d]
ماشین آلات	۲۰ کیلوگرم [b]	۳۶۰۰۰۰
سوخت	۳۶ لیتر [c]	۳۶۳۹۲۴ [e]
ازت	۷ کیلوگرم [c]	۱۰۲۹۰۰ [f]
فسفر	۸ کیلوگرم [c]	۲۴۰۰۰ [f]
پتاسیم	۱۶ کیلوگرم [c]	۲۵۶۰۰ [f]
آهک	۱۵ کیلوگرم [b]	۴۷۲۵ [f]
بذر	۳۰ کیلوگرم [a]	۶۳۰۰۰۰ [g]
علف کش	۱ کیلوگرم [c]	۹۹۹۱۰ [h]
الکتریسیته	۷۵۰۰۰ کیلوکالری [b]	۷۵۰۰۰ [b]
حمل و نقل	۸۸ کیلوگرم	۲۲۶۱۶ [i]
جمع		۱۷۱۶۱۱۵
انرژی تولیدی :		
عملکرد علوفه خشک	۵۰۰۰ کیلوگرم [a]	۸۵۷۸۶۸۰
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۵/۰
عملکرد پروتئین	۲۰۰ کیلوگرم	

(a) پی منتل ۱۹۷۶ (b) برآورد شده است

(c) FEA ، ۱۹۷۶ (d) ۴۶۵ کیلو کالری به ازای هر ساعت×۱۶ساعت

(e) ضمیمهٔ B ملاحظه شود (f) ضمیمه A ملاحظه گردد .

(g) میشل ۱۹۷۸ (h) ضمیمه C ملاحظه شود

(i) ۲۵۷ کیلوکالری به ازای هر کیلو گرم× ۸۸ کیلوگرم .

جدول ۱۲-۸ : انرژی مصرفی در تولید علوفه خشک در انگلستان

	مقدار در هکتار	ژیگاژول در هکتار
انرژی مصرفی :		
مصرف سوخت در مزرعه	$۲/۵۷ \times ۱۰^{۹}$ ژول	۲/۵۷
کار ماشین آلات	$۳/۵۳ \times ۱۰^{۹}$ ژول	۳/۵۳
ازت	۲۵۰ کیلوگرم	۲۱/۵۲
جمع		۲۷/۷
انرژی تولیدی :		
عملکرد علوفه	۱۰۳۰۰ کیلوگرم	۶۵/۵
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۲/۳۶

۱ کیلوکالری = ۴۱۸۶ ژول ۱ ژیگاژول = $۱۰^{۹}$ ژول

گرچه عملکرد در انگلستان دو برابر عملکرد ایالات متحده است ولی ازت مصرفی در انگلستان ۳۰ برابر مقداری است که در ایالات متحده استفاده شده است . یکی دیگر از سیستمهای تولید علوفه در انگلستان که کمتر فشرده است دارای نسبت ۶ به ۱ می باشد که در مقایسه با نسبت ۲ به ۱ برای یک سیستم فشرده راندمان بهتری دارد (جدول۱۳-۸) .

جدول ۱۳-۸ : انرژی مصرفی در تولید علوفه خشک در یک سیستم نسبتاً کارا در انگلستان

	مقدار در هکتار	ژیگاژول در هکتار
انرژی مصرفی :		
کار ماشین آلات	$۲/۰۰ \times ۱۰^{۹}$ ژول	۲/۰۰
ازت	۸۰ کیلوگرم	۷/۴۸
جمع		۹/۴۸
انرژی تولیدی :		
عملکرد علوفه	۵۶۰۰ کیلوگرم	۵۳/۰
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۵/۶

۱ کیلو کالری = ۴۱۸۶ ژول

ذرت سیلویی

ذرت سیلویی عبارت است از ذرتهای رسیده‌ای که در حالت سبز درو شده ، سپس قطعه قطعه شده و نهایتاً در سیلو ذخیره می شود . در طول مدتی که ذرت سیلو است عمل تخمیر انجام می شود و این فرآیند به نگهداری آن کمک می کند . در ایالت متحده کل انرژی مصرفی جهت تولید ذرت سیلویی به طور متوسط $۶/۳\times۱۰^{۶}$ کیلو کالری در هکتار است (جدول ۱۴-۸) .

در رطوبت ۷۰ درصد عملکرد ذرت سیلویی بالا بوده و به طور متوسط در حدود $۲۵/۳\times۱۰۶$ کیلو کالری می باشد . بنابراین نسبت انرژی تولیدی به مصرفی برای ذرت سیلویی ۴ به ۱ بوده که از نسبت ۳ به ۱ برای ذرت دانه‌ای به مراتب بیشتر است .

انرژی مصرفی گیاهخواری و گوشتخواری

در فصول ۶ تا ۸ انرژی مصرفی جهت تولید غذاهای حیوانی و گیاهی بررسی گردید . سئوالی که از این پس مطرح می شود این است که برای انواع غذاهای حیوانی و گیاهی تشکیل شده چه مقدار انرژی فسیلی مورد نیاز است . به عبارت دیگر آیا غذاهایی وجود دارند که نسبت به بقیه انرژی فسیلی بیشتری را ذخیره کنند؟ انسان بندرت فقط از یک یا دو نوع غذا تغذیه می کند بلکه با انتخاب از غذاهای متنوع موجود ، برنامه غذایی تهیّه می کند . البته اساساً می توان الگوی مصرف را بر حسب نوع پروتئین مصرفی تقسیم بندی نمود .

اینها جیره های غیر علف خواری است که اغلب مانند جیره های مصرفی در ایالات متحده بیشتر آن را پروتئین حیوانی تشکیل می دهد . نوع دیگر رژیم غذایی به نام رژیم شیر تخم مرغ معروف است که تخم مرغ ، شیر و فرآورده های آن ، پروتئین حیوانی آن را تشکیل داده در حالی که در رژیم کامل علف خواری هیچ پروتئین حیوانی وجود ندارد .

مثالهای زیر نشان می دهد که رژیم غذایی مختلف به سوختهای فسیلی متفاوتی نیازمندند . جهت این بررسی ازآمار ایالت متحده استفاده شده است . متوسط انرژی غذایی روزانه ، ۳۳۰۰ کیلوکالری بوده (USDA ، ۱۹۷۷) و این مقدار برای هر ۳ رژیم غذایی ثابت فرض شده است .

جدول ۱۴-۸ : مصرف انرژی تولیدی ذرت سیلوئی در نیویورك

	مقدار در هکتار	کیلوکالری در هکتار
انرژی مصرفی :		
کارگر	۱۵[d] ساعت	۶۹۷۵
ماشین آلات	۴۰[b] کیلوگرم	۷۲۰۰۰
گازوئیل	۱۱۰[c] لیتر	۱۲۵۵۵۴۰[e]
بنزین	۱۰۵[c] لیتر	۱۰۷۱۵۵۴[e]
ازت	۱۱۶[a] کیلوگرم	۱۷۰۵۲۰۰[f]
فسفر	۶۶[a] کیلوگرم	۱۹۸۰۰۰[f]
پتاسیم	۷۵[a] کیلوگرم	۱۲۰۰۰۰[f]
آهک	۵۶۰[a] کیلوگرم	۱۷۶۴۰۰[f]
بذر	۱۹[a] کیلوگرم	۴۷۵۰۰۰[g]
حشره کش	۲/۵[a] کیلوگرم	۲۱۷۲۷۵[h]
علف کش	۲/۵[c] کیلوگرم	۲۴۹۷۷۵[h]
الکتریسیته	۱۲ کیلو وات ساعت	۳۴۳۵۶[i]
حمل و نقل	۲۱۱ کیلوگرم	۵۴۲۲۷[j]
جمع		۶۲۸۴۳۰۲
انرژی تولیدی :		
عملکرد ذرت سیلوئی	۳۱۰۲۰[a] کیلوگرم	۲۵۲۸۴۴۰۲
نسبت انرژی تولیدی به مصرفی		۴/۰۲
عملکرد پروتئین	۳۹۳ کیلوگرم	

(a) اسنیدر ۱۹۷۶ (b) برآورد شده است

(c) الف ۱۹۷۶ ، FEA (d) ۴۶۵ کیلو کالری برای هر ساعت×۱۵ ساعت

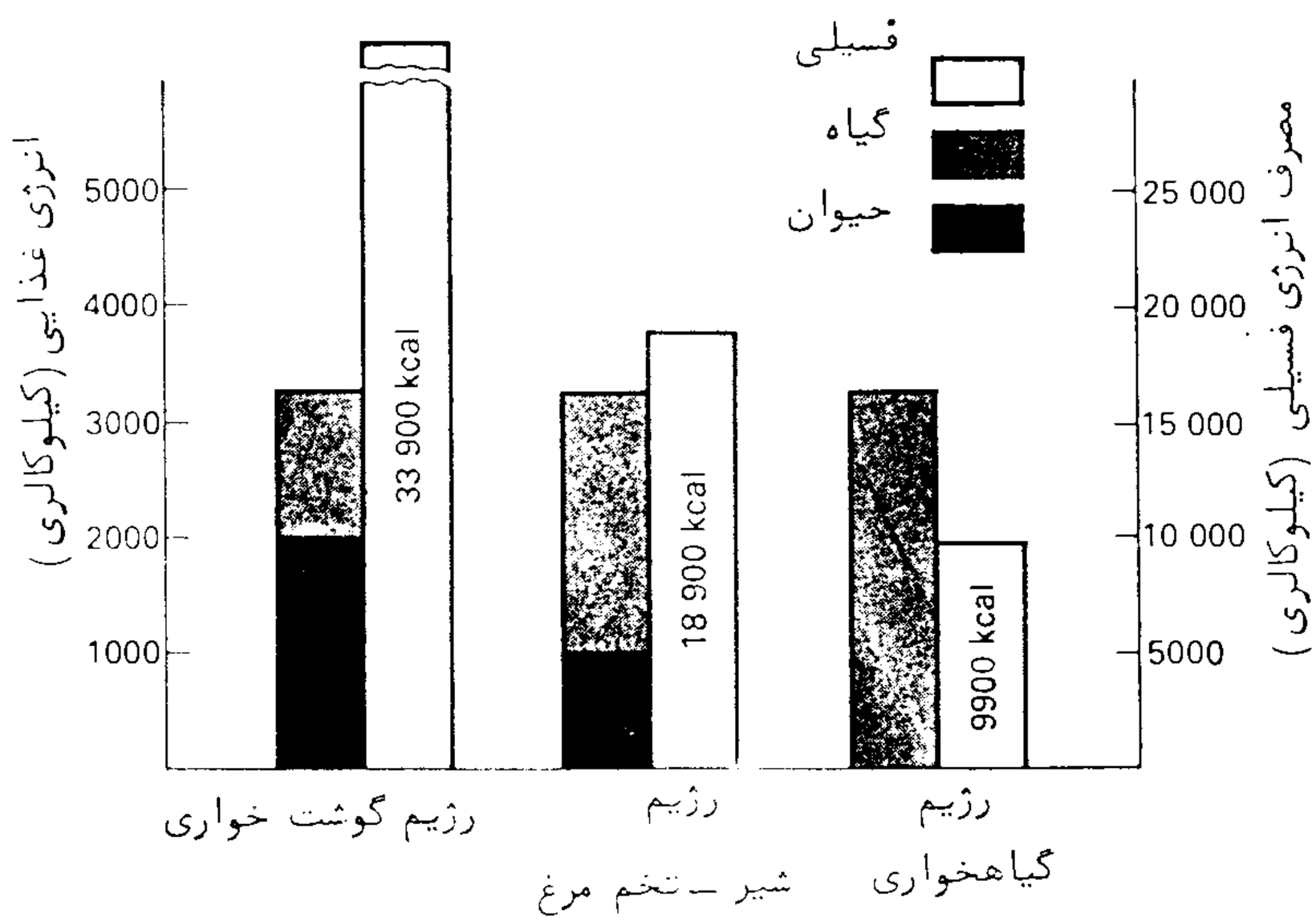
(e) ضمیمه B ملاحظه شود (f) ضمیمه A ملاحظه گردد

(g) میشل ۱۹۷۸ (h) ضمیمه C ملاحظه گردد

(i) ضمیمه B ملاحظه گردد (j) ۲۵۷ کیلوکالری به ازای هر کیلوگرم×۲۱۱کیلوگرم.

مقدار پروتئین برای رژیم گوشت خواری بیش از ۱۰۰ گرم در روز و برای سایر رژیمهابه حدود ۸۰ گرم می رسد . انرژی فسیلی مصرف شده برای تولید غذای مربوط به یک

رژیم شیر ـ تخم مرغ نزدیک به دو برابر رژیم گیاهخواری است (شکل ۱ ـ ۸) .



شکل ۱ ـ ۸ ـ رژیمهای غذایی روزانه ، گیاهخواری ، شیر ـ تخم مرغ و گوشتخواری و محاسبه انرژی فسیلی مصرف شده جهت تولید رژیمهای فوق در ایالات متحده .

برای غذای غیر علف خواری انرژی فسیلی مصرفی بیش از ۳ برابر غذای علف خواری است .

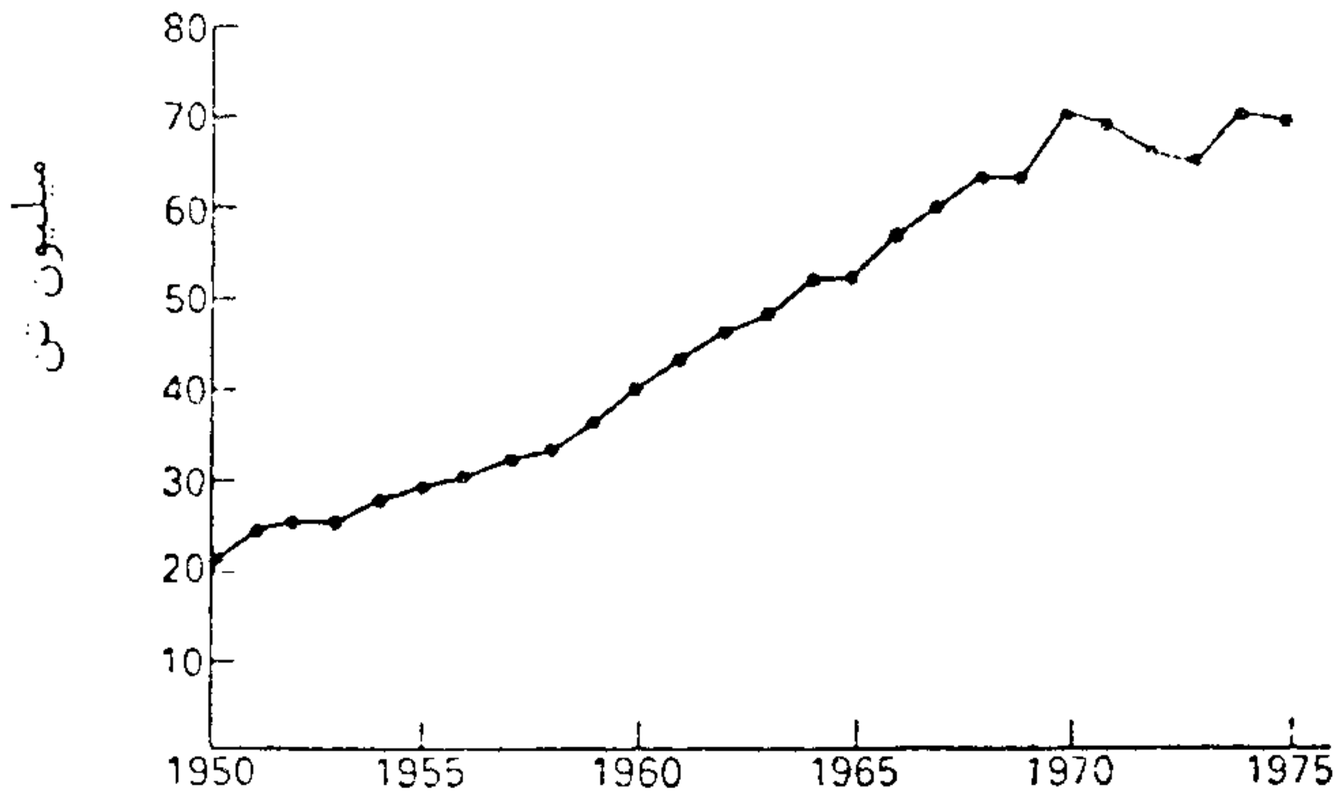
با توجّه به محاسبات نمونه های فوق ، رژیم گیاهخواری از نظر مصرف انرژی فسیلی نسبت به دو رژیم دیگر اقتصادیتر است . البته هزینه انرژی تنها عاملی نیست که در تهیّه برنامه های غذایی باید ارزیابی شود . سلیقه های شخصی در انتخاب برنامه غذایی اغلب بر اساس طعم و مزه غذاست . بعلاوه ممکن است بین جیره های گیاهخواری و غیر گیاهخواری از نظر مواد غذایی اختلاف فاحشی وجود داشته باشد . نکته مهم این است که ویتامین B_{12} که تغذیه آن ضروری است ، در رژیم گیاهخواری وجود نداشته و باید به صورت مکمل از طریق دیگری تأمین شود ، بعلاوه ، بسته به نوع پروتئین گیاهی که دام از آن استفاده می کند ، کیفیت پروتئین حیوانی فرق خواهد کرد . موقعی که اسید آمینه های ضروری غذای گیاهی کامل باشد ، کیفیت پروتئین آن رضایت بخش خواهد بود . یک جیره غذایی که شامل انواع غذاهای گیاهی باشد معمولاً حجیم بوده و مصرف آن برای بچه ها و زنان در حدی که جهت برآوردن نیاز غذاییشان ضروری است ،

ایجاد اشکال می کند . علاوه بر این ، گروههای حساس به تغذیه از قبیل کودکان ، جوانان در حال رشد و زنان باردار و شیرده اگر فقط غذای گیاهی مصرف کنند ممکن است برای تأمین ویتامین A وD و ید ، به غذای تکمیلی نیازمند باشند .

فصل نهم

انرژی مورد استفاده در تولید ماهی

انواع بیشماری از ماهیهای آب شور و شیرین ، سخت پوستان ، و نرم تنان جهت استفاده غذایی در اختیار بشر هستند . سالانه بین ۷۰-۶۰ میلیون تن مواد غذائی دریایی شامل ماهی ، سخت پوستان و نرم تنان از اقیانوسها بدست می آیند (شکل ۱-۹) .



شکل ۱-۹ - ماهی صید شده دنیا (۱۹۷۶، FAO)

این رقم شامل در حدود ۹۵٪ همه ماهیهای صید شده و استفاده شده توسط بشر می باشد . ۵٪ باقیمانده ماهیهای آب شیرین می باشند .

تقریباً $\frac{1}{3}$ کل ماهیهای صید شده (حدود 20×10^6 تن) صرف دامداری می شود(FAO۱۹۷۳ ، براون واکهوم ۱۹۷۴) . تنها حدود 6×10^6 تن مستقیماً توسط بشر مصرف می شود (پی منتل وهمکاران ۱۹۷۵) . بنابراین پروتئین ماهی ۵٪ کل غذای پروتئینی سالانه بشر را (122×10^6 تن) تشکیل می دهد .

هم اکنون در بسیاری از نقاط دنیا صید بی رویه ماهیهای معمولی صورت می گیرد و فشار فزاینده بر جمعیت ماهیها در سطح جهانی وجود دارد . برای مثال افزایش تدریجی صید ماهی در سالهای ۱۹۵۰ تا ۱۹۷۰ با کاهش سریع بعدی همراه بوده است (شکل۱-۹) . اگرچه این کاهش تا حدودی مربوط به کاهش جمعیت ماهی کولی در سواحل دور پرو می باشد ولی علت اساسی آن عموماً صید زیاد ماهی در دنیا بوده است . البته از سال ۱۹۷۳ ماهی کولی در سواحل دور پرو بهبود حاصل کرده است ، و این موضوع باعث بهبود تولید کل شده است .

شاید بتوان تولید ماهی را در جهت تأمین پروتئین مورد نیاز انسان بهبود بخشید و یا آن را به صورت کار آمدی در آورد . برای مثال آشغال ماهی که معمولاً مورد توّجه نبوده و به عنوان غذای دامها مصرف می شود می توان به طور مؤثری از آن استفاده کرد . همچنین خرچنگهای کوچکی از قبیل کریل نیز هم اکنون دوباره به عنوان غذای انسان مورد استفاده واقع می شود . شاید بتوان با استفاده مؤثرتر از آشغال ماهی و کریل و نیز با مدیریت صحیح ماهیگیری و افزایش همکاری ملتها صید سالیانه ماهی را به 100×10^6 تن پروتئین ماهی افزایش داد . به هر حال همان طوری که انتظار می رود اگر جمعیت دنیا در ۲۵ سال آینده دو برابر شود در صدی از جیره پروتئین دنیا که توسط ماهی تأمین می شود در سطح کنونی باقیمانده یا کاهشی برابر ۵٪ خواهد داشت (پی منتل و همکاران ۱۹۷۵) .

جنبه های اکولوژیکی تولید ماهی

در حدود ۰/۰۳ درصد از نوری که به یک اکوسیستم آبی می رسد توسط گیاهان آبزی و عمدتاً توسط فیتوپلانکتونها تثبیت می شود . میزان نور تثبیت شده در حدود 4×10^6 کیلو کالری در هکتار یا در حدود $\frac{1}{3}$ نور تثبیت شده در زیستگاههای زمینی برآورده شده است . فیتوپلانکتونها که انرژی نورانی را در اقیانوسها تثبیت می کنند توسط زئوپلانکتونها مصرف می شوند . بعد از گذاشتن از ۴ تا ۶ حلقه زنجیره غذایی از انرژی نورانی به صورت ماهی بهره

برداری می شود . با انتقال انرژی از هر حلقه در زنجیره غذایی مقداری از آن تلف شده و مقدار نهائی قابل دسترس خیلی کمتر از مقداری است که به صورت فیتوپلانکتون تثبیت شده است . به طور کلی در حدود $\frac{۱}{۱۰}$ انرژی ورودی به یک حلقه غذائی به حلقه بعدی می رسد .

اگر فرض کنیم که ۴×۱۰^{۶} کیلو کالری انرژی نورانی در هکتار در سال در یک اکوسیستم اقیانوس تثبیت شود و چهار حلقه در زنجیره غذایی وجود داشته باشد انرژی قابل بهره برداری به صورت ماهی در حدود ۴۰۰ کیلو کالری در هکتار در سال خواهد بود . بر حسب وزن ماهی این میزان فقط ۰/۱۵ کیلو گرم ماهی صید شده در هکتار در سال است .

اگر ۱۱۵ کیلو گرم گوشت مصرف شده توسط هر نفر در سال در ایالات متحده به وسیله ماهی از اقیانوس تأمین شده باشد و به فرض ۰/۱۵ کیلوگرم عملکرد ماهی در هکتار باشد در حدود ۱۹۲۴ هکتار از سطح اقیانوس برای هر نفر لازم خواهد بود . این مثال با فرض بر این است که کل عملکرد برای استفاده انسان مناسب باشد و در حدود ۴۰٪ آن گوشت قابل مصرف باشد . انسان در حقیقت تعداد محدودی از گونه های ماهیها را مصرف می کند . این مثال حاکی از این است که یکی از مشکلات اصلی افزایش تولید ماهی جستجوی کیلومترها از اقیانوس جهت پیدا کردن ماهی مناسب است . این جستجوها که عمدتاً به فاصله زیاد از بنادر است باعث می شود که ماهیگیری با مصرف انرژی زیاد همراه باشد .

ماهیگیری در اقیانوسها

تجهیزات عمده در صید ماهی اقیانوسها ، کشتی و بعضی لوازم مورد احتیاج جهت جستجو برای صید و انتقال ماهیها هستند . ساخت و استفاده از این تجهیزات با مصرف انرژی همراه است . اگر چه در کشتی ماهیگیری به نیروی انسانی نیز نیاز است ، اما مقدار این انرژی به ویژه در کشتیهای جدید و مکانیزه فعلی زیاد نیست .

انرژی ورودی در روشهای مختلف ماهیگیری در زیر بررسی شده و در مورد ماهیگیری در شمال شرق آمریکا توضیح بیشتری داده شده است .

صید ماهی در شمال شرق ایالات متحده

جمعیت زیاد ماهی در امتداد سواحل دریاهای شمال شرق ایالات متحده باعث شده

است که این منطقه یکی از پربارترین مناطق ماهیگیری دنیا گردد . همان گونه که در سیستمهای دیگر تولید غذا نیز صادق است در ماهیگیری نیز انرژی صرف تجهیزات ، سوخت و کارگر می شود . چون ماهیگیری در این منطقه به روشهای مختلف انجام می گیرد در این تجزیه و تحلیل به دو گروه تقسیم شده اند :

۱- سیستم ماهیگیری کنار سواحل که با استفاده از کشتیهای کوچک ماهیگیری با وزن کمتر از *GRT ۱۱۰ (وزن ناخالص تثبیت شده) صورت می گیرد .

۲- سیستم ماهیگیری دور از سواحل (وسط دریا) که با کشتیهای بزرگتر که وزن آنها بیش از GRT ۱۱۰ است صورت می گیرد . در ماهیگیری کنار سواحل انرژی مورد نیاز برای صید یک کیلو کالری پروتئین تنها ۱/۰۳ کیلو کالری انرژی فسیلی است (جدول ۱-۹) ولی برای ماهیگیری دور از ساحل انرژی مصرفی ۳/۹ کیلو کالری انرژی فسیلی برای صید هر کیلو کالری پروتئین صید شده است . پس واحدهای کوچک ماهیگیری تقریباً چهار برابر مؤثرتر از واحدهائی است که با فاصل زیاد از ساحل صید می کنند .

جدول ۱-۹ : جریان انرژی در ناحیه ماهیگیری شمال شرق

کیلو کالری انرژی فسیلی ورودی به ازای هر کیلو پروتئین از کل ماهی صید شده[b]	کیلوکالری انرژی فسیلی به ازای هر کیلو کالری پروتیین ماهـــی صیدشده جهت غذای انسان[c]
متوسط کل سیستم ۱/۶۵	۴/۱۰
سیستم کنار ساحل[d] ۱/۰۳	۲/۱۸
سیستم دور از ساحل[a] ۳/۱۰	۶/۵۵

(a) شامل کشتیهای ماهیگیری با ظرفیت GRT ۱۱۰ ≥ به ازای هر واحد ماهیگیری

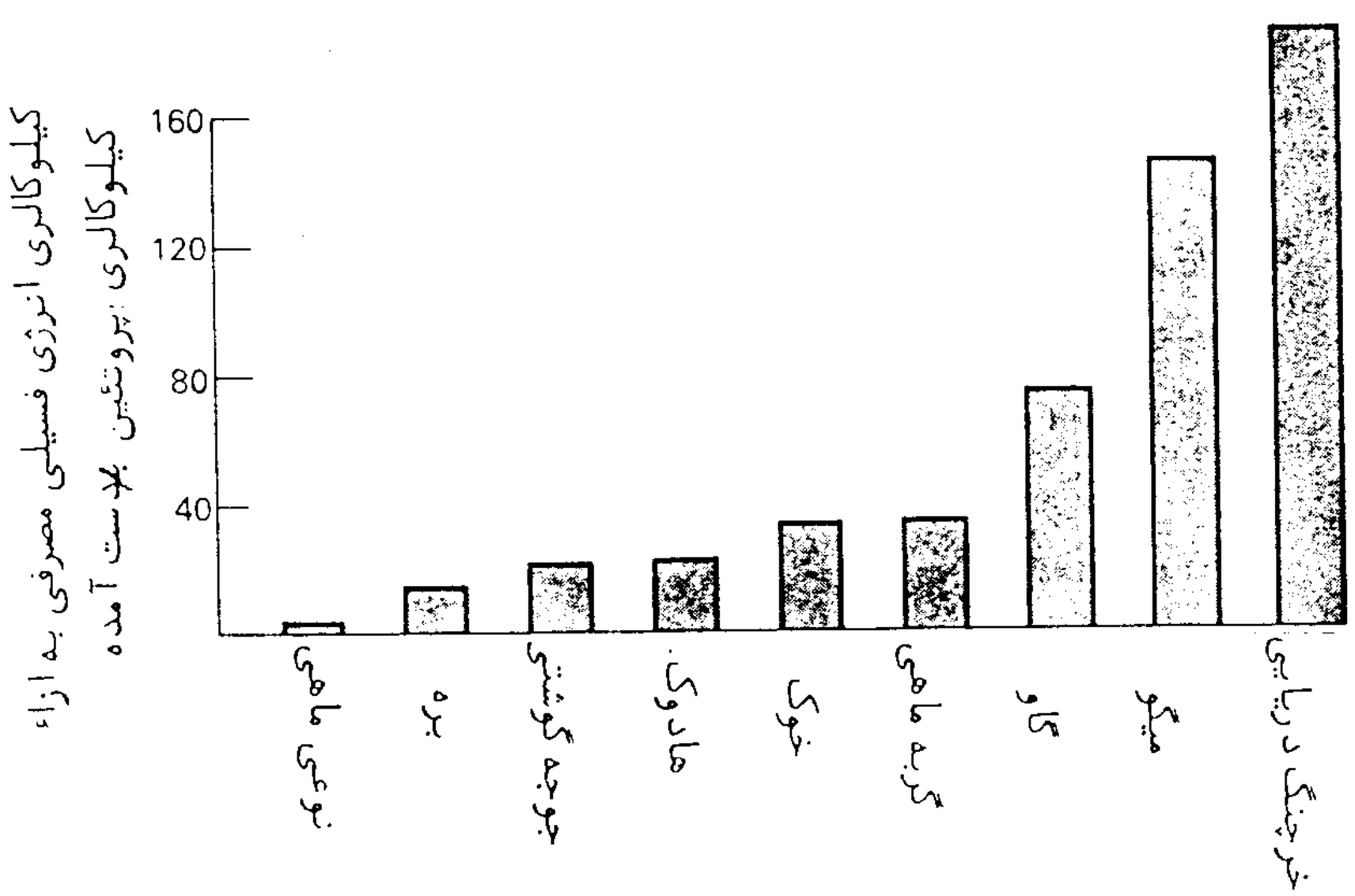
(b) کل صید پروتئین شامل آشغال ماهی

(c) پرتئین ماهی صید شده و استفاده شده برای غذای انسان

(d) شامل کشتیهای ماهیگیری با ظرفیت GRT ۱۱۰≤

* Gross Registered Tons

نسبت انرژی کمتر برای ماهیگیری در کنار ساحل تا حدودی به علت قابلیت تولید بیشتر ماهی در این مناطق است . گونه هائی که کنار ساحل هستند عمدتاً از زئوپلانکتونها تغذیه می کنند . این ماهیها از نظر ذخیره انرژی به ازای وزن بیوماس قابل مصرف به اندازه $\frac{۱}{۳}$ بیشتر از ماهیهای دور از ساحل کارآیی دارند . ماهیهای دور از ساحل گوشتخواران اوّلیه هستند و در زنجیره غذایی در محل بالاتری قرار دارند . اگر ماهیهای ضایع (آشغال ماهی) از عملکرد گزارش شده کم شود ، راندمان کلی شیلات شمال شرق آمریکا در تولید ماهی مناسب برای مصرف انسان کاهش می یابد . در شکل ۲-۹ این موضوع با متوسط نسبت انرژی تولیدی به مصرفی برابر ۴/۱ کیلو کالری انرژی فسیلی به ازاء هر کیلو کالری پروتئین تولیدی جهت مصرف انسان نشان داده شده است . ماهیگیری در کنار ساحل به حدود ۲/۲ کیلو کالری انرژی فسیلی به ازای هر کیلو کالری پروتئین تولید شده نیاز دارد ، در صورتی که ماهیگیری دور از ساحل به ۹/۶ کیلو کالری انرژی به ازای هر کیلو پروتئین ، نیاز دارد (جدول ۱-۹) .



شکل ۲-۹- انرژی فسیلی مصرفی به ازای انرژی پروتئینی به دست آمده برای ماهیهای مختلف و چندین سیستم دامی .

راندمان نسبتاً بالای ماهیگیری در شمال شرق با مقایسه با دیگر سیستمهای ماهیگیری کاملاً روشن است . هیوست (۱۹۷۴) با در نظر گرفتن تمام صنعت ماهیگیری آمریکا گزارش کرده است که در این کشور در حدود ۲۷ کیلو کالری انرژی فسیلی برای صید هر کیلو کالری

پروتئین ماهی لازم است ولیچ (۱۹۷۶) در انگلستان گزارش کرده است که ، در حدود ۲۰ کیلو کالری انرژی فسیلی برای صید ۱ کیلو کالری پروتئین ماهی مورد نیاز است ، و ادواردسون (۱۹۷۵) نیز گزارش کرده است که ، کشتیهای ماهیگیری فلزی در اسکاتلند حدود ۲۱ کیلو کالری انرژی در هر کیلو کالری پروتئین ماهی صید شده استفاده می کنند . او همچنین گزارش کرده است که ، در کشتیهای چوبی مورد استفاده برای ماهیگیری در کنار سواحل فقط ۲/۱ کیلو کالری انرژی فسیلی به ازای هر کیلو کالری پروتئین ماهی صید شده مورد نیاز است . این رقم مطابقت خوبی با ۲/۲ کیلو کالری انرژی فسیلی مصرفی برای ماهیگیری در کنار شمال شرق امریکا دارد (جدول ۱-۹) .

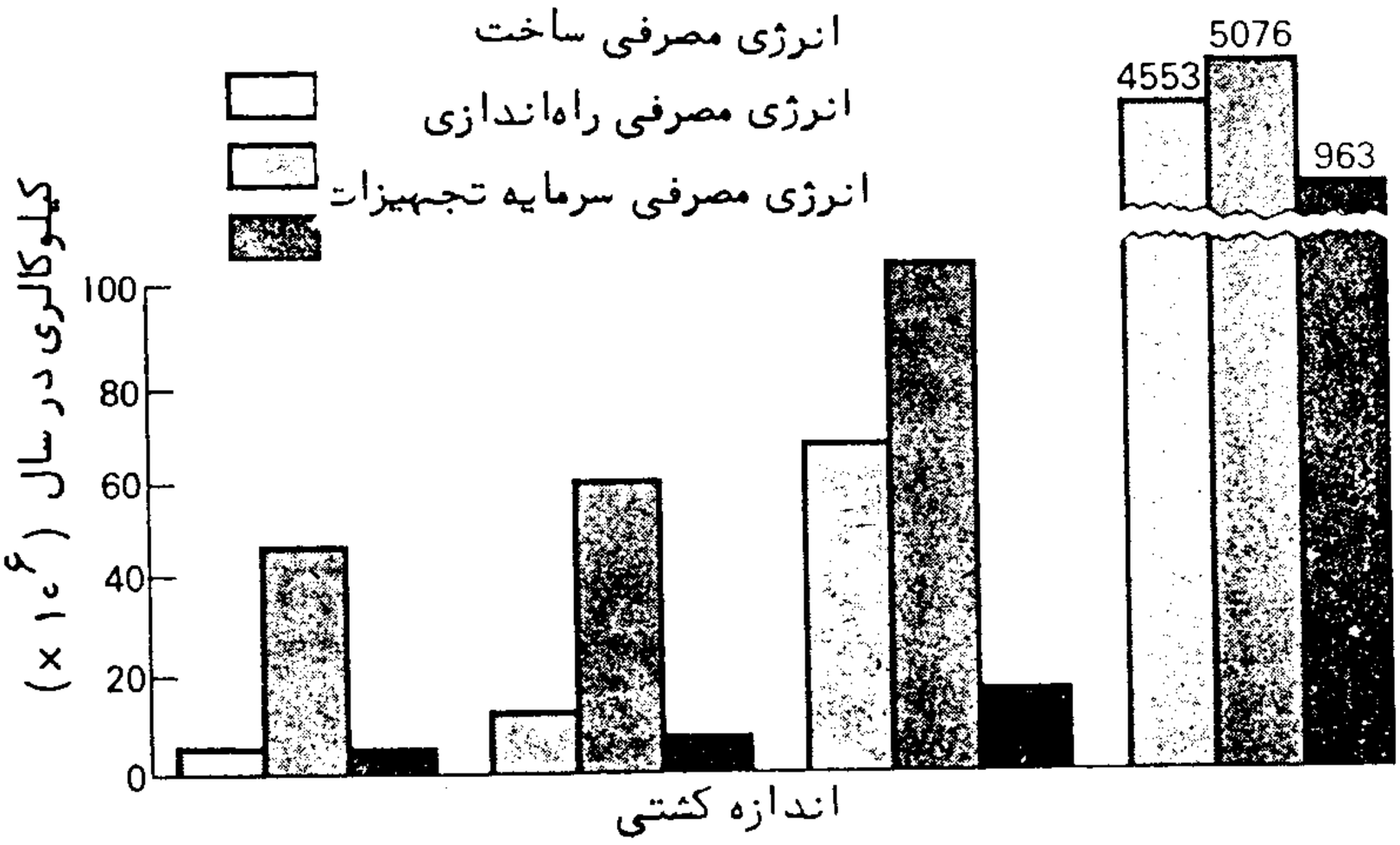
دلیل عمده برای راندمان بالای سیستم ماهیگیری در شمال شرق آمریکا این است که در حدود ۹۳٪ کشتیهای ماهیگیری تندرو ، نسبتاً کوچک و بین ۵ تا ۱۵۰ تن (GRT) وزن دارند . مزیت استفاده از کشتیهای کوچک برای ماهیگیری با مثال زیر توضیح داده شده است :

اگر عملکرد یک ساله ماهیگیری در شمال شرق آمریکا ۱۰۱۱×۷/۶ کیلو کالری پروتئین ماهی فرض شود و کل ظرفیت ماهیگیری منطقه ۱۰۴×۷ تن (GRT) که معمولاً در شرایط کنونی شمال شرق حاصل می شود باشد و اگر به جای کشتیهای کوچک معمولی از کشتیهای تندرو ۳۰۰ تن (GRT) استفاده می شد ، نسبت انرژی مصرفی به انرژی تولیدی از ۴۱/۲ به حدود ۶/۷ کیلو کالری انرژی فسیلی به ازاء هر کیلو کالری پرتئین ماهی صید شده افزایش می یابد (رچرا و پی منتل ۱۹۷۸) . این رقم برابر ۶۳٪ کاهش در راندمان ماهیگیری است .

با افزایش اندازه کشتی راندمان کلی کاهش می یابد زیرا یک ارتباط غیر خطی بین اندازه کشتی و انرژی ناخالص مورد نیاز آنها وجود دارد (شکل ۳-۹) . برای مثال ۲۲ فروند کشتی ۱۵ تنی (GRT) ظرفیتی برابر با یک کشتی ۳۳۰ تنی (GRT) دارند با این وجود کشتیهای کوچکتر ۴۴٪ بیشتر از کشتیهای بزرگتر از نظر صید مقدار مشابهی ماهی کارآمدتر می باشند . برای همه انواع کشتی انرژی مصرف شده در راه اندازی کشتی بزرگترین هزینه های انرژی است و در کشتیهای کوچک (GRT ۱۵-۷) انرژی مصرف شده جهت راه اندازی کشتی جزء قابل ملاحظه انرژی است . باید توّجه داشت که اگرچه انرژی راه اندازی کشتیهای بزرگ قابل ملاحظه است ، ساخت کشتی نیز انرژی زیادی را مصرف می کند .

سیاست دولت آمریکا درجهت به کار گیری کشتیهای بزرگ برای استفاده درمناطق پربار

شمال شرق می باشد. البته دراین قبیل کشتیها کارگرکمتری به کارگرفته می شود. اما متأسفانه در آنها راندمان استفاده ازسوختهای فسیلی نسبت به کشتیهای کوچک خیل پایین است. با توّجه به صعود قیمت سوخت فسیلی و بیکاری در دنیای صنعتی مسلماً این سیاست زیر سئوال است



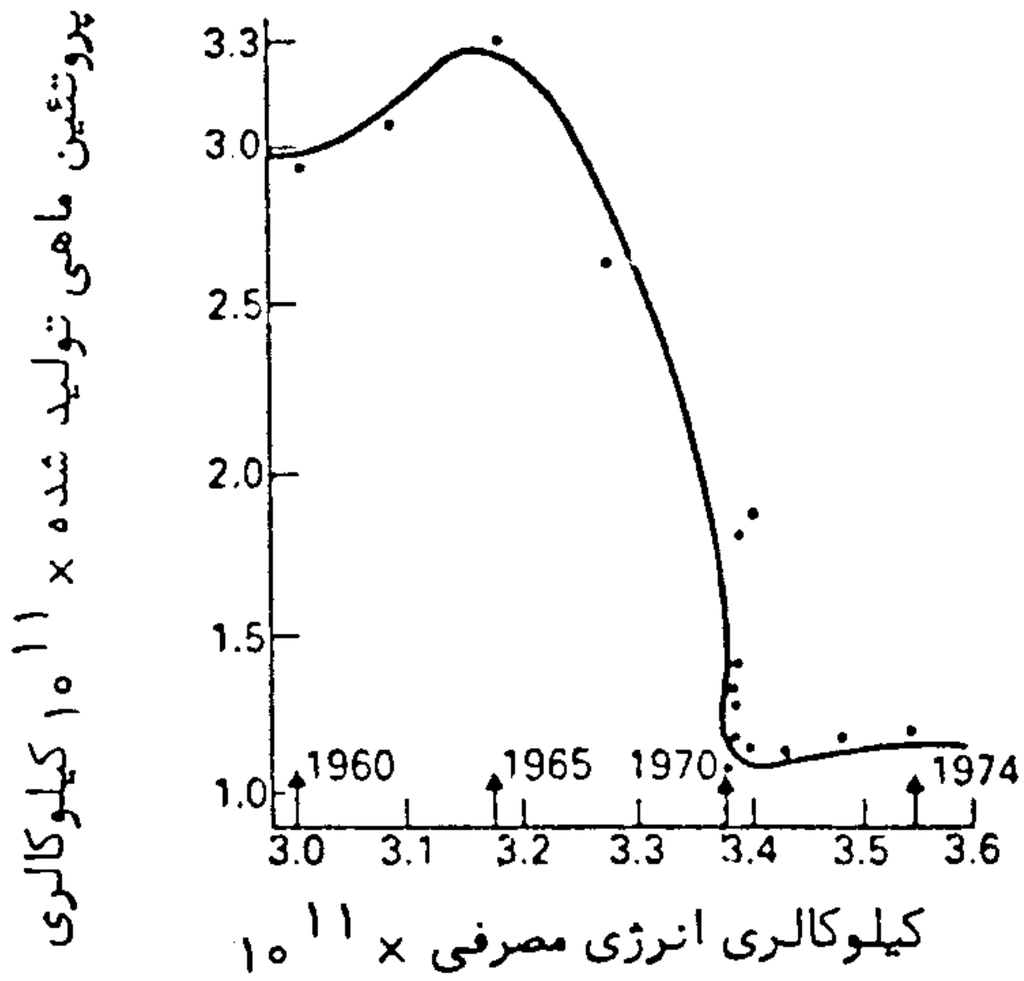
شکل۳-۹- انرژی مصرفی سالانه برای ساخت ، راه اندازی وسرمایه تجهیزات کشتیهای ماهیگیری با اندازه های مختلف در منطقه شمال شرق آمریکا .

راندمان انرژی کشتیهای ماهیگیری شمال شرق همواره در طول دههٔ ۱۹۶۰ کاهش داشته (شکل ۴-۹) . این کاهش به رقابت بین المللی در مناطق شمال شرق (بل و هازلتون ۱۹۶۷ و گولاند ۱۹۷۱ و ۱۹۷۴) و توسعه تکنولوژی جدید نسبت داده شده است (سیستمهای هیدرولیکی انتقال و سیستمهای ردیابی الکترونیکی) . این تکنیکهای جدید ظرفیت ماهیگیری هر کشتی را در منطقه ماهیگیری افزایش داده است (کاپتیوا ۱۹۶۸ و دفوز ۱۹۶۸ ، الف ـ ۱۹۷۲ ، FAO ، گولاند ۱۹۷۴ ، مارگتز ۱۹۷۴) .

برای سالهای ۱۹۶۴-۱۹۶۰ هم GRT و هم مجموع انرژی ناخالص مورد نیاز جهت ماهیگیری در شمال شرق افزایش یافته است (شکل ۵-۹) . تاسال ۱۹۶۴ انرژی ناخالص کل مورد نیاز نسبتاً ثابت باقی مانده در صورتی که GRT بسرعت کاهش یافته است . ثبات نسبی انرژی کل مورد نیاز در اثر جایگزینی کشتیهای کوچکتر با تعداد کمی از کشتیهای بزرگ که برای ساختمان و راه اندازی آنها نیاز به انرژی زیادی دارند بوده است .

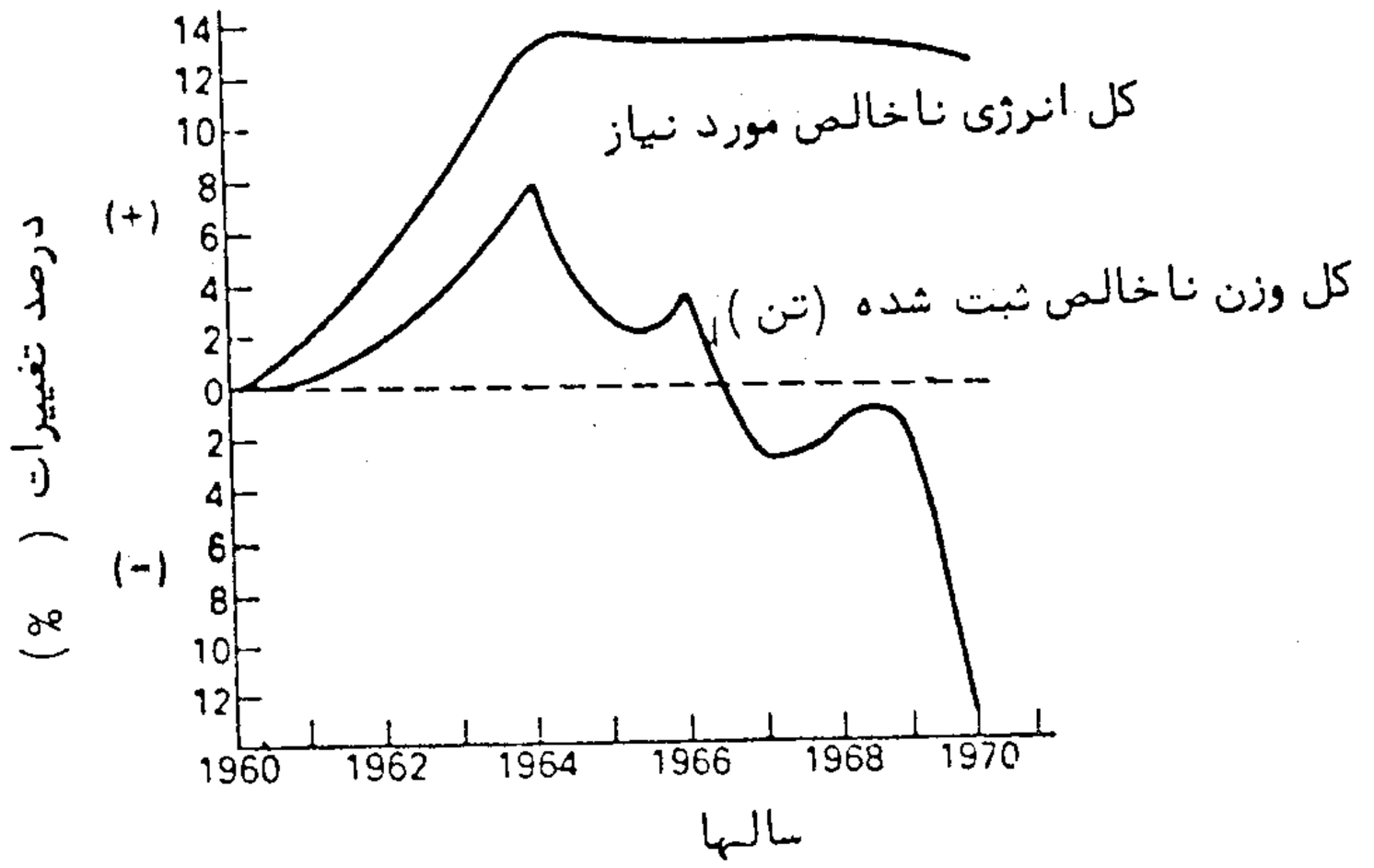
فاکتور دیگری که در بدتر شدن اوضاع ماهیگیری شمال شرق نقش دارد صید بی رویه

در مناطق ساحلی است ، بدین معنی که بهره برداری بیش از حد ماکزیمم تولید آن در این منطقه صورت می گیرد . صید زیاد همچنان ادامه دارد ، زیرا سیستم ماهیگیری در این منطقه به منظور بهره برداری زیاد تجهیزات وسیعی را دارا می باشد (بل و هازلتون ۱۹۶۷ ، هنری ۱۹۷۱ ، گولاند ۱۹۷۱ ، ب ـFAO ۱۹۷۲) ، بسیاری از محققین عقیده دارند که ذخیره بیولوژیکی اضافی به منظور متعادل ساختن این بهره برداری زیاد وجود ندارد . براساس مخارج سالانه ماهیگیری که به فعالیتهای فصلی مربوط می شود (بل و هازلتون ۱۹۶۷) بین بازده سرمایه و سطح فعالیت ماهیگیری در مناطق شمال شرقی یک رابطه منفی وجود دارد . بدین معنی که با افزایش ماهیگیری بازده پول کاهش می یابد . در حقیقت سیستم شیلات شمال شرق به مرحله ای خواهد رسید که درآمد ماهیگیری آن تنها کفاف مخارج را بدهد .



شکل۴-۹ - تغییرات در مصرف انرژی فسیلی (کیلو کالری) به ازاء هر کیلو پروتئین ماهی صید شده برای سیستم ماهیگیری شمال شرق در طی ۱۵ سال گذشته .

این موضوع به وسیله مقایسه شاخص بازده سرمایه گذاری به خوبی نشان داده شده است . در سال ۱۹۷۳ شاخص بازده سرمایه ۵ برابر نسبت به سال ۱۹۸۶ برای یک سطح مشابه کار و تلاش پائینتر بود . در مجموع اثرات ناشی از افزایش مخارج و نوسان درآمد باعث عدم ثبات اقتصادی ماهیگیری در این منطقه و اضمحلال این صنعت شده است .



شکل ۵-۹ - درصد تغییرات در کل انرژی ناخالص مورد نیاز و کل وزن ناخالص ثبت شده کشتیهای ماهیگیری بر حسب تن (GRT) از سال ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰ در سیستم ماهیگیری شمال شرق .

شیلات ایالات متحده

برای کل ماهیهایی که جهت بازار فروش ایالات متحده تولید می شود هیوست (۱۹۷۴) محاسبه کرده است که در حدود ۲۷ کیلو کالری انرژی فسیلی به ازای هر کیلو کالری پروتئین ماهی تولید شده مصرف می شود . با استفاده از تجزیه و تحلیل مشابهی را ویچر و مایر (۱۹۷۷) مصرف انرژی برای چندین نوع غذای دریایی را محاسبه کرده اند . آنها این انرژی را بین ۲ تا ۱۹۲ کیلو کالری به ازای هر کیلو کالری پروتئین ماهی تولید شده تخمین زده اند (جدول ۲-۹) .

بیشترین راندمان پروتئین ماهی تولید شده مربوط به شاه ماهی است که فقط ۲ کیلو کالری انرژی فسیلی برای تولید ۱ کیلو کالری پروتئین مورد نیاز است . ماهی معمولی از قبیل هادوك نیاز به مصرف ۲۳ کیلو کالری انرژی فسیلی به ازای هر کیلو کالری پروتئین دارد . بالاترین میزان مصرف یعنی ۱۹۲ کیلو کالری انرژی فسیلی به ازای هر کیلو کالری پروتئین مربوط به خرچنگ دریایی است .

جدول ۲-۹ : انرژی مصرفی برای انواع مختلف مواد غذایی دریایی در آمریکا

نوع ماده غذایی دریایی	کیلو کالری انرژی فسیلی مصرفی به ازای کیلوکالری پرتئین تولیدی
شاه ماهی	۲
ماهی خاردار اقیانوس	۴
ماهی آزاد زرد	۸
ماهی روغنی	۲۰
ماهی تن	۲۰
نوعی هادوك	۲۳
ماهی پهن	۲۳
شاه ماهی	۴۰
میگو	۱۵۰
خرچنگ	۱۹۲

این مصرف زیاد برای تولید پروتئین خرچنگ با توّجه به کمیابی خرچنگ و تلاش گسترده صیاد ، جهت صید این جانوران ، تعجب آور نیست .

پرو (ماهی کولی)

تولید ماهی کولی در پرو بالاترین باروری در سطح جهان دارد . تولیدات حاصله از ماهی از جمله پودر ماهی به قسمتهای مختلف دنیا صادر و بخصوص اروپا و ایالات متحده جهت صنایع مرغداری و دامداری صادر می شود.

لیچ (۱۹۷۶) اطلاّعاتی را در مورد تولید ماهی کولی و پودر ماهی جمع آوری کرد . البته در این تجزیه و تحلیل فقط انرژی مصرف به صورت فرآورده های نفتی در نظر گرفته شده و برای ساخت کشتی و تجهیزات و لوازم ماهیگیری انرژی مصرفی منظور نشده است . به طوری که اعداد و ارقام مربوط به سیستم ماهیگیری شمال شرق نشان می دهد انرژی مصرفی قابل توّجه بوده و غالباً در حدود $\frac{۱}{۲}$ کل انرژی مصرفی در یک سیستم ماهیگیری برآورد شده است (رچرا و پی منتل ۱۹۷۸) . در یک تجزیه

و تحلیل که در مورد انرژی مصرفی برای تولید هر کیلوگرم ماهی کولی انجام شده است پیشنهاد شده است که در حدود ۲ کیلوکالری فرآورده های نفتی به ازای هر ۱ کیلو کالری پروتئین ماهی ضروری است (جدول ۳-۹) . این انرژی مصرفی دوبرابر بیشتر نسبت به ۱/۰۳ کیلو کالری انرژی فسیلی مورد نیاز جهت تولید یک کیلوگرم محصول پرتئین ماهی درسواحل ماهیگیری شمال شرق می باشد (جدول۱-۹ و ۳-۹) .

اگر در مورد ارقام مربوط به تولید ماهی در پرو و اگر ساخت و نگهداری کشتی و لوازم آن نیز در نظر گرفته شود راندمان تولید ماهی در سواحل شمال شرق آمریکا ۶ برابر بیشتر نسبت به ماهیگیری کولی خواهد بود .

جدول ۳-۹ : انرژی مصرفی برای ماهی کولی و پودر ماهی در سواحل دور پرو

(فقط سوخت مصرفی منظور شده) (لیچ ۱۹۷۶)

	ژیگاژول در تن
انرژی مصرفی :	
صید ۶/۵۶ تن ماهی ، ۰/۵۴ ژیگاژول در تن	۳/۰۰
کارخانه تهیّه پودر از ماهیهای بزرگ ، ۱۸٪ تبدیل	
به پودر می‌شود ، ۱۱/۸ ژیگاژول در تن	۱۱/۸۰
جمع دو قلم بالا	۱۴/۸۰
۱۱۶۰۰ کیلو متر فاصله تا انگلستان ، ۰/۲ مگاژول	
در تن در مسیر یک طرفه	۲/۳۰
جمع	۱۷
انرژی تولیدی :	
یک تن پودر بعلاوه تقریباً ۱/۰ تن روغن ماهی ،	
پروتئین غذا ۶۰٪ مقدار روغن ناچیز	
پروتئین یک تن	۲۸/۵
کیلو کالری مصرفی به کیلو کالری تولیدی	۱/۶۷ به ۱

۴۱۸۶ ژول = ۱ کیلو کالری

خلیج مکزیك (میگو)

در مقایسه با شاه ماهی ، هدوك و ماهی کولی ، تولید میگو در خلیج مکزیک نیاز به انرژی مصرفی زیادی یعنی معادل ۲۰۶ کیلو کالری انرژی فسیلی به ازای هر کیلو کالری پروتئین ماهی تولید شده دارد(جدول ۴-۹) . این نسبت بزرگتر از متوسط (۱۵۰ کیلو کالری انرژی) مصرفی به ازای هر کیلو کالری پروتئین میگوی تولید شده در ایالت متحده می باشد .

جدول ۴-۹ : انرژی مصرفی برای تولید میگو در خلیج مکزیک (فقط سوخت مصرفی در نظر گرفته شده)

	ژیگاژول در تن
انرژی مصرفی :	
۸۳۰۰ لیتر یا ۶/۹۵ تن نفت_گاز در هر تن	
میگوی صید شده :	
مقدار کل وارد شده به اسکله	۳/۵۹
انرژی تولیدی :	
یک تن میگو ۶۵٪ آن خوردنی است ، ۳/۸۳	
مگاژول در کیلو گرم و ۱۶٪ پروتئین خوردنی	
پروتئین ۱۰۴ گرم	۱/۷۴
کیلو کالری مصرفی به کیلو کالری تولیدی	۲۰۶/۳۲

۴۱۸۶ ژول = یک کیلو کالری

اگرچه تولیدمیگودرخلیج مکزیک بامصرف انرژی زیادی همراه است ، این بدان معنی نیست که سرمایه گذاری درحال حاضر غیر اقتصادی است . میگوها غذای فوق العاده با ارزشی هستند ومنفعت حاصله قیمت انرژی مصرف شده و دیگرهزینه های تولیدی راجبران می کند .

استرالیا (میگو)

در استرالیا فقط ۲۲ کیلو کالری انرژی فسیلی مصرفی برای تولید ۱ کیلو کالری پروتئین میگو مورد نیاز است (جدول ۵-۹) . این مقدار نسبت به متوسط (۱۵۰ کیلو کالری در ایالت متحده) و ۲۰۶ کیلو کالری در خلیج مکزیک) بسیار کمتر می باشد .

مالتا (همه نوع ماهی)

طبق گزارشها در مالتا ۲۵ کیلو کالری انرژی فسیلی به ازای هر کیلو کالری پروتئین ماهی تولید شده احتیاج است . این نسبت مشابه نسبت ۲۷ به ۱ گزارش شده برای ماهیگیری ایالت متحده و همچنین ۲۵ به ۱ برای ماهیگیری انگلستان می باشد (جدول ۶-۹) .

جدول ۵-۹ : انرژی مصرف برای تولید میگو در استرالیا(لیچ ۱۹۷۶)

	ژیگاژول در تن
انرژی مصرفی :	
۵۷۳ لیتر یا ۰/۴۸ تن نفت ـ گاز در هر تن	
میگوی به ساحل آورده شده	۲۴/۵
تعمیر و نگهداری کشتی ، ۱۰۵ لیره در هر تن میگو	
به ساحل آورده شده ×۹۰ مگاژول در هر لیره انگلستان	۹/۵
تعمیر و نگهداری کشتی ، ۴۱/۸ لیره در هرتن میگو	
به ساحل آورده شده ×۹۰ مگاژول در لیره انگلستان	۳/۸
مقدار کل وارد شده به اسکله	۳۸/۱
انرژی تولیدی :	
یک تن میگو ، ۶۵٪ آن خوردنی است . ۳/۳۸	
مگاژول در کیلو گرم و ۱۶٪ پروتئین خوردنی	
پروتئین ۱۰۴ گرم	۱/۷۴
کیلو کالری مصرفی به کیلو کالری تولیدی	۲۱/۹۰

۴۱۸۶ ژول = یک کیلو کالری

آدریاتیک (انواع ماهی)

تجزیه و تحلیل تولید ماهی در منطقه آدریاتیک حاکی از آن است که این سیستم ماهیگیری از نظر مصرف انرژی به صورت فشرده است . وقتی که از کشتیهای کوچک که قادر به صید ۵۰ تن ماهی به ازای هر کشتی در سال می باشند ، استفاده شود متوسط انرژی مصرفی

در حدود ۶۸ کیلو کالری انرژی به ازای هر کیلو کالری پروتئین ماهی تولید شده می باشد (جدول ۷-۹) . هنگامی که کشتیهای بزرگ با ظرفیت برداشت سالانه ۱۵۰ تن استفاده شود انرژی مصرفی به ۱۰۰ کیلو کالری انرژی فسیلی به ازای هر کیلو کالری پروتئین ماهی تولید شده افزایش می یابد. راندمان نسبی کشتیهای کوچک نسبت به کشتیهای بزرگ مشابه آنچه در صنایع شیلات شمال شرق آمریکا اتفاق می افتد می باشد . در شیلات شمال شرق آمریکا کشتیهای کوچک ۴ برابر کشتیهای بزرگ کارآتر می باشند (روچرا ۱۹۷۶) .

جدول ۶-۹ : انرژی مصرفی برای تولید ماهی در مالتا (محاسبه شده فقط برای سوخت مصرفی)

	ژیگاژول در تن
انرژی مصرفی :	
۰/۷۸ تن سوخت دیزل در هر تن ماهی به ساحل آورده شده	۴۰/۳
انرژی تولیدی :	
یک تن ماهی که ۶۰٪ آن خوردنی است ، ۲/۹ مگاژول در کیلو گرم و ۱۶٪ پروتئین خوردنی	
پروتئین ۹۶ کیلو گرم	۱/۶۱
کیلو کالری مصرفی به کیلو کالری تولیدی	۲۵/۰۵

۴۱۸۶ ژول = یک کیلو کالری

پرورش ماهی

پرورش ماهی مورد توّجه زیاد واقع شده است زیرا انتظار می رود مقدار زیادی پروتئین با کیفیت بالا بتواند در این روش تولید شود . در جنوب ایالات متحده پرورش گربه ماهی در مقیاس تجارتی انجام می شود . گربه ماهی یک ماهی خوردنی بسیار عالی است اما تا بحال در خارج از ایالات جنوبی نسبتاً ناشناخته است .

بیشترین انرژی مصرفی در پرورش گربه ماهی صرف تغذیه آن می گردد . و ستوبی و کیس (۱۹۷۴) و مک (۱۹۷۱) گزارش کرده اند که مواد غذایی مصرفی در هکتار که به مدت ۱/۵ سال جهت تولید ماهیهای نیم کیلویی گربه ماهی قابل عرضه به بازار لازم است ۵/۹ تن

می باشد (جدول ۸-۹) .

مجموع انرژی فسیلی مصرفی برای تولید خوراك گربه ماهی ۱۰۶×۳۹ کیلو کالری می باشد . انرژی مصرفی عمده دیگر برای این سیستم ۱۰۶×۹/۵ کیلو کالری جهت تولید و نگهداری تجهیزات است .

مجموع انرژی مصرفی برای تولید محصولی در حدود ۲۷۸۰ کیلو گرم گربه ماهی در هکتار معادل ۱۰۶×۵۲/۵ کیلو کالری انرژی فسیلی می باشد . به فرض اگر ۶۰٪ وزن مفید و ۲۳٪ پروتئین آن باشد مجموع تولید پروتئین گربه ماهی ۳۸۴ کیلو گرم می باشد . ۳۸۴ کیلو گرم پروتئین گربه ماهی معادل ۱۰۶×۱/۵ کیلو کالری انرژی غذائی می باشد بنابراین نسبت انرژی مصرفی به انرژی تولیدی ۳۴ کیلو کالری انرژی فسیلی به ازای هر کیلو کالری پروتئین گربه ماهی تولیدی محاسبه شده است

جدول ۷-۹ : انرژی مصرفی برای تولید ماهی در آدریاتیک (فقط سوخت مصرفی)

ژیگاژول در تن		
انرژی مصرفی :		
کشتی های کوچک ، ۲/۱ تن سوخت در هر تن ماهی صید شده	۱۰۹	
کشتی های بزرگ ، ۳/۳ تن سوخت در هر تن ماهی صیدشده		۱۷۰
انرژی تولیدی :		
یک تن ماهی ، ۶۰٪ خوردنی ، ۲/۹ مگاژول در کیلو گرم و ۱۶٪ پروتئین خوردنی		
عملکرد پروتئین ۹۶ کیلو گرم (۱/۶۱GJ)		
	کشتیهای کوچک	کشتیهای بزرگ
انرژی به صورت پروتئین	۱۰۹ ژیگاژول	۱۷۰ ژیگاژول
کیلو کالری مصرفی به کیلو کالری تولیدی	۶۷/۷۰	۱۰۵/۵۹

۴۱۸۶ ژول = یک کیلو کالری

این نسبت مشابه سیستمهای دیگر تولید گربه ماهی است که نسبت انرژی مصرفی

به تولیدی معادل ۳۵ به ۱ است . نسبت انرژی مصرفی به تولیدی گربه ماهی بسیار شبیه به نسبت ۳۵ به ۱ برای تولید گوشت خوك در ایالات متحده است . اگر چه گربه ماهی خون سرد بوده و انرژی برای گرم کردن بدنش استفاده نمی شود ، در عین حال از نظر تبدیل غذای مصرفی به پروتئین کارآیی زیادی ندارند ، بویژه که راندمان آنها خیلی پایین تر از جوجه گوشتی است . برای مثال جهت تولید یک کیلوکالری پروتئین جوجه کبابی نیاز به مصرف ۲۲ کیلو کالری انرژی فسیلی است ، اما نسبت به گوشت گاو ، میگو و خرچنگ دارای راندمان بیشتری است .

جدول ۸-۹ : انرژی مصرفی جهت تولید گربه ماهی تجارتی در هر هکتار حوضچه در لویزیانا

	مقدار در هکتار	کیلوکالری در هکتار
انرژی مصرفی :		
کارگر	(ساعت) ۱۲۰	۶۳۲۵۰
تجهیزات	کیلوکالری ۹۵۰۰۰۰۰	۹۵۰۰۰۰۰
پمپ کردن	کیلووات ۱۶۶۷	۴۳۴۳۲۵۰
کودها ودیگر مواد شیمیائی	کیلوگرم ۳/۳	۶۰۰۰۰
خوراك	کیلوگرم ۵۹۲۵	۳۹۰۰۰۰۰۰
جمع		۵۲۵۰۰۵۰۰
محصول :		
عملکرد گربه ماهی	کیلو گرم ۲۷۸۳	
نسبت انرژی مصرفی به تولیدی		۳۴/۲
عملکرد پروتئین	کیلوگرم* ۳۸۴	۱۵۳۶۰۰۰

* با فرض این که ۶۰٪ وزن مفید و ۲۳٪ پروتئین در گوشت گربه ماهی به اضافه $۴/۳ \times ۱۰^{۶}$ کیلو کالری برای پمپ کردن و گردش آب حوضچه هائی به مساحت چهار هکتار مورد احتیاج می باشد .

نتیجه گیری

تولید ماهی در سیستمی مشابه سیستم شمال شرق امریکا از نظر انرژی مصرفی کاملاً اقتصادی است و در مقابل ، دیگر تولیدات شبیه میگو ، خرچنگ ، انرژی مصرفی فوق العاده

بالایی دارد (شکل ۲-۹) . در مقایسه با دامداری ، تولیدات ماهی انرژی مصرفی مشابهی را دارا است . واضح است که تحقیقات زیادی جهت توسعه استفاده از تمام پتانسیل ماهی به‌عنوان غذای بشر لازم است . گونه‌های ماهی قابل مصرف انسان ، نوع کشتیهای استفاده شده ، کنترل صید ماهی ، پرورش گونه‌های مفید تنها بخشی از مجموعه‌ای است که نیاز به مطالعه بیشتری دارد . حتی اگر امکان بهبود تولید ماهی باشد ، سرعت رشد جمعیت اثرمنفی بر عملکرد خواهد داشت .

فصل دهم

عمل آوری ، بسته بندی و تهیّه مواد غذایی

از زمانی که بشر برای اوّلین بار آتش را کنترل کرد جهت پختن بعضی از غذاهای خود از گرمای آن استفاده کرد . طبخ غذا از طریق سرخ کردن ، پختن ، پختن با بخار ، نیمرو ، کباب کردن یا جوشانیدن بسیاری از غذاها را خوش خوراکتر می کند . در حقیقت طعم این قبیل غذاهای گوشتی با پختن افزایش می یابد . هنگامی که غلات حرارت داده شوند ، کربوهیدراتهای آنها قابل هضمتر می گردد و طعم و قوام آنها بهبود می یابد . اگر چه همه سبزیجات قبل از مصرف پخت نمی شوند ، اگر حرارت دادن به دقت انجام گیرد باعث تردی بیشتر آنها شده و با این وجود رنگهای طبیعی و طعمشان حفظ می شود .

مطمئناً پختن غذا به تنهایی و یا مخلوط آنها باعث می شود که انسان بتواند غذاهای متنوعی را تهیّه کند . به هر حال حرارت ، بویژه در حضور میزان زیادی آب باعث تخریب ویتامین ، تیامین و کاهش حلاّلیت مواد معدنی با ارزش می شود . نقش حرارت دادن تنها بهبود خوشخوراکی غذا نیست بلکه دارای عمل مهم دیگری نیز می باشد . حرارت دادن غذا تا ۱۰۰ درجه سانتیگراد یا بالاتر (۱۱۶ درجه سانتیگراد) میکروارگانیسمها و پارازیتهای مضر را که سبب آلودگیهای طبیعی غذا می شوند ، از بین می برد . بنابراین استافیلوکوکوس و سالمونلا به وسیله جوشانیدن از بین می رونددر صورتی که باکتری کلستریدیوم بایستی در معرض

حرارت ۱۱۶ درجه سانتیگراد (در شرایط تحت فشار) قرار گیرد تا اسپورهای مقاوم به حرارت آن از بین بروند . مثال دیگر تریشین ، کرم پارازیتی است که در گوشت خام خوك یافت می شود و در صورتی که انسان مصرف کند به بدن او منتقل شده و باعث بیماری می شود . اما وقتی که گوشت خوك در حداقل ۵۸/۵ درجه سانتیگراد پخته شود انگل از بین می رود .

پارازیتهای متعدد چون پروتوزآ و پارازیتهای کرمی ، در صورتی که مردم سبزیجات خام و میوه های باغی که با کودهای انسانی حاصلخیز شده است مصرف کنند باعث بیماری انسان می شوند . اگر چه به نظر می رسد این مشکلات ارتباط با کشاورزی بدوی دارد ولی امروزه در بعضی مناطق که مواد آلی در باغبانی به دقت مصرف نمی شود ، این مسائل وجود دارد .

باستثنای غلات و قندها ، بسیاری ازغذاهای مصرفی انسان فاسدشدنی هستند . وقتی که به مدت زیادی نگهداری شوند کیفیت آنها کاهش یافته وفاسد می شوند . البته اگر روشهای مناسب نگهداری اعمال شود ، موادغذایی حیوانی و گیاهی می تواند برای استفاده مجدد ذخیره شود .

روشهای عمده نگهداری مواد غذایی ، کنسرو کردن ، انجماد ، خشک کردن ، نمک زدن و دود دادن می باشند . در همه این روشها کشتن میکروارگانیزمها و یا محدود کردن رشد آنها و کاهش یا غیر فعال کردن آنزیمهایی که باعث تغییرات نامطلوب در کیفیت مواد غذائی می شوند ، مد نظر می باشد . در صورتی که مواد غذایی برای مدت زمان زیادی نگهداری شود جهت محافظت بیشتر لازم است غذا در قوطیهای فلزی ، شیشه دهان گشاد ، کاغذهای غیر قابل نفوذ هوا یا ظروف پلاستیکی قرار داده شوند .

در حالی که در بخش وسیعی از دنیا گروههای خانوادگی غذای مورد نیاز سالانه خود را تولید و ذخیره می کنند ، در کشورهای دنیای غرب ، مصرف کنندگان هم غذای تازه و هم غذاهای تجارتی فرایند شده از سوپرمارکتها خریداری می کنند .

کنسرو کردن

از وقتی که لوئی پاستور ثابت کرد که میکروارگانیزمهایی که با چشم غیر قابل دیدن هستند باعث فساد مواد غذایی شده و این فاسد شدن تجزیه خود بخودی نیست ، روشهای مختلف حرارت دادن مواد غذایی با درجه حرارت بالا برای کشتن میکروارگانیزمهای مضر

به کار برده شده است . فرایند اصلی کنسرو کردن حرارت دادن بحد جوشاندن یا بالاتر ، بسته بندی و سربندی کامل در ظروف استریلیزه شده می باشد . در طی فرایند کردن مواد غذایی درجه حرارت و زمان مورد نیاز بستگی زیادی به اسیدیته مواد غذایی فرآیند شده دارد . مواد غذایی که دارای اسیدیته از ۴/۵ به بالا می باشند جهت فرآیند سازی نیاز به درجه حرارت بیشتری در دستگاههای کنسرو سازی تحت فشار دارند . علظت مواد غذایی ، بعلاوه اندازه و شکل ظرف نیز بر زمان عمل آوردن مواد غذایی مؤثر می باشند .

متوسط انرژی مصرفی برای کنسرو سبزی و میوه ها در حدود ۵۷۵ کیلو کالری در هر کیلو گرم غذا می باشد (جدول ۱-۱۰) . این ارقام فقط انرژی مصرف شده به صورت حرارت در طی فرآیند واقعی تهیّه موادغذایی را شامل می شود و شامل انرژی مصرفی جهت ساختن قوطی نیست .

انجماد

در انجماد بسیاری کیفیتهای مطلوب غذاهای تازه برای مدت زمان نسبتاً زیادی حفظ می شود .

درجه حرارت به کار برده شده یعنی ۱۸ - درجه سانتیگراد مانع رشد میکروارگانیزمهای مضر شده و یا رشد آنها را کاهش می دهد . همچنین به علت یخ زدن آب موجود و عدم دسترسی میکروارگانیزمها به آن از رشد آنها جلوگیری می شود .

میوه ها می توانند با افزودن شکر به صورت بسته های خشک یا در شربت قند منجمد شوند . سبزیجات بایستی با جوشاندن یا در معرض بخار قرار دادن در یک مدت کوتاه قبل از انجماد پخت شوند تا با این عمل آنزیمهای گیاهی را که باعث تخریب رنگها و طعمهای طبیعی گیاه می شوند غیر فعال شوند . انرژی مصرفی برای انجماد سبزیجات و میوه ها بسیار زیادتر از کنسرو کردن است . به طور متوسط ۱۸۱۵ کیلو کالری به ازای هر کیلو گرم غذای منجمد شده در مقایسه با فقط ۵۷۵ کیلو کالری به ازای هر کیلو گرم جهت کنسرو کردن است (جدول ۱-۱۰) . این بدین علت است که کنسرو کردن فقط به حرارت نیاز دارد در صورتی که انجماد ممکن است مستلزم حرارت دادن مختصر ، سرد کردن و سپس انجماد واقعی باشد .

جدول ۱-۱۰ : انرژی مصرفی برای عمل آوری تولیدات مختلف (کاسپر ۱۹۷۷)

نوع تولیدات	کیلوکالری به ازاء هر کیلو گرم غذا	ملاحظات
چغندر قند	۵۶۶۰	بافرض ۱۷٪ قند درچغندر
نیشکر	۳۳۷۰	بافرض ۲۰٪ قند در نیشکر
میوه ها و سبزیجات (کنسرو شده)	۵۷۵	
میوه و سزیجاب (منجمد شده)	۱۸۱۵	
آرد	۴۸۴	شامل مخلوط کردن آرد
غذاهای پخته شده	۱۴۸۵	
صبحانه غلات	۱۵۶۷۵	
گوشت	۱۲۰۶	
شیر	۳۵۴	
غذاهای آبگیری شده	۳۵۴۲	
ماهی (منجمد شده)	۱۸۱۵	
بستنی	۸۸۰	
شکلات	۱۸۵۹۱	
نوشابه های غیر الکلی	۱۸۹۴۸	با ازای هر لیتر
مشروبات الکلی	۱۴۲۵	به ازای هر لیتر
غذای حیوانات خانگی	۸۳۰	
تولید یخ	۸۲۸	
قهوه	۱۵۱	قهوه فوری

بعلاوه غذاهای کنسرو شده می توانند در حرارت اتاق نگهداری شده (البته توصیه می شود که در حرارت کمی کمتر از حرارت اتاق نگهداری شوند) در صورتی که غذای منجمد شده بایستی در فریزری که درجه حرارت آن ۱۸- درجه سانتیگراد یا کمتر می باشد نگهداری شود . این نوع نگهداری مواد غذایی در حرارت کم نیاز به حدود ۲۵۶ کیلو کالری به ازای هر کیلو گرم که در هر ماه نگهداری می شود دارد (USBC ، ۱۹۷۵) . با توّجه به این که غذای منجمد شده معمولاً ۳ تا ۶ ماه نگهداری می شود قیمت این مقدار انرژی بایستی به هزینه لازم برای انجماد اضافه گردد . بنابراین مجموع انرژی مصرفی نسبت به کنسرو کردن بسیار بالاتر

است . البته ساخت ظروف کاغذی و پلاستیکی مقاوم به رطوبت برای غذاهای منجمد شده نیازمند به انرژی کمتری در مقایسه با قوطیهای فلزی و شیشه های دهان گشاد مورد استفاده در کنسرو کردن دارد .

نمك زدن

ماهی ، گوشت خوك وسایر انواع گوشتها بیش از ۳۰۰۰ سال است که به وسیله نمک زدن نگهداری می شده اند (جنسن ۱۹۴۹) . امروزه این روش در مقایسه با گذشته کاربرد وسیعی نداشته و علت آن شاید این باشد که روشهای دیگری که می توان انواع غذاها را نگهداری نمود ابداع شده اند .

اصول استفاده از نمک (NACL) برای نگهداری ماهی و انواع گوشت ، آبگیری گوشت است و مهمتر از آن افزایش فشار اسمزی در حدی است که رشد میکروارگانیزمها ، حشرات و دیگر موجودات جلوگیری می کند .

همانند غذاهایی که در مناطق آفتابی با انرژی خورشیدی خشک می شوند ، نمک زدن نیاز به انرژی مصرفی نسبتاً کمی دارد . معمولاً در حدود ۱ کیلو گرم نمک به ۴ کیلو گرم گوشت یا ماهی که قرار است نگهداری شود اضافه می شود (هرتز برگ و همکاران ، ۱۹۷۳) . این روش احتیاج به حدود ۲۳ کیلو کالری انرژی به ازای هر کیلو گرم گوشت ماهی نگهداری شده دارد (۹۰ کیلو کالری انرژی فسیلی برای تولید ۱ کیلو گرم نمک مورد نیاز است)(راویتشر و مایر ۱۹۷۷) .

گوشت نمکزده را می توان به وسیله آویزان کردن در یک منطقه خشک و سرد نگهداری نمود و یا در ظرفهای مناسب قرار داد . مجموع ۲۳ کیلو کالری انرژی مصرفی به ازای هر کیلو گرم گوشت نمکزده خیلی کمتر از انرژی مورد نیاز برای انجماد ماهی یا گوشت می باشد . قبل از آن که ماهی یا گوشت نمکزده قابل مصرف باشد بایستی نمک به وسیله خیساندن و در بعضی مواقع آب کشیدن با آب شیرین بر طرف شود . بعد ماهی یا گوشت معمولاً پخته شده ، اما با وجود خیساندن و آب کشیدن معمولاً نمک به اندازه کافی باقی مانده که این میزان نمک ، طعم ماهی یا گوشت را به طور قابل توجهی شور می کند .

خشك كردن

خشک کردن غلات ، گوشت ، حبوبات و میوه ها از طریق کاهش مقدار رطوبت به ۱۳٪ یا کمتر است که بدین وسیله مانع رشد میکروارگانیزمها و کاهش خطر هجوم حشرات می شود . نور خورشید منبع انرژی مؤثری است که قرنها برای خشک کردن محصولاتی از قبیل کشمش و حبوبات استفاده می شده و امروزه نیز مورد استفاده واقع می شود . نور خورشید به عنوان منبع انرژی مداوم ، نامحدود و عموماً کم قیمت برای مصرف برتری مشخصی دارد . اگر روش خشک کردن تدریجی به وسیله نور انجام نگیرد ، خشک کردن مصنوعی با مصرف انرژی زیادی همراه است ، زیرا جهت تبخیر آب مقدار زیادی انرژی لازم است . برای نمونه ، در خشک کردن غلات تبخیر یک لیتر آب به طور متوسط نیاز به صرف ۲۶۰۰ کیلو کالری انرژی دارد . البته با به کار گیری بعضی از تکنولوژیها با کارآیی بالا با صرف ۱۱۰۷ کیلو کالری انرژی تبخیر یک لیتر آب از غلات امکان پذیر است (لیچ ۱۹۷۶) .

پی منتل و همکاران (۱۹۷۳) در بررسی هایی که در مورد خشک کردن ذرت در ایالات متحده انجام دادند انرژی مصرفی برابر ۱۵۲۰ کیلو کالری به ازای هر لیتر آب تبخیر شده از ذرت گزارش کرده اند . به عبارت دیگر برای کاهش رطوبت ۷/۴ کیلو گرم ذرت از ۲۶/۵٪ به ۱۳/۵٪ انرژی مصرف شده ۱۵۲۰ کیلو کالری بوده است . متوسط انرژی مصرفی جهت خشک کردن مواد غذایی ۳۵۴۲ کیلو کالری با ازای هر کیلو گرم غذای خشک شده می باشد (جدول ۱-۱۰) . بدین ترتیب انرژی مصری برای خشک کردن تقریباً معادل انرژی موجود در یک کیلو گرم از انواع غلات است (در حدود ۳۴۰۰ کیلو کالری) . این انرژی محاسبه شده مصرفی برای تبخیر رطوبت از مواد غذایی نسبت به میزان تئوری که برای تبخیر یک لیتر آب در ظرف رو باز لازم است زیادتر می باشد . به طور تئوری برای تبخیر یک لیتر آب از یک ظرف رو باز به کمتر از ۶۲۰ کیلو کالری انرژی نیاز خواهد بود (HCP، ۱۹۷۴) . دلیل این که عملاً ۲ تا ۶ برابر انرژی بیشتر مورد نیاز است این است که آب آن طوری که در ظرف قابل حصول است در مواد غذایی قابل حصول نیست . در عوض آب بایستی از داخل بافت سبزیجات ، میوه یا گوشت به خارج انتقال یافته و به عبارت دیگر بایستی موانع انتقال آب برطرف شده ، که این به انرژی زیادی نیاز دارد .

در خشک کردن تبریدی یعنی روشی که اخیراً متداول شده ، مواد غذایی ابتدا منجمد

شده و بعداً تحت خلاء زیاد خشک می شود . بدین ترتیب امکان کاهش رطوبت به کمتر از ۱۳٪ میسر می گردد ، و در نتیجه این مقدار رطوبت ناچیز بوده و غذا بسیار سبک می گردد و امکان نگهداری آن در اتاق با درجه حرارت بالا هست . به هر حال این فرآیند مصرف انرژی بیشتری نسبت به خشک کردن معمولی دارد ، چون انرژی هم برای انجماد و هم خشک کردن استفاده می شود .

دود دادن

دود دادن مشابه خشک کردن یک روش نگهداری است که در جوامع ابتدایی آغاز شده و هنوز هم استفاده می شود . ماهی ، گوشت و دانه های غذایی عمده مواد غذایی هستند که با این روش نگهداری می شوند . اساساً دود دادن ، غذا را از دو طریق ذیل نگهداری می کند :

۱ – حرارت ناشی از دود دادن غذا را خشک می کند یا آب آن را می گیرد .

۲ – فنلها و دیگر مواد شیمیایی که در دود هستند ، برای میکروارگانیزمها سمی هستند .

در بسیاری از کشورهای در حال توسعه ، دانه هایی که مورد استفاده خانواده زارع قرار می گیرد ، از سقف آشپزخانه آویزان شده و بدین وسیله حرارت دود حاصل از آشپزخانه دانه را خشک و دودزده می کند . با این عمل ساده ، رشد حشرات و میکروارگانیزمها به حداقّل ممکن کاهش می یابد .

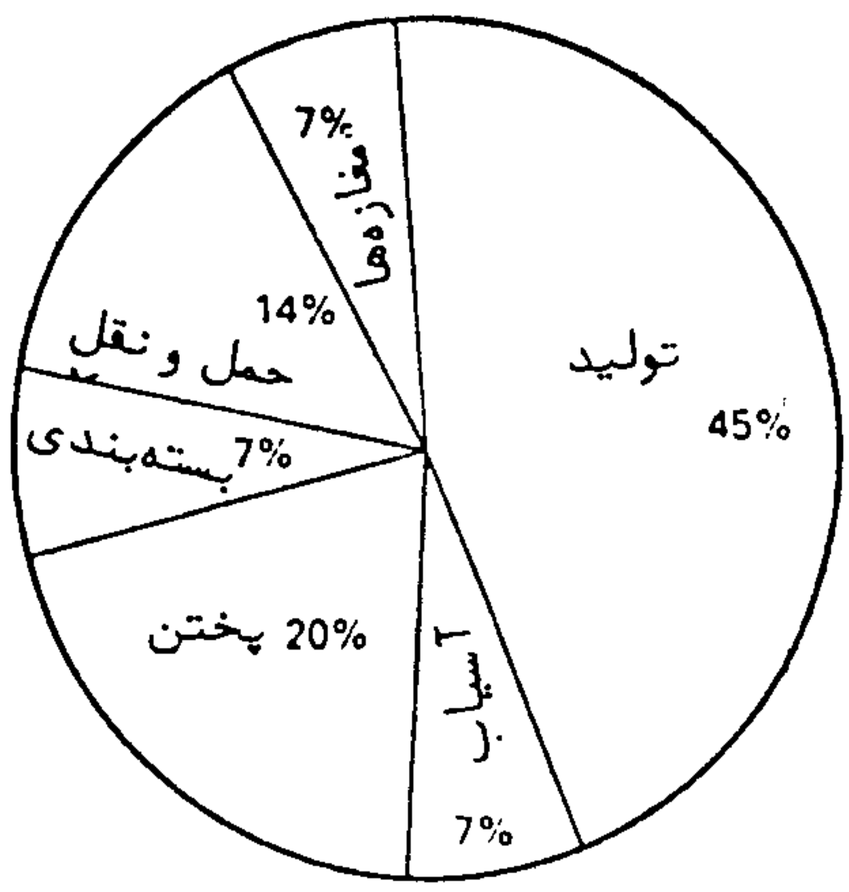
برای دود دادن ، نوارهای باریک یک کیلو گرم ماهی ، در حدود ۱ کیلو گرم چوب سخت از قبیل چوب گردوی آمریکایی احتیاج می باشد . اضافه کردن شن و ماسه به خرده چوبها حالت سوختن و دود کردن را به منظور فرایند کردن ماهی یا گوشت فراهم می کند . انرژی مصرفی برای دود دادن ماهی در حدود ۴۵۰۰ کیلو کالری به ازای هر کیلو گرم برآورد شده است که بیشترین انرژی که از سوزاندن خرده چوبها به دست می آید ، صرف دود دادن می شود .

انواع غذاهای فرایند شده و آماده شده

انرژی مصرفی برای نگهداری ، فرایند سازی و تهیّه غذا در منزل ، قابل توّجه می باشد . برای مثال در تجزیه و تحلیلی که لیچ (۱۹۷۶) کرده است جهت تولید یک قرص نان

سفید یک کیلو گرمی در انگلستان ۷۷٪ از کل ۳۷۹۵ کیلو کالری انرژی مصرف شده (شامل هزینه بازاریابی) در فرایند سازی ، ۱۳٪ در آسیاب کردن و ۶۴٪ برای پختن به کار برده می شود .

در ایالات متحده انرژی مصرفی جهت تولید ۱ کیلو گرم نان سفید ۷۳۴۵ کیلو کالری می باشد که به طور قابل توجّهی نسبت به انگلستان بیشتر است . در ایالات متحده تنها ۲۷٪ کل انرژی مصرفی جهت آسیاب کردن و پخت برآورد شده (در مقایسه با ۷۷٪ در تجزیه و تحلیل لیچ شکل ۱-۱۰) .

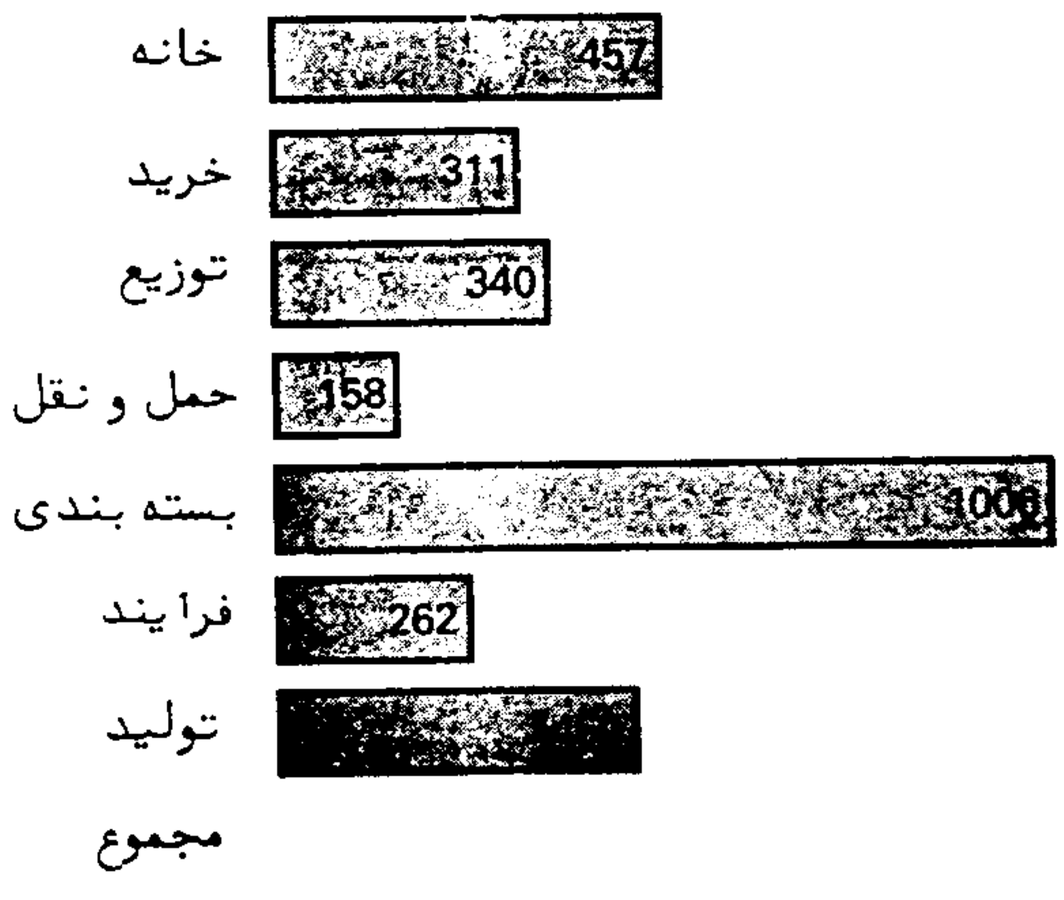


شکل ۱-۱۰ - درصدکل انرژی مصرفی (۷۳۴۵ کیلو کالری) جهت تولید ، آسیاب ، پخت ، حمل و نقل و خرید ، برای یک کیلوگرم نان .

از ۲۷٪ انرژی مصرفی ۷٪ برای آسیاب کردن و ۲۰٪ برای پختن منظور شده است . اگرچه ۲۷٪ برای فرایند سازی زیاد به نظر می رسد ولی به مقدار قابل ملاحظه ای نسبت به مصرف انرژی برای تولید گندم که ۴۵٪ کل انرژی را به خود اختصاص داده است ناچیز می باشد . بدین ترتیب عمده انرژی مصرفی برای نان سفید تولید شده در ایالات متحده جهت تولید گندم مصرف می شود (شکل ۱-۱۰) .

انرژی مصرفی برای تولیدیک قوطی ۴۵۵گرمی ذرت شیرین اختلاف زیادی با انرژی مصرفی برای قرص نان سفید دارد . درموردذرت ، انرژی مصرفی برای تولیدآن فقط کمی بیش از

۱۰٪ کل انرژی مصرفی برای تولید ، فرایند و ارائه به بازار به ازای یک قوطی ذرت شیرین است (شکل ۲-۱۰) . بیشترین انرژی مصرفی (۱۲۶۸ کیلو کالری) برای فرایند صرف می شود زیرا انرژی زیادی صرف ساختن قوطی فلزی می شود . به طور اخّص ، فرایند حرارت دادن ذرت فقط به ۲۶۲ کیلو کالری نیاز دارد اما تولید قوطی به حدود ۱۰۰۶ کیلو کالری نیازمنداست .

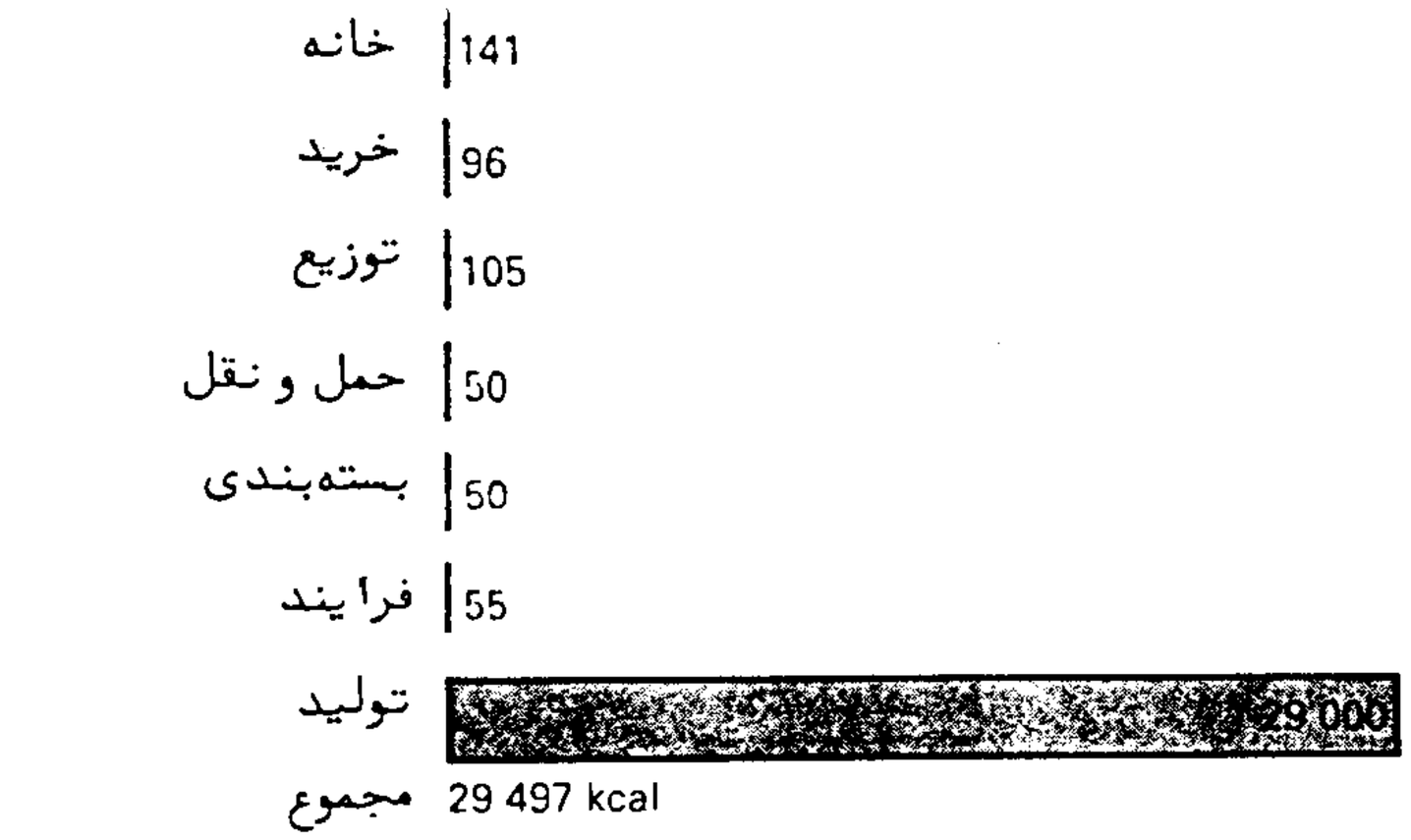


شکل ۲-۱۰ - انرژی مصرفی برای یک قوطی ۴۵۵ گرمی ذرت شیرین (۳۷۵کیلوکالری)

از دیگر موارد عمده مصرف انرژی که بایستی در محاسبه انرژی مصرفی برای تولید یک نوع غذا منظور شود ، انرژی مصرفی است که توسط خریداران صرف خرید غذا در مغازه ها می شود . در ایالات متحده برای خرید مواد غذایی معمولاً به استفاده از یک اتومبیل ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ کیلو گرمی نیاز است . بر مبنای وزن مقدار معینی ذرت و دیگر خواربار که از فروشگاه به منزل حمل می شود در حدود ۳۱۱ کیلو کالری انرژی جهت حمل و نقل یک قوطی ۴۵۵ گرمی ذرت از مغازه به منزل مصرف می شود . این میزان در حدود $\frac{۳}{۴}$ انرژی مصرف شده برای تولید ذرت به تنهایی است . انرژی مصرف شده در منزل بالغ بر ۴۵۷ کیلو کالری یا در حدود ۱۲٪ کل انرژی و شامل پخت ذرت و استفاده از ظرف شویی الکتریکی بری شستن ظروف ، شیشه ها و بشقابها و دیگرظروف به کار گرفته می شود . مجموع انرژی مصرفی برای تولید ، فرایند ، بسته بندی ، حمل و نقل و تهیّه یک قوطی ۴۵۵ گرمی ذرت در خانه معادل ۳۰۱۱ کیلو کالری محاسبه شده است (شکل ۲-۱۰) . در مقابل ۳۷۵ کیلو کالری انرژی غذایی توسط

ذرت حاصل می شود . بدین ترتیب در حدود ۹ کیلو کالری انرژی فسیلی برای تأمین ۱ کیلو کالری انرژی غذایی ذرت شیرین لازم است .

الگوی انرژی مصرفی برای گوشت گاو اختلاف زیادی با انرژی مصرفی ذرت شیرین دارد (شکل ۳-۱۰) . اگر چه ۱۴۰ گرم گوشت گاو نیز در حدود ۳۷۵ کیلو کالری انرژی غذایی تولید می کند ، در حدود ۲۹۰۰۰ کیلو کالری انرژی فسیلی تنها جهت این مقدار گوشت گاو مصرف می شود (شکل ۳-۱۰) . به عبارت دیگر ، تولید گوشت گاو به حدود ۶/۵ برابر انرژی بیشتری به ازای هر کیلو کالری انرژی غذایی تولید شده در مقایسه با ذرت شیرین نیاز دارد .



شکل ۳-۱۰ - انرژی مصرفی برای تأمین ۱۴۰ گرم گوشت گاو در سفره غذا (۳۷۵ کیلوکالری)

مصرفهای دیگر انرژی برای تولید گوشت گاو ، از قبیل حمل و نقل و غیره در مقایسه با انرژی مصرفی تولید آن کم اهمیّت هستند . مهمترین دلیل این است که در ایالات متحده مقادیر زیادی غلات به وسیله گاوداریها مصرف می شود . محاسبه انرژی سیستم غذایی ایالات متحده پیچیده می باشد و این بدین دلیل است که قسمت اعظم ذرت و غلات دانه‌ای مناسب برای مصرف انسان ، توسط دامها مصرف می شود . از حدود ۱۳۰۰ کیلوگرم مصرف سرانه غلات در آمریکا تنها حدود ۱۱۰ کیلو گرم آن به طور مستقیم توسط انسان مصرف می شود .

انرژی مصرفی برای فرایند چندین غذای دیگر در جدول ۱-۱۰ نشان داده شده است . مصرف نسبتاً زیاد انرژی جهت فرایند ۱ کیلو گرم شکر (۳۳۸۰ کیلو کالری برای نیشکر و

۵۶۶۰ کیلو کالری برای چغندرقند) عمدتاً به علت انرژی استفاده شده جهت دفع آب از طریق تبخیر می باشد . همان طوریکه قبلاً گفته شد تبخیر آب یک پدیده پر مصرف انرژی است . بنابراین یک کیلو گرم شکر کریستالی ، که انرژی غذایی به ارزش ۳۸۳۰ کیلو کالری دارد تقریباً به بیش از این میزان انرژی جهت فرایند کردن نیاز دارد .

صبحانه غلات انرژی زیادی جهت فرایند و تهیّه کردن نیاز دارد . به طور متوسط این میزان در حدود ۱۵۶۷۵ کیلو کالری به ازای هر کیلو گرم غله تولید شده می باشد (جدول۱-۱۰) . انرژی مصرفی شامل آسیاب کردن ، خیساندن ، خشک کردن و پختن غلات می باشد .

اعمال دیگری از قبیل سائیدن که در بعضی اوقات استفاده می شود به انرژی نسبتاً زیادی احتیاج دارند . اگر چه ۱۵۶۷۵ کیلو کالری انرژی در تولید ۱ کیلو گرم صبحانه غلات به کار می رود این میزان غلات فقط دارای حدود ۳۶۰۰ کیلو کالری انرژی غذایی می باشد .

کنسانتره شکلات و قهوه به علت مصرف زیاد انرژی در تف دادن ، آسیاب کردن ، مرطوب و خیس کردن آنها نمونه های پر مصرف انرژی در تکنولوژی فرایند غذا هستند . برای فرایند ۱ کیلو گرم شکلات یا قهوه بیش از ۱۸۰۰۰ کیلو کالری انرژی نیاز است (جدول۱-۱۰).

انرژی مصرفی جهت فرایند نوشیدنیهای غیر الکلی زیاد است ، چون برای ترکیب دی اکسید کربن (CO_2) در آنها سیستم فشاری به کار گرفته می شود (جدول ۱-۱۰) . در مجموع ۱۴۲۵ کیلو کالری به ازاء هر لیتر نوشیدنی غیر الکلی تولید شده مورد نیاز است . باید توّجه داشت که در فرایند تولید شیر(۳۴۵ کیلو کالری در هر لیتر) انرژی خیلی کمتری صرف می شود .

بسته بندی مواد غذایی

عموماً غذای فرایند شده بایستی در انواع ظروف نگهداری شود . برای نمونه ۴۵۵ گرم سبزی منجمد شده معمولاً در یک بسته کاغذی کوچک جا داده شده ، که خود نزدیک به ۷۲۲ کیلو کالری انرژی جهت ساختن نیاز دارد (جدول۲-۱۰) .

بنابراین جهت فرایند یک قوطی ۴۵۵ گرمی ذرت به طور کلی نیاز به حدود ۱۲۷۰ کیلو کالری انرژی است (جدول ۲-۱۰) . این مقدار در مقایسه با صرف حدود۱۵۵۰ کیلو کالری

انرژی برای انجماد ۴۵۵ گرم سبزی و بسته بندی آن در یک جعبه مقوایی کمتر است . همان طور که ذکر شد انرژی اضافی برای نگهداری غذای منجمد شده را نیز بایستی در نظر گرفت زیرا این قبیل مواد غذایی باید در حرارت صفر درجه سانتیگراد یا پایین تر در فریزر نگهداری شده که خود به حدود ۲۶۵ کیلوکالری به ازای هر کیلو گرم مواد غذایی در ماه انرژی نیاز دارد .

جدول ۲-۱۰ : انرژی مورد نیاز برای بسته بندی غذاهای مختلف

نوع بسته بندی	کیلوکالری
سبد چوبی	۶۹
سبد استریفوم (سایز ۶)	۲۱۵
سبد کاغذی قالبی (سایز ۶)	۳۸۴
کیسه پلی اتیلن (۱۶ اونس یا۴۵۵ گرمی)	۵۵۹ *
قوطی فلزی با درب آلومینیوم (۱۲ اونس)	۵۶۸
بسته کاغذی کوچک	۷۲۲
قوطی فلزی با درب فلزی (۱۶ اونس)	۱۰۰۶
شیشه دهان گشاد (۱۶ اونس)	۱۰۲۳
قوطی الومینیم	۱۴۹۶
قوطی آلومینیم بدون درب (۱۲ اونس)	۱۶۴۳
بسته پلاستیکی شیر یک بار مصرف ($\frac{۱}{۲}$ گالن)	۲۱۵۹
بطری کوکاکولا ، قابل برگشت (۱۶ اونس)	۲۴۵۱
بطری پلی اتیلن (معادل ۹۴/ ۰ لیتر)	۲۴۹۴
بطری پلی پروپیلن (معادل ۹۴/ ۰ لیتر)	۲۷۵۲
شیشه شیر قابل برگشت ($\frac{۱}{۲}$ گالن)	۴۶۵۵
بطری کوکاکولا یکبار مصرف (۱۶ اونس)	۱۴۷۱

* محاسبه شده از ارقام ارائه شده توسط بری و ماکینو .

اگر چه اختلاف انرژی مصرفی برای تولید قوطی فلزی وشیشه کم است ولی تولید قوطی آلومینیمی جهت نوشیدنیهای غیر الکلی افزایش قابل توجّهی از لحاظ مصرف انرژی دارد. یک قوطی فلزی ۳۵۵ میلی لیتری جهت نوشیدنی غیر الکلی به حدود ۵۷۰ کیلو کالری

انرژی نیاز دارد ، به طور مشابه قوطی آلومینیمی همین اندازه به ۱۶۴۳ کیلو کالری انرژی ، که تقریباً سه برابر قوطی فلزی است نیاز دارد (جدول ۲-۱۰) . باید توجّه داشت که نوشیدنی موجود در قوطی ۳۵۵ میلی لیتری در حدود ۱۵۰ کیلو کالری انرژی غذایی در فرم قند تأمین می کند که معادل حدود ۱۰٪ انرژی مصرف شده برای تولید قوطی آلومینیمی است . ساخت یک قوطی آلومینیمی جهت نوشابه های غیر الکلی مخصوص رژیم غذایی که فقط یک کیلو کالری انرژی به ازای هر قوطی داردزیاد است . نمونه های دیگری از صرف زیاد انرژی ساختن ظروف مواد غذایی ، سبدهای آلومینیمی است که برای شام تلویزیونی (*TV) منجمد شده به کار می رود . به طور متوسط جهت ساختن هر سبد به حدود ۱۵۰۰ کیلو کالری انرژی نیاز است (جدول ۲-۱۰) . میزان انرژی مصرف شده برای ساخت سبدها غالباً از انرژی غذایی که محتوی آن است بیشتر بوده و به حدود ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلو کالری می رسد . علاوه بر آن ، برای تولید ظروف متعددی که برای نمایش میوه ها ، سبزیجات و گوشت در فروشگاهها به کار می رود به صرف انرژی نیاز است . انرژی مصرف شده حدود ۷۰ کیلو کالری برای سبدهای چوبی و ۳۸۰ کیلو کالری برای سبدهای قالبی کاغذی است (جدول ۲-۱۰) .

به خاطر توجهّی که به ظروف نوشیدنی مجدد ساخت می شود در این جا انرژی مورد مصرف بطریهای شیر و نوشیدنی مجدد ساخت محاسبه شده است . یک ظرف نیم گالنی پلاستیکی یکبار مصرف شیر نیاز به ۲۱۶۰ کیلو کالری انرژی جهت ساخت دارد ، در صورتی که یک ظرف نیم گالنی شیشه ای به ۴۴۴۵ کیلو کالری انرژی نیازمنداست (جدول ۲-۱۰) . چون برای ساخت ظروف شیشه ای دو برابر ظروف پلاستیکی انرژی نیاز دارد ، باید ، این قبیل ظروف حداقل دو بار مصرف شوند تا انرژی مصرف شده در ساخت آنها معادل انرژی مصرفی ظروف پلاستیکی شود . در حقیقت با بیش از دو مرتبه مصرف بطریهای شیشه ای قابل برگشت مقداری انرژی صرفه جویی می شود . در ضمن ، برای جمع آوری ، حمل و نقل و جدا کردن و تمیز کردن ، ظروف شیشه ای نیز انرژی مورد نیاز است . همانند ظروف شیر ، بطریهای شیشه ای قابل برگشت مخصوص نوشیدنی نیاز به انرژی زیادی برای تولید در مقایسه با بطریهای یکبار مصرف دارند (جدول ۲-۱۰) . برای تولید یک بطری ۱۶ اونسی نوشیدنی غیر

* مقصود از شام تلویزیونی غذاهای آماده ای است که در فریزر نگهداری می شود و تنها نیاز به گرم کردن داردو می توان بهنگام تماشای تلویزیون آنرا مصرف کرد .

الکلی قابل برگشت در حدود ۲۴۵۰ کیلو کالری و برای تولید یک بطری یکبار مصرف با همین اندازه حدود ۱۴۷۰ کیلو کالری انرژی مورد نیاز است .

البته با دو با ر استفاده از بطریهای قابل برگشت هزینه تولید جبران می شود . به هر حال همانند ظرف شیر باید انرژی که صرف جمع آوری ، حمل و نقل و شستن بطریها می شود نسبت به کل سیستم بررسی کرد . اگر فقط انرژی مصرف شده در تولید بطریها در نظر گرفته شود تصویر کاملی از انرژی مصرفی را نخواهد داد . بدیهی است که به دیگر مسایل از قبیل آلودگیهای محیطی که ظروف یکبار مصرف به وجود می آورند نیز بایستی اهمیت داده شود .

پخش و تهیه غذا

غذاهای مورد مصرف انسان غالباً در خانه پخت و یا گرم می شوند و این به انرژی زیادی نیاز دارد . در ایالات متحده ، حدود ۹۰۲۵ کیلو کالری انرژی فسیلی برای هر نفر در روز جهت پختن غذا و سرد کردن مواد غذایی مصرف می شود (USBC ، ۱۹۷۵) . این رقم به حدود ۴۶۴۹ کیلو کالری انرژی مصرفی به ازای هر کیلو گرم غذای تهیّه شده می رسد . این مقادیر بر اساس فرضیات و اطّلاعات ذیل می باشد :

۱- هر خریدار به طور متوسط در سال ۷۹۰۰ کیلو وات ساعت برق مصرف می کند (USBC ، ۱۹۷۵) .

۲- ۴۰٪ این انرژی صرف تهیّه غذا از جمله سرد نگه داشتن آن می شود (USBC ، ۱۹۷۵) .

۳- کارآیی تولید الکتریسیته از سوختهای فسیلی ۳۳٪ محاسبه شده است .

۴- متوسط تعداد افراد در خانه ۲/۵ نفر و هر شخص به طور متوط در سال ۷۰۵ کیلو گرم (۱۵۵۰ پوند) مواد غذایی مصرف می کند . (USDA ، ۱۹۷۶) .

بسته به مواد غذایی ، سوخت استفاده شده ، مواد به کار رفته در ظروف غذا ، روش تهیّه و چراغ استفاده شده در پختن غذا ، مقدار انرژی مصرفی بسیار متفاوت خواهد بود . ظاهراً اختلاف ناچیزی بین انرژی مصرف شده برای پختن ، جوشانیدن یا سرخ کردن غذاها وجود دارد . این موضوع با فرض این است که مواد غذایی در معرض حرارت مطلوب قرار دارند و انتقال حرارت به داخل ظروف پختن غذا به طور مؤثر صورت می گیرد . باید توجّه داشت که نه تنها شکل و مواد استفاده شده در ساخت ظروف پخت غذا در انتقال حرارت مؤثر خواهد بود

بلکه رنگ ظروف نیز بر راندمان پختن مواد غذایی مؤثر است . یک ماهی تابه آلومینیمی براق حرارت زیادی را منعکس کرده ، بنابراین نسبت به یک ظرف تیره یا یک ظرف شیشه ای کارآیی کمتری دارد . بعلاوه خصوصیت مواد غذایی از قبیل روان ، چسبناك یا غلیظ بودن هم ، انتقال حرارت را آهسته یا سریع خواهد کرد و درنتیجه میزان انرژی مورد استفاده در یک فرایند خاص را افزایش و یا کاهش خواهد داد . به علت این متغیرها محاسبه دقیق هزینه انرژی مشکل است ، اما اطلاع از این که اینها بخشی از انرژی مصرفی را در بر می گیرند مهم می باشد .

کارآیی انتقال حرارت از چراغ غذاپزی به مواد غذایی نسبتاً کم است . برای مثال کارآیی انتقال حرارت از اجاق برقی ۷۵٪ و از اجاق گاز ۳۷٪ می باشد (SRI ، ۱۹۷۲) . مع هذا در مجموع کار آیی اجاق گاز نسبت به اجاق برقی برای استفاده در پختن غذا بیشتر است چون تولید و حمل گاز به محل مصرف در حدود ۱۰٪ انرژی پتانسیلی گاز است . بنابراین تولید و انتقال انرژی گاز ۹۰٪ کارآیی دارد . با ضرب کردن ۹۰٪ در ۳۷٪ کارآیی انتقال گرما به غذا ، در مجموع کارآیی عملکرد پختن توسط گاز به ۳۳٪ می رسد .

برای انرژی الکتریکی وضع آن پیچیده تر است . اولاً حفر معدن و حمل و نقل زغال سنگ انرژی پتانسیلی آن را به مقدار ۸٪ کاهش می دهد و این بدین معنی است که ۹۲٪ انرژی پتانسیلی اولیه زغال برای تولید الکتریسیته درنیروگاه در دسترس است . اگر کارآیی ماشین در تبدیل زغال به الکتریسیته ۳۳٪ و کارآیی انتقال الکتریسیته به منازل را ۹۲٪ فرض کنیم و در بهترین شرایط کارآیی انتقال حرارت از اجاق الکتریکی به غذا ۷۵٪ باشد . کاهش متوالی انرژی پتانسیل را که در سراسر این فرآیند کامل اتفاق می افتد چنین است (۷۵/۰×۹۲/۰×۳۳/۰×۹۲/۰×۱۰۰) . بنابراین راندمان کل انرژی الکتریکی ۲۱٪ است . این بدان معنی است که پختن غذا به وسیله اجاق برقی فقط حود $\frac{۲}{۳}$ (۲۱٪ در مقابل ۳۳٪) گاز کار آیی دارد . تولید برق توسط نیروی آب دارای کارآیی بیشتری نسبت به انرژی الکتریکی تولید شده از زغال سنگ است چون با نیروی هیدروالکتریک تولید بخار ضروری نیست .

استفاده از زغال چوب یا چوب در اجاق سرباز جهت پختن که غالباً در کشورهای در حال توسعه استفاده می شود راندمان کمتری نسبت به انرژی الکتریکی یا گاز دارد . استفاده از آتش در اجاق باز برای حرارت دادن مواد غذایی دارای ۱۰-۸ درصد کارآیی انتقال حرارت به غذا می باشد (استان فورد ۱۹۷۷) . بنابراین ، این نوع سوخت نسبت به دو سوخت قبلی

(الکتریسیته و گاز) گران قیمت و فاقد کارآیی است . استفاده از یک اجاق ساده برای سوختن چوب باعث افزایش راندمان در حدود ۲۵-۲۰٪ خواهد شد ، بنابراین هزینه سوخت کاهش می یابد . عدم کارآیی پختن غذا توسط اجاق با سوخت چوب در یک اجاق باز را می توان ، بسادگی نشان داد . اگر ۶۰۰ کیلو کالری انرژی برای پختن ۱ کیلو گرم مواد غذایی مورد نیاز باشد ، با استفاده از آتش چوب از اجاق سرباز احتیاج به ۶۰۰۰ کیلو کالری انرژی از چوب با راندمانی برابر ۱۰٪ برای پختن خواهد بود . اگر یک غله شبیه برنج را در نظر بگیریم خود معادل ۳۵۰۰ کیلو کالری انرژی غذایی دارد . بدین ترتیب تقریباً دو برابر مقدار انرژی که در غذا موجود است جهت پختن آن نیاز است .

در کشورهای در حال توسعه تقریباً $\frac{۲}{۳}$ کل انرژی در سیستم غذایی برای پختن غذا مصرف شده ، در صورتی که تولید مواد غذایی به حدود $\frac{۱}{۳}$ کل انرژی نیاز دارد (جدول۳-۱۰) . در این کشورها تقریباً تمام انرژی استفاده شده برای پختن از منابع قابل تجدید انرژی تأمین می شود و عمدتاً از چوب ، زغال چوب ، کود و پس مانده محصولات برای تولید حرارت استفاده می شود . باید متذکر شد که معمولاًبیشتر از زغال چوب برای پختن استفاده می شود .

جدول ۳-۱۰ : مدل استفاده سرانه یکساله انرژی در سیستم غذایی روستایی در کشورهای در حال توسعه

(پی منتل و همکاران)

	انرژی فسیلی (کیلو کالری)	انرژی قابل تجدید (کیلوکالری)	جمع
تولید	۱۳۰۰۰۰	۴۹۰۰۰۰	۶۲۰۰۰
فرایند	۱۵۰۰۰	۲۰۰۰۰	۳۵۰۰۰
نگهداری	۵۰۰۰	۲۰۰۰۰	۲۵۰۰۰
حمل و نقل	۳۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۵۰۰۰۰
تدارك	۲۰۰۰۰	۱۲۵۰۰۰۰	۱۲۷۰۰۰۰
مجموع	۲۰۰۰۰۰	۱۸۰۰۰۰۰	۲۰۰۰۰۰۰

در حقیقت ، پختن غذا با آتش زغال در یک اجاق سرباز مشابه استفاده از چوب با راندمان در حدود ۱۰٪ از نظر انتقال انرژی حرارتی به غذا است . البته تولید زغال از چوب با مصرف فوق العاده زیاد انرژی همراه است .

عـامل گمـراه کننده در مـورد زغـال چوب ظاهراً مقـدار انرژی زیاد آن است . زیرا زغـال چوب در مـوقع سوختن ، در هـر کیلو گـرم دارای ۷۱۰۰ کـیلو کالری انرژی اسـت . مجـموعـاً ۲۸۴۰۰ کیلو کـالری چوب بایستی برای به دست آوردن ۷۱۰۰ کیلو کالری زغـال چوب فرایند شـده ، با راندمـان تبـدیل کـالری چوب به زغـال چوب کـه ۲۵٪ است مـصـرف شـود . بنابراین اسـتـفـاده از زغـال چوب برای حـرارت دادن غـذا ، در یک اجـاق باز دارای کـارآیی کل ۲/۵٪ است . (۱۰×۲۵٪×۱۰۰) . در حـقیـقت این روش دارای کـارآیی خـیلـی کم و روش پر خـرج انتقال انـرژی است . به اضافه اگر ما عـلاقه مند به حفاظت جـنگل و استفاده مؤثر از آن هـستیم ، تشویق اسـتفاده از زغال چوب برای سـوختن مغایر این هدف است . بدون شک ، ترجـیح زغال چوب نسبت به چوب برای سوخت ، یک روش غـیر مؤثر برای نگهداری و اسـتـفاده وسیع منابع قابل تجدید جنگلهای ما می باشد .

فصل یازدهم

حمل و نقل تولیدات کشاورزی و مواد غذایی

حمل و نقل جزء اصلی همه سیستمهای غذایی ، بویژه در کشورهای صنعتی مانند ایالات متحده می باشد . این قبیل کشورها هم صنعت بسیار پیشرفته و پیچیده و هم برنامه های فشرده کشاورزی دارند . تولیدّات کشاورزی در این کشورها با کشت گیاهان زراعی در مناطق خاصی که از نظر کشاورزی بسیار حاصلخیز است (نظیر کمربند ذرت در ایالات متحده) انجام می شود .

چون کشاورزی و صنعت غالباً در مناطق وسیعی گسترده هستند ، به منظور مصرف و تبادل کالاها و مواد اوّلیه ، حمل و نقل نقش اساسی دارد . بنابراین محصولات کشاورزی بایستی به شهرهای بزرگ و کوچک که در منطقه صنعتی است حمل شود ، و بدین ترتیب ادوات کشاورزی ، کود ، حشره کشها ، سوخت و دیگر کالاها برای تولید محصولات زراعی و دامی به این مناطق حمل می شوند .

حمل و نقل در سیستم غذایی نسبت به حمل غذا به طور مستقیم از مزرعه به خانه بسیار گسترده و پیچیده است . اکثراً محصولات غذایی بعد از فرایند و بسته بندی شدن به مراکز عمده توزیع حمل می شوند . از این مراکز مواد غذایی بسته بندی شده به مغازه های خرده فروشی محلی انتقال یافته ودر دسترس مصرف کننده قرار می گیرد . در آن جا مصرف کننده بعد از انتخاب خریداری و به خانه حمل می کند .

برای روشن شدن انرژی مصرفی در این شبکه گسترده : انرژی مصرفی جهت حمل کالا به مزرعه ، حمل تولیدات خام کشاورزی از مزرعه جهت فرایند ، حمل محصول به بازارهای عمده و خرده فروشی و در نهایت حمل غذا از مغازه به خانه مورد بررسی قرار خواهد گرفت .

حمل ونقل کالاها و ادوات کشاورزی به مزرعه

هر ساله حدوداً ۱۶۰×۱۰^{۶} هکتار زمین در ایالات متحده کشت می شود (۱۹۷۶ ، USDA) . مقدار کل کالاها و ادوات حمل شده به مزرعه جهت استفاده در تولیدات کشاورزی در حدود ۱۱۰×۱۰^{۹} کیلو گرم می باشد (۱۹۷۶ ، USDA) . این بدان معنی است که به طورمتوسط حدود ۶۰۰ کیلو گرم لوازم مورد نیاز بایستی برای هر هکتار زمین زیر کشت به مزرعه حمل شود . ارقام موجود حاکی از این است که در حدود ۶۰٪ کالاها از کارخانه به مزرعه به وسیلهٔ قطار و ۴۰٪ باقیمانده توسط کامیون حمل می شود . متوسط فاصله ای که این کالاها حمل می شوند در حدود ۶۴۰ کیلومتر می باشد (۱۹۶۳ ، USDC) .

انرژی مصرفی حمل کالا به وسیلهٔ کامیون ۸۳٪ کیلو کالری به ازای هر کیلو گرم درهرکیلومتر برآورد شده است (جدول ۱-۱۱) . این رقم بر این اساس محاسبه شده است که یک کامیون به ازای هر لیتر بنزین حدود ۳/۶ کیلومتر راه را می پیماید و هر کامیون به طورمتوسط ۳۶۰۰ کیلو گرم کالا را حمل می کند (۱۹۷۶ ، USBC) .

جدول ۱-۱۱ : انرژی مصرفی برای حمل یک کیلو گرم کالا به ازای یک کیلومتر در روشهای مختلف

حمل و نقل	کیلوکالری بر کیلو گرم بر کیلومتر
کشتی	۰/۰۸
قطار	۰/۱۲
کامیون	۰/۸۳
هواپیما	۶/۳۶

انرژی مصرفی برای حمل کالا به وسیله قطار ۰/۱۲ کیلو کالری به ازای هر کیلو گرم درکیلومتر برآورد می شود (جدول ۱-۱۱) . بنابراین حمل و نقل با قطار نیاز به حدود یک هفتم انرژی استفاده شده توسط کامیون دارد(جدول ۱-۱۱) .

برای محاسبه انرژی مصرفی جهت حمل و نقل کالاها و ادوات به مزرعه از آمار وزارت بازرگانی آمریکا (USDC ، ۱۹۶۳) استفاده شده است . بر اساس ارقام فوق ۶۰۰ کیلو گرم کالا و ادوات به هر هکتار مزرعه حمل شده که ۶۰٪ این کالاها به وسیله قطار و ۴۰٪ توسط کامیون حمل می شود و متوسط مسافت ۶۴۰ کیلومتر می باشد (USDC . ۱۹۶۳) .

انرژی مصرفی جهت حمل این ۶۰٪ کالا به وسیله قطار ۲۶۹۶۰ کیلو کالری و برای حمل ۴۰٪ توسط کامیون ۱۲۷۴۹۰ کیلو کالری است . بنابراین مجموع انرژی مصرفی ۱۵۴۴۵۰ کیلو کالری جهت حمل ۶۰۰ کیلو گرم کالا به ازای هر هکتار می باشد . بدین ترتیب ۲۷۵ کیلو کالری جهت حمل یک کیلو گرم کالا به مزرعه به منظور استفاده در تولیدات کشاورزی یا ۴۰۲ کیلو کالری به ازای هر تن در هر کیلومتر مصرف می شود . سالانه $۲۶/۴ \times ۱۰^{۱۲}$ کیلو کالری برای حمل ونقل ۱۱۰×۱۰^{۹} کیلوگرم کالا و ادوات درمزارع ایالات متحده مورد نیاز است که این هزینه معادل ۱۶۴×۱۰^{۶} بشکه نفت است .

حمل و نقل مواد غذایی و الیافی از مزرعه

در آمریکا سالانه حدود ۱۶۰×۱۰^{۶} هکتار زمین زیر کشت بوده و متوسط محصول در هر هکتار ۳۳۶۰ کیلو گرم می باشد . این بدان معنی است که حدود ۵۱۸×۱۰^{۶} تن تولیدات شامل مواد غذایی و الیاف از مزرعه به محلهای مختلف برای مصرف بعدی حمل می شوند . همان طور که گفته شد حمل و نقل مواد غذایی و تولیدات وابسته در ایالات متحده در حدود ۶۰٪ توسط کامیون و ۴۰٪ به وسیله قطار انجام می شود . با استفاده از ارقام جدول ۱-۱۱ انرژی مورد نیاز برای انتقال یک کیلو گرم مواد غذایی و الیافی حدود ۰/۵ کیلو کالری در هر کیلومتر محاسبه می شود . اگر متوسط مسافت پیموده شده ۶۴۰ کیلومتر (USDC ، ۱۹۶۳) در نظر گرفته شود انرژی مصرفی به ازای هر کیلومتر ۳۴۹ کیلو کالری می باشد . البته ۳۴۹ کیلو کالری رقم متوسطی است و غالباً انرژی بیشتری برای حمل و نقل مواد غذایی مصرف می شود . برای مثال اگر به حمل و نقل یک کاهوی نیم کیلو گرمی که ارزش انرژی غذایی آن در حدود ۵۰ کیلوکالری است توّجه شود ملاحظه می شود که وقتی این کاهو به وسیلهٔ کامیون از کالیفرنیا به نیویورك که فاصله آنها ۴۸۲۷ کیلو متر می باشد ، حمل می شود ، در حدود ۱۸۰۰ کیلو کالری انرژی مصرف می شود . این بدان معنی است که فقط برای حمل ونقل ، حدود ۳۶ کیلو کالری انرژی به ازای هر کیلو کالری انرژی غذایی کاهو مصرف شده است .

جهت حمل توت فرنگی از کالیفرنیا به نیویورك ، انرژی بیشتری مصرف می شود . در اوایل بهار ، وقتی که توت فرنگی در کالیفرنیا برداشت می شود ، بعضی اوقات با هواپیما از کالیفرنیا به نیویورك حمل می شود . برای حمل و نقل یک کیلوگرم توت فرنگی با هواپیما که دارای انرژی غذایی معادل ۳۴۵ کیلو کالری می باشد ، انرژی مصرفی حدود ۳۰۷۰۰ کیلو کالری محاسبه شده است . این بدان معنی است که تقدیباً ۸۷ کیلو کالری انرژی فسیلی به ازای هر کیلو کالری توت فرنگی فقط برای تأمین توت فرنگی تازه به نیویورك مصرف می شود .

ارقام به دست آمده از فرایند صنعتی مواد غذایی عموماً متوسط انرژی مصرفی ۳۴۹ کیلو کالری در هر کیلو گرم را جهت حمل و نقل مواد غذایی بسته بندی شده به بازار مصرف را تأئید می کند .

برای مثال آمار نان صنعتی نشان می دهد که ۴۹۵ کیلو کالری انرژی برای حمل و نقل هر کیلو گرم نان به بازار ، مصرف می شود . برای جمع آوری و توزیع مجدد شیر در حدود ۳۸۱ کیلو کالری انرژی فسیلی به ازای هر کیلو گرم شیر محاسبه شده است (کاسپر ۱۹۷۷) .

حمل و نقل مواد غذایی از فروشگاه به خانه

در ایالات متحده سالانه بیش از نیمی از ۲/۴ تن غذا و محصولات غذایی که به ازای هر نفر تولید می شود جهت تغذیه دامها مصرف می شود و مقداری نیز در عمل فرایند سازی تلف می شود . بنابراین میزان واقعی مصرفی هر شخص حدود ۷۰۰ کیلو گرم می باشد (USDA ، ۱۹۷۶) .

برای محاسبه انرژی مصرفی حمل و نقل ۷۰۰ کیلو گرم مواد غذایی از فروشگاه به خانه اطّلاعات در مورد تعداد افراد خانواده ، تعداد رفت و برگشت به فروشگاه ، فاصله خانه از فروشگاه و وسیله نقلیه استفاده شده مورد نیاز می باشد . اگر متوسط افراد هر خانواده ۲/۵ نفر در نظر گرفته شود مجموع میزان سالانه حمل و نقل مواد غذایی از فروشگاه به خانه در حدود ۱۵۵۰ کیلو گرم می باشد . تعداد رفت و آمدها در هفته به فروشگاه ۲/۲۶ دفعه (دیتریچ ۱۹۷۵) و در حدود ۱۵ کیلو گرم مواد غذایی در هر دفعه خرید ، از فروشگاه به خانه حمل می شود . متوسط فاصله بین فروشگاه و خانه حدود ۲/۴ کیلو متر برآورد شده که یک رفت و برگشت ۴/۸ کیلو متر می شود . در ایالات متحده بیش از ۹۰٪ خرید مواد غذایی از فروشگاه به وسیله اتومبیل انجام می شود (تیریچ ۱۹۷۵) . انرژی مصرفی برای پیمودن یک کیلومتر

۱۸۸۵ کیلو کالری محاسبه شده و برای هر رفت و برگشت به فروشگاه ۹۰۴۸ کیلو کالری انرژی مصرف می شود . به اضافه طبق برآورد ۳۱۹۶۸۰۰۰ کیلو کالری برای ساختن یک اتومبیل ۱۵۴۵ کیلویی مورد نیاز است (بری و فلز ۱۹۷۳) . اگر در طی مدت استفاده اتومبیل ۱۶۰۰۰۰ کیلومتر راه طی شود و نیاز به مصرف ۱۰٪ انرژی اضافی برای تعمیر باشد ، ۱۲۰۰ کیلو کالری انرژی برای حمل ونقل ۱۵ کیلوگرم مواد غذایی از فروشگاه ، بایستی اضافه شود . بنابراین انرژی مصرفی برای حمل خواربار از بازار به خانه ۶۸۲ کیلو کالریٔ به ازای هر کیلوگرم کالای خریداری شده خواهد بود .

بر اساس مقادیر فوق ۳۱۰ کیلو کالری انرژی برای حمل و نقل یک قوطی ۴۵۵ گرمی مورد نیاز است . برای نمونه اگر قوطی حاوی ذرت شیرین باشد برای حمل و نقل ۴۵۵ گرم ذرت که انرژی غذایی آن ۳۷۵ کیلو کالری می باشد ، ۳۱۰ کیلو کالری انرژی فسلی مصرف می شود . وقتی که مواد غذایی کالری کمتر ی به ازای واحد وزن داشته باشد . در فرایند حمل ونقل باز هم راندمان انرژی کاهش می یابد . بنابراین به علت این که ۰/۵ کیلو گرم کاهو فقط دارای حدود ۵۰ کیلو کالری انرژی غذایی است حمل ونقل آن به ۶ برابر انرژی غذایی محتوای آن نیاز دارد .

اگر مواد غذایی از فروشگاه به وسیله دوچرخه حمل شود انرژی مصرفی فوق العاده کم خواهد بود . به فرض این که دوچرخه ۲۰ کیلومتر در ساعت راه بپیماید و رکاب زدن ۳۰۰ کیلو کالری در ساعت انرژی صرف کند با انجام این کار به ازای هر کیلومتر ۱۵ کیلو کالری انرژی مصرف خواهد شد ودر مجموع برای یک رفت و برگشت (۴/۸ کیلومتر) نیاز به ۷۳ کیلو کالری انرژی خواهد بود و یک کیلو کالری انرژی برای ساخت و نگهداری دوچرخه نیز به آن اضافه می شود . با فرض این که ۱۵ کیلو گرم خواربار در هر دفعه رفت و برگشت به خانه حمل شود در حدود ۲/۲ کیلو کالری انرژی برای یک قوطی ۴۵۵ گرمی ذرت شیرین حمل شده به خانه مصرف خواهد شد . بنابراین حمل ونقل غذا از فروشگاه توسط اتومبیل نیاز به مصرف ۱۴۱ برابر انرژی بیشتری نسبت به دوچرخه دارد . اگر مواد غذایی به وسیله نیروی انسانی حمل شود کل انرژی مصرفی در حدود ۳۰۰ کیلو کالری یا در حدود ۹ کیلو کالری برای یک قوطی ۴۵۵ گرمی خواهد بود . در عین حال انتقال توسط نیروی انسانی در حدود ۴ برابر انرژی بیشتری نسبت به دوچرخه نیاز دارد .

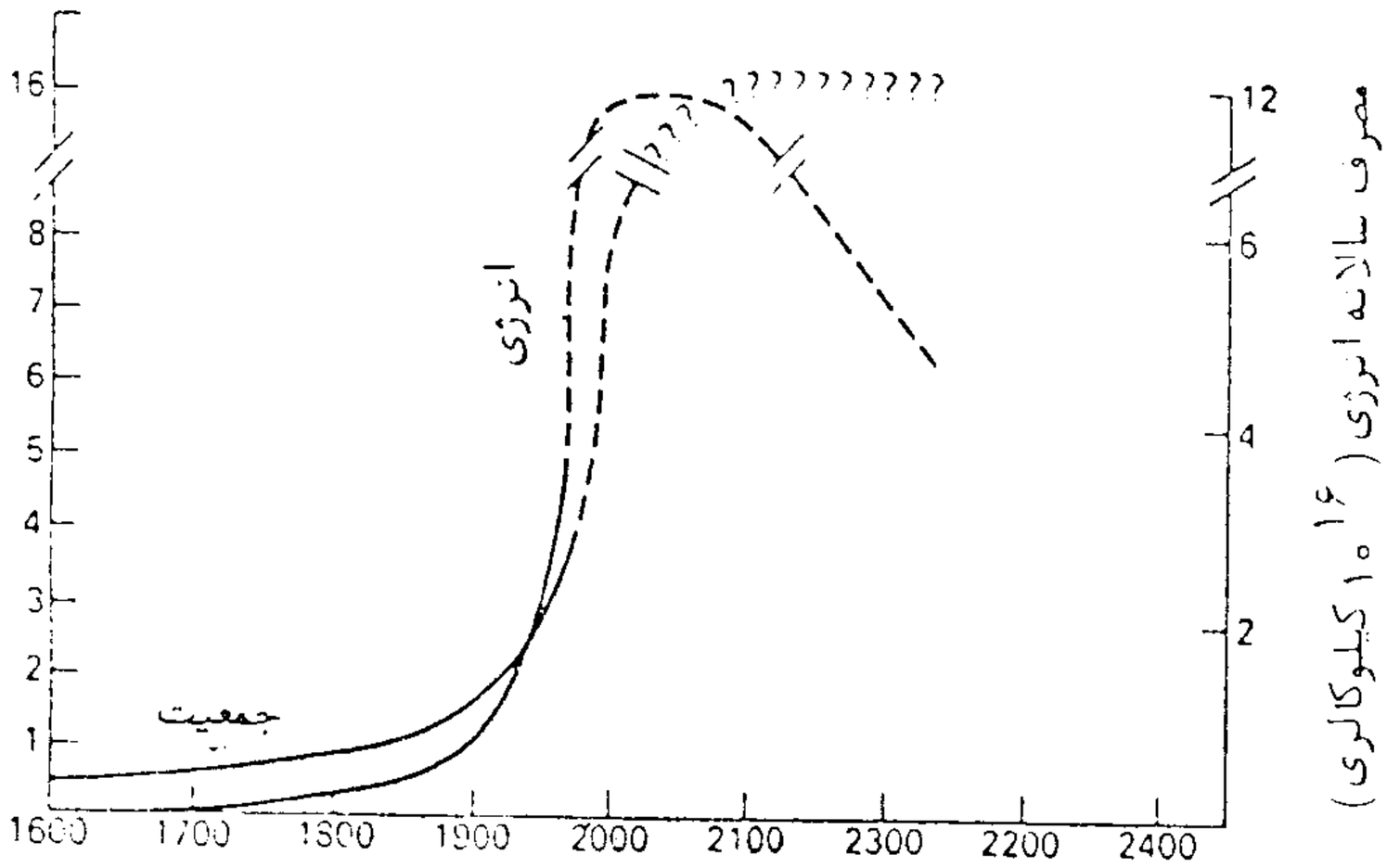
فصل دوازدهم

غذا، انرژی و آیندهٔ اجتماع ما

دو سوم جمعیت دنیا عمدتاً رژیم گیاهخواری دارند . در این مناطق سالانه در حدود ۱۸۲ کیلوگرم غلات به ازای هر شخص مصرف می شود . این غلات مستقیماً توسط انسان مصرف شده و مقدار کمی غذا از منشاء حیوانی مصرف می شود . بر عکس برای $\frac{۱}{۳}$ باقیمانده مردم دنیا ، که در کشورهای صنعتی نظیر ایالات متحده زندگی می کنند سالانه هر نفر حدود ۱۱۵ کیلو گرم مواد غذایی از منشاء حیوانی مصرف می کند (۱۹۷۶ ، USDA) . برای تولید این میزان پروتئین حیوانی در ایالات متحده به ازای هر نفر ۶۰۵ کیلو گرم غلات صرف پرورش و تغذیه حیوانات می شود (۱۹۷۶ ، USDA) .

نمی توان تصور کرد که سطح غذایی $\frac{۲}{۳}$ جمعیت دنیا که در حال حاضر غذای اصلی آنها غلات است چه موقع به سطح غذای مصرف شده در ایالات متحده خواهد رسید . یک سئوال ممکن است مطرح شود که آیا بشر قادر به تأمین تغذیه در حد رضایت بخش از رژیمهای مختلف غذایی جمعیت دنیا که تعداد آن در سال ۲۰۰۰ به حدود ۶۰۰۰ میلیون نفر خواهد رسید خواهد بود . تقاضا برای مواد غذایی ، بستگی به فاکتورهای زیادی در سیستم اکولوژیکی و اجتماعی گسترده بشری دارد . اصولاً این تقاضا بستگی به تعداد جمعیت و سطح زندگی مورد نظر دارد (شکل ۱-۱۲) . تأمین مواد غذایی تحت تأثیر فاکتورهایی از قبیل زمین زراعی ، اقلیم ، کود و انرژی فسیلی می باشد . همچنین به بهداشت عمومی ، کاهش خسارت حشرات ، کارگر

موجود ، آلودگیهای محیطی و شیوه زندگی نیز بستگی دارد .



شکل ۱-۱۲ - تعداد جمعیت محاسبه شده دنیا (——) از سال ۱۶۰۰ تا ۱۹۷۵ و تعدادپیش بینی شده (---)(؟؟؟؟؟؟) تاسال ۲۲۵۰ . مصرف سوخت فسیلی (——) از سال ۱۶۵۰ تا ۱۹۷۵ و مصرف پیش بینی شده (---) تا سال ۲۲۵۰ (پی منتل و همکاران ۱۹۷۵)

نیازهای آینده مواد غذایی

رشد جمعیت بشر

نتیجه رشد جمعیت جهان افزایش نیاز به مواد غذایی می باشد . FAO برآورد کرده است که امروزه قریب نیم میلیارد انسان یعنی تقریباً ۱۵٪جمعیت کشورهای در حال توسعه ، دچار سوء تغذیه جدی هستند (۱۹۷۴ ، UN) در طی مدت حدود یک میلیون سال ، میزان رشد جمعیت بشر آهسته و به طور متوسط در حدود ۰/۰۰۱ درصد در سال بوده است . در طی این مدت زمان طولانی جمعیت جهان کمتر از ۱۰ میلیون بوده است (کی فیتز ۱۹۷۶) . رشد جمعیت بشر در حدود ۸ تا ۱۰ هزار سال پیش همزمان با شروع کشاورزی اوّلیه آغاز شد . به هرحال سرعت رشد جمعیت ، در حقیقت بعد از سال ۱۷۰۰ شروع شد و از آن زمان به سرعت فعلی ۲/۲٪ در سال یعنی ۲۰۰۰ برابر سرعت ۰/۰۰۱ درصد رسید .

جمعیت دنیا در حال حاضر بیش از ۴۰۰۰ میلیون است ، و سرعت رشد آن ۲۰۰۰۰۰ نفر در روز است و اگر عوامل پیش بینی نشده دخالت نکنند ، به حداقل ۶۰۰۰ میلیون در سال

۲۰۰۰ خواهد رسید (۱۹۷۵ ، NAS ، ۱۹۷۳ ، UN و ۱۹۷۱ ، NAS) . ثبات و حداکثر جمعیت تا بعد از سال ۲۱۰۰ یعنی زمانی که جمعیت دنیا در سطحی از ۱۰ تا ۱۶۰۰۰ میلیون خواهد رسید قابل انتظار نیست (۱۹۷۵ ، NAS و ۱۹۷۳ ،UN). در این جا لازم است قوانین بیولوژیکی مالتوس (۱۹۷۸) جداً در نظر گرفته شود . وی این موضوع را بطریق ذیل بیان داشت .

« من فکر می کنم دو شرط ذیل را باید در نظر گرفت ، اولاً برای حیات بشر وجود غذا ضروری است و ثانیاً احساسات بین دو جنس مخالف زن و مرد لازم و ضروری است و تقریباً به صورت فعلی باقی خواهد ماند ... با شرط این که دو شرط اصلی من پذیرفته شود رشد جمعیت قطعاً بیشتر از توان تولید مواد غذایی زمین برای بشر است » . در حقیقت ، واقعیات موجود ، نظرات مالتوس را به درستی اثبات کرده است . مدارك مستند تاریخی ادوار گذشته در چندین مورد نشان داده است که ، در مواردی که جمعیت انسانها بیش از مقدار تأمین غذای آنها افزایش یافته است قحطیهای ناحیه ای اتفاق افتاده است . هیچ یک از این ها به عظمت حادثه قحطی پیش بینی شده برای آینده نیستند (وال فورد ۱۸۷۸ ، موریسن ۱۹۱۱ ، مالوری ۱۹۲۸ ، اسپنگلر ۱۹۶۸) .

برتراندراسل (۱۹۶۱) قوانین بیولوژیکی مربوط به رشد جمعیت را به بهترین وجهی بیان کرده است . او نوشته است « هر موجود زنده به صورت استعمارگرانه ای جهت انتقال هر چه بیشتر امکانات محیطش به خودش و نسلش عمل می کند » .

این قوانین جمعیتهای طبیعی حاکی از آن است که جمعیت گونه ها تا وقتی که غذا یا منابع دیگر محدود شود افزایش خواهد یافت . انتظار ما این است که بشر عقل خود را برای محدود کردن تعداد جمعیت و تأمین کیفیت زندگی ، غذای کافی و پناهگاه به کار بندد .

وضع فعلی غذا در جهان

افزایش روز افزون جمعیت و کاهش باروری اکوسیستمهای زمین روز بروز مسأله غذا را بغرنجتر می کند . طی دو قرن گذشته جمعیت دنیا به حدود ۶ میلیار نفر افزایش یافته است و کمبود غذا منجر به گرسنگی بیش از ۷۰۰ میلیون نفر و سوء تغذیهٔ بیش از ۳ میلیارد نفر از مردم جهان گشته است . طبق براوردهای موجود ، از ۲/۵ میلیارد نفر ساکنان مناطق روستائی ۱۱۴ کشور در حال توسعه دنیا ، قریب به یک میلیارد نفر زیر خط فقر ، زندگی می کنند . از این تعداد

۶۳۳ میلیون نفـر در آسیا ، ۲۰۴ میلیون نفـر در افریقا ، ۲۷ میلیون نفـر در خاور نزدیک وشمال آفریقا ، و ۷۶ میلیون نفـر در آمریکای لاتین و جزائر کارائیب سکونت دارند . آمـارهای سازمان خوارو بار کشاورزی جهانی نشانگر آن است که ۲۲ درصد جمعیت آفریقا ، ۲۷ درصد جمعیت خاور دور ، ۳۱ درصد جمعیت آمریکای لاتین و ۱۱ درصد جمعیت خاور نزدیک ر اگرسنگان تشکیل می دهند . بر مبنای امارهای بانک جهـانی ، در آغـاز قـرن بیست و یکم مـیلادی آمـار قحطی زدگان و گرسنگان سراسر جهان به ۱/۳ میلیارد نفر بالغ می گردد و تعداد انسانهایی که با سوء تغذیه و کمبود غذایی مواجه اند ، از مرز ۴ میلیارد نفر بیشتر خوا هد شد .

در حال حاضـر تنها یک چهارم جمـعیت جهان ، در کـشورهای پیشرفـته زندگی می کنند ولی حدود ۶۲ درصد مـواد غذایی جهان در این کـشورها تولید می شود . این در حـالی است که نیروی شـاغل در بخش کشاورزی در این کـشور ها کمـتر از ۱۰ درصد نیروی کـارآمد را تشکیل می دهد . قدرت تولیـد یک زارع در کشـورهای پیشرفـته به طور مـتوسط بیش از ۴۰ برابر قدرت تولید یک زارع در کشورهای توسعه نیافتـه است . در کشورهای پیشرفته تنها ۴۷ درصد مجموع اراضی کشاورزی جهان قرار دارد .

در کشور ما جمعیت با آهنگ رشدی ، بیشتر از متوسط رشد جهانی رو به فزونی است و با ادامه این روند تا سال ۱۳۸۵ از مرز ۱۰۰ میلیـون نفر فراتر خـواهد رفت . به طور کلی سالانه حدود ۴۰ میـلیون تن مـحصـولات کشـاورزی در ایران تولید می شـودکه این مـقدار برای تغـذیه حدود ۴۰ میلیون نفر کـفایت می کند . بر اساس نرخ رشد جمعیت و الگوی مصرف کنونی طی دو دهه آینده هر ساله برای ۲/۵ میلیـون نفر جـمعیت اضـافی باید بیش از ۴۰۰ هزار تن گندم . ۹۰ هزار تن برنج ، ۹۰ هزار تن شکر ، ۶۰۰ هزار تن گـوشت سـفـید و قـرمـز و صـدها هزار تن فرآورده های دیگـر از خارج وارد کرد . بدین ترتیب تا سال ۱۳۸۵ نیـاز جامـعه به مـحصـولات اساسی کشاورزی لااقل ۴۰ درصد افزایش خواهد یافت .

در جدول ۱-۱۲ تغییرات سالانه تولید غذا در جـهان نشانداده شده است . همانگونه که مـلاحظه می شود تأمـین غذا در سـال ۱۹۹۱ در مقـایسه بـا سال ۱۹۸۳ کاهش یافـته است . این کاهش عمدتاً در امـریکای شمالی ، استرالیا و بخـصوص کشورهای تازه استقـلال یافته شوروی سـابق است . در کشـورهای در حال توسـعـه رشد سـالانه تولید غـذا از دهه ۱۹۸۰ رو به کاهش گـذاشتـه است . عـلاوه بر ان تولیـد سـرانه غـذا در اکـثـر کـشـورهای آمـریـکای لاتین و دریای کارائیب ، آسیا و آفریقا کاهش یافته است .

جدول ۱-۱۲ : تغییرات سالانه تولید غذا در جهان (درصد)

	میانگین سالهای ۱۹۸۱-۸۵	۱۹۸۷	۱۹۸۸	۱۹۸۹	۱۹۹۰	۱۹۹۱
آفریقا	۲/۷	۰/۵	۵/۳	۳/۰	۰/۵	۲/۵
خاور دور	۴/۵	۱/۷	۵/۳	۴/۱	۴/۳	۰/۴
آمریکای لاتین و کارائیب	۲/۷	۳/۵	۵/۷	۲/۳	-	۰/۹
خاور نزدیک	۳/۰	-	۴/۱	-۶/۳	۸/۵	-۰/۹
کلیه کشورهای درحال توسعه	۳/۸	۱/۷	۵/۳	۲/۸	۳/۳	۰/۶
آمریکای شمالی	۳/۲	-۲/۸	-۷/۶	۱۱/۶	۳/۳	-۲/۱
اقیانوسیه	۲/۹	-۱/۱	۳/۶	-۱/۵	۱/۸	-۱/۳
اروپا	۱/۳	-۰/۲	۰/۶	۱/۱	-۰/۹	-۰/۷
کشورهای بازار مشترك	۱/۲	۱/۹	-۱/۷	۱/۳	-۰/۸	۰/۶
شوروی سابق	۲	-	-۱/۴	۳/۸	۰/۴	-۱۳/۷
کلیه کشورهای پیشرفته	۱/۹	-۰/۹	-۲/۷	۴/۶	۰/۶	-۳/۶
جهان	۲/۸	۰/۴	۱/۵	۳/۶	۲/۱	-۱/۳

از محصولات عمده غذایی در حال حاضر (سال ۱۹۹۱) تولید غلات ۱۸۸۱ میلیون تن است که ۵٪ کمتر از مقدار تولید در سال ۱۹۹۰ می باشد (جدول ۲-۱۲) . این کاهش عمدتاً ناشی از کاهش تولید در کشورهای آمریکا و شوروی سابق بوده است . از میان غلات عمده ، کاهش سطح زیر کشت و عملکرد گندم باعث شده است که تولید این محصول ، به ۵۵۲/۸ میلیون تن یعنی ۸٪ کمتر از میزان تولیدی سال ۱۹۹۰ برسد . تولید غلات دانه درشت به ۸۰۹ میلیون تن یا ۴/۴ درصد کاهش رسیده است . از طرفی دیگر تولید برنج به مقدار ناچیزی کاهش یافته است و مقدار آن ۵۱۸/۴ میلیون تن است .

تولید گیاهان ریشه ای که ، دومین محصولات عمده غذایی هستند تقریباً ۲٪ کاهش یافته است . تولید حبوبات در سال ۱۹۹۱ به حدود ۶۱ میلیون تن (۲/۸ درصد) و تولید شکر در این سال به ۱۱۱/۸ میلیون تن رسیده است . تولید شکر در کشورهای در حال توسعه و بخصوص در برزیل ، چین و ترکیه ۶٪ افزایش یافته است و به ۷۰ میلیون تن رسیده است . این محصول در کشورهای توسعه یافته ۶٪ کاهش داشته است و به ۴۲/۳ میلیون تن رسیده است .

جدول ۲-۱۲: مقایسه تولید محصولات مختلف در سالهای ۱۹۹۰ و ۱۹۹۱

	کشورهای توسعه یافته (میلیون تن)			کشورهای در حال توسعه میلیون تن)			جهان (میلیون تن)		
	۱۹۹۰	۱۹۹۱	درصد تغییر	۱۹۹۰	۱۹۹۱	درصد تغییر	۱۹۹۰	۱۹۹۱	درصد تغییر
غلات	۹۳۲/۴	۸۴۲/۱	-۹/۷	۱۰۳۹/۱	۱۰۳۸/۸	-	۱۹۷۱/۴	۱۸۸۰/۹	-۴/۶-پ
گندم	۳۶۵/۶	۳۱۴/۰	-۱۴/۱	۲۳۵/۱	۲۳۸/۸	۱/۶	۶۰۰/۷	۵۵۲/۸	-۸/۰
برنج	۲۵/۹	۲۵/۳	-۲/۳	۴۹۷/۶	۱پ۴۹۳	-۰/۹	۵۲۳/۵	۵۱۸/۴	-۱/۰
غلات دانه درشت	۵۴۰/۸	۵۰۲/۸	-۷/۰	۳۰۶/۳	۳۰۶/۸	۰/۲	۸۴۷/۱	۸۰۹/۷	-۴/۴
گیاهان ریشه ای	۱۹۵/۱	۱۸۰/۵	-۷/۵	۳۹۸/۷	۴۰۲/۳	۰/۹	۵۹۳/۹	۵۸۲/۸	-۱/۹
حبوبات	۲۱/۵	۲۱/۸	۱/۵	۳۷/۵	۳۸/۸	۳/۶	۵۹/۰	۶۰/۶	۲/۸
شکر (خام)	۴۵/۰	۴۲/۳	-۶/۰	۶۵/۷	۶۹/۵	۵/۸	۱۱۰/۷	۱۱۱/۷	۱/۰
گوشت (انواع مختلف)	۱۰۴/۳	۱۰۳/۰	-۱/۲	۷۲/۰	۷۲/۴	۱/۸	۱۷۶/۳	۱۷۶/۴	-
شیر	۳۸۳/۵	۳۶۶/۸	-۴/۳	۱۵۵/۴	۱۵۷/۸	۱/۵	۵۳۸/۹	۵۲۴/۶	-۲/۷
تخم مرغ	۱۹/۰	۱۸/۸	-۱/۱	۱۵/۹	۱۶/۵	۳/۴	۳۴/۹	۳۵/۲	۰/۵

تولیـد شیـر در جهـان در سال ۱۹۹۱ به اندازه ۳٪ نسـبت به سـال قبل از آن کـاهش یافتـه است . ایـن کـاهش عـمـدتاً ناشی از کـاهش تـولیـد در کـشـورهای توسـعـه یافـتـه از قـبـیل اروپای شـرقی وشـوروی سـابق بوده است . تولیـد گـوشت در سـال ۱۹۹۱ نسبت به سـال قـبل تغییری نکرده است .

تولید سرانه غذا برای محصولات عمده در سال ۱۹۹۱ به ۳۸۷ کیلوگرم رسیده است که در دهه اخیر در کـمـترین مـقـدار خـود می باشد (جـدول ۳-۱۲) . این مـوضوع به علت کـاهش تولیـدغلات در کـشورهای توسـعه یافته و تـا حدی کـاهش گیـاهان ریشه ای و بخـصوص سـیب زمینی در اروپای شرقی بوده است . البـته در کشورهای در حال توسعه نیـز کاهش سرانه به علت کاهش تولید غـلات و گیاهان ریشه ای بوده است و این مـوضوع نتوانسته است افـزایش نسبی که در تولید حبوبات ایجاد شده است را جبران کند .

جدول ۳-۱۲ : تولید سرانه مواد غذایی بر حسب کیلوگرم به ازاء هر نفر در سال

(غلات ، حبوبات ، محصولات ریشه ای و غده ای بر حسب معادل غلات محاسبه شده است) .

	متوسط ۱۹۸۱-۸۵	۱۹۸۷	۱۹۸۸	۱۹۸۹	۱۹۹۰	۱۹۹۱
آفریقا	۱۸۸	۱۹۳	۲۰۶	۲۰۶	۱۹۰	۲۰۱
خاور دور	۳۰۲	۲۹۴	۳۰۱	۳۱۲	۳۱۷	۳۰۶
امریکای لاتین و کارائیب	۳۱۷	۳۰۶	۲۹۴	۲۸۰	۲۳۶	۲۶۹
خاور نزدیک	۲۶۷	۲۶۹	۳۰۰	۲۳۳	۲۸۴	۲۸۱
کلیه کشورهای در حال توسعه	۲۸۷	۲۸۱	۲۸۸	۲۸۹	۲۹۲	۲۸۶
آمریکای شمالی	۱۳۹۲	۱۲۵۸	۹۱۲	۱۲۳۳	۱۳۷۱	۱۲۳۴
اقیانوسیه	۱۴۱۲	۱۱۷۱	۱۲۳۸	۱۲۳۹	۱۲۴۴	۹۳۲
اروپای غربی	۵۳۶	۵۴۲	۵۶۴	۵۶۶	۵۵۷	۵۷۰
کشورهای بازار مشترك اروپا	۵۳۹	۵۶۳	۵۵۸	۵۴۸	۵۶۶	–
اروپای شرقی	۸۶۷	۸۷۸	۸۸۰	۹۱۸	۸۸۸	۸۵۷
شوروی سابق	۷۱۸	۸۰۰	۷۲۷	۷۸۴	۸۶۵	۶۶۶
کلیه کشورهای پیشرفته	۷۶۰	۷۴۹	۶۶۵	۷۵۶	۷۹۵	۷۱۷
جهان	۴۰۷	۳۹۵	۳۷۹	۴۰۱	۴۱۱	۳۸۷

کاهش تولید سرانه در سال ۱۹۹۱ در کشورهای در حال توسعه ناشی از ۳/۵ درصد کاهش تولید در کشورهی خاور دور می باشد . در خاور نزدیک نیز تولید سرانه کاهش یافته است . در این منطقه علی رغم افزایش تولید غلات افزایش جمعیت باعث کاهش تولید سرانه شده است . در افریقا تولید سرانه نسبت به سال ۱۹۹۰ افزایش یافته است و تولید غلات به حدود ۱۴٪ رسیده است و این موضع عمدتاً به علت افزایش غلات دانه درشت در غرب افریقا و کشورهای ساحل بوده است . در کشورهای آمریکای لاتین و حوضه دریای کارائیب پس از سالها کاهش ، تولید سرانه تا حدودی افزایش یافته است . البته با تولید سرانه ۲۶۹ کیلوگرم به ازاء هر نفر مقدار آن خیلی کمتراز متوسط کشورهای در حال توسعه است .

واردات غلات در کشورهای در حال توسعه در طی سالهای ۹۲/۱۹۹۱ برابر ۱۲۱ میلیون تن یعنی ۸ میلیون تن (۷٪) بیشتر از سال قبل بوده است ، که قسمت عمده این افزایش واردات (حدود ۹٪) مربوط به آسیا بوده است . در جدول شماره ۴-۱۲ تغییرات سالانه واردات مواد غذایی در کشورهای در حال توسعه آورده شده است .

جدول ۴-۱۲ : تغییرات سالانه واردات مواد غذایی (درصد)

	(متوسط) ۸۵-۱۹۸۱		۱۹۸۸		۱۹۸۹		۱۹۹۰	
آفریقا	ارزش	حجم	ارزش	حجم	ارزش	حجم	ارزش	حجم
امریکای لاتین و کارائیب	-۶/۹	-۳/۳	۱۷/۶	-۱/۲	۲۲/۱	۳/۷	۴/۴	۱۰/۵
خاور نزدیک	۱/۵	۷/۱	۱۰/۹	-۸/۹	۱۶/۶	۱۰/۵	۲/۵	-۰/۶
خاور دور	-۳/۴	-۱/۰	۲۷/۴	۹/۶	۱۳/۷	-۰/۴	-۱/۰	-۳/۷
کلیه کشورهای در حال توسعه	-۲/۶	۱/۴	۱۸/۵	۱/۲	۱۶/۴	۴/۳	۰/۷	-۱/۲

قیمت غلات در اواخر سال ۱۹۹۱ خیلی بیشتر از اوایل این سال بود . قیمت گندم از ۱۱۴ دلار در هر تن در ژانویه ۱۹۹۱ به ۱۶۰ دلار در دسامبر این سال رسید . ذخیره غلات در جهان در اواخر سال ۱۹۹۲ به ۳۱۴ میلیون تن کاهش یافت .

سلامت جمعیت

رشد سریع جمعیت دنیا با مصرف سوخت فسیلی که به صورت نمایی است انطباق

دارد (شکل ۱-۱۲) . این انرژی جهت برنامه بهداشت عمومی و کنترل بیماریها و افزایش تولید غذا برای جمعیت در حال رشد دنیا استفاده می شود . برای مثال جهت کنترل بیماری حصبه ، نیاز به وسایل تصفیه آب که فرایندی پر هزینه از نظر انرژی است دارد (آدی ۱۹۶۴) . برنامه ریشه کنی پشه مالاریا نیاز به کاربرد د. د. ت و دیگر حشره کشها دارد . تولید این حشره کشها نیاز به مقادیر معتنابهی انرژی دارد (آدی ۱۹۶۴) .

کاهش میزان مرگ و میر از طریق کنترل مؤثر بیماریها ، عامل اساسی افزایش میزان رشد جمعیت است . برای مثال در سیلان بعد از مصرف د. د. ت میزان مرگ و میر از ۲۰ در هزار در سال ۱۹۴۶ به۱۴ در هزار در سال ۱۹۴۷ کاهش یافت (PEP۱۹۵۵) و بهمان نسبت میزان رشد جمعیت افزایش یافت . کاهش قابل ملاحظه مشابه در میزان مرگ و میر بعد از استفاده از د. د. ت در جزیره موریس اتفاق افتاد و در نتیجه میزان مرگ و میر از ۲۷ در هزار به ۱۵ در هزار کاهش و میزان رشد جمعیت از حدود ۵ به ۳۵ در هزار افزایش یافت (شکل ۲-۱۲) . مدارك تاریخی موارد مشابهی را در کشورهایی که تکنولوژی بهداشت عمومی و پزشکی در سطح بالایی است ، و میزان مرگ و میر کاهش یافته است نشان می دهد (کزوزا واویکلی ۱۹۷۱) . کنترل مؤثر بیماریهای بشر ، همراه با افزایش تولید مواد غذایی سهم قابل توجهی در سرعت رشد جمعیت دارد (۱۹۷۱ ، NAS) . بدبختانه افزایش مستقیم تعداد افراد خانواده و افزایش جمعیت انفجار آمیز در شهرهای بزرگ و کوچک و دهکده ها غالباً باعث فشار بر سیستمهای اجتماعی و تولید مواد غذایی موجود می شوند (۱۹۷۱ ، NAS) . وجود بعضی از بیماریهای مزمن نیز ، نیاز به تولیدات غذایی را افزایش می دهد . برای مثال وقتی که یک نفر مبتلا به اسهال شده و یا مورد هجوم مالاریا و کرم انگل قلابدار قرار می گیرد در این صورت ۵ تا ۲۰٪ انرژی مصرفی به تنهایی برای جبران بیماری مصرف می شود . این موضوع بالاخص در مورد مالاریا ، کرم قلابدار و آمیب اسهال خونی که باعث صرف مواد غذایی و خون بیمار شده و توانایی بدن را برای استفاده مؤثر از مواد غذایی کاهش می دهد بیشتر صادق است . این وضعیت می تواند به عنوان یک عامل تلفات مواد غذایی محسوب شود .

تلفات مواد غذایی

مقادیر قابل توّجهی ذخیره غذای ما به دلیل حمل آفات مختلف از قبیل حشرات ، پاتوژنها و علفهای هرز ، پرندگان وجوندگان کاهش می یابد . در حال حاضر تلفات

محصولات جهان شامل خسارت حشرات (۱۳٪) ، بیماریهای گیاهی (۱۲٪) ، علفهای هرز (۹٪) و پستانداران و پرندگان (۱٪) می باشد که در مجموع حدود ۳۵٪ تخمین زده می شود (کرامو ۱۹۷۶ و پی منتل ۱۹۷۷) . اگر چه تلفات ناشی از پستانداران و پرندگان در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری نسبت به مناطق معتدل شدیدتر است ولی این ضایعات در مقایسه با ضایعات ناشی از حشرات ، بیماریها و علفهای هرز کم می باشد .

شکل ۲-۱۲ - میزان رشدجمعیت جزیره موریس از سال ۱۹۲۰ تا ۱۹۷۰ . در سالهای ۱۹۲۰ تا ۱۹۴۵ میزان رشد جمعیت ۵ در هزار بود در صورتی که بعد از کنترل مالاریا در سال ۱۹۴۵ میزان رشد به حد انفجار و به حدود ۳۵ در هزار رسید و از آن زمان خیلی کم کاهش یافت .

به علاوه مدارك موجود حاکی از آن است که تکنولوژی انقلاب سبز ضایعات آفات را افزایش داده است (پرادهن ۱۹۷۱ و آی . اکا ۱۹۷۵ مکاتبات شخصی) . واریته های جدید با عملکرد بالا حساسیت زیادتری در مقابل حشرات در مقایسه با واریته های قبلی دارند . در گذشته کشاورزان بذرها را از گیاهان منفردی که در شرایط طبیعی منطقه رشد کرده و بیشترین عملکرد را داشتند جمع آوری کرده و در فصول بعدی کشت می کردند .

این ژنوتیپهای طبیعی دارای چندین آلل مقاوم به حشرات و پاتوژنها بوده ، بعلاوه قابل

رقابت با علفهای هرز نیز بودند (اکا ۱۹۷۵ ، مکاتبات شخصی) . در این روش کشاورزان عملاً ژنوتیپهائی را که در منطقه بهترین رشد را داشتند انتخاب می کردند . واریته های غلات که به تازگی گسترش یافته یکنواختی ژنتیکی بیشتری دارند و این می تواند در مواردی که این واریته ها در محیط جدیدی و در سطح وسیعی کشت می شوند ، یک عیب به حساب آید . این به آن علت است که یک محیط اکولوژیکی مطلوب برای توسعه عوامل بیماری زا در حداکثر تخریبی آن فراهم شده است (فرانگل ۱۹۷۱ و آی . اکا ۱۹۷۵ ، مکاتبات شخصی) . بر همین اساس ، برنامه هایی برای کشت مکرّر در جهت تأمین مواد غذایی از منابع زمینی محدود توسعه یافته است . در نتیجه ادامه این نوع کشت شیوع آفات افزایش یافته است (پاتاك ۱۹۷۵) . افزایش تلفات محصولات به دلیل خسارت آفات به معنای کاهش عملکرد و کاهش مواد غذایی می باشد .

همه تلفات در طی فصل رشد اتفاق نمی افتند و بعد از برداشت تلفات قابل ملاحظه است . در ایالات متحده این تلفات ۹٪ (USDA ، ۱۹۶۵) و در کشورهای در حال توسعه بویژه در مناطق گرمسیر تا بیش از ۲۰٪ بر آورد می شود . آفات عمده که مواد غذایی برداشت شده را نابود می کنند میکروارگانیزمها ، حشرات و جوندگان هستند . وقتی که ضایعات بعد از برداشت به تلفات قبل از برداشت اضافه شود مجموع تلفات مواد غذایی در اثر آفات بیش از ۴۸٪ براورد می شود . بنابراین آفات $\frac{1}{2}$ پتانسیل تولیدات غذایی دنیا را مصرف و یا تخریب می کنند . بدون شک در دنیائی که نیاز فراوان به مواد غذایی است چنین تلفاتی غیر قابل تحمل است .

استراتژی هایی جهت تامین نیازهای غذایی

برای این که انسان بتواند به پتانسیل ژنتیکی خود برسد و یک زندگی رضایت بخش داشته باشد باید انرژی ، پروتئینها و ویتامینهای معین و مواد معدنی بقدر کافی از مواد غذایی برای او تأمین شود . تجزیه و تحلیل ما روی تولید پروتئین و نیاز پروتئین متمرکز شده است ، زیرا واکنش این دو به شرایط محیطی مختلف برای همه مواد غذایی صادق است .

در حال حاضر سالانه حدود ۱۲۲×۱۰^{۶} تن پروتئین حیوانی و گیاهی در دنیا تولید می شود . اگر این پروتئین به صورت یکنواخت تقسیم شود به حدود ۸۴ گرم پروتئین به ازای هر نفر در روز خواهد رسید . از این مقدار کل پروتئین حیوانی (گوشت ، شیر ، تخم مرغ و غیره)

۲۵٪ و در حدود ۳۰×۱۰^{۶} تن می باشد (جدول ۱-۶) . تعداد دام در دنیا در حدود ۱۰۰۰×۱۰^{۶} رأس گوسفند . ۳۵۰×۱۰^{۶} رأس بز ، ۱۰۰×۱۰^{۶} رأس گاومیش ، ۱۱×۱۰^{۶} نفر شتر ، $۱۰^{۶} \times$ ۵۵۰ رأس خوك ، ۴۶×۱۰^{۶} است ، ۱۵×۱۰^{۶} قاطر و ۴۰×۱۰^{۶} الاغ می باشد (بیرلی ۱۹۶۶) . برای این $۳/۱ \times ۱۰^{۹}$ رأس دام ، به طور متوسط ۱/۶ هکتار مرتع برای هر رأس دام لازم است . این برآورد شامل حدود ۳×۱۰^{۹} هکتار چراگاه و مراتع موجود ، بعلاوه در حدود ۲×۱۰^{۶} هکتار جنگل و دیگر زمینهای مناسب چراست . جهت افزایش تولید پروتئین حیوانی باید روشهایی جهت بالا بردن ، راندمان بیشتر از آنچه در گذشته بوده است پیدا نمود . بعضی برآوردها حاکی از آن است که تولید ماهی ممکن است از ۶۶×۱۰^{۶} تن به ۱۰۰×۱۰^{۶} تن افزایش یابد (انستیتواکولوژی ۱۹۷۲) . البته به دلیل مشکلاتی که هم اکنون در رابطه با صید بیش از حد ماهی وجود دارد احتمال این امر کم است (برون و همکاران ۱۹۷۶) و در حقیقت صید در چند سال گذشته کاهش داشته است (شکل ۱-۹) . بعلاوه لازمه صید ماهی صرف انرژی زیادی است لذا این مسأله محدودیتی برای توسعه صید ماهی خواهد بود .

اگر چرای بیش از حد کاهش یابد و گونه های پر تولید گیاهی توسعه یابند تولیدات دامی می تواند بهبود یابد . کاربرد مقادیر محدودی کود عملکرد علوفه را افزایش خواهد داد . تأمین سالیانه پروتئین حیوانی از وضع موجود ۳۳×۱۰^{۶} تن به حدود ۴۳×۱۰^{۶} تن در سال ۲۰۰۰ خواهد رسید (جدول ۱-۶) . البته این افزایش برای حفظ مصرف پروتئین حیوانی یا گیاهی درسطح فعلی که ۸۴ گرم بازای هر نفر در روز است برای تمام جمعیت دنیا به اندازه کافی نخواهد بود .

در صورتی که ۶۶٪ در تولید حبوبات ، ۱۰۰٪ در سبزیجات و ۷۵٪ در تولید غلات افزایش حاصل شود قادر خواهیم بود که معادل مصرف سرانه پروتئین سال ۱۹۷۵ برای جمعیت ۶ تا ۷ میلیارد نفری دنیا در سال ۲۰۰۰ غذا تأمین کنیم . بر اساس تجزیه و تحلیل ما ، افزایش چشمگیر در تولید پروتئین گیاهی از نظر تکنیکی در طی ۲۵ سال آینده میسر می باشد .

شاید روش ساده تر افزایش تولید پروتئین و دیگر مواد غذایی برای بشر عادت دادن مردم به گیاهخواری باشد . در حال حاضر سالانه ۵۱×۱۰^{۶} تن پروتئین گیاهی مناسب برای تغذیه بشر ، صرف تغذیه دامها می شود (جدول ۱-۶) . این برآورد نشان می دهد که اگر در آینده رژیم غذایی به گیاهخواری تغییر یابد ۴۲٪ پروتئین اضافی برای جمعیت دنیا در دسترس خواهد بود . برای این که بتوان در سال ۲۰۰۰ مصرف پروتئین در سطح فعلی نگهداری نمود ۶۷×۱۰^{۶} تن

پروتئین مورد استفاده بشر باید صرف تغذیه دامها شود . اگر این مقدار مستقیماً مورد استفاده انسان قرار می گرفت ، افزایش پیش بینی شده برای تولید پروتئین غلات ، حبوبات و سبزیجات بطور چشمگیری قابل کاهش خواهد بود (نگاه کنید به طرح چاره جویی برای سال ۲۰۰۰ درجدول ۱-۶) . بفرض اگر بر اساس اعمال مدیریت چراگاهها و مراتع ۲۵×۱۰^{۶} تن پروتئین حیوانی اضافی تولید شود باز هم افزایشی معادل ۴۱٪ در غلات ، ۲۰٪ در حبوبات و ۵۰٪ پروتئین از منابع گیاهی مورد نیاز خواهد بود . افزایش عملکرد در تولید محصولات زراعی در مقایسه با افزایش تولیدات دامی برای انسان اساسی است و در آینده هم برای او مهم خواهدبود . گاو ، گوسفند ، بز به دلیل این که علفهای چمنی چراگاههای مصنوعی و بوته های مرتعی را به غذای مناسب جهت انسان تبدیل می کنند با ارزش می باشند . بدون وجود دامها انسان نمی تواند از این نوع روئیدنیها استفاده کند .

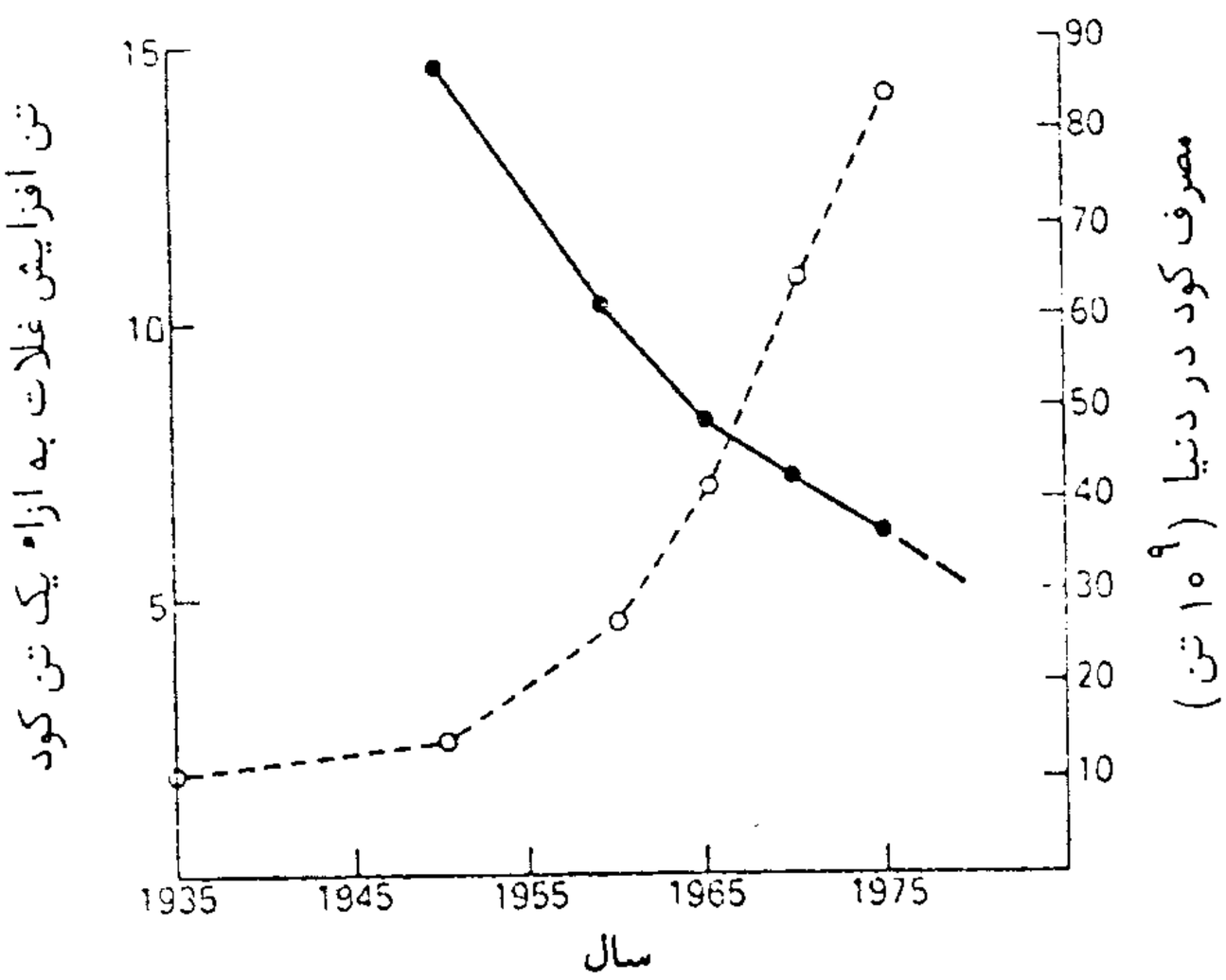
انرژی مورد نیاز برای تولید مواد غذایی

اگر چه در دهه های گذشته انسان مجبور نبود به ذخایر انرژی فسیلی توّجه زیادی نشان دهد ، این وضع امروزه تغییر یافته است . حدود ۱۶/۵٪ از انرژی فسیلی مصرف شده در ایالت متحده صرف سیستم غذایی می شود (FEA ، ۱۹۷۵) . این مقدار (۱۶/۵٪) اگر به عنوان بخشی از کل انرژی مصرفی ایالات متحده در نظر گرفته شود ممکن است زیاد و یا مهم به نظر نرسد ، اما در مقایسه با دیگر کشورها هزینه انرژی زیادی می باشد . برای مثال ۱۶/۵ درصد انرژی فسیلی مصرف شده در ایالات متحده در حقیقت برابر ۰/۰۲۶ بشکه نفت به ازای هر نفر در روز است و این در حدود دو برابر کل مصرف سرانه روزانه انرژی فسیلی در همه کشورهای در حال توسعه است (شکل ۲-۱) . تجزیه و تحلیل ذیل ممکن است ، به روشن شدن ارتباط سوخت فسیلی در تولید محصولات غذایی کمک کند . کل انرژی مصرف شده در ایالات متحده برای تولید غذا ، فرایند ، توزیع و آماده سازی در حدود ۱۴۰۰ لیتر نفت به ازای هر نفر است . اگر با استفاده از تکنولوژی ایالات متحده بخواهیم کلّ جمعیت جهان یعنی ۴۰۰۰ میلیون نفر را تغذیه کنیم معادل ۵۷۶۰×۱۰^{۶} لیتر نفت نیاز خواهد بود .

راه دیگر جهت بررسی وابستگی تولید مواد غذایی به انرژی فسیلی این است که ، محاسبه کنیم ، اگر از تکنولوژی موجود در ایالات متحده جهت تغذیه جمعیت جهان بخواهیم استفاده کنیم چه مدت طول خواهد کشید ، تا ذخیره فعلی مواد نفتی جهان به اتمام برسد .

ذخایر شناخته شده ۸۶۹۱۲×۱۰^{۶} لیتر تخمین زده شده است (جیلر ۱۹۷۲) لذا اگر فرض شود که ۷۵٪ نفت خام قابل تبدیل به سوخت باشد (جیلر ۱۹۷۲) این مقدار معادل ۶۶۰۵۳×۱۰^{۶} لیتر ذخایر قابل استفاده خواهد بود . با فرض این که تنها نفت منبع انرژی برای تولید مواد غذایی باشد و همه ذخایر نفتی شناخته شده منحصراً برای تولید غذا صرف شود این ذخایر فقط کمتر از ۱۱ سال جوابگو خواهد بود . این تخمین بر اساس تأمین غذا جهت جمعیت ۴۰۰۰ میلیونی جهان است .

اما چگونه ما می توانیم تأمین غذا و هزینه انرژی را در مقابل رشد جمعیت دنیا متعادل کنیم؟ حتی دو برابر کردن تأمین غذا در طی ۲۵ سال آینده شرایط سوء تغذیه فعلی برای ۵۰۰ میلیون انسان را جبران نخواهد کرد . جهت دو برابر کردن تولیدات مواد غذایی در این مدت به سه یا چهار برابر انرژی نیاز خواهد بود . دلیل مصرف زیاد انرژی به ازای هر واحد افزایش مواد غذایی به علت کاهش تدریجی عملکرد به ازای مصرف انرژی از قبیل مصرف کودها می باشد (شکل ۳-۱۲) .



شکل ۳-۱۲ - کاهش تدریجی عملکرد غلات به ازای افزایش مصرف کود(____)
(برون ۱۹۷۸) و مصرف کود در دنیا (- - -) برحسب تن .

یک روش عملی برای افزایش تولیدات غذایی با صرف حداقل انرژی فسیلی این است که جمعیت دنیا بیشتر مواد غذایی با منشاء گیاهی مصرف نماید . این تغییر رژیم غذایی هزینه انرژی را کاهش می دهد و به علت این که مواد غذایی قابل مصرف انسان کمتر صرف تغذیه

دامها می شود ، باعث افزایش تولیدات غذایی خواهد شد . در دام تقریباً ۲۰ کالری انرژی اضافی برای به دست آوردن یک کالری انرژی اضافی به صورت تولید مورد نیاز است .

محدودیت اراضی

برای تغذیه جمعیت بیش از ۴۰۰۰ میلیونی جهان اگر از جیره غذایی پر کالری و پروتئین آمریکایی و تکنولوژی کشاورزی آن کشور استفاده شود به زمینهای زراعی زیادی نیاز خواهد بود . اگر فقط تولید گیاهی را بخواهیم افزایش دهیم ، باز هم این موضوع صادق است . بنابراین اطلاع از مقدار زمین زراعی موجود مهم است . در یالات متحده حدود ۱۶۰×۱۰^{۶} هکتار زیر کشت گیاهان زراعی می باشد (USDA ، ۱۹۷۶) . با در نظر گرفتن حدود ۲۱۵ میلیون انسان در ایالت متحده ، مقدار سرانه زمین زیر کشت محصولات زراعی به طور متوسط ۰/۷۷ هکتار می باشد . چون ۲۰٪ تولیدات زراعی صادر می شود لذا زمین زراعی به ازای هرنفر از این مقدار کمتر و در حدود ۰/۲۲ هکتار می باشد .

زمینهای زراعی دنیا در حدود $۱/۵ \times ۱۰^{۹}$ هکتار برآورد شده است . اساساً با ۴۰۰۰ میلیون جمعیت فعلی جهان میزان سرانه زمین زراعی فقط ۰/۳۸ هکتار است . بنابراین اگر حداقل ۰/۶۲ هکتار به ازای هر نفر برای تولید مواد غذایی شبیه رژیم غذایی مردم در ایالات متحده نیاز باشد و فرضاً منابع انرژی و تکنولوژی برای تغذیه دنیا به صورت رژیم غذایی مردم در ایالات متحده در دسترس باشد ، زمین زراعی کافی موجود نیست .

البته امکان استفاده از بعضی از زمینهای فقیر وجود دارد . بهترین برآوردها حاکی از این است که ممکن است بتوان زمینهای زراعی را بدون مخارج زیاد و تلاش در حدود ۱۵٪ یعنی تا ۲×۱۰^{۹} هکتار افزایش داد (NAS ، ۱۹۷۷) . بعلاوه زمینهای خیلی فقیر مانند زمینهای باتلاقی را می توان زهکشی نمود یا بعضی زمینهای خشک را آبیاری نمود و بدین ترتیب پتانسیل را حدود ۲۵٪ یا $۳/۴ \times ۱۰^{۹}$ هکتار افزایش داد (کودا و همکاران ۱۹۷۵) . برای انجام این کار مقادیر زیادی انرژی و کاربرد تکنولوژیکی ضروری خواهد بود . اگر حداکثر جمعیت را ۱۶۰۰۰ میلیون در نظر بگیریم ، زمین رضایت بخش برای کشت به ازای هر نفر فقط ۰/۲ هکتار خواهد بود و در سطح جهانی زمینهای مناسب برای کاشت محدودیت جدی برای تولید مواد غذایی است . این ۰/۲ هکتار به ازای هر نفر با فرض این است که زمینهای زراعی موجود از بین نروند . متأسفانه ، حتی در حال حاضر نیز زمینهای زراعی با ارزش در حال از بین رفتن

بوده یا در حد اخطار آمیزی در حال کاهش هستند . برای مثال در ایالات متحده از سال ۱۹۴۵ تا ۱۹۷۰ برای تأسیس شاهراهها و شهرها بیش از ۲۶×۱۰^{۶} هکتار زمین از بین رفته است . در حدود نیمی از این زمینها حاصلخیز بوده (۱۹۷۴ ، ۱۹۷۱ ، USDA) و مبین تلفات غیر قابل برگشتی به زمینهای زراعی است .

فرسایش توسط باد و آب نیز به طور جدی زمینهای حاصلخیز را کاهش می دهد . در ایالات متحده ، میزان فرسایش خاك سالیانه در هر هکتار ۲۷ تن تخمین زده شده است (وادلیچ ۱۹۶۸ و هارگر و ۱۹۷۲) . با این میزان هم اکنون مجموعاً ۸۰×۱۰^{۶} هکتار برای تولید محصولات زراعی تخریب شده و یا در اثر فرسایش به صورت زمینهای خیلی فقیر در آمده است (۱۹۵۳ ، USNRB ، بنت ۱۹۳۹ ، پی منتل و همکاران ، ۱۹۷۶) . این میزان نسبتاً زیاد فرسایش خاك باعث تلفات حداقل $\frac{۱}{۳}$ سطح الارض زمینهای زراعی ایالات متحده که امروزه مورد بهره برداری قرار می گیرد شده است (هاندلر ، ۱۹۷۰) .

خوشبختانه ، تا زمان حاضر کاهش حاصلخیزی زمینهای زراعی ایالات متحده به علت فرسایش خاك به وسیله مصرف کودها و انرژی فسیلی جبران شده است (هارگرز ۱۹۷۲) . سالانه در حدود ۴۷ لیتر معادل سوخت به ازای هر هکتار برای جبران خسارت به وجود آمده توسط فرسایش مصرف می شود (پی منتل و همکاران ۱۹۷۶) . در کشورهای در حال توسعه میران زمینهای زراعی موجود جهت تولید محصولات و نیز میزان انرژی اضافی که برای زیر کشت بردن زمینهای فقیر لازم است ، عوامل محدود کننده جدی جهت گسترش تولید محصولات زراعی است .

محدودیت آب

بسیاری از محصولات زراعی مقادیر زیادی آب مصرف می کنند ، که اکثر آن توسط باران تأمین می شود . برای مثال یک هکتار ذرت در طول فصل رشد به ۶×۱۰^{۶} تا ۱۲ لیتر آب (۴-۲ ایکرفوت) نیاز دارد . در ایالات متحده ۹۶٪ آب مصرفی صرف تولیدات کشاورزی می شود ، در صورتی که برای مناطق صنعتی و شهری ، رویهمرفته کمتر از ۴٪ آن مصرف می شود (۱۹۷۴ ، NAS) .

اگر باران بقدر کافی نباشد باید راههایی برای تأمین آب پیدا نمود و معمولاً کمبود آب

توسط آبیاری انجام می شود . فقط در حدود ۱۴٪ زمینهای کشاورزی دنیا در حال حاضر آبیاری می شوند (برنیگ و همکاران ۱۹۷۵) . در مناطق خشک ، قطبهای مختلف اقتصادی ، تقاضای رقابت آمیزی برای آب موجود دارند . کشاورزی ، جمعیت شهری ، بخشهای صنعت ، معدن همه به مقادیر معتنابهی از این منبع کمیاب نیاز دارند . شواهد حاکی از آن است که ایجاد تغییراتی در آب تخصیص یافته به بخشهای مختلف غیر قابل اجتناب است و درآینده نسبت آب اختصاص داده شده به کشاورزی کاهش خواهد یافت . این بدین دلیل است که عملکرد اقتصادی بخش کشاورزی به ازای مقدار آب مصرف شده نسبت به عملکرد بخش صنعت یا معدن خیلی کمتر است (گرنل و ولمن ۱۹۶۰) . گسترش بیشتر آبیاری به علت نیاز به میزان انرژی زیاد ، محدود است . در حدود $۲۰/۶\times۱۰^{۶}$ کیلو کالری انرژی برای پمپ کردن ۱۲×۱۰^{۶} لیتر آب از عمق ۳۰ متری و آبیاری بارانی یک هکتار ذرت مورد نیاز است (اسمردن ۱۹۷۴) . این مقدار انرژی بیش از ۳ برابر انرژی فسیلی مصرفی ($۶/۶\times۱۰^{۶}$ کیلو کالری) که معمولاً برای عمل آوردن یک هکتار ذرت بعلاوه ۱۳٪ انرژی اضافی جهت تأمین و نگهداری تجهیزات آبیاری مورد نیاز است . این ارقام تاوان شوری آب خاك یا مسائل غرقابی خاك که غالباً در ارتباط با آبیاری هستند را در بر نمی گیرد . در مقابل شرایط کمبود آب شرایطی وجود دارد که آب زیادی باعث ایجاد رواناب و مشکلات جدی محیط می گردد . از بین بردن جنگلها و دیگر گیاهان در دامنه ها باعث افزایش رواناب شده و غالباً نتیجه آن خسارت جدی سیل به محصولات و چراگاهها می باشد (بیلی ۱۹۷۲) . در حقیقت خسارات ناشی از سیل ، رسوب و دیگر خسارات حوضه های آبخیز در ایالت متحده بیش از ۱۳۰۰ میلیون دلار در سال برآورد شده است . رواناب از طریق کاهش خاکهای حاصلخیز ، شستن اجزاء با ارزش خاك و نیز از بین بردن محصولات زراعی ، عملکرد آنها در واحد سطح را کاهش می دهد .

آب و هوا

آب و هوا همیشه شایستگی و موجودیت زمینهای زراعی را برای کاشت گیاهان زراعی تعیین می کند ، به این دلیل تغییرات درجه حرارت و یا میزان بارندگی بایستی در مقیاسهای مختلف زمانی ارزیابی شوند . در هر دههٔ معین ، احتمال وقوع حوادث غیر عادی وجود دارد و بی نظمی در الگوهای درجه حرارت و بارندگی ، باعث بهبود یا خسارت زیاد به عملکرد

گیالهان زراعی می شود . بعلاوه روندهای دراز مدت اقلیمی وجود دارد که در نهایت اثرات عمده ای بر کشاورزی دارند .

ارزیابی دراز مدت نشان میدهد که میانگین درجه حرارت نیم کره شمالی در حدود سال ۱۹۴۰ به حداکثر رسید ، و از آن زمان به بعد درجه حرارت در حدود ۰/۱ درجه سانتیگراد به ازای هر دهه کاهش یافته است (بریسون ۱۹۷۴ ، مالون ۱۹۷۴ ، بریسون و وندلند ۱۹۷۵) . چون کاهش ۰/۶ درجه سانتیگراد در حرارت ، فصل رشد را در حدود دو هفته کوتاه می کند ، اگر این جریان ادامه یابد ، عملکرد گیاهان زراعی در مناطق نامطلوب کاهش قابل توجهی خواهد داشت . برای نمونه در منطقه کمربند ذرت در ایالت متحده کوتاه کردن فصل رشد بحرانی ذرت به مدت دو هفته باعث کاهش عملکرد در حدود ۲۸۸ کیلو گرم (۲۴/۶ بوشل) درهکتار خواهد شد (اچ . استوك ایل ، دانشگاه ایالتی آیوا ، مکاتبات شخصی ۱۹۷۵) .

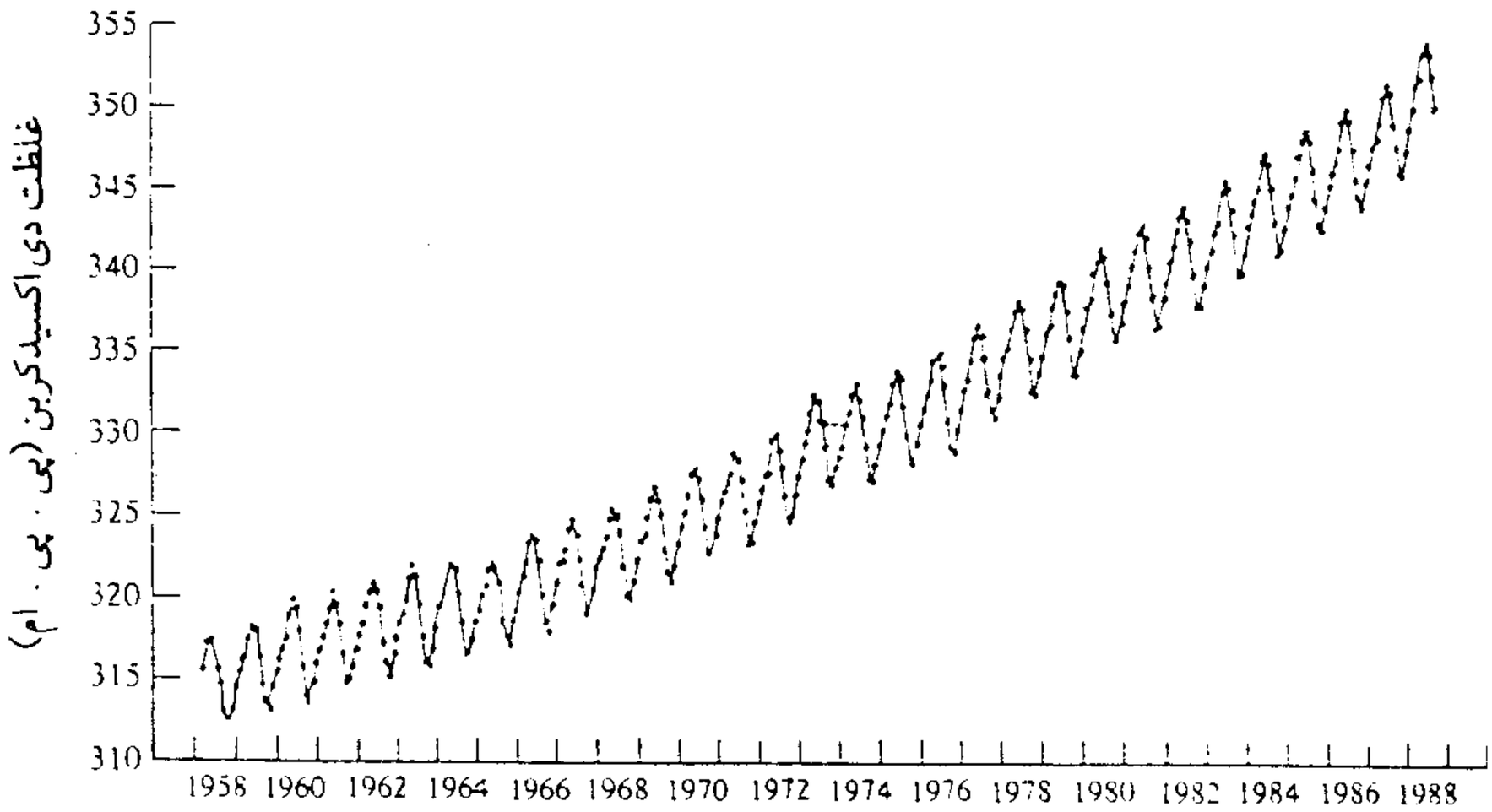
علاوه بر تغییرات درجه حرارت یا بارندگی فاکتورهای محیطی دیگر نیز ممکن است برتولید مواد غذایی تأثیر بگذارد . به عنوان مثال مصرف بی رویه انرژی فسیلی در صنعت روبه گسترش و افزایش سریع جمعیت دنیا ممکن است ، بر آب و هوا مؤثر باشد ، و در نتیجه اثرسوء بر کشاورزی داشته باشد . مصرف مقادیر زیادی انرژی فسیلی ، بویژه زغال سنگ باعث افزایش حجم قابل ملاحظه دی اکسید کربن (شکل ۴-۱۲) و ذرات ریز (آئروسل) در آتمسفر خواهد شد (کلوگ ۱۹۷۵ ، سینگر ۱۹۷۵ ، اشنیدر ۱۹۷۶) . هنوز اثر دقیق این تغییرات در آب و هوا شناخته نشده است . البته هر گونه افزایش قابل توّجه درجه حرارت ، باعث تغییرات اکولوژیکی عمده خواهد شد که سرانجام برتولیدات کشاورزی تأثیر خواهد گذارد . تغییرات ناشی از بی نظمی در الگوهای اقلیمی لزوم نیاز به ارتباط کشورها و اهمیت برنامه ریزیهای مشترك را روشن می سازد .

اثر این نوع بی نظمیها بر لزوم ذخیره مواد غذایی در سطح بین المللی برای سالهای بحرانی که تولید مواد غذایی در مناطق مختلف دنیا غیر منتظره پایین می آید نیز تأکید می کند .

آلودگیهای محیطی

دی اکسید کربن و ذرات ریزی که به وسیله سوختن ذخایر فسیلی آزاد می شوند آلودگی محیطی را باعث می گردند . نوع دیگر آلودگیهای محیطی که مستقیماً با کشاورزی ارتباط داده شده است ، استفاده از آفت کشها می باشد . آفت کشها مشکلات آفات را در حد زیادی

در کشاورزی کاهش داده و بهداشت انسان را با از بین بردن حشراتی که باعث شیوع بیماریها می شوند حفظ کرده است . البته آفت کشها مسؤول مسائل جدی محیطی و بهداشتی نیز هستند . نمونه ای برای مورد اخیز این است که در دنیا حشره کشهایی که مورد استفاده قرار می گیرند سالانه حدود ۳۰۰۰۰۰-۲۰۰۰۰۰ نفر انسان را مسموم می کنند که در حدود ۵٪ آنها تلف می شوند . نمونه هائی از این مسائل در منابع علمی دیده می شوند (۱۹۷۴ ، EPA ، ۱۹۷۱، ICAITI ، پی منتل و همکاران ۱۹۷۸) .



شکل ۴-۱۲ - افزایش غلظت دی اکسید کربن در هوا در هاوائی آمریکا

بعلاوه حشره کشها گونه های مفید را از بین می برند (پی منتل و گودمن ۱۹۷۴ ، براون ۱۹۷۸) . بنابراین دشمنان طبیعی حشرات غالباً در جریان کاربرد آفت کشها از بین رفته و آفات دیگر به علت این که کنترل بیولوژیک از بین رفته است شیوع پیدا می کنند (ون دن بوش و مسینجر ۱۹۷۳) . وقتی که این موضوع اتفاق می افتد ، معمولاً آفت کشهای اضافی برای کنترل حشرات جدید به کار برده می شوند و مطمئناً با کاربرد آفت کشهای قویتر جمعیت آفات به آفت کشها مقاوم می شوند . در حقیقت ، امروزه در حدود ۳۶۷ گونه آفات به آفت کشها مقاومند (جی پی گرجیو ۱۹۷۶ ، مکاتبات شخصی) .

وقتی که این حشره کشها به کار برده می شوند نه تنها آفات و گونه های مفید را از بین

می برند ، بلکه بقایای آنها خاك و جریانات آب را آلوده می کند . در مناطقی که حشره کشها به مدت طولانی برای کنترل آفات کشاورزی به کار برده شده است ، ناقل مالاریا ، یعنی پشه آنوفل که در آب آلوده زندگی می کنند ، به طور گسترده ای به مقادیر بالای حشره کشها مقاوم شده اند . جهت کنترل پشه ، میزان حشره کش مصرفی بایستی دو تا سه برابر مقدار مصرفی درچهار ، پنج سال قبل از آن افزایش داده شود (ICAITI ، ۱۹۷۷) . در چرخه کاربرد حشره کشها گونه های مفید از بین رفته ، آلودگی محیطی و مقاومت آفات افزایش یافته و بالاخره کاربرد آفت کشها افزایش می یابد و هیچگونه انتهایی برای آن مشاهده نمی شود . اثرات نهایی آن در تولید محصولات و تأمین غذا مصرف بسیار زیاد انرژی برای کنترل آفات خواهد بود .

آینده

این سئوال مطرح است که چه کسی مسؤول کمبود مواد غذایی است؟ چه کسی مسؤول کمبود روز ازون منابع انرژی عمده ماست ؟ چه کسی مسؤول آلودگی محیط است ؟ انسان نخواهد توانست از این حقیقت که او خودش جمعیت را در حد ظرفیت بیولوژیکی محیط و یا حتی بیش از آن افزایش داده فرار کند (برون ۱۹۷۸) . اگرجمعیت زمین فقط در حدود ۱۰۰۰ میلیون انسان بود ، همه می توانستند از سطح زندگی نسبتاً بالایی برخوردار شوند ، ولی با وجود جمعیت بیش از ۴۰۰۰ میلیون ، منابع غذا و انرژی حتی در حال حاضر ، برای رفع نیازها کفایت نمی کند . چگونه ما می توانیم انتظار داشته باشیم که با همین مقدار منابع ، قادر به تأمین غذای بیش از ۶۰۰۰ میلیون در سال ۲۰۰۰ خواهیم بود ؟ شاید ما باید آرزوی کیفیت زندگی بالا را از یاد ببریم ؟ یا شاید مابتوانیم مشکلات و مسائل جدید را شناخته و برای حل آنها تلاش کنیم .

بهمین سادگی ، جواب این نیست که ما تولید بیشتری از همین محصولات داشته باشیم . تجزیه و تحلیلهای ما نشان می دهد که حتی امروزه نیز انرژی ، زمین و دیگر محدودیتهای بیولوژیکی باعث شده است که تهیه غذا برای ۴۰۰۰ میلیون جمعیت فعلی دنیا بر اساس جیره غذایی روزانه ۷۳ گرم پروتئین حیوانی به ازای هر نفر یعنی مشابه آنچه در ایالات متحده است غیر ممکن باشد . شواهد حاکی است که برای تغذیه جمعیت رو به گسترش جهان ، استاندارد زندگی در دنیا را باید کاهش داد . در جیره غذایی تغییرات قابل توّجهی باید صورت گیرد و گوشت کمتری مصرف شود و بیشتر غلات ، سیب زمینی ، لوبیا مصرف شود .

مردم کشورهای توسعه یافته دنیا مجبور خواهند شد از نظر مصرف غذاهای گیاهی به دو سوم بقیه جمعیت دنیا یعنی مردم چین و هند بپیوندند . بیشتر مردم در آینده بایستی در خانه های کوچکتری زندگی کنند .

در آینده تأکید بر این خواهد بود که انرژی بیشتر در جهت مقاصد اساسی مصرف شود و برای مصارف رفاهی کمتر مورد استفاده قرار گیرد . با افزایش رشد جمعیت دنیا به بیش از ظرفیت بیولوژیکی زمین جریان کلی در جهت کاهش سطح زندگی خواهد بود . اگر چه مهارتهای علمی انسان به کاستن بعضی از کمبودهای دنیا ، یاری خواهند کرد ولی علم نمی تواند مشکلات دنیای امروز را قطعاً حل کند . برای قانع شدن در این مورد ، ملاحظه کنید که در دهه گذشته ، چه پیشرفتی برای بهبود کیفیت زندگی مردم کشورهای در حال توسعه حاصل شده است . یک فعالیت ضروری برای بشر کنترل تعداد جمعیت می باشد . البته این کار مشکلترین کاری است که انسان تا بحال با آن روبرو شده است (NAS ، ۱۹۷۱) . اگر قرار است رشد جمعیت در این مقیاس زیاد کاهش یابد والدین باید بدانند که به نفع خود و آیندگانشان است که تعداد کمتری بچه داشته باشند . این موضوع در صورتی عملی است که هزینه مستقیم فرزندان ، برای والدین زیاد باشد و جانشینهای قابل پذیرش از نظر اجتماعی برای خانواده های بزرگ و گسترده ایجاد شود . در داخل هر جامعه و سیستم اکولوژیکی این تغییرات ساختاری ومشکل در جامعه باید افزایش یابد . بهداشت و فرهنگ و شیوه زندگی مردم بهبود یابد . سرانجام کاهش جمعیت بستگی به یکایک افراد دارد . واضح است که اگر انسان جمعیت خود را کنترل نکند ، طبیعت این کار را خواهد کرد .

ضمیمه A

کودهای شیمیائی

جدول A_1 : انرژی مصرفی برای تهیّه کودهای شیمیائی (مگا کالری در هر کیلو گرم N ، لوکترز ۱۹۷۸)

	تولید کود						
نوع کود	گاز طبیعی	مواد نفتی	برق	کل	حمل ونقل	انبارداری	کل
گاز آمونیاك	۱۱/۶	۰	۰/۱	۱۱/۷	۰/۲	۰/۱	۱۲
اوره	۱۲/۷	۰	۰/۹	۱۳/۶	۰/۴	۰/۳	۱۲/۳
نیترات آمونیوم	۱۳/۴	۰	۰/۵	۱۳/۹	۰/۵	۰/۳	۱۴/۷

جدول A_2 : انرژی مصرفی برای تهیه کودهای فسفاته و پتاسه

($۱۰^۳$ ×کیلو کالری در هر کیلو گرم P یاK)(لوکرتز ۱۹۷۸)

نوع کود	تولید کود	حمل ونقل مواداولیه	حمل ونقل و توزیع تولیدات
سنگ فسفاته	۰/۴	–	۰/۹
سوپر فسفات معمولی (۰-۲۰-۰)	۰/۶	۰/۲	۱/۵
سوپر فسفات تریپل (۰-۴۶-۰)	۲/۲	۰/۲	۰/۶
پتاس (K_2O)	۱/۱	۰/۲	۰/۵

جدول A_3 : انرژی مصرفی برای تهیّه مواد آهکی (کیلوکالری در هر کیلوگرم)(ترهون ۱۹۷۸)

نوع ماده	استخراج از معدن	ساخت	حمل و نقل مواداولیه	حمل و نقل و توزیع تولیدات
سنگ آهک خرد				
یا نرم شده	۱۵/۴۵	۰	۰	۳۰۰
سنگ آهک پخته شده	۱۵/۴۵	۱۸۹۳	۲۰۰	۳۰۰
آهک آب دیده	۱۵/۴۵	۱۸۹۳	۲۰۰	۳۰۰

ضمیمه B

مواد سوختی

جدول B_1 : تأمین و کارآیی انرژی (سرویناك ۱۹۷۸)

منبع انرژی	واحد	کیلوکالری در هر واحد	مصرف انرژی جهت تولید(کیلوکالری)	کل (کیلو کالری در هر واحد)
بنزین	لیتر	۸۱۷۹	۱۹۳۰	۱۰۱۰۹
گازوئیل	لیتر	۹۲۳۵	۲۱۷۹	۱۱۴۱۴
نفت	لیتر	۹۲۳۵	۲۱۷۹	۱۱۴۱۴
گاز مایعLP Gas	لیتر	۶۲۳۴	۱۴۱۷	۷۷۰۵
گاز طبیعی	مترمکعب	۹۸۸۵	۱۹۲۸	۱۱۸۱۳
زغال سنگ (سخت)	کیلوگرم	۷۲۲۲	۵۶۳	۷۷۸۵
زغال سنگ (نرم)	کیلوگرم	۷۲۶۰	۵۴۶	۷۸۲۶
چوب سخت	کیلوگرم	۴۶۰۰	۳۴۵	۴۹۴۵
برق	کیلووات ساعت	۸۵۹	۲۰۰۴	۲۸۶۳

ضمیمه c

سموم

جدول c_1 : انرژی مصرفی برای تولید انواع سموم

(همه ارقام بر حسب یک کیلوگرم ماده مؤثر می باشد) .

سم (علف کشها)	انرژی مصرفی برای تولید (کیلوکالری)	منبع علمی
MCPA	۳۰۹۵۲	گرین (۱۹۷۶)
دیورن	۶۴۲۹۰	گرین (۱۹۷۶)
آترازین	۴۵۲۴۰	گرین (۱۹۷۶)
تریفلورالین	۳۵۱۷۰	گرین (۱۹۷۶)
پاراکوات	۱۰۹۵۲۰	گرین (۱۹۷۶)
2,4-D	۲۴۲۰۰	پی منتل (۱۹۷۳)
2,4,5-T	۵۶۷۰۰	گرین (۱۹۷۶)
کلورامبن	۷۱۴۰۰	گرین (۱۹۷۶)
دینوزب	۱۹۰۸۰	گرین (۱۹۷۶)
پروپانیل	۵۲۲۴۰	گرین (۱۹۷۶
پروپاکلر	۶۹۰۵۰	گرین (۱۹۷۶)
دیکامبا	۷۰۲۴۰	گرین (۱۹۷۶)
گلی فوسیت	۱۰۸۱۰۰	گرین (۱۹۷۶)
دیکوات	۹۵۲۴۰	گرین (۱۹۷۶)
حشره کشها		
DTT	۲۴۲۰۰	لیچ وسلسر(۱۹۷۳)
توکسافن	۳۸۱۰۰	گرین (۱۹۷۶)
متیل پاراتیون	۱۳۸۱۰	گرین (۱۹۷۶)
کاربافوران	۱۰۸۱۰۰	گرین (۱۹۷۶)

کاربارىل	۳۶۴۳۰	گرین (۱۹۷۶)
سموم تدخینی		
متیل بروميد	۱۵۹۵۰	استینهارت و استینهارت (ب ـ ۱۹۷۴)
قارچ کشها		
فربام	۱۵۲۵۰	گرین (۱۹۷۶)
مانب	۲۳۵۷۰	گرین (۱۹۷۶)
کپتان	۲۷۳۸۰	گرین (۱۹۷۶)
گوگرد	۲۶۶۲۰	فریس و همکاران (۱۹۷۵)
میانگین	۴۹۰۲۰*	

* درصد نفت ، گاز طبیعی و زغال سنگ برای تولید سموم بر حسب ۴۲٪ نفت ، ۳۸٪ گاز طبیعی ، ۲۰٪ زغال سنگ محاسبه شده است .

ضمیمهٔ C

جدول C_2 : مصرف انرژی (شامل تولید ، فرموله کردن ، بسته‌بندی ، حمل و نقل) برای انواع سموم

(همه ارقام بر حسب یک کیلوگرم ماده مؤثره است)

(مصرف بر حسب کیلوکالری)

نوع سم	تولید مؤثره (a)	فرموله کردن	بسته‌بندی	حمل و نقل(h)	کل	نفت	گاز	زغال سنگ
علف کشها								
روغن قابل امتزاج	۵۷۰۰۰	۳۳۳۰۰[b]	۸۵۰۰[c]	۱۱۱۰	۹۹۹۱۰	۶۰	۲۳	۱۷
پودرهای وتابل	۵۷۰۰۰	۲۵۰۰[c]	۲۶۰۰[f]	۶۷۰	۶۲۷۷۰	۴۳	۳۷	۲۰
حبه ها (گرانول)	۵۷۰۰۰	۳۶۰۰[d]	۲۰۰۰۰[g]	۶۷۲۰	۸۶۶۰۰	۴۲	۳۷	۲
حشره کشها								
روغن قابل امتزاج	۴۴۰۰۰	۳۳۲۰۰[b]	۸۵۰۰[c]	۱۱۱۰	۸۶۹۱۰	۶۱	۲۳	۱۶
پودرهای وتابل	۴۴۰۰۰	۲۵۰۰[c]	۲۶۰۰[f]	۶۷۰	۶۱۴۷۰	۴۳	۳۷	۲۰
حبه ها	۴۴۰۰۰	۳۶۰۰[d]	۲۰۰۰۰[g]	۶۷۲۰	۸۵۳۰۰	۴۲	۳۷	۲۱
پودرهای نرم	۴۴۰۰۰	۳۶۰۰[d]	۲۰۰۰۰[g]	۶۷۲۰	۸۵۳۰۰	۴۲	۲۷	۲۱
قارچ کشها								
روغن قابل امتزاج	۲۲۰۰۰	۳۳۳۰۰[b]	۸۵۰۰[c]	۱۱۱۰	۶۴۹۱۰	۷۰	۱۵	۱۵
پودرهای وتابل	۲۲۰۰۰	۲۵۰۰[c]	۳۶۰۰[f]	۶۷۰	۲۷۷۷۰	۴۲	۳۷	۲۱
حبه ها	۲۲۰۰	۳۶۰۰[d]	۲۰۰۰۰[g]	۶۷۲۰	۵۱۶۰۰	۴۱	۳۷	۲۲
پودرهای نرم	۲۲۰۰۰	۳۶۰۰[d]	۲۰۰۰۰[g]	۶۷۲۰	۵۱۶۰۰	۴۱	۳۷	۲۲

(a)- متوسط از جدول c_1 .

(b)- ۳۰٪ فرموله کردن

(c)- ۵۰٪ پودر قابل خیس شدن

(d)- ۵٪ ماده مؤثر بصورت حبه یاپودرنرم .

(e)- بسته بندی شامل یک قوطی ۵ گالنی فلزی وبراساس آماربری و ماکینز (۱۹۷۴)در نظرگرفته شده است

(f)- فرموله کردن در پاکتهای کاغذی یک کیلوگرمی

(g)- فرموله کردن در پاکتهای کاغذی ۲۰ کیلوگرمی

(h)- ۵۳٪ کیلوکالری در هر کیلو گرم در هر کیلومتر با کامیون یا راه آهن با متوسط فاصله ۶۴۰ کیلومتر .

Further Reading

Chapter 1

COTTRELL , F . (1955) . *Energy and Society* . Greenwood Press , Westport, Connecticut.330pp.

LEACH,G. (1976). *Energy and Food Production.* IPC Science and Technology Preess Limited, Guilford, Surrey. 137pp.

WHITE,L.A.(1943). Energy and the evolution of culture. *Am. Anthropol.*, 45,335-354.

Donald, L.k and Emert, G.H.(1981). *Fuels from bionass and wastes*. Ann Arbors sciena .

Chapre 2

COOK, E. (1976). *Man, Energy , Society* . W.H.Freeman , Snd Francisco. 478 pp.

HUBBERT, M.K.(1972). *Man s conquest of enegy: its ecological and human consequences.* The environmental and ecological forum 1970-1971. PP/ 1-50. U.S.Atomic Energy Commission, Office of Information Services . Oak Ridge, Tenn.

STEINHART,C. and STEINHART,J. (1974). *Energy Sources, Use and Role in Human Affairs.* Duxbury Press, North Scituate, Mass. 362PP.

Lieth,H and Wh: ttaku,R.H.(1975)*Prinary Productiveit.) of the Biosphere*. Springer-Velag

Chapter 3

SCHNEIDER,S.H.(1976).*The Genesis Strategy: Climate and Global Survival.* Plenum, New York. 419pp.

SOUTHWOOD,T.R.I.(1966).*Ecological Methods.* Methuen, London. 391pp.

Chapter 4

CLARK,C. and HASWELL.M.(1970). The Economics of Subsistence Agriculture. MacMillan, London. 267pp.

LEE,R.B.(1969). ! Kung bushman subsistence: an input-output analysis.PP 47-79. *In Environment and Cultural Behavior: Ecological Studies in Culttural Anthropology.* A.P.Vayda(ed.). Natural History Press. Garden City, New York.

RAPPAPORT, R. A. (1968). *Pigs for the Ancestors: Ritual in the Ecology of a New Guinea People.* Yale University Press. 311pp.

DESHLER,W.W.(1965). Native cattle Keeping Africa. pp. 153-68. In Man, *Culture and Animal.* A. Leeds and A. P. Vayda,eds. AAAS Publ. # 78, Washington, D. C.

LEONARD, J. N. (1973). *The Firsl Farmers.* The Emergence of Man Series, Time_Life Books, New York. 160pp.

RAPPAPORT, R. A. (1968). *Pigs for the Ancestor: Ritual in the Ecology of a New Guinea People.* Yale University Press. 311pp.

Chapter 6

PIMENTEL, D, DRITSCHILO. W., KRUMMEL. J. and KUTZMAN, J. (1975). Energy and land constraints in food-protein Production. Science, 190, 754-61.

REID, J. T. (1970). Will meat, milk and egg production be possible in the future? pp.50-63. *In proc. Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers.* Buffalo, N. Y., November.

Chapter 7

LEACH. G. (1976). *Energy and Food Production.* IPC Science and Technology Press Limited, Guilford, Surrey. 137pp.

PIMENTEL. D. (1976). Crisi energeitca e angricoltura. pp. 251-66. *In Enciclopeida della ScienÛa e della Tecnica.* Mondadori, Milan.

PIMENTEL. D. HURD. L. E., BELLOTTI. A. C., FORSTER, M. J. OKA. I. N., SHOLES. O. D. and WHITMAN, R. J. 1973). Food production and the *energy crisis. Science*, 182, 443-49.

WFC. (1992). *Current wodd Food Products.* Nairobi, Kenya

Chapter 8

LEACH, G. (1976). Kraushaar, y. j. and Ristinen, R. A. 1988. *Energy and problens*

of a tednieal soaiety. John Wiley and sons Energy and Food Production. IPC Science and Technology Press Limited. Guilforf. Surrey. 137pp.

PIMENTEL. D. (1976). Crisi energetica e agricoltura. pp. 251-66. *In Enciclopedia della ScienÛa e della Tecnica.* Mondadori, Milan.

Chapter 9

RAWITSCHER. M and MAYER. J. (1977). Nutritionan outputs and energy inputs in Seafood. *Science,* 198, 261-64.

ROCHEREAU. S. and PIMENTEL, D. (1978). Energy trade-offs between Northeast fishery production and coastal power reactors. *Energy,* 3, 575-589.

Chapter 10

BERRY. R. S. and MAKINO. H. (1974). Energy thrift in packaging and marketing. Tech. Rev., **76**(**4**), 32-43.

REVELLE. R. (1976). Energy use in rural india. *Science,* **192 ,** 969-75.

Chapter 11

HIRST. E. (1972). *Energy consumption for transportation in the U. S.* Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee. 38 pp.

Chapter 12

BROWN. L. R. (1978). *The Twenty Ninth Day.* W.W. Norton, New York. 363pp.

KEYFITZ. N. (1976). World resources and the world middle class. *Scinam.,* **235**(**1**), 28-35

PIMENTEL,D. (ed.). (1977). *World Food, Pest Losses, and the Environment.* Westview Press, Boulder, Colorado. 206pp.

SCHNEIDER, S. H. (1976). *The Genesis Strategy: Climate and Global Survival . Plenum,* New York. 419pp.

Wfc. 1992. *Cuirint world Food Psduction* Nairobi Kenya

Appendices

STEINHART. J. S. and STEINHART. C. E. (1974) Energy use in the U.S. food System. Science, 184. 306-316.

References

AED (1960). Cost of production of corn. Agricultural Economics Division, Department of Agriculture andNational Resources, Manila, *Agr. Ser.*, # **2.** 24pp.

AKINWUMI. J. A. (1971). Costs and rerurns in commercial maize production in the derived savanna belt of Western State, Nigeria. Bull. Rural Econ. and Social., Ibadan, **6**(**2**), 219-51.

ALLAN. P. (1961). Fertilisers and food in Asia and the Far East. *Span*, **4**, 32-35.

ALTSCHUL, A. M. (ed.). *Processed Plankt Protein Foodstuffs*. Academic Press, New York. 955pp.

AUDY, J. R. (ed.). (1964). *public Health and Medical Sciences in the Pacific-a Forty-Vear Review*. Pacific Science Congress, 10th, Honolulu, Univ. of Hawaii press. 134pp.

BATTY, J. C. and KELLER. J. (1979). Energy requirements for irrigation in *Energy in Agriculture*. D. Pimentel (ed.). CRC Handbook Series, CRC Press, West Palm Beach, Florida. In Press.

BDPA. (1965). *Technigues Rurales en Afrigue*. Les temps de travaux. Bureau pour le Developpement de la Production Agricole. (BDPA). Republique Francaise, Ministere de la Cooperation. 384 pp.

BEASLEY, R. P/ (1972). *Erosion and Sediment Pollution Control*. Iowa State University Press, Ames. 320pp.

BELL, F. W. and HAZLETON, J. E. (eds). (1967). *Recent Developments and Research in Fisherioes Economics*. Oceana Publications, New York.

BENNETT, H. H. (1939). *Soil Conservation*. McGraw-New York. 993pp.

BERRY. R. S. and FELS. M. F. (1973). *The production and Consumption of Automobiles*. An energy analysis of the manufacture, discard, and reuse of the automobile and its component materials. Department of Chemistry, Univ. of Chicago, Chicago, Ill. 56pp.

BERRY, R. S. and MAKINO. H. (1974). Energy thrift in packaging and marketing .

Tech. Rev., **76**(**4**), 1-13; 32-43.

BEWS, J. W. (1973). *Human Ecology*. Russell and Russell, New Yor. 312pp.

BLAZTER. K. (1978). What happens to farming when the fossil fuels run out? *Farmer's Weekly*, jan. 20.

BRODRICK, A. H. (1949). *Lascaux. A Commentary.* Lindsay Drummond ltd., London.

BROWN. A. W. A. (1978_a). *Ecology of Pesticides*. john Wiley and Sons, New York. 525pp.

BROWN, L. R. 1978_B). *The Twinty Ninth Day.* W. W. Northon, New York. 363pp.

BROWN. L. R. (1978_C) The global economic prospect: new sources of economic stress. *World watch paper,* **20**, Wordwatch Institute, Washington, D. C. 56pp.

BROWN, L. R. and ECKHOLM, E. P. (1974). *By Bread Alone.* Praeger, New York. 272pp.

BROWN. L. R., MCGRATH, P. L. and STOKES. B. (1976). Twenty-two dimensions of the population problem. *Worldwatch Paper,* **5**, World-watch Institute. 83pp.

BRYSON, R. A. (1974). Aperspective ov climatic change. *Science,* **184**, 753-60.

BRYSON, R. A. and WENDLAND, W. M. (1975). Climatic effecis of atmospheric pollution. pp. 139-47 in *the Changing Global Environment.* S. F. Singer, (ed.). D. Reidel, Fordrecht, Holland.

BURGES, A. and RAW, F. (eds). (1967). *Soil Biology.* Academic Press, New York. 532pp.

BURINGH, P. VAN HEEMST, H. D. J. and STARING, G. J. (1975). Computation of the absolute mazimum food production of the world. *Agr. Unit., Dept. Trop. Soil Sci.* (Wageningen).

BURTON. B. T. (1965). *The Heinz handbook of Nutrition.* McGraw-Hill, New York. 462pp.

BYERLY, T. C. (1966). The relation of animal agriculture to world food shortages. pp. 31-63 in *Proc. 15th Ann. Mtg. Agr. Res. Inst.,* October, 1966. National Academy of Sciences, Washington, D.C.

CAPTIVA. F. J. (1968). Modern U. S. shrimp vessels desing, construction, current trends and future developments. pp. 141-44 in The *Future of the Fishing Industry of the United States,* G. Dewitt (ed.), Univ. Washington, Publ. in

Fisheries-New Series. Vol. **4**. 346pp.

CASPER, M. E. (ed.). (1977). *Energy Saving Techniques for the food industry.* Noyes Data Corp., Park Ridge, N. j. 657pp.

CERVINKA, V, CHANCELLOR, W. J, COFFELT, R. G. CURLEY, R. G. and DOBIE, J. B. (1974). *Eenrgy requirements for Agriculture in California.* Calif. Dept. Food and Agr., Univ. Calif., Davis. 151pp.

CERVINKA, V. (1979). Energy Supplies and efficiency. In *Energy in Agriculture,* Dpimentel. (ed). CRC Handbook Series, CRC Press, West Palm Beach, Florida. In press.

CEARK. C. and HASWELL, M. (1970). *The Economics of Subsistence Agriculture.* Macmillan, London. 267 pp.

CPMME;;/ L/ J/ (1950). *The Population of Ireland, 1950-1845.* Clarendo press, Ozford. 293pp.

COOK, E. (1976). *Man, Energy, Society.* W. H. Freeman, San Francisco. 478pp.

CORSA, L. and OAKLEY, D. (1971). Consequences of population growth for health services in less developed countries-an initial appraisal. pp. 368-402 in Rapid Population Growth. Vol. II. Research Papers. National academy of Sciences. Johns Hopkins Press, Baltimore. 690pp.

COTTRELL, F. (1955). *Energy and Society.* Greenwood Press, Westport, Connecticut. 330pp.

CRAMER, H. H. (1967). Plant protection and world crop production. *pflanzenschutznachrichten,* **20** (**1**) , 1-524.

DEFEVER, A. (1968). Modern U. s. trna vessel construction, design and future trends. pp. 134-40 in *The Future of the fishing Industry of the United States,* G. deWitt (ed.), Univ. Washington, Publ. in Fisheries-New Series. Vol. **4**.346pp.

KELOSREYES, B. N., QUINTANA, E. V., TORRES, R. D,. ELA, O. M,. FORTUNA, N. M. and MARASIGAN, J. M. (1965). A case study of the tractor-and carabao-cultivated lowland rice farms in laguna, crop year 1962-63. *phil. Agr.*, **49** (**2**), 75-94.

DESHLER, W. W. (1965). Native cattle keeping in Eastern Africa. pp. 153-68 in *man, Culture and Animal.* A. leeds and A. p. Vayda. (eds). AAAS Publ.#78, Washington, D. c.

DIETRICH, R. F. (1975). Shopping smart. *Progressive Grocer,* **54** (**4**) , 48-50,52.

DOERING, O. (1977). The energy balance of food legume production. pp. 725-732 in *Energy Use management.* R. a. Fazzolare and C. B. Smith, (eds). Vol. I. Pergamon, New York.

ECKHOLM, E. P. (1976). *Losing Ground. Environmental Stress and World Food Prospects. Norton, New York. 223pp.*

EDWARDSON, W. (1975). Energy Analysis and the Fishing Industry. A report of the Energy Analysis Unit, University of Strathclyde, Glasgow.

ELTON, C. S. (1927). *Animal Ecology.* Sidgwick and Jackson, Ltd., London, 207pp.

EOP (1977). *The National Energy Plan.* Ezecutive Office of the President, Energy Policy and Planning. U. S. Government Printing Officee, Washington, D. C. 103pp.

EPA (1974) *Strategy of the Environmental Prtection Agency for Contrlling the Adverse Effects of Pessticides.* Environmental Protection Agency, Office of Pesticide Programs, Office of Water and Hazardous Materials, Washington, D. C. 36pp.

ERNST, E. 1978. Fuel consumption among rural families in upper Volta, West Africa. *Eighth World Forestry Congress.* (In Press).

FAKHRY, A. 1969). *The pyramids.* University of Chicago Press, Chicago, 272pp.

FAO (1961) . *production Yearbook 1960.* Vol. 14 Food and Agriculture Organization, U. N., Rome. 507pp.

FAO 1963) *Basic study = 11. third World food survey.* FAO, U. N., Rome. 162pp.

FAM (1966) *Rice: Grain of Life. World Food Problems No. 6.* FAO, UN., Rome. 93pp.

FAO (1972a) FAO *Catalogue of Fishing Gear Designs.* Fishing News (Books) Ltd., London.

FAO (1972b) *Atlas of the Living Resources of the Seas.* FAO Dept. of Fishenes. FAO of U. N., Rome.

FAO (1973) *Yearbook of Fishery Dtatistics 1972. Vol.* **35.** FAO. U. N., Rome. 338pp.

FAO (1976) *Yearbook of Fishery Statistics 1975. Vol.* **40.** Food and Agriculture Organization of the United Nations. 334pp.

FAO (1977) *Production Yearbook 1976. Vol.* **30**. FAO, U. N. Rome.

FDA (1974). *Current Levels for Natural or Unavoidable Defects in Food for Human Use That Present No Health HaÛard.* Food and Drug Acministration, Dept. of HEW, PHS, Rockville Md. (Fifth revision) 10pp.

FEA (1975). *Energy Consumption in the Food System.* Federal Energy Acminiszation, Rept. No. 13392-007-001, Prepared for FEA Industriz Technology Office by Booz, Allen and Hamilton, Inc., BechesdÛ Dec. 1.

FEA 9(1976_2) *Energy and U. S. agriculture: 1974 data base. Vol.* **1**. Federal Energy Administration. U. s. Government Printing Office. Washington. D. C.

FEA (1976B) *National Energy Outlook.* Federal Energy Administration, FEA-N-75/713. U. S. Government Printing Office, Washington. D. C. 323pp.

FOREES. R. J (1968). *The Conquest of Nature.* Frederick Praeger, New York. 98pp.

FRANNEL. OH (1971). Genetic dangers in the green revolution. *Wld. gr.,* 19.9-13.

FREEMAN, J. D (1955). *Iban Agriculture.* Her Majesty's Stationery Office, London. 148pp.

FRITSCH. el cl. (1975). *Energy Impact Control Policies.* Energy Impact Report. Department of Food and Agriculture, California. Draft Report. October 28. 1977.

GERTEL. K and WOLMAN. N. (1960) . Rural-urban competition for water: pace and assessment guides to western water allocation. j. Farm Econ. **42** (**5**), 1332-44.

GRANT. W. R. and MULLINS. T. (1963). Enterprise costs and returns on rice farnns in Grant Prairie, Ark, *Ark. Ag. Exp. Sta. Rep. Series,* **119.**35pp,

GRANT. W. R. AMAREL, R. E. and JOHNSON, S. S. (1971). Leasing on California rice farms. *Info. Ser. Agr. Econ,.* **71-2.** Univ. Calif., Davis.

GREEN, M. B. (1976). *Energy in Agriculture.* Chem. and Industry. August 641-46.

GULLAND, J. A. (1971). *The fish Resources of the Ocean.* Fishing News (Books) Ltd., London (for FAO of U. N.).

GULLAND, J. A. (1974). *The management of Marine Fisheries.* university of Washington press, Seattel.

Hammond, A. L. (1972). Energy options: Challenge for the future. *Science,* **177,**875-876.

HANDLER,P. (ed.). (1970). *Biology and the Future of Man.* Oxford Univ. Press, Oxford.

HARGROVE, T. R. (1972). *Agricultural Research; Impact on Environment.* Spec. Rep. 69, Agr. & Home Econ. Ezp. Sta., Iowa State Univ. of Science and Technology, Ames, Iowa.

HARPER, J. L. (1977). *Population Biology of Plants.* Academic Press, London. 892pp.

HARRAR, J. G. (1961). Socio-economic factors that limit needed food production and consumption. Fed. Proc., **20**, 381-83.

HCP. (1974). *Handbook of Chemistry and Physics.* The Chemical Rubber Co., Cleveland, Ohio.

HEICHEL, G. (1979). Energy attributable to seed. In *Energy in Agriculture.* K. pimentel (ed.). CRC Handbook Series, CRC Press. West Palm Beach, Florida. In Press.

HENRY. K. A. (1971). *Atlantic Menhaden (Brevoortia tyrannus) Resourcc and Fishery-Analysis of Decline.* Technical Report, National Marine Fisberies service, Seattle, Washington. August. 39pp.

HERTZBERG. R. VAUGHAN, B. and GREENE, J. (1973). *Putting Food By.* Stephen Greene Press, Brattleboro, Vt. 360pp.

HIRST, E. (1972). *Energy Consumption for Transportation in the* U.S. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee. 38pp.

HIRST, E. (1974). Food-related energy requirements. *Science,* **184.** 134-39.

HUBBERT, M. K. (1972). Man's conquest of energy: its ecological and human Consequences. *The environmental and ecological forum 1970-1971.* pp. 1-50. U. S. Atomic Energy Commission, Office of Information Services. Oak Ridge, Tenn.

ICAITI (1977). *An Environmental and Economic Study of the consequences of Pesticide Use in Central American Cotton production.* Central america Research Institute for Industry. United Nations Environment Programme. Final Report. 273 pp.

INGRAHAM, E. W. (1975). *A Query into the Quarter Century.*On the interrelationships of food, people, environment, land and climate. Wright-Ingraham Institute,

colorado Springs, Colo. 47pp.

INSTITUTE OF ECOLOGY. (1972). *Man in the living Environment.* the Univ. of wisconsin press, Madison, Wisconsin. 288pp.

JENSEN, L. B. (1949). *Meal and mealt and meat Food.* Ronald Press, N.Y. 218pp.

JILER. H. (1972). *Commodity Yearbok.* Commodity Research Bureau. New York.

KEARL, C. D. (1962). *Field Crops Costs and Returns from Farm Cost Accounts.* N. Y. Cornell Agr. Exp. Sta., Dept. Agr. Econ. A. e. Research **102.** November. 21pp.

KELLOGG, W. W. (1975). Climate change and the influence of man's activities on the global environment. pp. 13-23. In *The Changing Global Environment.* S. F. Singer , (ed.). D. Reidel, Dordrecht, holland.

KEVAN, D. K. MCE. (1962). *Soil Animals.* Philosophical Library, New York. 237pp.

KEYFITZ, N. (1976). WORLD RESOURCES AND THE WORLD MIDDLE CLASS. *SCI. AM.*, **235** [**1**], 28-35.

KOVDA, V. A. (1971). The problem of biological and economic productivity of the earth's land areas. *Soviet Geogr. Rev. and Trans.*, **12** [**1**] , 6-23.

LAYCOCK, G. (1966). *The alien Animals.* The Natural History Press. Garden City, N. Y. 240pp.

LEACH. G. (1976). *Energy and Food Production* . IPC Sciencxe and Technology Press Limited, Guilford, Surrey. 137pp.

LEACH, G. and M. SLESSER. (1973). *Energy Equivalents of Network Input to food Froducing Processes.* Strathclyde university, Glasgow. 38 pp.

LEE, N. E. (1955). *Travel and Transport Through the Ages.* Cambridge University press, Cambridge, England. 187pp.

LEE, R. B. (1969). !Kung bushman subsistence; an input-output analysis. pp. 47-79. In *Environment and Cultural Behatior: Ecoligical Studies in Cultural Anthropology.* A. P. Vayda (ed.) . natural Hdstory Press, Garden City, New York.

LEE, R. B. and EeVORE, I. (eds.) . (1976). *Kalahari Hunter- Gatherers.* harvard university Press, Cambridge, Mass. 408pp.

LEONARD, J. N. (1973). *The First Farmers.* The Emergence of Man Series, Time-life Books, New York. 160pp,.

LEWIS, O. (1951). *Life in a mexican village; Tepoztlan restudied.* university of illinois Press, Urbana, 512pp.

LOCKERETZ, W. (1979). Energy inputs for nitrogen, phosphorus, and potash fertilizers. In *Energy in Agriculture.* D. Pimentes (ed.). CRC Handbook Series, CRC Press, West Palm Beach, Florida. In press.

MACK, J. (1971). *Catfish Farming Handbook.* Educator Books, San Angelo, Texas. 195pp.

MALLORY, W. H. (1928). *China: Land of Famine.* American Geographical Society, New York. 199pp.

MALONE. T. (1974). *Transcript of National Academy of Sciences Luncheon meeting,* may 28.

MANGELSDORF, P. C. (1976). Genetic potentials for increasing yields of food crops and animals. In *Prospects of the World Food Supply.* Symp. Proc. Natl. Acad. Sci., Washington, D. c.

MARGETTS. A. R. (1974). Modern development of fihing gear.pp. 243-60 In *Sea Fisheries Research.* F. R. Harden Jones (ed.). John Wiley and Sons, New York.

MARSHALL. L. J. (1976). *The! Kung of Nyae Nyae.* harvard University Press. Cambridg, Mass. 408pp.

MATSUBAYASHI, M. ITO, R. NAMOTO, T. TAKASET. and YAMADA, N. (1963). *Theory and practice of Growing Rice.* Tokyo, Fujipubl. Co 520 pp.

MFACDCGI. (1966). *Farm Managemen in India.* Directorate of Econ. and Stat., Dept. of Agr., Ministry of Food, Agriculture Community Development and Cooperation Governnment of India (MFACDCGI). 128pp.

MORISON. T. (1911). *The Industrial Organization of an Indian Provincd.* John Murray, London. 347 pp.

MULLINS. T. and GRANT, W. R. (1968). Enterprise costs and returns on rice farms in the Delta, Ark. *Rep. Ser. Ark. Agr. Ezp. Sta.,#* 170-26pp.

NAS (1971). *Rapid Population Growth. Vols* . I,II Published for NAS by johns Hopkins press, Baltimore, MD. 105 and 690 pp.

NAS (1974a). *Productive Agriculture and a Quality Environment.* National Academy of Sciences, Washington, D.C. 189pp.

NAS(1974b). *Vegeitarian Diets.* A Statement of the Food and Nutrition Board, National Research Council. Committee on Nutritional Misinformation. National Academy of Sciences, Washington, D. C.

AS(1975). *Population and food: Crucial Issues.* National Academy of Sciences, Washington, D. C. 50pp.

AL(1977). *Supporting Papers: World Food and Nutrition Study. Vol.* II. National Academy of Sciences, Washington, D. C. 297pp.

NEF, J. V. (1977). An early energy crisis and its consequences. *Sci. Am.*, **237** [**5**], 140-51.

OECD(1974). *Meat Balancds in OECD Member Countries 1959-1972.* Organization for Economic Cooperation and Development, paris.

PATHAK, M. D. (1975). Utilization of insect-plant interactions in pest control. pp. 121-48. In *Insects, Science and Society.* D. Pimentel, (ed.). Academic Press, New York. 284pp.

PENNER, S. S. and ICERMAN, L. (1976) *Energy. Vol.* I. *Demands, resources, impact, technology, and policy.* Addison-Wesley, Reading, mass.

PEP(1955). *World Population and Resources.* Political and Economic Planning. london. 339pp.

PIMENTEL. K. (1961). Animal population regulation by the genetic feedback mechanism. *Am. Nat.*, **95,** 65-79

PIMENTEL. D. (1968). Population regulation and genetic feedback. *Science,* **159,** 1432-1437.

PIMENTEL. D. (1973). Data obtained form and engineer at a Pesticide manufacturing Plant who wanted to remain anonymous.

PIMENTEL, D. (1974). Energy use in world food production. *Environ. Biol. Report,* **74-71,**Cornell university, Ithaca, N. y. 43pp.

PIMENTEL, D. (1976). Crisi energetica e agricoltura. pp. 251-66. In *Enciclopedia della Scienza e della Tecnidca.* Mondadori, Milan.

PIMENTEL, D. (ed.). (1977). *World Food, pest Losses, and the Environment.* Wistview prss, Boulder, Colorado. 206pp.

PIMENTEL, D. (1979). Energy inputs for the production, formulation, packaging and transport of various pesticides. In *Energy in Agriculture.* D. Pimentel,

(ed.). CRC Handbook Series, CRC Press, West Palm Beach, Florida. In Press.

PIMENTEL, D. ANDOW D, DYSON-HUDSON, R, GALLAHAN, D., JACOBSEN. S. IRISH, M. KROOP, S., MOSS, A., SCHREINER, I., SHEPARD, M,. THOMPSON, T. and VINZANT, W. (1979). *Environmental and Social Costs of Pesticide use.* Manuscript.

PIMENTEL, D. and BEYER, N. (1976). *Eneryg Inputs in Indian Agriculture.* Unpublished data.

PIMENTEL, D. and DRITSCHILO, W., KRUMMEL J. and KUTZMAN, J. (1975). Energy and land constraints in food-protein Production. *Science,* **190,** 754-61.

PIMENTEL, D. and GOODMAN, N. (1974). Environmental impact of pesticids. pp. 25-52. In *Survival in Toxic Emironments.* M. A. Q. Khan and J. P. Bederka (eds) Academic Press, New York. 553 pp.

PIMENTEL, D., HURD, L. E., BELLOTTL, A. C., FORSTER, M. J., OKA, I. N., SHOLES, O. D. and WHITMAN, R. J. (1973). Foof production and the energy crisis. Science, **182,**443-49.

PIMENTEL, D., LYNN, W. R., MacREYNOLDS, W.K., HEWES, M. T. and RUSH, S. (1974). *Workshop on Research Methodologies for Studies of Energy, Food, Man and Environment. Phase* I. Center for Environmental Quality management. Cornell University, ithaca, New York. 52p.

PIMENTEL, K. NAFUS, D., VERGARA, W., PAPAJ, D., JACONETTA, L., WULFE, M., OLSVIG. L., FRECH, K., LOYE, M. and MENDOZA, E. (1978). Biological solar energy conversion and U.S. energy policy. *Bioscience,* **28,** 376-382.

PIMENTEL, K., OLTENACU, P. A., KRUMMEL, J., ALLEN, M. and NESHEIM, M. (1978a). Unpubilished data.

PIMENTEL. D., OLTENACU. P. A., NESHEIM, M., KRUMMEL. J. and ALLEN. M. S. (1978b). *livestock production Systems: Energy and land Conservation.* Manuscript.

PIMENTEL. K., TERHUNE. E. C., DYSON-HUDSON, R., ROCHEREAU, S., SAMIS, R., SMITH, E., DENMAN, D., REIFSCHNEIDER, D. and SHEPARD, M. (1976). Land degradation: effects of food and energy resources. *Science,* **194,** 149-55.

PIMENTEL. D., TERHUNE, E. C., DRITSCHILO. W., GALLAHAN, D., KINNER, N., NAFUS, D., PETTERSON, R., ZAREH, N., MISITI. J. and HABER-SCHAIM, O. (1977). Pesticides, insects in food. and cosmetic standeards, *Bioscience,* **27,** 178-85.

PRADHAN, S. (1971). Revolution in pest control. *World Sci. News,* **8,** 41-7.

PSAC(1967). *The World food Problem. Vols.* I, II, III. Report of panel on the World Food Supply, President's Science Advisory Committee, the White house. U.S. Government Printing Office, Washington, D. C.

PYKE, M. (1970). *Man and Food.* McGraw Hill, New York. 256pp.

RAPPAPORT, R. A. (1968). *Pigs for the Ancestors : Ritual in the Ecology of a New Guinea People.* Yale University Press. 311pp.

RAPPAPORT. R. A. (1971). The flow of energy in an agricultural society. *Sci. Am.,* ***225*** (**3**), 116-32.

RAWITSCHER, M. and MAYER. J. (1977). Nutritional outputs and energy inputs in seafoofs. *Science,* **198,** 261-64.

REGISTER. W. D. and SONNEBURG. L. M. (1973). The vegetarian diet. *J. Am. Diet. Assn.,* **62, 253.**

REID. J. T. (1970). Will meat, milk and egg production be possible in the future? pp. 50-63. In *proc. Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers,* Buffalo, N.Y., November.

REIFSNYDER, W. E. and LULL, H. W. (1965). Radiant energy in relation to forests. *Tech. Bull. No.* **1344.** U. S. Dept. Agr., Forest Service. 111pp.

REVELLE. R. (1976). Energy use in rural Inda. *Science,* **192,** 969-75.

ROBERTS. L. W. (1976). Improving the production and nutritional quality of food legumes. pp. 309-317. In *Nutrition and Agricultural Development.* N. S. Scrimshaw and M. Behar (eds). Plenum, New York.

ROCHEREAU, S. P. (1976). *Energy analysis and coastal shelf resource management : nuclear power generation us. seafood protein production in the Northeas region of the* U.S. PH. D. thesis, Cornell University, 190pp.

ROCHEREAU, S. and PIMENTEL. D. (1978). Energy tradeoffs Between Northeast fishery production and coastal power reactors. j. Energy. **3,** 545-89.

RSAS (1975). *Energy uses.* Presented at Energy Conference, Aspenasgarden, Oct.

27-31, Royal Swedish Academy of Sciences. 80pp.

RUSSELL. B. (1961). *An Wutline of Philosohy.* World publishing, Cleveland.

RUTHENBERG, H. (ed.). (1968). *Smallholder Farming Development in Tanzania.* Weltforum Verlag munchen, Germany. 360pp.

RUTHENBERG, H. (1971). *Farming Systems in the Tropics.* Clarendon press, Oxford. 313pp.

SAHLINS, M. (1972). *Stone Age Economics.* Aldine-Atherton, Chicago. 348pp.

SCHNEIDER, S. H. (1976). *The Genesis Strategy : Climate and Global Survival.* Plenum, New york. 419pp.

SERVICE, E. R. (1962). *Primitive Social Organization.* Random House, New York. 211pp.

SINGER, S. F. (1975). Environmental effects of energy production. pp. 25-44. In *The Changing Global Environment.* S. F. Singer (ed.). D. Reidel, Dordrecht, Holland.

SMERDON. E. T. (1974). *Energy Conservation Practices in Irrigated Agriculture.* Sprinkler Irrigation Assn. Ann. Tech. Conf., Denver, Colorado.

SNYDER, D. P. 91976). Fiel crops costs and returns. from farm cost accounts. *Agr. Econ. Res.*, **76-25.** Cornell Univ. Agr. Exp. Sta., ithaca.

SNYDER, D. P. (9177). Cost of production-update for 1976-on muck onions, potatoes, sweet corn, dry beans, apples. *Agr. Econ. Res.*, **77-11.** Cornell Univ. Agr. Exp. Sta., Ithaca.

SOEC (1976). *Eurostal-Energy Statistics yearbook 1970-1975.* Statistical Office of the European Communities. Federal Republic of West Germany.

SOUTHWOOD, T. R. E. (1978). *Ecological methods.* 2nd edition. Chapman and Hall, london. 530pp.

SPENGLER, J. J. (1968). World hunger : past, present, prospective 'That there should be great famine.' *world Rev. Nutr. Diet.*, **9,**1-31.

SRI(1972). *Patterns of Energy Consumption in the United States.* Stanford Research Institute, U. S. Government Printing Office, Washington, D. c.

STADELMAN, R. (1940). Maize cultivation in northwestern Guatemala. Compiled by the carnegie Institution of Washington. *Contributions to American Antheropology and history, No* **33.** *Carnegie Institute of Washington Pub.,*

523, 83-263.

STANFORD. G. (1977). *Energy Conservation.* Agro-City Inc., Cedar Hill, Texas. Mimo. 1p.

STEINHART, C. and STEINHART, J. (1974a). *Energy Sources, Use and Role in Human Affairs.* Duxbury Press, North Scituate, Mass. 362pp.

STEINHART, J. S. and STEINHART, C. E. (1974b). Energy use in the U. s. food system. *Science,* **184,** 306-16.

TANDON, B. N., RAMACHANDRAN. K., SHARMA, M. P. and VINAYAK, V. K. (1972). Nutritional survey in rural population of kumaon Hill area, North India. *Am. J. Clin. Nutr.,* **25** (**4**), 432-436.

TERHUNE, E. (1977). Energy use in crop production : vegetables. pp. 769-78. In *Energy Use Management.* R. A. Fazzolare and C. B. Smith (eds). Vol. I. pergamon, New york.

TERHUNE, E. (1979). Energy used in the U. S. for agricultural liming materials. In *Energy in Agriculture.* D. Pimentel (ed.). CRC Handbook Series, CRC Press, West Palm Beach, Florida. In press.

THURSTON, H. D. (1969). Tropical agriculture. A key to the world food crises. *BioScience,* **19,29-34.**

UN(1957-71). *Statistical Yearbooks. Statistical* Office of the united Nations, Department of Economic and Social Affairs, New York.

UN (1973). World population prospects as assessed in 1968. *Population Studies, No.* **53,** Department of Economic and Social Affaris, united Nations.

UN(1974). Assessment of hte world food situation. *united Nations World Food* Conference, november. FAO, Rome.

USBC (1975). *Statistical abstract of the united States 1975.* U. S. Bureau of the Census (U. S. Dept. of Commerce). 96th ed. U. S. Government printing Office, Washington, D. C.

USBC (1976). *Statistical Abstract of the united States 1976.* U. S. Bureau of the Census (U. S. Dept. of Commerce). 97th ed. U. S. Government Printing Office, Washington, D. C.

USDA (1965). Losses in agriculture. U. S. *Department of Agrifculture, Agr. Res. Serv. handb. No.* **291.**

USDA (1971). *Agricultural Statistics, 1971.* U. S. Government Printing Office. 639pp.

USDA (1971a). Agriculture and the environment. *Econ. Res. Serv., No.* **481.**

USDA (1971b). Fertilizer situation. USDA, *Econ. Res. Ser.,* FS-1. 42pp.

USDA (1974a). Fertilizer situation. *Econ. Res. Ser., Rep. No.* FS-4. 24pp.

USDA (1974b). farmers'use of pesticides in 1971... Quantities. *Econ. Res. Serv., Agr. Econ. Rep., No.* **252.** 56pp.

USDA (1974c). Our land and water resources, current and prospective supplies and uses. *Econ. Res. Serv. misc. Publ., No.* **1290.**

USDA (1975a). *Agricultural Statistics 1975.* U. S. Government Printing Office, Washington, D. C.

USDA (1975b). National food situation. *Econ. Res. Serv.,* NFS- 151.

USDA (1975c). Nutritive value of American foods in Common units. *Agr. Res. Serv., Agr. Handbook, No.* **456.** 291 pp.

USDA (1976a). *Agricultural Statistics 1976.* U. S. Department of Agriculture, U. S. Government Printing Office, Washington, D. C.

USDA (1976b). National food situation. *U. S. Dept. Agr., Econ. Res. Serv.,* NFS-158. 39pp.

USDA (1977a). Agricultural charts *Food and Home Notes, No. 7.* Feb. 14.

USDA (1977b). *Firm Enterprise Data System.* USDA, ERS, and Dept. of Agr. Econ., Oklahoma State Univ., Oklahoma.

USDC (1963). *1963 Census of Transportation. Vol.* III. *Commodity Transportation Survey.* Part 1 and 2. Commodity groups. U. S. Dept. of Commerce. 471pp.

USDC (1974). Basic economic indicators : Atlantic and Pacific ground fish 1932-1972. U. S. Dept. *Commerce, Natil. Atmosp. & Ocean. admin., Nat'l. Marine Fish. Serv., Current Fish. Stat. No.* **6271,** June. U. S. Government Printing Office, Washington, D. C. 106pp.

USNRB (1935). Soil erosion a critical problem in American agriculture. U. S. Nat'l. Resources Board, Land planning committee, Sup. Rep.

U.S. SENATE (1977). *Dietary Goals for the United States.* Select Committee on Nutrition and human Needs. U. S. Government Printing Office, Washington, D. C. 79pp.

VANDENBOSCH, R. and MESSENGER, P. S. (1973). *Biogogical control.* Intext

Educational Publishers, New york. 180pp.

WADLEIGH. C. H. (1968). Wastes in relation to agriculture and forestry. *U. S. Dept. Agr., Misc. Publ.,* **1065.**

WALFORD. C. (1878). The famines of the world: past and present. *J. Roy. Stat. Soc.*, **41,** 433-526.

WALKER, C. and HUNT, R. M. (1973). An analysis of costs for tomato production on the Rockdale soils of south Florida. *Econ. Rep.,* **45.** Food and Resource Economics Dept., Univ. Florida, Gainesville.

WESTOBY, M. and KASE, R. T. (1974). *Catfish Farming and Îts Economic Feasibility in New York State.* Unpublished manuscript.

WESTOBY, M. KRUMMEL, J., DRITSCHILO, W. and PIMENTEL, D. (1978). *Direct and Indirect Use of Land, Labor and Fossil Fuels by Some Animal Production Systems.* manuscript.

WHITE, L. A. (1943). Energy and the evolution of culture. *Am. Anthropol.,* **45,** 335-354.

WHITTAKER, R. H. and LIKENS, G. E. (1975). The biosphere and man. pp. 305-28. In *Primary productivity of the Biosphere.* H. Lieth and R. H. Whittaker (eds). Springer - Verlag, New york. 339pp.

WOKES, F. (1963). *A History of Domesticated Animals.* Harper and Row, New York. 560 pp.

FERDOWSI UNIVERSITY OF MASHHAD

Publication, No. 150

AGRICULTURE AND ENERGY

(an ecological view)

Translated and Prepared

by

A. KOOCHEKI

FERDOWSI UNIVERSITY PRESS

1994

FERDOWSI UNIVERSITY OF MASHHAD

Publication, No. 150

AGRICULTURE AND ENERGY

(an ecological view)

Translated and Prepared

by

A. KOOCHEKI

3611352.7

FERDOWSI UNIVERSITY PRESS

1994