

تحلیلی بر وضعیت پژوهش زیست فناوری در کشور: ارزیابی وضع موجود، سیاست‌ها و راهکارها

محمدعلی ملبوبی

عضو هیئت علمی مرکز ملی تحقیقات مهندسی ژنتیک و تکنولوژی زیستی و رئیس انجمن ژنتیک ایران،

تهران، صندوق پستی ۶۳۴۳-۱۴۱۵۵.

تلفن و نمابر ۰۶۴۱۵۱۴۰.

E-mail: malboobi@nrcgeb.ac.ir

حمیدرضا عبدی

عضو گروه بیوتکنولوژی شبکه تحلیلگران تکنولوژی ایران،

تهران، صندوق پستی ۱۶۸۸-۱۳۴۴۵

تلفن ۱۷-۸۹۵۰۵۱۵ نمابر ۸۹۵۳۶۶۸

Email: abdi@itanetwork.org

چکیده:

پژوهش به عنوان حلقه اول زنجیره تولید فناوری، نقش اصلی را در بهره‌گیری از زیست فناوری ایفا می‌کند. زیست فناوری در جهان به سرعت رو به پیشرفت است و بیم آن می‌رود سستی در این زمینه موجب گرفتاری‌های جدی اقتصادی-اجتماعی در آینده نه‌چندان دور شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد علی‌رغم آنکه پژوهش در زیست فناوری از کمبود نیروی انسانی، بودجه، امکانات و فقدان زیرساخت‌های لازم رنج می‌برد، لکن در کشور فعال بوده و عملکرد علمی و تولیدی قابل توجهی داشته است. در این مقاله، پس از ارزیابی وضعیت تشکیلاتی، بودجه‌ای و عملکردی بخش پژوهش زیست فناوری، مروری بر سیاست‌گذاری‌ها در این زمینه صورت گرفته است. در انتها، به عنوان جمع‌بندی، راهکارهایی برای تقویت توان موجود و گسترش بهره‌مندی از زیست فناوری در برنامه‌های توسعه کشور ارائه شده است.

کلید واژه‌ها: زیست فناوری، پژوهش، اعتبارات، سیاست‌ها.

**Biotechnology research status in Iran:
The assessment of current situationpolicies and strategies**

Mohammad Ali Malboobi

National Research Center for Genetic Engineering and Biotechnology, P.O.Box 14155 6343
Tehran, Iran; E-mail: malboobi@nrcgeb.ac.ir

Hamid Reza Abdi

Department of Biotechnology, Iran Technology Analysts Network (ITAN), P.O.Box 13445 1688
Tehran, Iran; E-mail: abdi@itanetwork.org

Abstract

Research, as the first step in the chain of technology development, has the main role in implementation of biotechnology in the country. Biotechnology progresses with an accelerated speed in the world so that any delay in this way would lead to serious socio-economy troubles in near future. This study shows despite suffering from limitations in human resources, annual budget and facilities for conducting research in this field, the scientific publication and industrial outcomes have been considerable. In this paper, after evaluation of organizing structures, resources and the outcomes of biotechnology research section, determined policies have been reviewed. As a conclusion, strategies and measures to be taken to improve the existing potential in biotechnology and its utilization for the country development programs have been suggested.

Keywords

Biotechnology, Research, Budget, Policeis.

مقدمه

حدود سه سال پیش مجله نیوزویک گزارشی از وضعیت زیست‌فناوری در ایران به چاپ رساند. در این گزارش، حضور دانشمندان روسی در ایران، سفرهای مشکوک ایرانیان به خارج و عدم انتشار نتایج پژوهش‌ها به‌عنوان شواهدی بر فعالیت‌های پنهانی ایران در زمینه بیوتکنولوژی آورده شده و خطرات احتمالی آن را به خوانندگان القاء نموده بود. از سوی دیگر، گزارش سال ۲۰۰۱ سازمان ملل در مورد توسعه منابع انسانی چنین اعلام می‌دارد، "گرچه کشورهای غنی محل استقرار و صاحبان شرکت‌های عظیم زیست‌فناوری هستند، لکن کشورهای در حال توسعه باید استفاده از بیوتکنولوژی را یک اولویت مبرم و فوری کشور خود بدانند" [۱]. خبر اول حکایت از تلاش‌های جهان غرب در محدودسازی بهره‌گیری کشور ما از توانایی‌های بیوتکنولوژی دارد و خبر دوم استفاده از آن را برای کشورهای در حال توسعه مانند ایران توصیه می‌کند.

بنا بر اطلاعات موجود، اگرچه در حال حاضر مردم ما فقر غذایی ندارند ولی سیر نزولی سوء تغذیه در کشور نگران‌کننده است. با وجود ۱۴ میلیون هکتار سطح زیر کشت، تولید غذا در کشور کافی نیست و واردات محصولات کشاورزی جبران کمبودها را می‌کند. در عین حال، اعمال سیاست‌های ممانعت‌کننده از تخریب محیط زیست و افت کیفیت خاک‌ها باعث کاهش رشد سالانه تولید مواد غذایی می‌گردد. در زمینه پزشکی و بهداشتی نیز وضعیت بهتر از تولید منابع غذایی نیست. در حال حاضر روزانه ۱۳۰ هزار دلار (سالانه ۵۰ میلیون دلار) هزینه واردات داروهای نو ترکیب است که به طور مسلم پاسخ‌گوی نیاز واقعی نیست. از آن گذشته، همگام نبودن با پیشرفت‌های بیوتکنولوژی می‌تواند ضربه‌های جبران‌ناپذیری به صنعت و اقتصاد کشور وارد نماید. به‌طور مثال، اگر روزی پروتئین شیرین‌کننده‌ی *Thaumatococcus* در فرمانتور تولید شود، چه ضربه‌ای بر زارعین چغندر و نیشکر، کارخانه‌های قند و صنایع وابسته به آن وارد خواهد شد؟ بنابراین، امروزه بهره‌گیری از بیوتکنولوژی یک توصیه نیست، بلکه یک الزام است؛ در غیر این صورت بایستی منتظر آثار سوء اقتصادی - اجتماعی آن در آینده نه‌چندان دور باشیم.

در این مقاله سعی شده است با نگاهی بر وضعیت موجود، روندهای حاکم بر پژوهش کشور در زمینه‌های مختلف بیوتکنولوژی مورد بحث و بررسی قرار گیرد.

روش‌ها و فنون

ارقام و اطلاعات از منابع مندرج در بخش منابع و مآخذ استخراج گردید و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

تعریف زیست فناوری و وضعیت آن در جهان

زیست فناوری یا بیوتکنولوژی به گروهی از فناوری‌ها اطلاق می‌شود که در آن از موجودات زنده یا اجزاء و مشتقات آنها بهره گرفته می‌شود. این تعریف، گستره وسیعی از علوم و فنون از قبیل جنبه‌های مختلف زیست فناوری کشاورزی، دام و آبزیان، صنایع دارویی و پزشکی، صنعت و معدن، صنایع غذایی، و محیط زیست را در بر می‌گیرد. در اغلب مقالات (از جمله مقاله حاضر) و آمارهای تحلیلی، یک چنین گستره‌ی فعالیتی در نظر گرفته می‌شود.

بنابر آمار موجود، در سال ۲۰۰۱، بالغ بر ۲۵۹ هزار نفر در سراسر جهان (۱۷۹ هزار نفر در آمریکا) مستقیماً در زمینه بیوتکنولوژی شاغل بوده‌اند. بیش از ۳۲۵ میلیون نفر از ۱۳۰ نوع واکسن و فرآورده‌های دارویی بیوتکنولوژی استفاده نموده‌اند که ۷۰ درصد آنها در شش سال گذشته مجوز فروش دریافت کرده بوده‌اند. سطح زیر کشت گیاهان تراریخته به بیش از ۵۰ میلیون هکتار رسیده است و حدود ۵/۵ میلیون کشاورز از کشت این قبیل گیاهان سود برده‌اند. این ارقام مثال‌هایی از توسعه این فناوری در جهان می‌باشد، به طوری که صنایع وابسته به آن از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۱ رشدی بیش از سه برابر داشته است [۲]. متخصصین مدیریت تکنولوژی، این فناوری را در مرحله تولد و رشد خود می‌دانند؛ در حالی که صنایع خودروسازی در مرحله رشد نزدیک به اشباع بوده و یا صنایع نساجی متعارف در حال افول طبقه‌بندی می‌شوند [۳]. بنابراین تعجبی ندارد که کشورهایی مانند آمریکا، ژاپن، کانادا، آلمان، انگلیس، فرانسه، کره جنوبی، هند، چین، تایوان و کوبا از اوایل دهه ۸۰ میلادی این فناوری را به عنوان اولویت ملی و یکی از محورهای توسعه خود قلمداد نموده‌اند [۲].

تشکیلات و منابع انسانی موجود

الف) بخش ستادی

گذشته از سابقه چند هزار ساله بیوتکنولوژی سنتی، با کشف راه‌های جداسازی ژن‌ها، دست‌ورزی و انتقال آنها، بیوتکنولوژی نوین در دهه ۷۰ میلادی به سرعت رخ نمود. نقطه عطف آن، معرفی داروی انسولین انسانی توسط شرکت Genentech در سال ۱۹۷۸ میلادی (۱۳۷۵ هجری شمسی) بود که قابلیت‌های بالقوه بیوتکنولوژی را به جهانیان نشان داد. در ایران، سنگ‌بنای اولین مؤسسه تخصصی برای پژوهش در این رشته (مرکز ملی تحقیقات مهندسی ژنتیک و تکنولوژی زیستی) در سال ۱۳۷۱ گذارده شد، گرچه این مرکز نیز تا حدود ۱۰ سال بعد در حال راه‌اندازی و نیمه‌فعال بود. همچنین در سال ۱۳۷۴، بحث ایجاد تشکیلات ستادی برای تقویت و هماهنگی فعالیت‌ها در ریاست جمهوری مطرح گردید که با تشکیل شورای پژوهش‌های علمی کشور در سال ۱۳۷۵، کمیسیون بیوتکنولوژی به‌عنوان یکی از ۱۱ واحد آن شورا، جایگاه رسمی در کشور یافت. این کمیسیون فعالیت‌های خود را بیشتر بر جذب و توزیع بودجه، ایجاد هماهنگی بین مؤسسات مرتبط با زیست فناوری و تعیین اولویت‌های پژوهشی در زمینه‌های مختلف این فناوری متمرکز نموده بود که توسط کمیته‌های تخصصی آن پیشنهاد شده و پس از تصویب، اعمال می‌گردید. از جمله اقدامات مهم آن کمیسیون، اجرای طرح **بررسی وضعیت موجود بیوتکنولوژی در ایران و در جهان و همچنین طرح تعیین اولویت‌های تحقیقاتی در بیوتکنولوژی** است که نتایج آن در سال ۱۳۷۸ منتشر شدند [۴، ۵، ۶]. در دو سال گذشته، با مطرح شدن لایحه اهداف، وظایف و تشکیلات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، تمامی فعالیت‌های پژوهشی کشور تحت تأثیر قرار گرفته است. در ماده پنج این لایحه، شورای تحقیقات و فناوری به‌عنوان زیرمجموعه شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری در نظر گرفته شده است. در این ارتباط و در راستای اهداف برنامه سوم توسعه و بنا بر دستور ریاست‌جمهوری، کمیته ملی زیست فناوری در سال ۱۳۷۹ تشکیل گردید. خلاصه‌ای از اهداف و ترکیب اعضای این کمیته در جدول ۱ آمده است.

این کمیته تاکنون کمیسیون‌های تخصصی مربوط را تعریف نموده و طرحی را جهت تدوین استراتژی ملی بیوتکنولوژی کشور در کوتاه‌مدت و درازمدت به تصویب رسانده است. در اواسط سال جاری نیز سیاست‌های کشور در زمینه زیست فناوری به تصویب این کمیته

رسید (جدول ۲). علاوه بر این در چند سال اخیر، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، وزارت صنایع و معاون و وزارت جهاد کشاورزی نیز اقدام به تشکیل کمیته‌های زیست‌فناوری (با عناوین مختلف)، جهت تمرکز در سیاست‌گذاری و تشدید فعالیت‌های پژوهشی و تولیدی بیوتکنولوژی در مؤسسات تحت امر خود نموده‌اند. ایجاد شبکه‌های ژنتیک مولکولی پزشکی و بیوتکنولوژی پزشکی در وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی نیز تلاش‌هایی برای تقویت همکاری و هماهنگی بین پژوهشگران زیست‌فناوری پزشکی است. اگرچه انجمن‌های علمی-تخصصی هنوز نقش اصلی خود را ایفا نمی‌کنند، لکن شکل‌گیری و فعالیت انجمن بیوتکنولوژی جمهوری اسلامی ایران و انجمن ژنتیک ایران نیز اقداماتی در جهت هدایت و نظارت بر سیاست‌های کلان زیست‌فناوری در کشور محسوب می‌شوند.

جدول ۱- اهداف و ترکیب اعضای کمیته ملی زیست‌فناوری، برگرفته از آیین‌نامه تشکیل کمیته ملی زیست‌فناوری (نقل از منبع ۱۶، ۲۳)

<p>اهداف کمیته ملی زیست‌فناوری:</p> <ul style="list-style-type: none"> - توسعه زیرساخت‌های علمی و گسترش زیست‌فناوری در سطح ملی و جهانی - توسعه و بهبود ایمنی زیستی با توجه به احکام و ارزش‌های اسلامی و انسانی در خصوص زیست‌فناوری - ارتقای سطح آگاهی مسئولان و جامعه در مورد زیست‌فناوری
<p>اعضای کمیته ملی زیست‌فناوری:</p> <ol style="list-style-type: none"> ۱. وزیر علوم، تحقیقات و فناوری (رئیس) ۲. وزیر بهداشت، درمان و آموزش پزشکی یا نماینده آن وزلرتخانه ۳- وزیر جهاد کشاورزی یا نماینده آن وزلرتخانه ۴. وزیر صنایع و معادن یا نماینده آن وزلرتخانه ۵- معاون رئیس‌جمهور و رئیس سازمان حفاظت محیط زیست یا نماینده آن سازمان ۶. معاونان آموزشی، پژوهشی و فناوری وزارت علوم، تحقیقات و فناوری ۷- رئیس مرکز ملی تحقیقات مهندسی ژنتیک و تکنولوژی زیستی (دبیر) ۸. رئیس انستیتو پاستور ایران ۹- رئیس مؤسسه تحقیقات واکسن و سرم‌سازی رازی ۱۰. رییس مؤسسه تحقیقات بیوتکنولوژی کشاورزی ۱۱- سه نفر از متخصصان مبرز زیست‌فناوری از دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی و دستگاه‌های اجرایی با حکم وزیر علوم، تحقیقات و فناوری ۱۲. دو نفر از رؤسای انجمن‌های علمی مرتبط با زیست‌فناوری با حکم وزیر علوم، تحقیقات و فناوری ۱۳. دو نفر از نمایندگان بخش خصوصی با حکم وزیر علوم، تحقیقات و فناوری

جدول ۲- سیاست‌های زیست‌فناوری کشور مصوب کمیته ملی زیست‌فناوری در سال ۱۳۸۰ (نقل از منبع شماره ۱۵)

۱- توسعه و ایجاد زیست‌فناوری باید در جهت به‌وجود آمدن زیرساخت‌های توسعه همه‌جانبه (سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی)، ثبات سیاسی و اقتدار ملی باشد.

۲- توسعه و ایجاد زیست‌فناوری باید در بستر توسعه همکاری و گسترش روابط سیاسی، فرهنگی، علمی و اقتصادی در سطح منطقه‌ای و بین‌المللی صورت گیرد.

سیاست‌های ایجاد زیست‌فناوری از بعد اقتصادی

۱- توسعه و ایجاد زیست‌فناوری در کشور باید موجب حفاظت از ذخایر ژنتیکی و دستیابی به توسعه پایدار شود.

۲- توسعه و ایجاد زیست‌فناوری باید در جهت تأمین نیازهای استراتژیکی کشور باشد.

۳- توسعه و ایجاد زیست‌فناوری باید حتی‌الامکان تولید و صادرات محصولات گوناگون را افزایش دهد.

۴- توسعه و ایجاد زیست‌فناوری باید از نظر اقتصادی موجب تشویق سرمایه‌گذاری و مشارکت بخش خصوصی و تعاونی‌ها شود.

۵- توسعه و ایجاد زیست‌فناوری باید از نظر اقتصادی، توجیه اقتصادی داشته باشد.

۶- توسعه و ایجاد زیست‌فناوری باید موجب جذب سرمایه خارجی و دستیابی به دانش، از این طریق بشود.

۷- توسعه و ایجاد زیست‌فناوری باید از قابلیت رقابت‌پذیری برخوردار باشد.

سیاست‌های ایجاد زیست‌فناوری از بعد زیست‌محیطی

۱- توسعه و ایجاد زیست‌فناوری باید فاقد اثرات مخرب زیست‌محیطی باشد.

۲- توسعه و ایجاد زیست‌فناوری باید توأم با رعایت اصول ایمنی‌زیستی و به‌ویژه پروتکل جهانی ایمنی‌زیستی کارتاها باشد.

سیاست‌های زیست‌فناوری از بعد اجتماعی

۱- توسعه و ایجاد زیست‌فناوری باید همراه با گسترش فرهنگ اشاعه این دانش در سطح جامعه مردم و مسئولین باشد.

۲- توسعه و ایجاد زیست‌فناوری باید همراه با شناخت و رعایت اصول اخلاقی و ضوابط حقوقی برای استفاده از حیوانات باشد.

۳- توسعه و ایجاد زیست‌فناوری باید توأم با رعایت اصول اخلاقی، حقوقی و موازین اسلامی باشد.

۴- باید نیروی انسانی به‌عنوان مهمترین رکن رشد و گسترش زیست‌فناوری در کشور مورد توجه قرار گیرد.

سیاست‌های زیست‌فناوری از بعد فرهنگی

۱- توسعه و ایجاد زیست‌فناوری باید همراه با رشد علمی-تخصصی و ارتقاء مهارت‌های نیروی انسانی در جهت دستیابی به علم و دانش فنی زیست‌فناوری و بومی کردن این فناوری باشد.

۲- توسعه و ایجاد زیست‌فناوری باید به‌عنوان یک تجربه مهم ملی در جهت ایجاد فرهنگ علمی، همکاری بین بخش و بین دستگاهی و ارتقای مدیریت علمی کشور در نظر گرفته شود.

ب) مؤسسات دولتی

براساس نتایج بررسی ارایه شده در منبع ۴ که خلاصه آن در جدول ۳ آمده است، ۴۶ واحد شامل مراکز پژوهشی و دانشکده‌های علوم، کشاورزی و پزشکی دانشگاه‌ها در خصوص تحقیقات مرتبط با بیوتکنولوژی فعالیت می‌نمایند. طبق این آمار، در این مراکز کمتر از ۵۰۰ نفر پژوهشگر که تنها حدود ۲۰۰ نفر آنان دارای مدرک دکتری هستند، مشغول انجام حدود ۳۰۰ طرح پژوهشی بوده‌اند. اگرچه این آمار کمی قدیمی بوده و نیاز به بازنگری دارند، لکن حتی با دو برابر کردن ارقام مندرج در جدول ۳ (برای جبران افزایش‌ها در چهار سال بعد از تهیه آن گزارش)، باز هم یکی از دلایل اصلی عدم پیشرفت کشور در بهره‌گیری از بیوتکنولوژی روشن می‌گردد. در همه جای دنیا، نقش نیروی انسانی در پیشبرد اهداف هر سازمان بیش از ساختمان، تجهیزات، بودجه و سایر امکانات است. در ایران، به دلیل فقدان زیرساخت‌های مناسب در تمامی بخش‌ها، به‌ویژه در بخش پژوهش، نقش نیروی انسانی دو چندان می‌باشد. لازم به ذکر است، پیشینه فعالیت‌های زیست‌فناوری سنتی در ایران به حدود ۸۰ سال قبل باز می‌گردد. انستیتو پاستور ایران در سال ۱۲۹۹ و مؤسسه تحقیقات واکسن و سرم‌سازی رازی در سال ۱۳۰۴ هجری شمسی تأسیس گردیدند. این گونه مؤسسات به نوعی پتانسیل‌های کشور برای گسترش زیست‌فناوری در مقاطع زمانی کوتاه تلقی می‌شوند.

جدول ۳- برخی اطلاعات مربوط به مؤسسات دولتی مرتبط با زیست‌فناوری در سال‌های ۲۶-۱۳۷۰ (نقل از منبع ۴)

امکانات گروه تخصصی	تعداد مؤسسات پژوهشی	نیروی انسانی متخصص شاغل در بخش بیوتکنولوژی و زمینه‌های مرتبط					آزمایشگاه‌ها	طرح‌های اجرا شده ۲۶-۱۳۷۰	طرح‌های در دست اجرا
		دکتری	کارشناسی ارشد	کارشناسی	جمع	تعداد			
کشاورزی و منابع طبیعی	۱۹	۸۹	۷۲	۴۱	۲۰۲	۵۳	۵۸۱۰	۴۲	۷۲
علوم پایه	۷	۵۲	۵۵	۲۰	۱۲۷	۲۲	۱۱۸۰	۲۶	۱۹
پزشکی	۱۳	۳۰	۳۶	۱۲	۷۸	۲۱	۳۰۴۸	۲۴	۱۳
صنعت و محیط زیست	۷	۳۰	۲۲	۱۸	۷۰	۱۳	۳۲۹۹	۶۵	۳۳
جمع	۴۶	۲۰۱	۱۸۵	۹۱	۴۷۸	۱۱۰	۱۳۳۳۷	۱۵۷	۱۳۷

ج) مؤسسات خصوصی

اغلب فعالیت‌های تولیدی بیوتکنولوژی، از احداث کارخانجات و تأسیسات عظیم بی‌نیازند. این ویژگی باعث استقبال جهانی بخش خصوصی از سرمایه‌گذاری در این فناوری شده است. جدول ۴ وضعیت مالی هشت شرکت بزرگ زیست‌فناوری در سال ۲۰۰۱ را نشان می‌دهد. سودهای میلیون و میلیارد دلاری چنین شرکت‌هایی سبب شده که بیش از ۴۰۰۰ شرکت بیوتکنولوژی در دو دهه اخیر وارد عرصه فعالیت شوند. از این تعداد، ۱۴۵۷ شرکت در آمریکا (بیش از ۱۱۰۰ شرکت خصوصی)، حدود هزار شرکت در اروپا و بقیه در سایر نقاط جهان قرار دارند [۲]. البته سهم شرکت‌های خصوصی در فرآیند تحقیق و توسعه کشورهای مختلف، متفاوت است. به‌عنوان مثال، در حدود ۸۰ درصد از بودجه تحقیق و توسعه بیوتکنولوژی ژاپن را شرکت‌های خصوصی می‌پردازند، تجاری شدن سریع محصولات بیوتکنولوژی در ژاپن یکی از دلایل این موضوع است. شرکت‌های مذکور با امکانات تولیدی وسیع، شبکه‌های بازاریابی بزرگ و منابع مالی به این موقعیت دست یافته‌اند [۷۸]. همین رقم، یعنی سهم بخش خصوصی در تحقیقات بیوتکنولوژی، در کشور هندوستان فقط پنج درصد است.

در واقع یکی از بزرگترین نقاط ضعف بیوتکنولوژی در این کشور، فقدان ارتباط سازنده میان مؤسسات پژوهشی بنیادی و صنعت و نیز تداخل فعالیت‌هاست که تبعات آن را می‌توان در عدم استقبال سرمایه‌گذاران بخش خصوصی در این مقوله مشاهده نمود [۵].

جدول ۴- وضعیت مالی هشت شرکت بزرگ زیست‌فناوری در سال ۲۰۰۱ (نقل از منبع ۲)

نام شرکت	P/E^*	حجم بازار (میلیارد دلار)	سود (میلیون دلار)
Amgen	۵۰	۶۱/۱۶	۳۷۸۹
Genentech	۵۷	۲۲/۴	۱۸۷۵
Chiron	۴۹	۸/۵	۱۰۰۰
Biogen	۳۰	۸/۴۵	۹۷۷
Idec	۸۷	۷/۶	۲۱۳
Medimmun	۴۶	۷/۹	۵۸۱
PDL	-	۲	۴۱
Techne	۲۵	۱/۳۶	۱۱۲

* نسبت ارزش سهام به سود سالانه: این شاخص، مبین نسبت گران‌بودن ارزش سهام شرکت به سود پرداختی می‌باشد و به عبارتی استحکام و محبوبیت شرکت را در بازار نشان می‌دهد. (در ایران این نسبت به طور متوسط حدود ۵ می‌باشد).

اینکه چند درصد و اصولاً چه سهمی از پژوهش بیوتکنولوژی در ایران بر دوش بخش خصوصی است، به‌درستی مشخص نمی‌باشد. اما تعداد و روند فعالیت شرکت‌های خصوصی حکایت از سهمی اندک در این بخش دارد؛ هر چند همین تعداد نیز با مشکلات عدیده‌ای دست به‌گیریان هستند. در جدول ۵ فهرست برخی شرکت‌های فعال زیست‌فناوری کشور آورده شده است. این جدول نشان‌دهنده سهم اندک بخش خصوصی در تحقیقات و تولیدات مرتبط با بیوتکنولوژی است که بیشتر تولیدات این بخش در زمینه‌های کشت بافت، داروی نو ترکیب، کیت‌های تشخیصی و فرآورده‌های میکروبی و غذایی می‌باشند. هر چند شرکت‌های دیگری نیز وجود دارند که بخشی از فعالیت‌های خود را به این امر اختصاص داده‌اند و یا در زمینه تولید لوازم و وسایل آزمایشگاهی مرتبط با این فناوری فعالیت می‌نمایند، با این وجود، هنوز هم جثه بخش خصوصی بیوتکنولوژی در کشور کمتر از آن حدی است که بتوان از آن انتظار تأثیرگذاری اساسی را داشت. فقدان قوانین حمایتی و انگیزه‌دهنده، عدم پشتیبانی قضایی حقوق مالکیت فکری، دامپینگ (Dumping) شرکت‌های خارجی و ترجیح مصرف محصولات خارجی به داخلی از جمله مهمترین دلایل کم‌رنگ بودن حضور شرکت‌های خصوصی در این عرصه است. تنگناهایی که عبور از آنها به سادگی و گاهی به سختی نیز امکان‌پذیر نیست. در این میان، ورود محتمل ایران به معاهدات بازرگانی نظیر GAAT و تأثیرپذیری از توافقاتی همچون TRIPS¹ بسیار نگران‌کننده است.

جدول ۵- فهرست برخی از شرکت‌ها و مؤسسات تولیدکننده فرآورده‌های بیوتکنولوژی در ایران (نقل از منابع ۱۹،۲۰)

ردیف	شرکت/مؤسسه/مرکز	سال تأسیس	زمینه فعالیت
۱	کشت و صنعت رعنا	۱۳۷۴	کشت بافت گیاهی
۲	ریزافرا کشت	۱۳۷۷	کشت بافت گیاهی
۳	سبز گلان		کشت بافت گیاهی
۴	تعاونی کشت بافت ایران	۱۳۷۶	کشت بافت گیاهی
۵	پدیده	۱۳۷۹	کیت تشخیص سل
۶	شفای ساری	۱۳۷۵	مواد دارویی
۷	زکریای تبریز		مواد دارویی
۸	سرم‌سازی ثامن	۱۳۷۵**	مواد دارویی
۹	سیناژن	۱۳۷۶	کیت‌های تشخیصی و مواد مصرفی آزمایشگاهی
۱۰	شیم آنزیم	۱۳۷۴	فرآورده‌های طبی
۱۱	بیوژن	۱۳۷۵	مواد مصرفی آزمایشگاهی
۱۲	کوشافر آورگیتی	۱۳۷۶	فرآورده‌های میکروبی
۱۳	پروتک		تولید پروتئین‌های تک سلولی
۱۴	این آگروپارس (سهام مشترک با یک شرکت اسپانیایی)	۱۳۸۱	زیست‌محرك‌های تقویتی
۱۵	فرآور پژوهان	۱۳۷۷	فرآورده‌های غذایی
۱۶	انستیتو تحقیقات علمی بیولوژی مولکولی و بیوفیزیک ایران	۱۳۷۹	مطالعاتی و تشخیصی
۱۷	مرکز تحقیقات صنعتی بیوتکنولوژی	۱۳۷۷	فرآورده‌های میکروبی
۱۸	مؤسسه تحقیقاتی و آموزشی نور (توان)	۱۳۷۸	فرآورده‌های غذایی و دارویی
۱۹	تعاونی بهسازان آینده بیوتکنولوژی	۱۳۸۱	توسعه فناوری زیستی
۲۰	شرکت گسترش زیست فناوری (بیدکو)	۱۳۸۱	توسعه فناوری زیستی در ایران
۲۱	بیونیک	۱۳۶۲	کیت‌های تشخیصی

* شروع فعالیت مرتبط با زیست فناوری از سال ۱۳۷۵ می‌باشد.

بررسی روند تخصیص اعتبارات بیوتکنولوژی در ایران

بودجه‌های تخصیص یافته به هر بخش و نحوه توزیع آن، نشان‌دهنده میزان توجه و عنایت مسئولین به آن و ضامن پیشرفت و توسعه آن بخش در کشور می‌باشد. متأسفانه آمار و ارقام مدونی که حاکی از میزان اعتبارات تخصیص داده شده به بیوتکنولوژی در کشور باشد، وجود ندارد. از این جهت برای بررسی روند سرمایه‌گذاری در پژوهش بیوتکنولوژی، از آخرین آمار مربوط به چند مرکز پژوهشی که ارتباط مستقیم با زیست فناوری دارند، استفاده شده است (جدول ۶). هر چند زیست فناوری بخشی از وظایف اکثر این مؤسسات است، اما همگی

آنها جزء فعالترین مراکز تحقیقاتی در خصوص این فناوری به شمار می‌روند؛ بنابراین هرگونه تغییر در ازدیاد یا کاهش اعتبارات آنها، تأثیر مستقیمی بر روند تحقیقات بیوتکنولوژی در این مراکز و به تبع آن در کشور خواهد داشت.

طبق اعداد جدول ۶، روند تخصیص اعتبارات به مراکز مذکور از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۲ (به جز سال ۱۳۷۸) دارای رشد نسبی و بعضاً بطئی بوده است. البته از این مبالغ (که مجموع کل اعتبارات آن مؤسسات می‌باشند) فقط درصدی صرف تحقیقات و از این درصد نیز سهم اندکی به پژوهش در زیست فناوری اختصاص خواهد یافت. با توجه به رشد ناچیز بودجه ۱/۵ درصدی از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۲ (البته اگر همه آنها تخصیص یابد)، بدون شک جهشی بر روند تحقیقات و بالطبع صنعت زیست فناوری در کشور رخ نخواهد داد، به‌ویژه اگر میزان این بودجه با اعتبارات سایر کشورها در خصوص زیست فناوری مقایسه شود. به‌عنوان نمونه‌هایی از آنچه در جهان می‌گذرد، آمریکا فقط در سال ۲۰۰۰، معادل ۱۳/۸ میلیارد دلار در تحقیق و توسعه زیست فناوری این کشور سرمایه‌گذاری کرده است. ژاپن در سال‌های ۱۹۹۹، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ به ترتیب ۲/۵، ۱/۴ و ۳/۴ میلیارد دلار برای گسترش این فناوری هزینه کرده است [۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳].

جدول ۶- میزان کل اعتبارات مؤسسات مرتبط با بیوتکنولوژی که دارای ردیف بودجه مستقل هستند (برگرفته از منابع ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳)*

نام مؤسسه	جمع اعتبارات هزینه‌ای و تملیکی بر حسب سال						
	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲
مرکز ملی تحقیقات مهندسی ژنتیک و تکنولوژی زیستی	۹۹۵۳	۱۲۱۰۲	۶۶۸۸	۱۳۹۶۵	۲۲۵۵۱	۳۵۸۵۳	۳۱۹۳۲
انستیتو پاستور ایران	۲۵۱۲۶	۴۷۴۰۰	۴۰۸۴۷	۶۱۵۴۰	۷۵۲۰۲	۱۲۷۵۸۳	۱۲۷۲۸۲
پژوهشکده بیوتکنولوژی سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی**	۳۷۶۰	۴۶۰۹	۸۳۸۸	۱۵۲۶۹	۱۱۶۰۵	۱۹۵۲۷	۸۰۹۸
مؤسسه تحقیقات واکسن و سرم‌سازی رازی	۳۸۶۷۱	۳۸۹۴۰	۳۵۰۵۷	۴۷۴۵۰	۷۲۳۸۸	۱۲۸۰۷۲	۱۶۵۸۷۲
مرکز تحقیقات بیولوژی و بیوتکنولوژی تولیدمثل	-----	-----	-----	-----	-----	۱۷۰۰	۲۲۴۳
پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی***	-----	-----	-----	۴۹۰۰	۷۶۰۰	۱۱۴۰۰	۸۳۰۰
جمع	۷۷۵۱۰	۱۰۳۰۵۱	۹۰۹۸۰	۱۴۳۱۲۴	۱۸۹۳۴۶	۳۲۴۱۳۵	۳۴۳۷۲۷
درصد افزایش نسبت به سال گذشته	-----	۲ درصد	-۰٫۹ درصد	۴ درصد	۳٫۶ درصد	۱۰٫۶ درصد	۱٫۵ درصد

* اعتبارات مربوط به سال ۱۳۸۲ برآورد می‌باشد و هنوز به تصویب نرسیده است.

** برای تخمین بودجه این پژوهشکده، جمع اعتبارات سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران بر تعداد پژوهشکده‌های آن تقسیم شده است.

*** مؤسسه تحقیقات بیوتکنولوژی کشاورزی در سال ۱۳۷۹ تاسیس شد. مؤسسه مذکور تحت عنوان پژوهشکده بیوتکنولوژی از سال

۱۳۸۲ دارای ردیف بودجه مستقل خواهد بود.

عملکرد پژوهش بیوتکنولوژی در کشور

الف) تولیدات علمی

با وجودی که روند رشد تولید منابع علمی در ۲۰ سال گذشته در کشور امیدبخش بوده است، اما هنوز در مقام مقایسه با سایر کشورهای در حال توسعه، ایران از این لحاظ جایگاه مناسبی ندارد. به طور کلی، با وجود رشدی حدود ۲۸۷ برابر در اعتبارات بخش پژوهش کشور در ۲۰ سال گذشته (بین سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۶۰)، رشد تعداد مقالات تنها ۵/۸ برابر بوده است (جدول ۷) [۹،۱۴]. همانطور که در قسمت قبلی آمد، علی‌رغم افزایش بودجه بخش پژوهش، بودجه مربوط به مؤسسات زیست‌فناوری در هفت سال اخیر افزایش قابل ملاحظه‌ای نداشته است. با این وجود، تعداد مقالات مربوط به زیست‌فناوری چاپ‌شده در مجلات که در ISI نمایه شده‌اند، از یک مقاله در سال ۱۹۹۵ به ۱۴ مقاله در سال ۲۰۰۰ رسیده است [۱۴].

جدول ۷- اعتبارات پژوهشی بخش تحقیق و توسعه و مقایسه آن با تعداد مقاله منتشر شده توسط اساتید

ایرانی در سطح بین‌المللی (نقل از منابع ۹،۱۴)

سال	درصد از تولید ناخالص ملی	اعتبار (میلیون ریال)	تعداد مقاله
۱۳۶۰	۰/۱۲	۹/۳۳۲	۲۹۵
۱۳۶۵	۰/۱۷	۲۶/۲۴۴	۱۵۷
۱۳۷۰	۰/۲۹	۱۳۰/۴۵۱	۲۴۰
۱۳۷۵	۰/۳۱	۷۰۵/۷۶۰	۵۴۷
۱۳۸۰	۰/۴۷	۲/۵۸۳/۲۱۲	~۱۷۰۰

در مقایسه با سایر رشته‌های گروه فنی و مهندسی، بیوتکنولوژی در کشور از حیث سهم تولید علمی، علی‌رغم جوان و نوپا بودن، در رتبه هشتم و بالاتر از رشته‌هایی چون مهندسی کامپیوتر، نساجی، برق، ساختمان، نفت، مهندسی پزشکی، هسته‌ای و هوا فضا قرار گرفته است که نشان‌دهنده فعالیت نسبی محققین بیوتکنولوژی در این خصوص است. همایش‌های ملی بیوتکنولوژی که در سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹ برگزار شدند معیار مناسبی برای بررسی روند تحقیقات مرتبط با زیست‌فناوری به نظر می‌رسند (جدول ۸). مقایسه درصدهای مقالات در رشته‌های مختلف بیوتکنولوژی حاکی از آن است که گروه تخصصی کشاورزی و منابع طبیعی با ۳۵/۸ درصد از کل، مقام نخست را داراست و گروه‌های دیگر از قبیل پزشکی، صنعت و معدن، محیط زیست و بقیه به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند. یادآوری می‌شود، تعداد مؤسسات، نفرات و طرح‌های پژوهشی گروه کشاورزی نیز بیشتر از سایر گروه‌هاست (جداول ۳ و ۸) [۱۴].

جدول ۸- توزیع مقالات ارایه شده در دو همایش ملی زیست فناوری در سال های ۱۳۷۸ و ۱۳۸۰ به

تفکیک نوع تخصص (نقل از منابع ۲۲، ۲۱)

درصد	جمع	تعداد مقالات در همایش دوم		تعداد مقالات در همایش اول		گروه های مختلف
		شفاهی	پوستری	شفاهی	پوستری	
۳۵/۸	۱۸۳	۳۶	۶۳	۴۶	۳۸	کشاورزی و منابع طبیعی
۶/۲	۳۲	۱۳	۳	۹	۷	دام و آبزیان
۲۴/۷	۱۲۷	۲۹	۱۶	۵۴	۲۸	پزشکی و داروسازی
۱۰/۶	۵۴	۱۹	۲	۲۳	۱۰	زیست شناسی سلولی و مولکولی
۱۷/۷	۹۱	۲۸	۱۰	۳۸	۱۵	صنعت و معدن و محیط زیست
۵	۲۶	۶	۱۰	۴	۶	مدیریت و عمومی
۱۰۰	۵۱۳	۱۳۱	۱۰۴	۱۷۴	۱۰۴	جمع

(ب) تولید محصولات مبتنی بر زیست فناوری

تولیدات زیست فناوری در کشور را می توان به عنوان محکی برای عیارسنجی تحقیقات به ویژه تحقیقات کاربردی مورد استفاده قرار داد. ضعف آمار و ارقام در این مورد نیز مشهود است. جدول ۹، خلاصه ای از نتایج رسمی در مورد تولید انواع محصولات زیست فناوری تولید شده در مؤسسات آموزشی، پژوهشی و صنعتی کشور را در سال های ۱۳۷۶-۱۳۷۴ نشان می دهد.

طبق جدول ۹، بیشتر پتانسیل تولیدات بیوتکنولوژی که از پژوهش در مراکز داخلی به دست آمده اند قابل گروه بندی در کشت بافت، داروی نوترکیب، کیت های تشخیصی و فرآورده های میکروبی است که بایستی در سیاست گذاری های پژوهش و تولید مدنظر قرار گیرند. علاوه بر این، طبق آمار مندرج در جداول ۵ و ۹ سهم بخش خصوصی در تحقیقات کاربردی و به تبع آن تولیدات بیوتکنولوژی قابل توجه نیست و تنها مواردی که تحقیق و تولید در بخش خصوصی صورت گرفته در گروه کشاورزی و یا تولید مواد آزمایشگاهی (آنزیم ها و کیت ها) بوده است (جداول ۵ و ۹).

هر چند این موارد شامل همه تولیدات بیوتکنولوژی کشور نیست، اما به نظر می رسد چه در بخش خصوصی و چه در بخش دولتی، مرحله انتقال فناوری از مراکز تحقیقاتی به صنعت به شدت دچار مشکل است و شرکت های مختلف از این حیث با مشکلات عدیده ای دست و پنجه نرم می کنند. مشکلاتی از قبیل: کمبود نقدینگی و بودجه ناکافی، عدم وجود یا کمبود قوانین حمایتی و انگیزشی از قبیل قوانین گمرکی و مالکیت فکری، قوانین دست و پاگیر، نامشخص بودن روال انتخاب پروژه ها، فقدان استانداردهای لازم جهت تعیین کیفیت و صدور مجوز برای عرضه محصولات زیست فناوری که از مهمترین عوامل مؤثر در عدم رغبت به تولید می باشند.

جدول ۹- فهرست برخی محصولات زیست فناوری تولیدشده در ایران (نقل از منابع ۴،۱۷)

نام مؤسسه تولیدکننده	تعداد محصول	نوع محصول
دانشگاه صنعتی شریف (بخش مهندسی شیمی)	۳ مورد	فرآورده‌های میکروبی
سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی (پژوهشکده بیوتکنولوژی)	۶ مورد	فرآورده‌های میکروبی
دانشکده داروسازی دانشگاه تهران	۳ مورد	کیت تشخیصی و داروی نو ترکیب
دانشگاه تربیت مدرس (بخش مهندسی شیمی - گروه بیوتکنولوژی)	۴ مورد	فرآورده‌های میکروبی
مؤسسه تحقیقات آب و خاک	۲ مورد	کود زیستی
مرکز ملی تحقیقات مهندسی ژنتیک و تکنولوژی زیستی	۳ مورد	داروی نو ترکیب یا سنتزی
مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر	۷ مورد	کشت بافت گیاهی
مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع	۷ مورد	کشت بافت گیاهی
دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز	۱۲ مورد	کشت بافت گیاهی
مؤسسه تحقیقات واکسن و سرم سازی رازی	حدود ۵۰ مورد	واکسن یا آنتی‌ژن تشخیصی
انستیتو پاستور ایران	بالغ بر ۹ مورد	سرم و واکسن، کیت تشخیصی و داروی سنتزی
بخش خصوصی	حدود ۱۰ مورد	کشت بافت، آنزیم، کیت تشخیصی و فرآورده‌های میکروبی

نتیجه گیری

در سال ۱۳۷۸، کمیسیون بیوتکنولوژی شورای پژوهش‌های علمی کشور با همکاری سایر مراکز تخصصی و دانشگاه‌ها اقدام به تعیین اولویت‌های تحقیقاتی در بیوتکنولوژی نمود. در این اقدام، پس از وزندهی به شاخص‌های توسعه‌ای کشور، اولویت موضوعات پژوهشی مربوطه در قالب گروه‌های کشاورزی، پزشکی، دام و آبزیان، محیط زیست و صنعت تعیین گردیدند. با توجه به تغییر شرایط و به تبع آن تغییر برخی از اولویت‌ها از آن زمان تاکنون، لزوم بازنگری و تجدیدنظر در این گزارش ضروری به نظر می‌رسد. هم‌اکنون سیاست‌های کلان برای ساماندهی و رشد و توسعه علم و فناوری در کمیسیون علمی، فرهنگی و اجتماعی مجمع تشخیص مصلحت نظام در حال بررسی و تدوین است؛ همچنین، سیاست‌ها و اهداف کلان زیست‌فناوری نیز در قالب پروژه تدوین استراتژی ملی زیست‌فناوری توسط کمیته ملی زیست‌فناوری تهیه شده یا در حال تدوین می‌باشد.

بنابراین توجه به وضعیت موجود و تجزیه و تحلیل ارائه‌شده در این مقاله نشان می‌دهد که اگر درصدد رشد و شکوفایی پژوهش در زیست‌فناوری هستیم باید موارد زیر مورد توجه قرار گیرند:

- (۱) کشورهای غربی، به‌ویژه آمریکا، سعی در تحدید ایران در بهره‌گیری از زیست‌فناوری دارند. بنابراین امید بستن به کمک یا عرضه فناوری از سوی آنان توهمی بیش نیست.
- (۲) بهره‌مندی از فناوری‌های عرضه‌شده در زیست‌فناوری برای کشور، تنها یک حرکت در جهت ادامه‌ی روند توسعه نیست بلکه یک الزام است. لذا نیاز به بسیج امکانات برای ایجاد تحرک کافی در زمینه‌های مختلف زیست‌فناوری وجود دارد و تأخیر در آن ما را در موقعیت‌های غیرقابل جبران گرفتار خواهد کرد.
- (۳) تلاش‌هایی در جهت تمرکز بخشیدن و قوام دادن پژوهش‌های زیست‌فناوری در کشور انجام شده یا می‌شود ولی تاکنون توفیق چندانی نداشته است که ریشه آن، موازی‌کاری و عدم تمکین ارگان‌ها به یکدیگر می‌باشد. تدوین اهداف، سیاست‌ها و راهبردها کمک زیادی به هماهنگ شدن تلاش‌ها خواهد نمود. با این وجود تدوین راهکارهای اجرایی از جمله تعیین نحوه توزیع بودجه، تدوین و شفاف‌سازی نحوه انتخاب پروژه‌ها و روال بررسی آنها باعث کاهش نقش سلیقه‌های شخصی و جایگزینی دوراندیشی به‌جای روزمرگی خواهد شد.
- (۴) آمار تعداد متخصصین زیست‌فناوری در کشور فاصله زیادی تا حد کفایت دارد. تربیت نیروی انسانی چه از طریق آموزش کلاسیک و چه از طریق آموزش عملی و استخدام دانش‌آموختگان رشته‌های مشابه در مراکز پژوهشی و تولیدی مرتبط با زیست‌فناوری کمک زیادی به این امر خواهد کرد.
- (۵) با توجه به ماهیت فناوری‌های زیستی (پژوهش سخت و تولید آسان)، تدوین مقررات و پشتیبانی قضایی حقوق مالکیت فکری در توسعه بهره‌گیری از بیوتکنولوژی به‌ویژه توسط بخش خصوصی یکی از مکانیسم‌های اصلی انتقال فناوری از بخش پژوهش به بخش تولید به‌شمار می‌رود.
- (۶) حمایت از بخش خصوصی از طریق ارائه تسهیلات بانکی، حقوقی، ارزی و گمرکی از یک سو و ممانعت از حرکت‌های سرکوب‌گر شرکت‌های خارجی (نظیر Dumping) موجب گسترش سریع استفاده از فناوری زیستی در کشور می‌گردد.
- (۷) سرمایه‌گذاری دولتی در وهله اول و ایجاد تسهیلات لازم برای واگذاری تمام یا بخشی از حقوق مالکیت فکری و سود حاصل از آن به مؤسسات و ترجیحاً افراد پدیدآورنده در وهله دوم، لازمه ایجاد بنیه قوی زیست‌فناوری در کشور است.
- (۸) بررسی عملکرد علمی (مقالات) و تولیدی (تکنولوژی و کالا) زیست‌فناوری نشان می‌دهد که توان موجود تا حد زیادی به کار گرفته می‌شود. لکن هماهنگی فعالیت‌ها در راستای نیازهای کشور و هم‌گرا نمودن آنها با یکدیگر می‌تواند بازدهی عملکرد موجود را دوچندان نماید. تدوین اهداف، سیاست‌ها، استراتژی‌ها و برنامه ملی و بهره‌گیری از اهرم‌های بودجه‌ای می‌تواند به‌طور مؤثری بستر لازم برای همکاری‌های بین افراد و بین بخش‌ها را فراهم آورد.
- (۹) تقویت صنایع زیربنایی برای زیست‌فناوری مانند داروسازی، صنایع تخمیری، توسعه‌ی روش‌های اصلاح نباتات، کشاورزی نوین و مانند آنها در به ثمر نشاندن حاصل پژوهش‌ها کمک مؤثری می‌نماید.
- (۱۰) زیرساخت‌هایی نظیر پایگاه‌های اطلاعاتی و دسترسی آسان به آنها، بانک‌های ذخیره مواد زیستی، خدمات آزمایشگاهی متمرکز (تعیین توالی، ساخت آغازگر، آنالیزهای کمی و کیفی و غیره) نقش مهمی در پژوهش بیوتکنولوژی دارد، زیرا هم صرفه‌جویی امکانات و هم اشتراک در استفاده از منابع را به دنبال دارد.
- (۱۱) راه‌اندازی و توسعه مراکز کنترل و نظارت با هدف ایجاد مسیرهای صدور مجوز و استاندارد نمودن محصولات بیوتکنولوژی از اجزاء دیگر زنجیره‌ی پژوهش، تولید فناوری و عرضه محصول هستند.
- (۱۲) ایجاد ارتباط بین مراکز داخلی و ارتباط آنها با مراکز خارج کشور، توان فعلی را تا حد قابل ملاحظه‌ای تقویت می‌نماید و در اکثر مواقع اجتناب‌ناپذیر است.
- (۱۳) با در نظر داشتن مخاطرات احتمالی استفاده نامعقول از توانایی‌های زیست‌فناوری و مسائل ایمنی زیستی، نظارت دقیق بر فعالیت‌های در حال انجام ضروری است که بایستی توسط یک نهاد دولتی با توان اجرایی کافی صورت پذیرد.

1- Rihgt of access, Nature biotechnology, 19 69, 2001

- ۲- محمد میردربکوند، مروری بر وضعیت بیوتکنولوژی در جهان، گروه بیوتکنولوژی شبکه تحلیلگران تکنولوژی ایران، www.itanir، ۱۳۸۱.
- ۳- عباس حاج فتحعلی‌ها، مهدی سیداصفهان‌ها، توسعه تکنولوژی بررسی مفاهیم و فرآیند تصمیم‌گیری‌ها، انتشارات دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ۱۳۷۲.
- ۴- نصرت‌ا... ضرغام، وضعیت موجود بیوتکنولوژی در جمهوری اسلامی ایران، کمیسیون بیوتکنولوژی شورای پژوهش‌های علمی کشور، تهران، زمستان ۱۳۷۸.
- ۵- آذرمیدخت خیراندیش، نصرت‌ا... ضرغام، بهزاد قره‌یاضی، محمد شعبانی، محمدرضا خرمی‌زاده. گزارش نهایی بررسی وضعیت بیوتکنولوژی در کشورهای مختلف جهان، کمیسیون بیوتکنولوژی شورای پژوهش‌های علمی کشور، تهران، تابستان ۱۳۸۰.
- ۶- نصرت‌ا... ضرغام، طرح تعیین اولویت‌های تحقیقاتی در بیوتکنولوژی، ویژه‌نامه نشریه کمیسیون بیوتکنولوژی، شورای پژوهش‌های علمی کشور، ۱۳۷۸.
- ۷- اسماعیل کفایتی، وضعیت تحقیقات و صنعت بیوتکنولوژی در ژاپن، گروه بیوتکنولوژی شبکه تحلیلگران تکنولوژی ایران، www.itanir، ۱۳۸۱.
- ۸- محمد جواد رسایی، سیاست‌ها و برنامه‌های علمی ژاپن در هزاره سوم، مرکز تحقیقات علمی کشور، ۱۳۸۰.
- ۹- مسعود مهربانی، سیر تحول اعتبارات پژوهشی در کشور ۱۳۸۱-۱۳۴۷، مرکز تحقیقات علمی کشور، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، اردیبهشت ۱۳۸۱.
- ۱۰- قانون بودجه سال ۱۳۷۸ کل کشور، مرکز مدارک اقتصادی-اجتماعی و انتشارات، سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۷۸.
- ۱۱- قانون بودجه سال ۱۳۸۱ کل کشور، ماده واحده، تبصره‌ها و جداول کلان، منابع و مصارف بودجه عمومی دولت، مصوب ۱۳۸۰، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۱.
- ۱۲- لایحه بودجه سال ۱۳۸۲ کل کشور، ماده واحده، تبصره‌ها و جداول کلان، منابع و مصارف بودجه عمومی دولت، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، آذر ۱۳۸۱.
- ۱۳- مسعود مهربانی، مؤسسات پژوهشی کشور (بخش دولتی)، دو جلد، مرکز تحقیقات علمی کشور، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، ۱۳۷۹.
- ۱۴- سکینه اصفهان‌ها، حسین غریبی، دانش ایران در سطح بین‌المللی، مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، تهران، ۱۳۸۱.
- ۱۵- پیش‌نویس سند ملی: علایق، اهداف، سیاست‌ها و راهبردهای زیست‌فناوری در جمهوری اسلامی ایران، گروه طرح‌ریزی استراتژیک کمیته ملی زیست‌فناوری، آبان ۱۳۸۱.
- ۱۶- کاوه خلیل‌پور، معرفی ارگان‌های فعال در زمینه بیوتکنولوژی در کشور، گروه بیوتکنولوژی شبکه تحلیلگران تکنولوژی ایران، www.itanir، ۱۳۸۱.
- ۱۷- نصرت‌ا... ضرغام، نسرين معظمی، محمد میردربکوند، بهزاد قره‌یاضی، سیدعباس شجاع‌الساداتی، منابع و مواد اولیه بیوتکنولوژی و صنایع مربوط به آن در ایران، بخش‌های ۵، ۴، ۳، کمیسیون بیوتکنولوژی شورای پژوهش‌های علمی کشور، تهران، زمستان ۱۳۸۰.
- ۱۸- محمد میردربکوند، آمریکا پیش‌تاز بیوتکنولوژی در جهان، گروه بیوتکنولوژی شبکه تحلیلگران تکنولوژی ایران، www.itanir، ۱۳۸۱.
- ۱۹- محمد میردربکوند، وضعیت بیوتکنولوژی در ایران، گروه بیوتکنولوژی شبکه تحلیلگران تکنولوژی ایران، www.itanir، ۱۳۸۱.

۲۰- مسعود مهرابی، مؤسسات پژوهشی کشور (بخش خصوصی)، مرکز تحقیقات علمی کشور، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، خرداد ۱۳۸۰.

۲۱- مجموعه مقالات نخستین همایش ملی بیوتکنولوژی، تهران، ۱۳۷۸.

۲۲- مجموعه مقالات دومین همایش ملی بیوتکنولوژی، تهران، ۱۳۸۰.

۲۳- آیین‌نامه تشکیل کمیته ملی زیست‌فناوری، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، ۱۳۸۰.