ارزیابی آثار اقتصادی دانش فنی تولید سیب‌زمینی تراریخته مقاوم به آفت بید سیب‌زمینی

نورمحمد آبیار[1]

چکیده

پیش‌بینی شده است جمعیت کره زمین تا چند دهه آینده به نه میلیارد نفر برسد. برای تامین غذای این جمعیت رو به رشد در طول چهل سال آینده، تولید محصولات کشاورزی باید افزایش یابد، درحالی‌که زمین‌های قابل کشت و منابع آبی، سوخت‌های زیستی و شرایط محیطی مناسب و کافی نیستند. کاربست دانش بیوتکنولوژی به ویژه استفاده از محصولات اصلاح ژنتیکی شده (تراریخته) می‌تواند برای رویارویی با چنین چالش‌هایی که غلبه بر آنها با استفاده از رهیافت‌های سنتی مرسوم دشوار است، مورد استفاده قرار گیرد. با این حال تحقیقات کشاورزی به طور عام و تحقیقات اصلاح ژنتیکی به طور خاص مورد اقبال دولت‌مردان کشور قرار نگرفته و با تردیدهایی در باره فواید اقتصادی و توانمندی آن در افزایش تولید، کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی، تخریب زیست محیطی و سلامتی افراد مواجه شده است. تحقیق حاضر با هدف ارزیابی آثار اقتصادی کاربست دانش فنی تولید سیب‌زمینی تراریخته مقاوم به آفت بید در مزارع سیب‌زمینی‌کاری کشور انجام شده است. بر پایه نتایج و یافته‌های تحقیق، نرخ بازده داخلی کشت بذور سیب زمینی تراریخته مقاوم به آفت بید در مزارع سیب‌زمینی‌کاری کشور ۹۷ درصد و بیشتر از کمینه نرخ بازده قابل قبول (هزینه فرصت سرمایه)، نسبت فایده به هزینه آن بیشتر از یک و برابر ۴۱/۴ و ارزش کنونی خالص منافع نیز نیز حدود ۴۹۶۷۲۵۳۸۵ هزار ریال برآورد می‌شود. این یافته‌ها به‌طور کلی نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری یا تخصیص اعتبار به پروژه‌های پژوهشی منتج به این دانش فنی از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر و مقبول بوده و پیش‌بینی می‌شود کاربست این دانش ضمن کاهش خسارت عملکردی و هزینه تولید سیب‌زمینی، فواید اقتصادی و اجتماعی تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان و دیگر ذینفعان این محصول را افزایش و در دستیابی به امنیت غذایی نقش شایسته‌ای را ایفا نماید. این نتایج شواهدی مستند از بازده اقتصادی پذیرفتنی تحقیقات بیوتکنولوژی کشاورزی است که می‌تواند سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان اقتصادی کشور را به ضرورت توجه هر چه بیشتر به تحقیقات کشاورزی و تامین مالی شایسته آن متقاعد نماید. نتایج همچنین بیانگر قابلیت تجاری‌سازی این دانش فنی در میان علاقمندان به سرمایه‌گذاری در عرضه دانش و فنون نوین کشاورزی می‌باشد، زیرا بر پایه نتایج، کاربست آن فواید اقتصادی قابل توجهی را برای سیب‌زمینی‌کاران و مصرف‌کنندگان به همراه خواهد داشت. از این رو عرضه تجاری آن می‌تواند سودآوری و منافع قابل قبولی برای سرمایه‌گذاران در امر تولید و عرضه بذور سیب‌زمینی تراریخته داشته باشد

واژه‌های کلیدی : سیب‌زمینی تراریخته، آفت بید، تحلیل مازاد اقتصادی، نسبت فایده به هزینه. اصلاح ژنتیکی

[1] . استادیارپژوهش و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، Email: n.abyar@areeo.ac.ir

مقدمه

برای تامین غذای جمعیت رو به رشد جهان، تولید محصولات کشاورزی باید افزایش یابد، درحالی‌که زمین‌های قابل کشت و منابع آبی، سوخت‌های زیستی و شرایط محیطی مناسب و کافی نیستند. در این شرایط استفاده از دانش بیوتکنولوژی (زیست‌فناوری) به ویژه دانش تولید محصولات تراریخته[1] (اصلاح ژنتیکی شده) با وجود چالش‌های موجود، به عنوان یکی از راهکارها مورد توجه جهانیان قرار گرفته است. گیاهان تراریخته حاوی ژن‌های جدیدی هستند که به آنها خصوصیات سودمندی از قبیل تحمل تنش‌های محیطی و مقاومت در برابر بیماری‌ها و آفات را می‌دهد.

بیوتکنولوژی کشاورزی مجموعه‌ای از تکنیک‌های علمی مانند انتقال ژن است که توانایی تولیدکنندگان برای پیشرفت در تولید محصولات زراعی، باغی و دامی را افزایش می‌دهد. دانش انتقال ژن از یک ارگانیسم به ارگانیسم دیگر را اصلاح ژنتیکی[2] (GM) یا مهندسی ژنتیک[3] (GE) می‌نامند. این فرایند امکان انتقال صفات مفید وکارآمد (همانند مقاومت در برابر بیماری یا آفت) را با تزریق ژن (DNA) از یک ارگانیسم به گیاه, دام و یا میکرو ارگانیسم دیگر می‌دهد.

بیوتکنولوژی با بازار حدود ۳۰۰ میلیارد دلاری به عنوان اصلی‌ترین تجلی فناوری‌های نوین نقش منحصر به فردی را در عرصه‌های مختلف به ویژه در کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست ایفا می‌کند. بازار جهانی بیوتکنولوژی کشاورزی حدود ۳۰ میلیارد دلار در سال است و پذیرش جهانی محصولات تراریخته از ۲/۸ میلیون هکتار در سال ۱۹۹۶ به ۶۷/۷ میلیون هکتار در سال ۲۰۰۳ و ۱۸۰ میلیون هکتار در سال ۲۰۱۴ رسیده است (بروندانی، ۲۰۱۷). امروزه حدود نیمی از تحقیقات بیوتکنولوژی توسط بخش خصوصی و اغلب در کشورهای صنعتی انجام می‌شود. نقش بزرگ و تسلط بخش خصوصی و چند شرکت محدود در تحقیقات بیوتکنولوژی منجر به نگرانی بسیاری از کشورهای در حال توسعه شده است (پری و نسیم، ۲۰۰۳).

پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران یکی از واحدهای تابعه سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی است که از پیشران‌های فناوری‌های نوین کشاورزی در سطح کشور و منطقه محسوب می‌شود. ماموریت اساسی این پژوهشکده انجام تحقیقات هدفمند با استفاده از فناوری‌های نو، به ویژه اصلاح ژنتیکی و مهندسی ژنتیک در جهت حل مشکلات بخش کشاورزی و همچنین بهبود کیفیت و افزایش تولید محصولات کشاورزی و مواد غذایی در راستای توسعه پایدار و تامین امنیت غذایی کشور است.

یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی در اغلب مناطق جهان، سیب‌زمینی و فراورده‌های آن می‌باشد. توسعه کشت و تولید این محصول می‌تواند نقش مهمی در تامین نیازهای غذایی جمعیت رو به رشد جهان به ویژه در کشورهای در حال توسعه ایفا نماید. سیب‌زمینی به علت دارا بودن نشاسته، ویتامین، پروتئین و نیز عملکرد بالا بعد از گندم و برنج به‌عنوان سومین منبع مهم غذایی محسوب می‌شود (ویزر و همکاران، ۲۰۰۹؛ فائو، ۲۰۰۸). پیش‌بینی می‌شود تا

[1]. GeneticallyModifieds Products
[2]. Genetic Modified
[3]. Genetic Enginering

سال ۲۰۲۰ بیش از ۲ میلیارد نفر در آسیا، آفریقا و آمریکای لاتین برای تامین غذا، تغذیه و درآمد خویش به این محصول وابسته باشند (کوآنگ و همکاران، ۲۰۰۵).

در بیشتر کشورهای درحال توسعه، سیب‌زمینی اولین یا دومین منبع غذایی کشاورزان فقیر با سوء تغذیه شدید است. تولید جهانی این محصول بیش از ۳۰۰ میلیون تن در سال ۲۰۰۷ بوده و در دهه گذشته تولید آن بیش از ۱۵۳درصد افزایش یافته است. براساس آمار رسمی فائو در سال ۲۰۱۸ ، ایران با تولید بیش از پنج میلیون و ۱۰۰ هزارتن سیب‌زمینی در سطح بیش از ۱۶۰ هزار هکتار، رتبه سیزدهم تولیدکنندگان جهان را به خود اختصاص داده است.

با وجود اهمیت سیب‌زمینی در نظام غذایی و صنعتی، متاسفانه این محصول مانند اغلب محصولات کشاورزی و حتی بیشتر از آنها در معرض حمله آفات و عوامل بیماری‌زای گیاهی و علف‌های هرز می‌باشد. میزان خسارت ناشی از این عوامل ۴۱ درصد (۱۶ درصد آفات، ۱۶ درصد بیماری‌ها و ۹ درصد علف‌های هرز) برآورد گردیده است (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۳). مهم‌ترین آفت این محصول بید سیب‌زمینی است که موطن اصلی آن مناطق معتدل و نیمه گرمسیری آمریکا است. این آفت در بسیاری از نقاط جهان از جمله نواحی جنوب اروپا، شمال و جنوب آفریقا، هند و استرالیا با نقل و انتقال غده‌های آلوده گسترش یافته است (چاوز، ۲۰۱۷). این آفت در سال‌های گذشته از آفات قرنطینه ایران محسوب می‌شده است اما برای اولین بار در سال ۱۳۶۴ درون غده‌های سیب‌زمینی منطقه کرج مشاهده و گزارش گردید. همزمان با مشاهده این آفت در کرج، در استان‌های مرکزی و جنوبی کشور مانند اصفهان، فارس، بوشهر، هرمزگان و خوزستان نیز وجود آن گزارش شده و هم اکنون در اغلب مناطق تولید سیب‌زمینی در ایران وجود دارد و کمیت و کیفیت سیب‌زمینی را در مراحل پیش و پس از برداشت کاهش می‌دهد و خسارت سنگینی (بیش از ۱۶٪) در مزارع و انبارها به آن وارد می‌کند (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۳). در ایران آمار دقیقی از ارزش خسارت این آفت وجود ندارد اما در انبارهای سیب‌زمینی دنیا در حدود ۴۰۰ میلیون دلار در سال برآورد شده (کیسر و همکاران، ۲۰۰۵) و سالانه حدود ۳،۳۲۴،۰۰۰ هکتار از اراضی سیب‌زمینی‌کاری جهان را از بین می‌برد که ظرفیت برداشت سالانه از این اراضی حدود ۵۰،۸۳۳،۲۰۰ تن سیب‌زمینی می‌باشد (www.cipotato.org).

در حال حاضر برای کاهش خسارت عوامل بیماری‌زای مذکور، مزارع و انبارهای سیب‌زمینی به دفعات مورد مبارزه شیمیایی قرار می‌گیرند؛ به‌طوری که پس از پنبه، سیب‌زمینی بیشترین میزان مصرف سم را دارد. به تجربه ثابت شده است که مهار شیمیایی آفت بید سیب‌زمینی به دلیل پنهان بودن آن در درون برگ‌ها، ساقه‌ها و غده‌ها و بروز مقاومت سریع به حشره‌کش‌ها به تنهایی کافی نیست. در مدیریت تلفیقی آفت بید سیب‌زمینی از روش‌های زراعی، تله‌های نوری و فرمونی، روش‌های بیولوژیک و روش‌های شیمیایی استفاده می‌شود که به دلیل بیولوژی خاص این حشره، کاربرد عوامل یاد شده تاثیر زیادی در پیشگیری از خسارت این آفت ندارد. در این شرایط راهکار مناسب برای غلبه بر محدودیت‌ها و بهبود مدیریت تلفیقی آفات، توسعه ارقام مقاوم به بید سیب‌زمینی با تکیه بر مهندسی ژنتیک است(آلوارز و همکاران، ۲۰۰۵ و روندون و همکاران، ۲۰۰۷).

یکی از بهترین و معمول‌ترین راه‌های مهار زیستی آفت بید سیب‌زمینی استفاده از ژن Cry1Ab باکتری Bacillus turingiensis و انتقال آن به گیاه سیب زمینی است. این ژن نوعی پروتئین کریستالی را کد می‌کند که سیستم

گوارشی حشرات راسته پروانه‌ها را از کار می‌اندازد و اثر کشندگی بالایی بر روی لاروهای بید سیب‌زمینی دارد. بنابراین با توجه به هزینه‌بر بودن سموم شیمیایی و آثار زیست محیطی آنها، اصلاح ژنتیکی به منظور تولید گیاه مقاوم به آفت می‌تواند هم از نظر اقتصادی و هم از نظر سلامت جامعه و محیط زیست اطمینان‌بخش‌تر باشد (رهنما و همکاران، ۱۳۸۹). از این‌رو از سال ۱۳۸۴ یک طرح تحقیقاتی شامل هفت پروژه در پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی تدوین و اجرا گردیده است. دستاورد برجسته این طرح، دانش فنی تولید سیب‌زمینی تراریخته مقاوم به آفت بید است که در شرایط تحقیقاتی قادر به مهار و نابودی آفت مذکور بود. این طرح بر روی دو رقم سیب زمینی آگریا و مارفونا که از ارقام مهم زراعی سیب‌زمینی در ایران هستند، انجام شده است.

با وجود موفقیت در دستیابی به دانش فنی تولید سیب زمینی تراریخته مقاوم به آفت بید، تاکنون نسبت به عملیاتی نمودن این دانش در مزارع سیب‌زمینی‌کاری کشور اقدامی به عمل نیامده است. دلایل مختلفی بر این امر مترتب است از آن جمله می‌توان به رویکرد نه چندان مناسب برخی سیاستگذاران و برنامه‌ریزان کلان کشور نسبت به محصولات تراریخته، نگرانی‌های زیست‌محیطی، ایمنی و نامعین بودن آثار اقتصادی و اجتماعی آن بر تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان اشاره نمود. این مسائل و تردیدها ارزیابی منافع اقتصادی و اثربخشی این دانش فنی را به یک ضرورت برای اثبات ارزشمندی تحقیقات بیوتکنولوژی، کسب حمایت سیاسی و تغییر رویکرد سیاست‌گذاران نسبت به اهمیت و اثربخشی دانش اصلاح ژنتیکی محصولات کشاورزی تبدیل نموده است. از این رو این پژوهش با کاربست رهیافت تحلیل مازاد اقتصادی و با هدف ارزیابی و پیش‌بینی منافع اقتصادی "دانش فنی تولید سیب‌زمینی تراریخته مقاوم به آفت بید سیب‌زمینی" انجام شده است تا از این رهگذر مشخص شود که سرمایه‌گذاری و اعتبارات تخصیص‌یافته به این طرح پژوهشی منجر به چه فواید مالی برای بهره‌برداران و اقتصاد ملی و منطقه‌ای خواهد شد؟ به عبارت دیگر تحقیق در پی پاسخگویی به این پرسش است که آیا کشت سیب‌زمینی تراریخته مقاوم به آفت بید سیب‌زمینی در مزارع کشاورزان دارای اثربخشی و منافع اقتصادی پذیرفتنی خواهد بود؟ همچنین این مطالعه تلاشی در راستای تعمیق ادبیات موضوع و رفع تردیدهای سیاستی درخصوص آثار اقتصادی و اجتماعی محصولات تراریخته می‌باشد.

اگرچه تاکنون آثار اقتصادی و اجتماعی تولید محصولات تراریخته در ایران ارزیابی نشده است، اما اما در عرصه جهانی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. تراکسلر (۲۰۰۴) توزیع منافع اقتصادی پنبه و سویای تراریخته و تأثیر آنها بر مصرف سموم شیمیایی را بررسی و گزارش نمود که اولا ارقام تراریخته زراعی منافع اقتصادی زیادی را برای کشاورزان در برخی مناطق جهان به ارمغان آورده است. در مواردی صرفه‌جویی در هر هکتار، به خصوص از پنبه Bt، در مقایسه با دیگر فناوری‌های معرفی شده طی چند دهه گذشته بسیار بیشتر است. ثانیا آثار زیست‌محیطی این دو محصول ترانس‌ژنیک به شدت مثبت و تقریبا در همه موارد استفاده از حشره‌کش‌ها در پنبه Bt به‌طور قابل توجهی کمتر از مصرف آن در گونه‌های متعارف بوده است.

هند، چین، پاکستان و فیلیپین چهار کشور آسیایی پیشرو در محصولات تراریخته می‌باشند. در سال ۲۰۱۱ در هند ۱۰/۸ میلیون هکتار از اراضی زراعی توسط ۷/۲ میلیون کشاورز کوچک به کشت پنبه Bt اختصاص داده شده بود که این امر به افزایش ۳/۲ میلیارد دلاری درآمد مزارع منجر گردید. در چین کشاورزان کوچک با افزایش ۹/۶

درصدی سطح کشت محصولات تراریخته توانستند مصرف حشره‌کش‌ها را تا ۶۰ درصد کاهش دهند که پیامدهای مثبتی برای محیط زیست و سلامت کشاورزان داشت. همچنین کشاورزان خرده‌پا در فیلیپین با کشت ذرت Bt در سال۲۰۰۴ درآمد مزرعه‌ای خویش را حدود ۱۲۵ تا ۱۳۵ دلار در هر هکتار افزایش دادند (جیمز، ۲۰۰۹).

موچینی (۲۰۰۱) یک مدل نظری برای ارزیابی منافع اقتصادی تحقیقات بیوتکنولوژی با تاکید بر ضرورت توجه به ماهیت اختصاصی نوآوری‌های آن ارائه داده است. کاربرد تجربی مدل در ارزیابی آثار اقتصادی محصولات تراریخته نشان می‌دهد که ارزش تخمینی این نوآوری قابل توجه است، زیرا مصرف‌کنندگان و نوآوران به سهم بیشتر منافع خالص اذعان نموده‌اند. به باور موچینی، حفاظت حقوق مالکیت معنوی بر توزیع منافع تاثیرگذار است. مقاومت مصرف‌کننده به محصولات اصلاح شده ژنتیکی و مسائل مربوط به برچسب‌گذاری و جداسازی بازار، ارزیابی اقتصادی نوآوری‌های بیوتکنولوژی را پیچیده می‌کند. ارگانیسم‌های اصلاح شده ژنتیکی جدید در حال ظهور به طور بالقوه کمتر بحث‌انگیز هستند و ممکن است منافع بیشتر برای همه ذینفعان در بخش کشاورزی داشته باشند. اما این دستاورد به توسعه یک نظام نظارتی مؤثر، قابل اعتماد و بین‌المللی بستگی دارد.

برزیل دومین تولیدکننده محصولات بیوتکنولوژی یا زیست‌فناوری در جهان است. یک محیط قانونی سختگیرانه نقش مهمی در توسعه سریع و تجاری‌سازی محصولات بیوتکنولوژی در این کشور ایفا نموده و به ویژه از سال ۲۰۰۵ ساز و کارهای امنیتی برای نظارت بر ارگانیسم‌های اصلاح ژنتیکی شده، ایجاد رویه‌های نظارت بر توسعه کشاورزی، تولید، تحقیق و تجاری‌سازی محصولات تراریخته را تعریف کرده است. به عنوان یک دستاورد این چارچوب قانونی و نظارتی، بیش از ۳۰۰ شرکت بر روی مجموعه وسیعی از زمینه‌های بیوتکنولوژی مانند سلامت انسان و دام، انرژی زیستی و کشاورزی فعالیت می‌کنند. این کشور در نتیجه پذیرش محصولات اصلاح ژنتیکی شده، تولیدات کشاورزی را ۳۵۰ درصد افزایش داده است که تاثیر قابل توجهی بر حفظ تنوع زیستی داشته و موجبات رشد کسب و کار کشاورزی را به عنوان یک صنعت فراهم نموده است (بروندانی، ۲۰۱۷). براوز و همکاران (۲۰۱۴) آثار مهندسی ژنتیک بر عرضه و قیمت محصول، کاربری زمین و گازهای گلخانه‌ای را به دلیل افزایش سطح کشت و عملکرد در هکتار بررسی و دریافتند که فناوری مهندسی ژنتیک به میزان ۳۴ درصد برای پنبه، ۱۲ درصد برای ذرت و ۳ درصد برای سویا عملکرد را افزایش می‌دهد و در مجموع ۱۳ میلیون هکتار زمین را از تبدیل شدن به اراضی کشاورزی در سال ۲۰۱۰ نجات داده و مانع از انتشار تقریبا یک هشتم گازهای گلخانه‌ای سالانه در ایالات متحده شده است.

کایرسور و ایچانگی(۲۰۱۱) آثار پذیرش فناوری پنبه Bt در شمال ایالت کارناتاکای هند را ارزیابی نمودند. بر اساس نتایج، عملکرد و بازده خالص پنبه Bt به ترتیب ۳۱ درصد و ۱۵۱ درصد بیشتر از پنبه غیر Bt ثبت شده است. افزون بر این پنبه‌کاران غیربهره‌مند از فناوری Bt از کودهای شیمیایی، کودهای آلی و نیروی کار غیرماشینی استفاده می‌کنند که منجر به کاهش درآمد خالص آنها می‌شود. یافته‌های مطالعه نشان داده است که کشت پنبه Bt مهم‌ترین عامل تفاوت بهره‌وری بین دو گروه پنبه‌کاران بوده و هزینه بذر، عملکرد پنبه و هزینه حفاظت گیاه تا حد زیادی تحت تأثیر احتمال پذیرش پنبه Bt قرار گرفته است. کشت پنبه Bt عملکرد را افزایش داده، موجب کاهش شیوع آفات و بیماری؛ افزایش درآمد، اشتغال، آموزش و استاندارد زندگی شده و خطرات سلامتی را کاهش داده است.

بررسی انجام شده توسط بنت و چیهام (۲۰۱۳) نشان می‌دهد بیوتکنولوژی کشاورزی و به ویژه توسعه محصولات اصلاح ژنتیکی شده از جمله نگرانی‌های بحث‌برانگیزی است که این فناوری منجر به آثار منفی زیست‌محیطی یا

سلامتی(ایمنی) می‌شود. با این حال آنها اذعان نمودند که بر اساس تجربه، و نتایج حیرت‌انگیزی که سال‌ها طول کشید، اکنون آثار اقتصادی و زیستی محصولات اصلاح ژنتیکی شده می‌تواند با اطمینان جمع‌بندی شود و تحلیل نشان می‌دهد که منافع بسیاری از پذیرش اینگونه محصولات حاصل شده است، اما همچنان مسائل اخلاقی زیادی وجود دارد که بسیاری از آنها از طریق مداخلات نهادی حل و فصل می‌شوند. بر اساس یافته‌های این بررسی افزایش عملکرد پنبه GM در آرژانتین ۳۳ درصد، کاهش آفت‌کش‌ها ۴۶ درصد و صرفه‌جویی در کار ۵ درصد است، در حالی که برای ایالات متحده، افزایش عملکرد ۱۱ درصد، کاهش آفت‌کش‌ها ۳۰ درصد و صرفه‌جویی در کار ۲ درصد بود. منافع مستقیم انباشته برای کشاورزان بین سال‌های ۱۹۹۷ و ۲۰۰۷ معادل ۴۴/۱ میلیارد دلار برآورد شده است که به طور مساوی بین کشاورزان کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه توزیع می‌شود.

بررسی ادبیات موضوع و پیشینه تحقیق حاضر عمدتا بر آثار اقتصادی و اجتماعی محصولات اصلاح ژنتیکی شده به ویژه دانش فنی تولید محصولات زراعی تراریخته در بخش کشاورزی دلالت دارند هرچند بر نگرانی‌ها و دغدغه‌هایی نیز اذعان می‌کنند. با این حال به نظر می‌رسد جامعه جهانی از این نگرانی‌ها پا فراتر نهاده و به نقش مفید و تعیین‌کننده بیوتکنولوژی کشاورزی در تحقق اهداف توسعه‌ای امنیت غذایی، کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و حفظ محیط زیست یقین حاصل نموده است. افزون بر این بررسی پیشینه تحقیق نشان می‌دهد که با وجود معرفی دانش فنی محصولات اصلاح ژنتیکی شده (تراریخته) در پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی کشور، تاکنون منافع و آثار اقتصادی محتمل و بالقوه آنها به صورت روشمند تحلیل و ارزیابی نشده است. بدیهی است که این نوع ارزیابی زمینه‌های تجاری‌سازی و انتقال دانش فنی به عرصه‌های تولید، و نیز پذیرش آنها توسط بهره‌برداران و دیگر ذینفعان را تسهیل خواهد نمود، ضمن این که اطلاعات ارزشمندی از منافع و اثربخشی سرمایه‌گذاری در تحقیقات بیوتکنولوژی به ویژه ابداع دانش فنی محصولات تراریخته به برنامه‌ریزان و سیاستگذاران بخش کشاورزی و اقتصاد ملی ارائه خواهد نمود. بنابراین انجام این تحقیق در سطح کشور ضروری و لحاظ نمودن جنبه فنی و اقتصادی موضوع از نوآوری‌های این تحقیق به شمار می‌رود.

روش تحقیق

ضرورت ارزیابی منافع اقتصادی و اثربخشی کاربست دانش و فناوری‌های حاصل از تحقیقات کشاورزی در سطوح ملی، منطقه‌ای، بخشی و محصولی از موضوعاتی است که در سال‌های اخیر به تدریج مورد توجه محققان اقتصاد کشاورزی کشور قرار گرفته و برخی مطالعات به ارزیابی بازده سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه کشاورزی اقدام کرده‌اند. تعدادی از این مطالعات بیانگر آن است که با توجه به دولتی بودن مراکز تحقیقاتی در ایران، ارزیابی اثربخشی آنها می‌تواند بر مبنای بازخوردی که از سوی مخاطبین و افراد ذینفع ایجاد می‌شود، صورت پذیرد (شریعتی، ۱۳۸۴). با این همه، روش متداول ارزیابی در این سازمان روشی است که تحت عنوان شیوه سنتی ارزیابی از آن یاد می‌شود. در این نوع از ارزیابی، تعداد انتشارات، کیفیت مجلات علمی که نتایج در آن چاپ می‌شود، تعداد سخنرانی‌ها و مقالات ارائه شده در همایش‌ها اندازه‌گیری می‌شود. اگرچه این نوع ارزیابی اطلاعات مفیدی از وضعیت فعالیت یک مرکز تحقیقات در مقایسه با دیگر مراکز ارائه می‌دهد. اما باید به این نکته توجه داشت که این نوع ارزیابی نمی‌تواند به درستی سهم و ارزش تحقیقات را در پاسخگویی به وظایف محوله نشان دهد. بنابراین جستجوی رهیافت‌های مناسب‌تر ارزیابی تحقیقات کشاورزی ضرورت می‌یابد. بر این اساس برخی مطالعات بر کاربرد و عملیاتی

شدن یافته‌های تحقیقاتی در عرصه‌های تولید و مصرف و اندازه‌گیری منافع خالص پایدار حاصل از آنها متمرکز شده و بدین‌ترتیب به اندازه‌گیری دستاوردهای این پژوهش‌ها پرداخته و از این رهگذر منافع و اثربخشی اقتصادی آنها را نشان داده‌اند. روش‌های مختلفی مانند اقتصادسنجی(تابع تولید)، روش هزینه– فایده[1] و به ویژه رهیافت تحلیل مازاد اقتصادی[2] در این نوع مطالعات مورد استفاده واقع می‌شوند.

رهیافت تحلیل مازاد اقتصادی اصول و روش‌های اقتصادی را برای ارزیابی منافع تحقیق و توسعه کشاورزی مورد استفاده قرار داده و مبتنی بر دانش و نظریات اقتصادی بوده و از این رو مقبولیت گسترده‌ای دارد (ماسترز و همکاران، ۱۹۹۶). بنابراین در پژوهش حاضر از این رهیافت برای ارزیابی منافع اقتصادی بالقوه دانش فنی تولید سیب‌زمینی تراریخته مقاوم به آفت بید سیب‌زمینی در مزارع سیب‌زمینی‌کاری مناطق عمده کشت این محصول در کشور استفاده گردید.

تحلیل مازاد اقتصادی چارچوب بازار را که در آن کاربست دستاورد تحقیقات (دانش یا فناوری) باعث جابه‌جایی منحنی عرضه محصول می‌شود، مورد استفاده قرار می‌دهد، به‌طوری که منافع اقتصادی به عنوان مازاد تعلق گرفته به تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان محاسبه می‌شوند. با بهره‌گیری از این روش، تعیین منافع سرمایه‌گذاری در یک تحقیق با محاسبه افزایش مازاد (رفاه) تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان در جریان کاربرد دستاورد حاصل از آن (دانش یا فناوری) امکان‌پذیر می‌شود (ماسترز، ۱۹۹۶). این روش می‌تواند خروجی‌های مفید برای استنتاج منافع تحقیقات کشاورزی تولید کند. ضمن این که به دلیل انعطاف‌پذیری بیشتر، تجمیع کمتر اطلاعات و کاربرد در گستره‌ای وسیع و برخورداری از مبانی نظری علم اقتصاد، نسبت به دیگر روش‌ها برتری و مزیت دارد. برای مثال مبتنی بر فرض عرضه و تقاضای کاملا کشش‌پذیر یا کاملا بی‌کشش نیست و افزون بر این اثرات قیمت‌های جهانی و اثرات توزیعی را نیز وارد می‌کند.

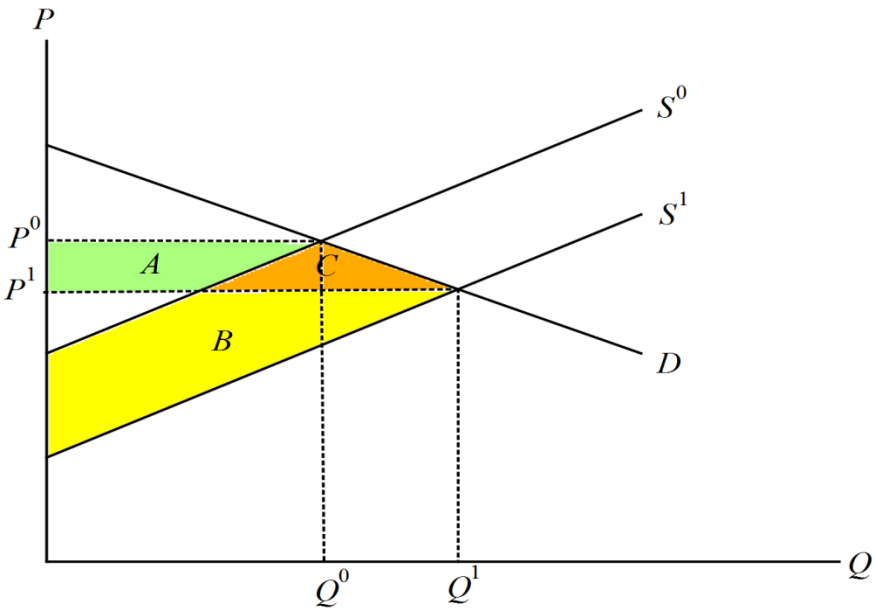
تحلیل مازاد اقتصادی به دو روش پیش از اجرا[3] و پس از اجرا[4] انجام می‌پذیرد. در روش پیش از اجرا، هدف اصلی اندازه‌گیری بازده بالقوه تحقیقات به منظور کمک به تدوین برنامه آتی و اولویت‌گذاری فعالیت‌های تحقیق و توسعه است که هر چه بیشتر به رفاه یک جامعه مساعدت می‌کنند. در این روش، طرح تحقیقاتی پیش از این که پیاده شده و مخارج و فواید آن محقق شود، یا در مواردی که فناوری حاصل از تحقیق در ابتدای دوره پذیرش قرار دارد، بر اساس پیش‌بینی هزینه‌ها و منافع مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. روش ارزیابی پس از اجرا بعد از انجام پروژه تحقیقاتی و کاربرد یافته آن در عرصه‌های مختلف تولید، فراوری و مصرف صورت می‌گیرد و معمولاً برای اطلاع از فواید و اثربخشی تحقیقات انجام شده در گذشته و کارایی نهادهای تحقیقاتی و به منظور بهره‌برداری برای آینده کاربرد دارد.

نظریه رفاه در اقتصاد خرد مبنای تحلیل مازاد اقتصادی است. مطابق این نظریه ارزش رفاه یا فواید اقتصادی یک سطح معین تولید (عرضه) و مصرف (تقاضا) یک محصول یا کالا را می‌توان با استفاده از مفهوم مازاد اقتصادی اندازه‌گیری کرد. با عنایت به این موضوع، تحلیل مازاد اقتصادی این امکان را می‌دهد که تفاوت بین دو وضعیت با و

[1] . Benefit-Cost Method
[2] . Economic Surplus Analysis
[3] Ex-ante Evaluation
[4] .Ex-post Evaluation

بدون تحقیق با اندازه‌گیری تغییر مازاد اقتصادی (ارزش رفاه یا فواید اجتماعی) ارزیابی شود. تغییر مازاد اقتصادی به سبب تحقیق، بیانگر فواید اجتماعی آن است.

تحقیقات با ارائه دانش یا فناوری‌هایی که تولیدکنندگان را توانمند می‌کند تا در قیمت‌های پیشین، بیشتر عرضه یا مقادیر پیشین را با هزینه کمتر تولید کنند، افزایش فواید یا مازاد اقتصادی (رفاه) را ممکن می‌سازد. به عبارت دیگر جابه‌جایی منحنی عرضه به سمت راست و به سبب تحقیقات، افزایش فواید اجتماعی یا مازاد اقتصادی را ممکن می‌سازد. شکل (۱) اثر یک فعالیت تحقیقاتی موفق را بر منحنی عرضه، قیمت و مقدار تعادلی و مازاد اقتصادی نشان می‌دهد. کاربرد فناوری یا دانش فنی حاصل از تحقیق توسط کشاورزان منحنی عرضه محصول را به طرف پایین و سمت راست جابه‌جا می‌کند. میزان این جاجایی که اصطلاحا پارامتر جابه‌جایی (K) نامیده می‌شود، عاملی مهم و تعیین‌کننده در میزان مازاد اقتصادی ایجاد شده به واسطه تحقیق است. این جابه‌جایی، تعادل را به سطح پایین‌تر قیمت (P_1) و مقدار بیشتر تولید (Q_1) حرکت می‌دهد. برای تولیدکنندگان، اثر تحقیقات کاهش هزینه‌های تولید است که برحسب مازاد اقتصادی با ناحیه B (ناحیه بین منحنی‌های عرضه با و بدون تحقیقات، زیر خط قیمت P_1) نشان داده می‌شود. تحقیقات موجب کاهش قیمت‌های دریافتی تولیدکنندگان نیز می‌شود که مازاد آنان را به اندازه ناحیه A (ناحیه بین دو خط قیمت، بالای منحنی عرضه بدون تحقیقات) کاهش می‌دهد. از این رو تغییر خالص در مازاد تولیدکنندگان معادل B-A است. برای مصرف‌کنندگان، اثر تحقیقات همیشه فایده یا منفعت است. زیرا آن چه تولیدکنندگان به موجب قیمت‌های پایین‌تر از دست می‌دهند (ناحیه A)، و مازاد اقتصادی افزایش مصرف (ناحیه C) را دریافت می‌کنند. درنتیجه فواید خالص مصرف‌کنندگان به اندازه ارزش نواحی A+C است. اگرچه ناحیه A عاید مصرف‌کنندگان می‌شود، اما توسط تولیدکنندگان از دست داده می‌شود. بنابراین کل تغییر مازاد اقتصادی یا فواید اجتماعی تحقیقات معادل مجموع ارزش مساحت نواحی B و C است. ناحیه C فواید کاهش قیمت محصول (از P0 به P1) و ناحیه B فواید کاهش هزینه تولید محصول (از یک منحنی عرضه به منحنی عرضه دیگر) به شمار می‌روند (آلستون و همکاران، ۱۹۹۵).



شکل ۱ ، تاثیر تحقیقات کشاورزی بر تغییر مازاد اقتصادی

برای بیان ریاضی یا تجربی روش تحلیل مازاد اقتصادی ضروری است تا روابط ریاضی شفاف ارائه شوند. بر اساس شکل (۱) تغییر کل مازاد اقتصادی (فواید اجتماعی) یک پروژه تحقیقاتی برابر مساحت نواحی B+C است. با تعریف متغیر Q_0 برای مقدار تولید مشاهده شده، ΔQ تغییر در تولید متاثر از تحقیقات، (Q1-Q0)، و K به عنوان پارامتر جابه‌جایی مطلق منحنی عرضه، اندازه تغییر مازاد اقتصادی (ΔTS) در هر سال و در پی پذیرش دانش فنی حاصل از تحقیق (در این تحقیق پذیرش و کاشت ارقام سیب‌زمینی تراریخته مقاوم به آفت بید) از روابط زیر محاسبه می‌شود (آلستون و همکاران، ۱۹۹۵).

$$\Delta TS_t = KP_0Q_0\left[1+0.5(\eta.Z)\right] \qquad (۱)$$

$$\Delta TS_t = K_tP_wQ_t\left[1+0.5K_t\varepsilon\right] \qquad (۲)$$

رابطه (۱) در شرایط اقتصاد کوچک و بسته کاربرد دارد. فرض اقتصاد بسته دلالت دارد که پذیرش یک فناوری کاهنده هزینه یا فزاینده عملکرد محصول، عرضه آن محصول را افزایش می‌دهد. به علت این‌که تجارت بین‌الملل وجود ندارد یا ناچیز است، افزایش در عرضه، قیمت محصول را برای مصرف‌کنندگان و هزینه را برای تولیدکنندگان کاهش می‌دهد. اما برای یک اقتصاد باز و کوچک تغییر در مازاد اقتصادی (فواید) تحقیق به روش پیش از اجرا با رابطه (۲) محاسبه می‌شود :

در رابطه مذکور ΔTS_t تغییر در مازاد اقتصادی کل یا فواید برنامه تحقیقاتی و K_t پارامتر جابه‌جایی منحنی عرضه در سال t است که به صورت تغییر درصدی (نسبی) در قیمت یا هزینه واحد محصول اندازه‌گیری می‌شود. P0 و P_W به ترتیب قیمت داخلی و جهانی محصول به ارزش‌های ثابت و Q_t مقدار تولید محصول در سال t است. کشش قیمتی عرضه محصول است. همان‌طور که پیشتر بیان گردید، K_t یک پارامتر مهم در اندازه‌گیری تغییر مازاد اقتصادی کل یا فواید اقتصادی یک برنامه تحقیقاتی است. بنابراین نسبت به برآورد آن باید اقدام شود. K_t از تقسیم پارامتر جابه‌جایی مطلق (k_t) بر قیمت محصول (P_t یا P_W) به دست می‌آید. k_t با رابطه تعمیم داده شده (۵) محاسبه می‌شود (آلستون و همکاران، ۱۹۹۵):

$$k_t = \left[\frac{E(YI)}{\varepsilon} - \frac{E(C)}{1+E(YI)}\right]\Pr\times A_t\times(1-\delta_t)^t\times P_t \qquad (۳)$$

$$K_t = \frac{k_t}{P_t} \qquad (۴)$$

$$K_t = \left[\frac{E(YI)}{\varepsilon} - \frac{E(C)}{1+E(YI)}\right]\Pr\times A_t\times(1-\delta_t)^t \qquad (۵)$$

که در آن E(YI) تغییر نسبی در عملکرد محصول بعد از پذیرش دانش فنی جدید، کشش عرضه محصول، E(C) تغییر نسبی در هزینه تولید محصول بعد از پذیرش دانش فنی جدید، Pr احتمال موفقیت تحقیقات (یا احتمال تحقق افزایش عملکرد یا کاهش خسارت شرایط تحقیقاتی) در شرایط کشاورزان (بهره‌برداران) پذیرنده دانش فنی

جدید، At نرخ پذیرش تحقیقات(دانش فنی) در میان بهره‌برداران و $(1-\delta_j)$ عامل استهلاک تحقیقات(دانش فنی) است. برای برآورد پارامتر جابه‌جایی نسبی ، Kt ، پیشاپیش مقادیر E(Y) ، ε ، E(C) ، Pr و $(1-\delta j)$ که داده‌های مرتبط با فناوری نامیده می‌شوند، باید به شیوه‌ای پذیرفتنی محاسبه می‌شوند.

بدین ترتیب فواید یا تغییر مازاد اقتصادی (ΔTS_t) و مخارج (C_t) طرح تحقیقاتی منتج به دانش فنی سیب زمینی تراریخته برای دوره تکمیل تحقیقات و دوره پذیرش فناوری منتج از آنها مشخص می‌گردد. (اگر مبنای مقایسه‌ی تغییرات مقطع پیش از تحقیق باشد، اصولاً میزان جابه‌جایی منحنی عرضه در سال‌های دورتر بیشتر خواهد بود). پس از این مرحله فواید و هزینه‌های سالانه، باید با بهره‌گیری از نرخ تنزیل مناسب به ارزش سال پایه تبدیل شوند تا در طول زمان با هم قابل جمع باشند. چنانچه فواید یا تغییر مازاد اقتصادی (ΔTS_t) سالانه طرح مورد بررسی با B_t و هزینه‌های سالانه آن با C_t نمایش داده شود که در آن t بیانگر سال مورد نظر (نسبت به سال پیش از تحقیق یا سال صفر) است، مجموع فواید (B) برابر ارزش حال جریان فواید و مجموع هزینه‌ها (C) نیز مساوی ارزش حال هزینه‌های کل دوره تحقیق خواهد بود. تنها موردی که ذکر نشد، دوره‌ی زمانی است که اصولاً در مورد هزینه‌ها روشن است (تا زمانی که طرح تحقیقاتی تأمین اعتبار شده است) ولی در مورد فواید می‌توان استدلال کرد که چندین سال ادامه خواهد داشت.

با توجه به جمیع مطالب بیان شده، در این تحقیق با تجمیع فواید (منافع) و نیز مخارج طرح مورد بررسی، مطابق جدول (۱)، شاخص‌ها یا سنجه‌هایی برای اندازه‌گیری بازده یا فواید اقتصادی دانش فنی مورد بررسی مدنظر قرار گرفت که شامل نسبت فایده به هزینه، ارزش حال خالص فواید و نرخ بازده داخلی می‌باشند. نسبت فایده به هزینه‌ی بالاتر از یک به معنای آن است که مجموع فواید دانش فنی بیش از هزینه‌های آن و بدین ترتیب سرمایه‌گذاری در آن سودآور و دارای توجیه اقتصادی بوده است. این امر بدان معنی است که ارزش حال خالص فواید دانش فنی بزرگ‌تر از صفر خواهد بود. بر طبق این سنجه‌ها، یک پروژه تحقیقاتی سودآور است اگر نرخ بازده داخلی آن بزرگتر از هزینه فرصت سرمایه (نرخ تنزیل) یا نرخ سود موجود باشد.

جدول ۱ ، سنجه‌های قابل محاسبه برای ارزیابی بازده اقتصادی تحقیقات*

شرح	سال یک تا T	مجموع
منافع (ΔTS_t)	$B_1, B_2, \ldots, B_T$	$B = \sum_{t=1}^{T} \frac{B_t}{(1+r)^t}$
مخارج تحقیق	$C_1, C_2, \ldots, C_T$	$C = \sum_{t=1}^{T} \frac{C_t}{(1+r)^t}$
نسبت فایده به هزینه (B/C)		$B/C = \frac{B}{C}$
ارزش فعلی خالص منافع (NPV)		$NPV = B - C \equiv \sum_{t=1}^{T} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$
نرخ بازده داخلی (IRR)		$0 = \sum_{t=1}^{T} \frac{B_t - C_t}{(1+IRR)^t}$

* r همان نرخ تنزیل است که برای برگرداندن اقلام هزینه و فایده به زمال حال استفاده می‌شود.

در این پژوهش پس از تهیه و گردآوری داده‌های مرتبط با دانش فنی مورد بررسی، با کاربست روش تحلیل مازاد اقتصادی پیش از اجرا، ابتدا نسبت به ارزیابی و پیش‌بینی فواید اقتصادی (نرخ بازده داخلی، نسبت فایده به هزینه و ارزش حال خالص فواید) آن در یک بازه زمانی ۱۰ ساله اقدام گردید. پس از این مرحله با تجمیع فواید و نیز مخارج، بازده اقتصادی بالقوه کشت سیب‌زمینی تراریخته مقاوم به آفت بید در کشور (مناطق عمده کشت و تولید سیب زمینی شامل آذربایجان‌شرقی، اردبیل، اصفهان، جنوب استان کرمان، چهارمحال و بختیاری، فارس، کردستان، مرکزی و همدان) ارزیابی و پیش‌بینی شدند. این ده استان در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴، حدود ۷۲ درصد سطح کشت و ۷۰ درصد تولید سیب زمینی کشور را به خود اختصاص داده‌اند. یافته‌های این مطالعه می‌تواند شواهدی مستند از منافع اقتصادی بالقوه اعتبارات تخصیصی به طرح پژوهشی منتج به دانش فنی سیب‌زمینی تراریخته مقاوم به آفت بید سیب‌زمینی در کشور ارائه و مدیران پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی و نیز سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان اقتصادی کشور و دیگر مراکز علمی و تحقیقاتی مرتبط با کشاورزی را در اطلاع و آگاهی از فواید اقتصادی بالقوه کاربرد این دانش فنی در مزارع کشور یاری و همچنین اطلاعات ارزشمندی در قابلیت تجاری‌سازی آن ارائه کند.

با توجه به مطالب بیان شده، در این تحقیق از تحلیل مازاد اقتصادی پیش از اجرا برای ارزیابی منافع یا اثربخشی اقتصادی کاربست دانش فنی تولید سیب‌زمینی تراریخته مقاوم به آفت بید در مناطق عمده کشت و تولید سیب‌زمینی کشور شامل استان‌های آذربایجان شرقی، اردبیل، اصفهان، جنوب استان کرمان، جهار و محال بختیاری، زنجان، فارس، کردستان، مرکزی و همدان استفاده گردید. به عبارتی دیگر تحقیق در پی ارزیابی فواید بالقوه کشت ارقام سیب‌زمینی تراریخته مقاوم به آفت بید در مزارع سیب‌زمینی مناطق عمده کشت این محصول بود. از این‌رو در ادامه ابتدا الگوی نموداری و سپس الگوی ریاضی این روش به تفصیل مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

نتایج و بحث

در این تحقیق، دوره تکمیل پروژه‌های طرح تحقیقاتی منتج به دانش فنی مورد بررسی به مدت شش سال در نظر گرفته شد. نرخ پذیرش دانش فنی از نتایج مطالعه آبیار و همکاران (۱۳۹۴) گرفته شد که مربوط به نرخ پذیرش یافته‌های تحقیقات بهنژادی سیب‌زمینی در سه استان آذربایجان شرقی، گلستان و اصفهان می‌باشد. احتمال موفقیت

تحقیق در این مطالعه بر پایه دیدگاه‌ها و تجربیات کارشناسان و مروجان سازمان‌های جهاد کشاورزی برخی استان‌ها، ۷۷ درصد لحاظ گردید. بر این اساس احتمال اینکه نتایج کاربست دانش فنی مورد ارزیابی در مزارع سیب‌زمینی‌کاران همانند نتایج آزمایشگاهی و پژوهشی باشد، ۷۷ درصد درنظر گرفته شد. بر مبنای تجربیات و نیز یافته دیگر مطالعات ارزیابی اقتصادی تحقیقات کشاورزی، نرخ استهلاک دانش فنی مورد بررسی در مزارع سیب زمینی‌کاران پس از سال پنجم کاربست آن سالیانه ۵ درصد در نظر گرفته شد. به عبارت دیگر انتظار می‌رود که از سال پنجم سالانه پنج درصد از اثربخشی این دانش فنی در مهار آفت بید کاسته شود.

طول دوره پذیرش یافته‌های تحقیقاتی کشاورزی متغیر بوده و به عوامل مختلفی از جمله سرعت نوآوری فناورانه در کشاورزی بستگی دارد. هر چه سرعت ابداع و معرفی دانش یا فناوری بیشتر باشد، فناوری‌های مورد استفاده در بازه زمانی کوتاه‌تری منسوخ شده و با فناوری‌های جدید جایگزین می‌شوند. بر اساس بررسی‌های انجام شده، میانگین دوره پذیرش یافته‌های تحقیقات بهنژادی (ارقام اصلاح شده) در کشور در چهار دهه گذشته به طور متوسط ۱۲سال بوده است (آبیار و حسینی، ۱۹۹۴). اما با توجه به گذشت زمان و پیشرفت علم و دانش در نقاط مختلف جهان از جمله در کشور، دوره پذیرش دانش فنی در مزارع سیب‌زمینی‌کاری کشور، ۱۰سال تعیین گردید. بر این اساس انتظار می‌رود دانش فنی مورد بررسی پس از ده سال از نخستین سال معرفی آن منسوخ و با دانش فنی دیگری جایگزین شود.

افزایش نسبی عملکرد (معادل درصد کاهش خسارت محصول) سیب‌زمینی تراریخته ۱۶ درصد و کاهش هزینه تولید آن متعاقب کاربست دانش فنی مورد استفاده حدود ۱/۴ درصد محاسبه شد. به عبارت دیگر متعاقب کشت بذور سیب‌زمینی تراریخته در مزارع کشاورزان از مصرف سموم آفت‌کش کاسته خواهد شد. بر اساس آمارنامه سال‌های زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۲-۱۳۹۱ سهم نسبی هزینه سموم آفت‌کش و سمپاشی آن از میانگین هزینه تولید سیب‌زمینی در کشور حدود ۲/۷ درصد بوده که با محاسبات انجام شده کاهش نسبی مصرف سموم آفت‌کش برابر ۱/۴ درصد معین گردید. لازم به ذکر است که در سال‌های زراعی مذکور میانگین هزینه تولید سیب‌زمینی در کشور (بدون احتساب هزینه فرصت زمین) به ترتیب برابر ۷۰۱۹۱۲۳۰ و ۸۹۱۰۳۶۳۰ ریال بوده است. در این مطالعه، نرخ تنزیل برابر نرخ بهره تسهیلات در نظام بانکی کشور برابر ۲۰ درصد در نظر گرفته شد. همان‌طور که پیشتر بیان شد این نرخ در واقع حداقل نرخ بازده قابل قبول سرمایه‌گذاری در دانش فنی تولید سیب‌زمینی تراریخته مقاوم به آفت بید سیب زمینی و یا هزینه فرصت سرمایه می‌باشد. قیمت سیب زمینی برابر با میانگین قیمت آن در چهار سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ تا ۹۵-۱۳۹۴ در نظر گرفته شد.

نتایج تحلیل مازاد اقتصادی به صورت سنجه‌های سه‌گانه نرخ بازده داخلی، نسبت فایده به هزینه و ارزش حال خالص منافع بالقوه دانش فنی مورد بررسی در جدول (۲) ارائه شده‌اند. همان‌طور که پیشتر در بخش روش تحقیق بیان شد، سنجه‌های یاد شده با کاربست روش تحلیل مازاد اقتصادی محاسبه و پیش‌بینی شدند.

جدول (۲) ، سنجه‌های بازده اقتصادی دانش فنی تولید سیب زمینی تراریخته

ارزش اسمی منافع دانش فنی(هزار ریال)	ارزش فعلی خالص منافع دانش	نسبت فایده به هزینه دانش فنی	نرخ بازده داخلی دانش فنی	ارزش فعلی منافع دانش فنی(هزار	ارزش فعلی مخارج دانش فنی(هزار

ریال) (۱)	ریال) (۲)	(۳)	(۴)	فنی(هزار ریال) (۵)	(۶)
۱۲۲۹۶۵۹۵	۵۰۹۰۲۱۹۸۰	٪۹۷	۴۱/۴	۴۹۶۷۲۵۳۸۵	**۲۳۷۱۵۲۶۸۱۶**

منبع : یافته‌های تحقیق

بر اساس یافته‌های مندرج در جدول (۲)، ارزش فعلی اعتبارات (مخارج و هزینه‌های) تخصیصی پژوهشکده و ترویج برای انجام طرح تحقیقاتی مورد بررسی و نشر دستاورد آن برابر ۱۲۲۹۶۵۹۵هزار ریال محاسبه شده است. این مبلغ می‌تواند در مقوله تجاری‌سازی و برون‌سپاری دانش فنی تولید ارقام سیب زمینی تراریخته مبنا قرار گیرد. نرخ بازده داخلی اعتبارات تخصیصی به طرح تحقیقاتی منتج به دانش فنی تولید سیب زمینی تراریخته، ۹۷ درصد و بیشتر از حداقل نرخ بازده قابل قبول و یا هزینه فرصت سرمایه (۲۰درصد) می‌باشد. این یافته نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری در این طرح پژوهشی به لحاظ اقتصادی موجه بوده و کاربست دانش فنی منتج از آن با کاهش خسارات عملکردی متاثر از شیوع آفت بید در مزارع سیب‌زمینی مناطق مختلف کشور و نیز کاهش مصرف سموم شیمیایی، موجبات تثبیت و یا افزایش فواید (مازاد اقتصادی) سیب‌زمینی‌کاران را فراهم و به‌تبع بهبود رفاه اقتصادی و اجتماعی تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان این محصول را به دنبال خواهد داشت.

داده‌های جدول (۲) همچنین نشان‌دهنده نسبت فایده به هزینه بالقوه کاربست دانش فنی مورد بررسی در مزارع سیب‌زمینی‌کاران کشور می‌باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود این نسبت بالاتر از یک و برابر ۴۱/۴ است که به منزله برتری چشمگیر منافع دانش فنی بر مخارج آن است. بر اساس این یافته پیش‌بینی می‌شود هر یک ریال اعتبار تخصیص داده شده به طرح پژوهشی منتج به این دانش فنی به طور متوسط ۴۱/۴ ریال منافع و فایده‌مندی اقتصادی عاید تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان و سایر ذینفعان سیب‌زمینی نماید. این نسبت می‌تواند متاثر از عوامل مختلفی مانند ریسک تحقیقات، سطوح مدیریت مزرعه، شرایط آب و هوایی و کمیت و کیفیت خدمات ترویجی و به ویژه نرخ پذیرش دانش فنی از سوی سیب‌زمینی‌کاران باشد.

ستون‌های ۵ و ۶ جدول (۲) به ترتیب بیانگر ارزش حال خالص منافع بالقوه و ارزش اسمی خالص منافع بالقوه دانش فنی مورد بررسی در مزارع سیب‌زمینی‌کاری کشور می‌باشد که هر دو مثبت است. این یافته نیز همانند سنجه‌های نرخ بازده داخلی و نسبت فایده به هزینه نشاندهنده سودآوری و اثربخشی بالقوه دانش فنی مورد مطالعه است. بر اساس داده‌های مندرج در این جدول، ارزش اسمی خالص منافع یا فواید دانش فنی در دوره ۱۰ ساله پذیرش و کاربست آن در مزارع سیب زمینی مبتلابه آفت بید در کشور برابر با ۲۳۷۱۵۲۶۸۱۶ هزار ریال پیش‌بینی می‌شود. اما باید توجه داشت که این رقم نشاندهنده ارزش اسمی فواید دانش فنی است حال آن که منطق حکم می‌کند ارزیابی و تحلیل‌های اقتصادی با لحاظ نمودن اثر تغییر قیمت‌ها (شرایط تورمی) انجام شوند زیرا با توجه به شرایط تورمی مزمن حاکم بر اقتصاد کشور، افزایش منافع اقتصادی فقط متاثر از تحقیقات و کاربست دستاوردهای آن نمی‌باشد و قطعا بخشی از آن متاثر از شرایط تورمی و افزایش قیمت محصول خواهد بود. از این رو به هنگام ارزیابی و قضاوت در اثرسنجی یک پروژه تحقیقاتی می‌بایست ارزش‌های واقعی (ثابت) و یا تورم‌زدایی شده مورد

توجه و مبنا قرار گیرند. بر این اساس در مطالعه حاضر ارزش حال خالص منافع دانش فنی مورد بررسی نیز محاسبه و پیش‌بینی شده است که در ستون (۵) جدول (۲) آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود این منافع خالص برابر ۴۹۶۷۲۵۳۸۵ هزار ریال پیش‌بینی شده است که قابل توجه بوده و بیانگر آثار اقتصادی مثبت و اثربخش آن برای تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان سیب‌زمینی و دیگر ذینفعان در کشور می‌باشد. این یافته یک بار دیگر بر توجیه‌پذیری و سودآوری بالقوه اعتبارات تخصیص‌یافته به تحقیقات کشاورزی تاکید نموده و بر آن صحه می‌گذارد. باید توجه داشت که این ارزش واقعی به قیمت‌های ثابت بوده و با حذف اثرات تورمی از مقادیر اسمی منافع دانش فنی حاصل شده‌اند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به پیش‌بینی افزایش جمعیت جهان و نیازهای تغذیه‌ای آنها در طول چهل سال آینده استفاده از محصولات تراریخته به عنوان یکی از راهکارهای مواجه با این چالش مورد توجه جامعه جهانی قرار گرفته است. بر مبنای یافته‌های این تحقیق، کشت سیب زمینی تراریخته مقاوم به آفت بید در مزارع سیب‌زمینی‌کاری کشور، دارای قابلیت و توانمندی تولید منافع و اثربخشی اقتصادی می‌باشد. کشاورزان با کشت این نوع محصولات و به‌واسطه کاهش مصرف حشره‌کش‌ها و افزایش عملکرد موثر از طریق کاهش خسارت محصول، بهره‌مند می‌شوند بنابراین ظرفیت تجاری‌سازی این دانش فنی ارزشمند و برون‌سپاری آن به فعالان بخش خصوصی وجود دارد.

نرخ بازده داخلی کاربست دانش فنی مورد بررسی توسط سیب‌زمینی‌کاران بیشتر از نرخ بازگشت قابل قبول سرمایه (۲۰درصد) پیش‌بینی شده است. این یافته به‌طور کلی نشان می‌دهد که تخصیص اعتبار به پروژه‌های پژوهشی منتج به این دانش فنی از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر و مقبول بوده است .بنابراین کشت بذور سیب زمینی تراریخته مقاوم به آفت بید می‌تواند ضمن کاهش خسارت عملکردی و هزینه تولید سیب زمینی، منافع اقتصادی و اجتماعی عاید تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان این محصول کند.

همان‌طور که نتایج نشان داد، نسبت فایده به هزینه دانش فنی مورد بررسی ۴۱/۴ پیش‌بینی شده است که بیانگر مقبولیت بازده و اثربخشی آن است. این یافته بیانگر آن است که هر یک ریال اعتبار تخصیصی پژوهشکده به طرح تحقیقاتی منتج به دانش فنی مورد بررسی، قابلیت ایجاد ۴۱/۴ ریال بازده و سودمندی اقتصادی برای مجموعه سیب‌زمینی‌کاران، مصرف‌کنندگان و صنایع تبدیل و فراوری سیب‌زمینی خواهد داشت.

ارزش حال خالص منافع دانش فنی مورد ارزیابی نیز گواه بر اثربخشی و سودآوری آن است و به خوبی بر توجیه‌پذیری اقتصادی اعتبارات تخصیص‌یافته صحه می‌گذارد. بررسی یافته‌های برخی مطالعات ارزیابی تحقیقات کشاورزی نشاندهنده مقادیر چشمگیر بازده و اثربخشی آنها می‌باشد. عوامل تاثیرگذار بر اثربخشی و منافع اقتصادی تحقیقات کشاورزی می‌تواند هم در درون ساختار نهادهای تحقیقاتی و هم در فضا و شرایط بخش کشاورزی جستجو شود. در این میان نوع فناوری/ دانش فنی حاصل از پروژه‌های تحقیقاتی و نیز شدت تاثیرگذاری آنها نسبت به وضعیت بدون تحقیق، نرخ پذیرش دانش فنی، سیاست‌های حمایتی دولت، سرعت استهلاک دانش فنی، درصد تحقق دستاورد تحقیقاتی در شرایط کشاورزان تعیین‌کننده هستند. اما بر اساس مشاهدات عینی به نظر می‌رسد نرخ پذیرش دستاوردهای تحقیقاتی از مهم‌ترین عوامل موثر بر بازده اقتصادی و اثربخشی پروژه‌های تحقیقاتی در میان کشاورزان و دیگر ذینفعان تحقیقات است. تجربه نشان می‌دهد که در اغلب استان‌های کشور دستاوردهای پروژه‌های

تحقیقاتی اصلاحی و بهنژادی بیشترین پذیرش را از سوی کشاورزان داشته‌اند، چرا که آنـان بـه خـوبی بـه اهمیـت و تاثیر ارقام اصلاح شده و عملیات زراعی نوین در افزایش تولید و درآمد فعالیت‌های زراعی و باغی واقف هستند (آبیـار و همکاران، ۱۳۹۷).

لازم به یادآوری است که دانش فنی مورد ارزیابی در حال حاضر به دلایل مختلـف بـه ویـژه دغدغه‌منـدی مسـئولان کلان کشور در خصوص تبعات احتمالی زیست محیطی و ایمنی (سلامتی) محصولات تراریختـه، بـه طـور رسـمی در بهره‌برداری‌های کشاورزی مورد استفاده قرار نگرفته است. اما بررسی ادبیات موضـوع و تجربیـات کشـورهای مختلـف نشان می‌دهد که امروزه چنین نگرانی‌هایی کمتر موضوعیت داشته و بسیاری از کشورها با گذر از این مقوله به کشـت و تولید محصولات تراریخته اقدام نمـوده و یـا در پـی توسـعه کشـت آن می‌باشـند. رشـد سـطح کشـت محصـولات کشاورزی تراریخته در مناطق مختلف جهان شاهدی بر این مدعاست.

به‌طور کلی یافته‌های این مطالعه می‌تواند به عنوان شواهدی مستند از منافع و بازده اقتصادی قابل توجه و پـذیرفتنی دانش فنی تولید محصولات تراریخته به ویژه سیب‌زمینی مقاوم به آفت بید به سیاستگذاران و مـدیران کـلان کشـور ارائه و آنها را بر ضرورت توجه هر چه بیشتر به محصولات تراریخته و رفع تنگناها و محدودیت‌های تحقیـق و توسـعه کشت آنها مجاب نماید. به عبارت دیگر سیاست‌گذاران بخش کشاورزی با توجه به اهداف کـلان اقتصـادی کشـور بـه ویژه مقوله راهبردی امنیـت غـذایی و نیـز حمایـت از تولیدکننـدگان و مصـرف‌کنندگان، تحقیقـات اصـلاح ژنتیکـی محصولات کشاورزی را باید در سرلوحه برنامه‌های خویش قرار دهند. مسلم اسـت کـه در حالـت کلـی سیاسـت‌های حمایتی جهت ایجاد نوآوری و پیشرفت فناورانه بیوتکنولوژی کشاورزی می‌تواند منافع و رفاه جامعه را افزایش دهـد و تحولی در امنیت غذایی جامعه ایجاد نماید.

نتایج این تحقیق همچنین بیانگر قابلیت نهفته در این دانـش فنـی بـرای تجاری‌سـازی آن در میـان علاقمنـدان بـه سرمایه‌گذاری در عرضه دانش و فنون نوین کشاورزی می‌باشد، زیرا بر پایه نتایج ایـن تحقیـق، کاربسـت دانـش فنـی مورد ارزیابی فواید اقتصادی قابل توجهه‌ای را برای سیب‌زمینی‌کاران و مصرف‌کنندگان به همراه خواهد داشت. از این رو عرضه تجاری آن می‌تواند سودآوری و منافع قابل قبـولی نیـز بـرای سـرمایه‌گذاران در امـر تولیـد و عرضـه بـذور سیب‌زمینی تراریخته داشته باشد. در پایان متناسب با یافته‌های تحقیق پیشنهاد می‌شود :

دولت با در نظر گرفتن وظایف حاکمیتی خود، با اعمال سیاست‌های حمایتی مورد نیاز، هم از بعد تخصیص اعتبـارات پژوهشی و هم از منظر ایجاد همگرایی در بین سیاست‌گذاران اقتصـادی کشـور در زمینـه ایجـاد بـاور لازم بـر نقـش بنیادی و راهبردی تحقیقات بیوتکنولوژی در توسـعه کشـاورزی و اقتصـاد ملـی، بسـتر لازم بـرای توسـعه تحقیقـات مهندسی ژنتیک و اصلاح ژنتیکی محصولات کشاورزی و کاربرد یافته‌های آن را فراهم و هر چه بیشتر تسهیل نماید.

با توجه به اثربخشی و بازده اقتصادی بالقوه کشت و تولید محصولات تراریخته، فرهنگ‌سازی برای قرارگیـری آنهـا در الگوی مصرف جامعه انجام شود. در این راستا اتخاذ حمایت‌های تشویقی برای برانگیختن مشـارکت بخـش خصوصـی در ورود به تحقیق، تولید و تجارت این نوع محصولات مثمر ثمر خواهد بود.

نرخ پذیرش دستاوردهای تحقیقات کشاورزی نقش تعیین‌کننده در بـازده اقتصـادی آن دارد. بنـابراین نشـر و انتقـال موفقیت‌آمیز دستاوردها اعم از فناوری و دانش واجد اهمیت است. در این میان مدیریت هماهنگی ترویج سـازمان‌های جهاد کشاورزی استان‌ها نقش حلقه واسط تحقیقات و بهره‌برداران را ایفا نموده و متولی نشر و کاربست موفقیـت‌آمیز

دستاوردهای تحقیقاتی بـه عرصـه‌های گونـاگون می‌باشـد. از ایـن رو پیونـد بـین تحقیقـات بیوتکنولـوژی، تـرویج و بهره‌برداران در ابعاد کمی و کیفی می‌بایست هر چه بیشتر مدنظر قرار گیرد و تقویت شود.

بررسی ادبیات موضوع و پیشینه تحقیق نشان داد که ارزیابی اقتصادی دستاوردهای پژوهشی بیوتکنولوژی کشـاورزی در کشور کمتر مورد توجه قرار گرفته و مطالعات تجربی بسیار اندکی در مـورد جنبـه‌های اقتصـادی، اجتمـاعی آنهـا وجود دارد، از این رو پیشنهاد می شود در این راستا مطالعات افزون‌تری با کاربست رهیافت‌های روشمند انجام شود.

منابع

آبیار، ن. م. و همکاران. ۱۳۹۷. ارزیابی بازده اقتصادی فعالیت های پژوهشی مراکز تحقیقـات کشـاورزی اسـتانی. گـزارش نهایی پروژه تحقیقاتی ملی گروه تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویجی. سازمان تحقیقات، آمـوزش و تـرویج کشـاورزی. تهران .

آبیـار، ن. م. و ، حسـینی، س. ص. ۱۳۹۴. تـدوین الگـوی چنـدمعیاره اولویت‌بنـدی تحقیقـات کشـاورزی در پهنـه‌های کشاورزی-اقلیمی ایران. رساله دکتری. دانشکده اقتصاد کشاورزی و توسعه دانشگاه تهران.

حبیبی ج. و حسان ع. ۱۳۷۰ .بررسی بیولوژی و تغییرات جمعیت بید سیبزمینی در کرج. آفات و بیماریهای گیاهی، جلد ۵۹ .،صفحات ۹۹ تـا ۱۰۷.

شریعتی، م.ت. ۱۳۸۴. ارزشیابی مراکز تحقیقاتی مدل‌ها و روش‌ها: مطالعه موردی مرکز تحقیقات روستایی. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۶۸: ۱۰۳-۹۱.

Alston, J.M., Norton, G.W. and Pardey, P.G. 1995. Science under Scarcity: Principles and PracticeofAgricultural Research Evaluation and Priority Setting. Cornell University PressAlvarez, J.M., Dotseth, E., and Nolte, P. 2005. Potato tuberworm: a threat for Idaho potatoes. Univ. Idaho Ext. Bull CIS1125.

Bennett, A.B., Chi-Ham,C., Barrows, G., Sexton, S and Zilberman, D. (2013). Agricultural biotechnology: Economics, Environment, Ethics, and the Future, Annu. Rev. Environ. Resour. 38:249–79, The Annual Review of Environment and Resources is online at http://environ.annualreviews.org

Brondani, A. 2017. Impact of biotechnology in brazilian agriculture sector. 2nd World Biotechnology Congress December. Sao Paulo, Brazil.

Brookes, G and Barfoot, P. 2016. GM crops: Global Socio-economic and environmental impacts 1996- 2016. PG Economics Ltd. UK

Chavez, P. E., Jackson, M. T. and Raman, K. V. 2004. The breeding potential of wild potato species resistant to the potato tuber moth, Euphytica Journal, Springer Netherlands. 39, 123-132

Chong, M. 2005. Perception of the Risks and benefits of Bt eggplant by Indian farmers, Journal of Risk Research 8 (7–8): 617–634

Kiresur, V.R and Ichangi, M. 2011. Socio-economic impact of Bt cotton — A case study of Karnataka. Agricultural Economics Research Review Vol. 24, pp: 67-81

Masters, W.A., Coalibaly, B., Sanogo, D., Sidibe, M. and Williams, A. 1996. The Eeconomic impact of agricultural research : A practical guide. Purdue University, West afayette, Indiana State, USA, p. 45.

Moschini, G. 2001. Economic Benefits and costs of biotechnology innovations in agriculture. Center for Agricultural and Rural Development Iowa State University Working Paper 01-WP 264.

Pray, C.E and Naseem, A. 2003. The Economics of agricultural biotechnology research, agricultural and development economics division. The Food and Agriculture Organization of the United Nations. ESA Working Paper No. 03-07. thaca, 513 pp.

Rondon, S. I., DeBano, S. J., Clough, G. H., Hamm, P. B., Jensen, A., Schreiber, A., Alvarez, J. M., Thornton, M., Barbour, J., and Dogramaci, M. 2007. Biology and management of thepPotato tuberworm in the pacific northwest. PNW.594

Traxler, G. 2004. The Economic impacts of biotechnology-based technological innovations. Agricultural and Development Economics Division. The Food and Agriculture Organization of the United Nations. ESA Working Paper No. 04-08.

World Bank. 2017. World development indicators 2017, global goals: promoting sustainability. Available at: wdi.worldbank.org/table.

Visser, R. G. F., Bachem,C. W. B., de Boer, J. M., Bryan, G. J., Chakrabati, S. K., Feingold, S., Gromadka, R., van Ham, R. C. H. J., Huang, S., Jacobs, J. M. E., Kuznetsov, B., de Melo, P. E., Milbourne, D., Orjeda, G., Sagredo, B., and Tang, X. 2009. Sequencing the potato genome: outline and first results to come from the elucidation of the sequence of the world's third most important food crop. Am. J. Pot. Res., 10.1007/s12230-009-9097-8.