بررسی تاثیر تولید و پذیرش محصولات نانو فناوری بر کشاورزی پایدار از دیدگاه محققان کشاورزی

سحر ده‌یوری *

دانشجوی دکتری ترویج و آموزش کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

سید جمال فرج الله حسینی

دانشیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

چکیده

این تحقیق به بررسی تاثیر تولید و پذیرش محصولات نانو بر کشاورزی پایدار از دیدگاه محققان کشاورزی پرداخته است. جمعیت آماری مشتمل بر ۱۰۰ محقق مرکز تحقیقات کشاورزی استان اصفهان می‌باشد که به‌صورت تصادفی نمونه‌گیری شدند. ابزار گردآوری داده‌ها پرسشنامه بود که با مرور ادبیات این تحقیق و مطابق با اهداف مطالعه تهیه شد. بررسی اطلاعات به‌دست آمده از جامعه آماری و داده‌پردازی نشان می‌دهد که کاربرد و جایگاه محصولات نانو، ترویج محصولات نانو و صرفه اقتصادی استفاده از محصولات نانو با پایداری کشاورزی رابطه مثبت و معنی‌داری دارد. همچنین نتایج حاصل از رگرسیون چندگانه به روش گام‌به‌گام نشان داد کاربردهای نانو و ترویج این فناوری در دو گام وارد معادله رگرسیون شدند که در مجموع ۲۴ درصد تغییرات متغیر وابسته (ملاک) توسط تغییرات متغیرهای پیش‌بین معنی‌دار تبیین شد.

واژه‌های کلیدی: محصولات نانو، کشاورزی پایدار، محققان کشاورزی.

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات، sahar.dehyouri@gmail.com

مقدمه

از سال ۱۹۴۵، انسان شروع به فعالیت برای جلوگیری از فرسایش و تخریب حدود ۲ میلیون هکتار از خاک‌های جهان و دیگر منابع طبیعی مورد نیازش کرد. وی برای حل این مشکل از روش‌های قدیمی کشاورزی به سمت نظام‌های کشاورزی پایدار، بومی‌محور و اجتماعی که پایداری در کشاورزی را در بر دارد، رو آورد (Conwy, 1994). ادواردز برای پایداری کشاورزی ۳ موضوع را مورد اهمیت قرار داد: درآمد کافی به‌ویژه در بین افراد کم درآمد، افزایش قابلیت دسترسی به غذا و مصرف آن و همچنین حفاظت و بهبود منابع طبیعی (ادواردز، ۱۳۸۸). این در حالی است که امروزه در بسیاری از نقاط جهان کشاورزی سنتی و متداول که به صورت فشرده صورت می‌گیرد، مانعی برای دست‌یابی به این اهداف می‌باشد. همچنین از دیدگاه آنها در کشاورزی پایدار دو اصل کلیدی وجود دارد که در آن استفاده از مواد شیمیایی و به‌خصوص آفت‌کش‌ها باید به حداقل برسد، و پیچیدگی و تنوع باید برقرار شود. این امر نیاز به حفظ انواع مختلف گیاهان و زیستگاه‌ها در مزرعه دارد. تا جایی‌که هر سیستمی که قرار است در طولانی‌مدت پایدار شود می‌بایست دو معیار اساسی را از نظر اکولوژیکی و اقتصادی در نظر داشته باشد: حداقل بهره‌برداری از منابع غیرقابل تجدید به‌خصوص انرژی فسیلی، و حداقل تخریب در محیط زیست.

دپارتمان کشاورزی آمریکا، کشاورزی پایدار را به‌عنوان روشی از کشاورزی که بهره‌وری اقتصادی را حمایت، کیفیت و رفاه محیطی را فراهم، استفاده بهینه‌ای از منابع طبیعی را ممکن، و در کل غذا و فیبر کافی و مفید در اختیار بشر قرار می‌دهد؛ تعریف می‌کند (Gold, 1999). در واقع کشاورزی پایدار یک فلسفه بر پایه هدف‌های انسانی و درکی از اثرات طولانی‌مدت فعالیت‌های ما درباره محیط و دیگر جنبه‌هاست (Karami & Monsoorabadi, 2008). از دید Somers در سال ۱۹۹۸ کشاورزی پایدار بیشتر از اینکه یک تغییر در عملیات کشاورزی باشد، تاکید زیادی بر نتایج به‌دست آمده از آن دارد. دانش و اطلاعات، مهارت و تکنولوژی و نگرش‌های مربوط به آن، نقش کلیدی در کشاورزی پایدار بازی می‌کنند (Word Bank, 2005). همچنین در فرهنگ کشاورزی پایدار، ترویج به‌وسیله بسیاری از سازمان‌های بین‌المللی، با در بر داشتن نقش آموزشی و ارایه دانش، اساساً برای تاثیرات محیطی مثبت، همچنین ایجاد تاثیرات اقتصادی و اجتماعی مثبت ارایه می‌شود. هرچند با لحاظ کردن تاثیرات اقتصادی، توجه کشاورزی پایدار، بر خاسته از بهره‌وری و توجه به نظام‌های کشاورزی با درون‌داد کم و مهیا کردن فرصت‌های اقتصادی جدید می‌باشد (FAO, 2004; GTZ, 2004). Ingram در سال ۲۰۰۸ معتقد بود که در واقع کشاورزی پایدار راه‌هایی را برای محافظت از منابع محدود شامل خاک سطحی، آب و انرژی فسیلی، جستجو می‌کند (Ingram, 2008). یک برنامه کشاورزی پایدار موفق در برگیرنده هفت هدف است: فراهم کردن امنیت غذایی همراه با افزایش کمی و کیفی آن با در نظر گرفتن نیازهای نسل‌های بعدی؛ حفاظت از منابع آب، خاک و منابع طبیعی؛ حفاظت از منابع انرژی در داخل و خارج از مزرعه؛ حفظ و بهبود سودآوری کشاورزان؛ حفظ نیروی حیات جامعه روستایی؛ حفظ تنوع زیستی؛ قابلیت پذیرش از سوی جامعه؛ حذف ایجاد زیرساخت‌های اجتماعی و

اقتصادی پویا برای جوامع روستایی (ان‌پرتی، ۱۳۸۰). با توجه به تمامی تعاریف مطرح شده در بالا، می‌توان داشتن دانشی که شرایط پایداری را ایجاد می‌کند، الزامی دانست تا بر پایه این دانش فناوری‌های جدیدی شکل گیرد، تا به کمک آن‌ها دستیابی به هدف‌های کشاورزی پایدار ممکن شود.

از میان این فناوری‌های تازه ظهور می‌توان به نانو اشاره کرد. نانو، فناوری است که از کنش‌ها و واکنش‌هایی که در سطح اتم اتفاق می‌افتد منشاء گرفته و به تعبیر دقیق‌تر نانوتکنولوژی انقلابی جدید برای همه علوم در آینده می‌باشد. نانوتکنولوژی فناوری جدیدی است که تمام علوم را تحت تاثیرخود قرار خواهد داد. این تکنولوژی قادر به بهبود وضعیت‌های موجود در اکثر علوم است و فرصت‌هایی برای تولید محصولات جدید فراهم خواهد ساخت. نانوتکنولوژی در واقع مهندسی در سطح اتم و یا گروهی از اتم‌هاست. نانوتکنولوژی یک رشته جدید نیست، بلکه یک رویکرد جدید در تمام رشته‌هاست، بنابراین علم نانوتکنولوژی توانمندی تولید مواد، ابزارها و سیستم‌های جدید برای در دست گرفتن کنترل در سطوح ملکولی و اتمی با استفاده از خواصی که در آن سطوح ظاهر می‌شود را دارد.

سازه‌های نانو می‌توانند باعث انقلابی در علوم و در تمام سطوح، به‌خصوص در علم کامپیوتر، پزشکی و بهداشت، بیوتکنولوژی و کشاورزی گردند. در این راستا و با توجه به کاربردهای بسیاری که برای آن متصور می‌شود، همچنین با توجه به سطح مداخله‌ای که این فناوری در زندگی مردم می‌تواند داشته باشد، به طبع دارای اثرات اجتماعی، اقتصادی است که نیازمند آموزش و راهنمایی برای کاهش ریسک‌هایی که به دنبال این قبیل فناوری‌ها هستند، می‌باشد (Roco & Bainbridge, 2003; Sass, 2007; Kanerva, 2009).

نانوتکنولوژی یک تکنولوژی نوظهور چندمنظوره است. انتظار می‌رود که به‌وسیله جایگزینی و نفوذ در مواد و تکنولوژی‌های موجود تاثیرات گسترده‌ای بر جامعه داشته باشد. فناوری‌های نانو معمولاً به‌عنوان اجسام ریز شناخته می‌شوند. یک نانومتر به راستی کوچک است و هزار میلیونیوم متر است که معمولاً در این شرایط مواد ویژگی‌های جدیدی را به‌دست می‌آورند که به دو دلیل است: اول، مواد نانو ناحیه سطحی نسبتاً بزرگتری دارند که این حالت باعث می‌شود که مواد از خودشان بازتاب‌های شیمیایی‌تری بروز دهند و تاثیرات‌شان قوی‌تر و دارای ویژگی‌های الکتریکی‌تر شوند؛ دوم، تاثیرات کوانتومی که می‌تواند برای غلبه بر رفتارهای خاص در مقیاس پایین‌تر از نانو شروع شود، که بر رفتارهای نوری، الکتریکی و مغناطیسی مواد تاثیر دارد. نانو تکنولوژی طراحی، توصیف، تولید و کاربرد ساختارها، وسایل و سیستم‌هایی است که مستلزم این است که شکل و اندازه‌شان در مقیاس نانو باشد. نانوتکنولوژی پتانسیل اجرایی در همه جنبه‌های کشاورزی، فرآوری غذایی، بسته‌بندی غذایی و حتی نظارت‌های غذایی و زراعی را دارد (Davidson & Knapp, 2007; Hanazato, 2001; Relyea & Hoverman, 2006).

از آنجا که هر روزه خصوصیات و ترکیبات جدیدی از نانو ذرات یافت می‌شود به همان نسبت کاربرد آنها نیز بیشتر می‌گردد. به‌طوری‌که پیش‌بینی می‌گردد که درآمد فروش نانو ذرات در سال ۲۰۱۵ به حدود یک ترلیون دلار برسد (Andreta, 2003).

حال سئوالی که مطرح می‌شود این است که این فناوری می‌تواند چه جایگاه و نقشی در کشاورزی پایدار داشته باشد؟ باید این نکته را در نظر گرفت که تولید کافی غذای سالم و ایمن برای دستیابی به نیازهای همه ساکنان جهان، و در عین حال توجه به پایداری اکولوژیکی در حال تبدیل شدن به چالش در حال رشدی در دهه‌های پیش‌رو خواهد بود. طرفداران زمین پاک بر اینکه نانوتکنولوژی ممکن است در بعضی از زمینه‌ها بازده‌هایی را داشته باشد، تاکید دارند (FAO, 2006).

نوری در سال ۱۳۸۷ در ارتباط با نقشی که نانوفناوری در پایداری می‌تواند داشته باشد، بیان می‌کند که نانوفناوری منجر به تغییراتی شگرف در استفاده از منابع طبیعی، انرژی و آب خواهد شد و پساب و آلودگی را کاهش خواهد داد. همچنین فناوری‌های جدید، امکان بازیافت و استفادهٔ مجدد از مواد، انرژی و آب را فراهم خواهند کرد. آنها در ایجاد و درمان مسایل زیست‌محیطی از طریق کنترل انتشار آلاینده‌ها، در توسعهٔ فناوری‌های «سبز» جدید که محصولات جانبی ناخواستهٔ کمتری دارند، شرکت دارند. لازم به ذکراست، نانوفناوری توان حذف آلودگی‌های کوچک از منابع آبی (کمتر از ۲۰۰ نانومتر) و هوا (زیر۲۰ نانومتر) و اندازه‌گیری و تخفیف مداوم آلودگی در مناطق بزرگتر را دارد. در زمینه انرژی، نانوتکنولوژی می‌تواند به‌طور قابل ملاحظه‌ای کارآیی، ذخیره‌سازی و تولید انرژی را تحت تأثیر قرار داده، مصرف انرژی را پایین آورد (نوری، ۱۳۸۷).

ارده در سال ۱۳۸۵ اعتقاد دارد که استفاده از نانوحس‌گرها برای ردیابی جریان آب، حرکت مواد غذایی و حتی وجود آلایندها در خاک نیز می‌تواند در کشاورزی نوین نقش اساسی را ایفا کند که به‌نوبه خود در مدیریت استفاده از منابع راه‌گشا است. از جمله کاربردهای نانوتکنولوژی که در آینده ممکن است تحولات شگرفی را در کشاورزی ایجاد کند تامین آب کشاورزی است. به‌عنوان مثال استفاده از نانولوله‌ها برای تصفیه آب از آلاینده‌ها، شیرین‌سازی آب‌های شور و تامین آب از رطوبت موجود در هوا از جمله مواردی است که جنبه‌های تحقیقاتی آن شروع شده است. همچنین یکی دیگر از مشکلات تولید محصولات کشاورزی کنترل به‌موقع آفات و بیماری‌های گیاهی می‌باشد. البته اغلب خسارت آفات راحت‌تر و سریع‌تر قابل شناسایی بوده است (دیدن عامل خسارت)؛ در حالی‌که شناسایی عوامل بیماری‌زای گیاهی مشکل‌تر و زمان‌برتر می‌باشد، بنابراین اغلب جبران خسارت حاصله از بیماری‌های گیاهی مشکل‌تر می‌باشد. در این شرایط استفاده از نانو ذرات و نانو ماشین‌ها برای شناسایی و همچنین برای کنترل بیماری‌های گیاهی می‌تواند موثر باشد. به‌عنوان مثال شاید بتوان از نانو ذرات چند شاخه‌ای برای انتقال سموم و یا ردیابی عوامل بیماری‌زا به درون بافت‌های گیاهی استفاده کرد. علاوه بر این نانو ماشین‌ها را ممکن است طوری طراحی نمود که در بدن حشرات و آفات فعال شده و باعث کنترل آنها شوند، در حالی‌که در بدن انسان غیرفعال باقی‌مانده و برای انسان و حتی محیط زیست مضر نباشند. علاوه بر این از جمله افق‌های دیگر استفاده از نانوتکنولوژی ردیابی مواد آلاینده (به‌خصوص سموم) به کمک نانوماشین‌ها در محصولات کشاورزی می‌باشد. به‌عنوان مثال استفاده از

حس‌گرهای بویایی برای تشخیص محصولات در حال فساد و یا مقدار مجاز سموم موجود در محصولات کشاورزی می‌تواند کاربرد تجاری پیدا کنند (ارده، ۱۳۸۵).

مطابق نظر موسایی در سال ۱۳۸۷، به‌طور کلی می‌توان کاربردهای نانوفناوری در ارتباط با پایداری کشاورزی و منابع طبیعی را این‌گونه متصور شد: نانوتکنولوژی پایان آلودگی، تخریب جنگل‌ها، گرسنگی و قحطی را ترسیم می‌نماید؛ نانوتکنولوژی نوید کالاهای مصرفی بادوام، جدید، پرثمر، ایمن‌تر، ارزان، فراوان، انعطاف‌پذیر، محیطی قابل تحمل، آرامشی ثابت، پیشرفتی سالم، بهبودی مواد قبل از تبدیل شدن به مواد زاید، سلامتی، ثروت و دانش را می‌دهد. نانوتکنولوژی بهره‌وری کشاورزی را برای جمعیت‌های بالاتر میسر می‌سازد؛ سیب‌زمینی را با استفاده از اتم‌های گرد و غبار، هوا و آب می‌توان تولید کرد؛ تولید غذاهای مولکولی؛ به‌وجود آوردن گیاهان و حیواناتی که نسل آنها منقرض شده‌اند؛ بهبود طعم غذاها، افزایش عمر مصرفی آنها و مهندسی شدن غذاهای مصرف؛ تولید انواع درختان مهندسی شده به کمک نرم‌افزار خود برای چوب مورد دلخواه؛ بازگرداندن ۹۰ درصد از زمین‌های کشاورزی به وضعیت طبیعی و استفاده از ۱۰ درصد از زمین‌های کشاورزی در قالب گلخانه‌هایی با عملکرد بالا؛ تغییر شرایط آب و هوایی جهان؛ و عدم نیاز به شخم‌زدن مزارع را ممکن می‌سازد (موسایی، ۱۳۸۷).

حال با مقایسه اهداف کشاورزی پایدار که ارتباط نزدیکی با تعاریف آن دارد که در واقع جمع‌بندی این تعاریف می‌باشند، نقش‌هایی‌که فناوری نانو در کشاورزی دارد را می‌توان در یک مسیر موازی و هماهنگ متصور شد. ضمن اینکه در نظر گرفتن جنبه‌های دیگر این توانمندی، خطرات احتمالی مرتبط با استفاده از محصولات فناوری نانو است که در صورت رعایت نکردن قوانین و مقررات خاص ایجاد می‌شود. زیرا به همان میزان که این فناوری می‌تواند تسهیل و تقویت‌کننده کشاورزی پایدار باشد، توانایی تخریب و تخفیف پایداری را نیز دارد. بنابراین ضمن تاکید بر اهمیت فناوری نانو، لازم است آیین نامه‌هایی جهت انجام ایمن و سالم استفاده از محصولات نانو تهیه و تدوین گردد تا بر اساس آن بتوان کنترل و نظارت بر کلیه فعالیت‌های نانوتکنولوژی را اعمال کرد.

در واقع دولت‌ها موظفند که علاوه بر تدوین استراتژی ملی و تصویب چارچوب سازمانی برای نانوتکنولوژی، شرایط قانونی تحقیق و توسعه را مشخص نمایند. کما اینکه در حال حاضر در برخی از کشورهای پیشرفته مانند ایالات متحده امریکا، انگلستان، فرانسه، آلمان و ژاپن قوانین ایمنی نانو وجود دارد و در هر یک از بخش‌های مرتبط با محصولات نانو کمیته‌هایی مشغول فعالیت می‌باشند. کشورهایی مانند چین و هند نیز قوانینی در این مورد وضع کرده‌اند و در حال سازماندهی کمیته‌ها می‌باشند. از این‌رو تدوین این قوانین و برنامه‌ریزی جهت سازماندهی کمیته‌های مرتبط، در کشور ما نیز امری ضروری به‌نظر می‌رسد (جندقی، ۱۳۸۷). لیکن این قانون‌گذاری‌ها بدون در نظر گرفتن زمینه‌های کاربردی بومی این فناوری و همچنین انجام بررسی‌های زمینه‌یابی تاثیر این فناوری بر بخش‌های گوناگون امکان‌پذیر نمی‌باشد.

حال با توجه به مطالب بیان شده که نشان از اهمیت وجود فناوری نانو در برقراری و تداوم پایداری در کشاورزی دارد و شرایط متفاوتی که ممکن است به‌وجود آورد، و همچنین در نظر گرفتن نقش اساسی بخش‌های دولتی به‌عنوان سرمایه‌گذار در ایران که رسالت تحقیقات در زمینه گسترش و بهبود عملکرد این فناوری در کشاورزی را به‌عهده گرفته‌اند، انجام تحقیقاتی در این راستا برای شناسایی تاثیر عواملی که این فناوری می‌تواند بر کشاورزی پایدار بگذارد، از دید محققان یعنی کسانی که جزء اولین گروه درگیر با فناوری نانو هستند، برای مساعدکردن زمینه‌های تولید و شتاب تحقیقات در این بخش لازم به‌نظر می‌رسد؛ بر این اساس تحقیقی با موضوع زمینه‌یابی تاثیر پذیرش و تولید مواد نانو بر پایداری و امنیت‌غذایی کشاورزی انجام پذیرفت، که این مقاله استخراج شده از نتایج حاصل از این تحقیق می‌باشد.

اهداف تحقیق

این پژوهش با هدف بررسی تاثیر استفاده از محصولات نانو بر کشاورزی پایدار و همچنین شناسایی عوامل موثر بر آن با استفاده از محصولات نانو انجام شد. در این راستا اهداف تحقیق به شرح زیر می‌باشد:

۱. بررسی تاثیر استفاده از محصولات نانو و عوامل تاثیرگذار بر کشاورزی پایدار؛
۲. بررسی جایگاه و کاربردهای محصولات نانو در ایران از دیدگاه محققان بخش کشاورزی؛
۳. ابعاد قابل قبول بودن تولید و پذیرش محصولات نانو از بعد اجتماعی؛
۴. بررسی اثر عوامل ترویجی در تاثیر متقابل این محصولات در کشاورزی پایدار.

روش پژوهش

تحقیق حاضر از نوع کاربردی و به روش توصیفی و علّی، ارتباطی صورت گرفته است. این تحقیق با تجزیه و تحلیل نظرات محققان و کارشناسان درباره زمینه‌یابی تولید و استفاده از محصولات نانو در کشاورزی پایدار در ایران، رابطه بین متغیرهای تحقیق را مورد سنجش قرار می‌دهد. جامعه آماری تحقیق شامل ۱۰۰ نفر محقق بخش تحقیقات کشاورزی استان اصفهان است که به‌صورت نمونه‌گیری تصادفی و با استفاده از جدول مورگان نظرات و دیدگاه‌های ۷۶ محقق از بخش‌های مختلف مرکز تحقیقات بررسی شد. متغیرهای وابسته این پژوهش، کشاورزی پایدار می‌باشد که به وسیله ۸ گویه در مقیاس لیکرت مورد سنجش قرار گرفت. همچنین متغیرهای مستقل در ۱۳دسته تقسیم‌بندی شدند که شامل زیرساخت‌ها (امنیت غذایی و کشاورزی پایدار)، استفاده و تولید این محصولات، منابع مورد نیاز (انسانی و طبیعی)، تولید، مصرف، تبدیل، انتشار، موانع تولید و استفاده، کاربردهای محصولات، صرفه اقتصادی تولید و استفاده، و در نهایت ویژگی‌های فردی کارشناسان و محققان می‌باشند.

به منظور تعیین روایی پرسشنامه، از نقطه نظرات و پیشنهادهای کارشناسان موسسه اصلاح نهال و بذر و اساتید دانشگاه علوم و تحقیقات تهران استفاده گردید. برای سنجش اعتبار پرسشنامه‌های تهیه شده، به‌وسیله

یک آزمون مقدماتی تعداد ۲۰ نسخه از آن توسط کارشناسان موسسه اصلاح نهال و بذر تکمیل شد که پرسشنامه‌های تکمیل شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS و به روش آلفای‌کرونباخ مورد سنجش قرار داده شد. نتایج حاصل از ضریب کرونباخ‌آلفا برای پرسشنامه مذکور ۸۶ درصد به‌دست آمد. همچنین برای تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست آمده از آمار توصیفی و تحلیلی استفاده شد.

یافته‌ها

ویژگی‌های شخصی

میانگین سن محققان ۴۰ سال بود که اکثریت آن‌ها در گروه سنی ۴۵-۴۰ (۶۵/۵ درصد) سال قرار داشتند. میانگین سابقه اشتغال نمونه آماری ۱۳ سال بود که ۵۵/۳ درصد از آنان به لحاظ سطح تحصیلات دارای مدرک کارشناسی‌ارشد بودند. ۸۵/۵ درصد از کارشناسان مرد و فقط ۱۱/۸ درصد از آنان زن بودند که همه آنها به صورت تمام وقت فعالیت می‌کردند و از میان کارشناسان ۹۷/۴ درصد رسمی، و تمام وقت بودند.

جدول ۱- ویژگی‌های فردی محققان کشاورزی

متغیرها	*مورد*	*درصد*	*فراوانی*	*میانگین*
سن (سال)	۴۵-۴۰ : ماکزیمم	۶۵/۵	۴۷	۴۰
جنسیت	زن	۱۱/۸	۲۳	
	مرد	۸۵/۵	۵۳	
تحصیلات	کارشناسی ارشد	۵۵/۳	۳۹	
سابقه اشتغال	۲۰-۱۱سال	۵۶/۷	۴۰	۱۳
وضعیت اشتغال	رسمی	۹۷/۴	۶۲	
	قراردادی	۱/۲	۱۴	

بررسی جایگاه محصولات نانو

در بررسی جایگاه محصولات نانو در ایران از دید محققان، «تولید محصولات نانو» در ایران بین عوامل دیگر مانند استفاده از محصولات، میزان نقش فناوری نانو در کشاورزی پایدار، میزان آشنایی با تحقیقات انجام شده در زمینه فناوری نانو، میزان تفاوت ایجاد شده توسط فناوری نانو در بهبود امنیت غذایی، میزان آشنایی با فرآورده‌های خوراکی حاصل از مواد اولیه نانو، بالاترین اولویت (SD=۳/۶۱, M=۰/۹۳۹) را به خود اختصاص داد. هر چند که ۵۲/۶ درصد این افراد که اکثریت را تشکیل می‌دادند، با تولید این محصولات مخالف بودند.

جدول ۲- جایگاه محصولات نانو در ایران

جایگاه محصولات نانو	میانگین	انحراف‌معیار	ضریب‌تغییرات	رتبه
تولید محصولات نانو	۳/۶۱	۰/۹۳۹	۰/۲۶	۱
استفاده از محصولات نانو	۳/۵۰	۰/۹۵۹	۰/۲۷	۲
میزان نقش فناوری نانو در کشاورزی پایدار	۳/۳۱	۱/۱۳۴	۰/۳۴۲	۳
میزان آشنایی با تحقیقات انجام شده در زمینه فناوری نانو	۲/۱۷	۱/۷۵۵	۰/۳۴۷	۴
میزان تفاوت ایجادی توسط فناوری نانو در بهبود امنیت غذایی	۳/۱۴	۱/۱۷۹	۰/۳۷	۵
میزان آشنایی با فرآورده‌های خوراکی حاصل از مواد اولیه نانو	۲/۰۳	۱/۰۰۶	۰/۴۹	۶

طیف لکیرت: ۱= بسیارکم ۲= کم ۳= متوسط ۴= زیاد ۵= خیلی‌زیاد

در اولویت‌بندی ابعاد توجیه‌پذیری، و قابل قبول بودن تولید و پذیرش محصولات نانو از بعد اجتماعی، بعد «سیاست‌گذاری» بیشترین نقش را در قابل قبول کردن پذیرش و تولید این محصولات نشان داده است (M=۲/۶۷, SD=۱/۲۰۴). البته متاسفانه «آموزش و تحقیق این فناوری» پایین‌ترین جایگاه را از دید آنها داشت.

جدول ۳- ابعاد قابل قبول بودن تولید و پذیرش محصولات نانو از بعد اجتماعی

ابعاد قابل قبول بودن محصولات	میانگین	انحراف‌معیار	ضریب‌تغییرات	رتبه
سیاست‌گذاری‌ها	۲/۶۷	۱/۲۰۴	۰/۲۸۱	۱
رعایت اصول اخلاق علمی	۳/۶۳	۱/۱۵۳	۰/۳۱۷	۲
در نظر گرفتن شرایط بیمه‌ای	۲/۹۳	۰/۹۷۱	۰/۳۳۱	۳
لحاظ کردن مدیریت ریسک	۳/۰۵	۱/۰۴۴	۰/۳۴۲	۴
در نظر گرفتن اصول فنی و سیستمی	۳/۳۹	۱/۲۳۴	۰/۳۶۴	۵
وضعیت اقتصادی	۳/۰۵	۱/۱۷۶	۰/۳۸۵	۶
رعایت اصول قانونی در زمینه ایمنی محیط زیست	۳/۴۷	۱/۳۷۱	۰/۳۹۵	۷
ارزش‌ها و گرایش‌های اجتماعی	۲/۶۷	۱/۲۰۴	۰/۴۵۰	۸
آموزش و تحقیق تکنولوژی	۳/۵۵	۱/۱۶۶	۰/۴۶۷	۹

طیف لکیرت: ۱= بسیارکم ۲= کم ۳= متوسط ۴= زیاد ۵= خیلی‌زیاد

همان‌طور که در جدول شماره ۴ دیده می‌شود، میزان امکان‌پذیری کاربردهای محصولات نانو در شرایط ایران نیز مورد سئوال قرار گرفت که از دیدگاه این افراد، استفاده از نانو برای «شناسایی و غربال‌گری بیماری‌های گیاهی» (M=۳/۵۰، SD=۰/۹۵۹) بیشترین احتمال و امکان را در شرایط ایران دارد. نتایج نشان می‌دهد که کاربردهایی که به طور مستقیم با تولید محصولات نانو در ارتباط هستند، بالاترین اولویت را دارا می‌باشند.

جدول ۴- کاربردهای محصولات نانو در کشاورزی

گزینه‌ها	میانگین	انحراف‌معیار	ضریب‌تغییرات	رتبه
شناسایی و غربال‌گری بیماری‌های گیاهی	۳/۵۰	۰/۹۵۹	۰/۲۷	۱
فرآوری مواد غذایی	۳/۶۵	۱/۰۷۸	۰/۲۹	۲
شناسایی و کنترل گیاهی	۳/۳۹	۱/۰۴۴	۰/۳۰	۳
کشاورزی دقیق	۳/۱۲	۱/۰۱۹	۰/۳۲۶	۴
سلامت غذایی	۳/۸۷	۱/۲۶۹	۰/۳۲۷	۵
نظام‌های ارایه هوشمند	۲/۸۹	۱/۱۰۲	۰/۳۸	۶
بهبود وضعیت آب کشور	۲/۹۹	۱/۲۴۴	۰/۴۱	۷
ذخیره تولید و تبدیل انرژی مورد استفاده در بخش کشاورزی	۲/۹۵	۱/۲۹۳	۰/۴۳	۸
افزایش تولیدات کشاورزی	۱/۱۵۰	۳/۳۴	۰/۴۴	۹

طیف لکیرت: ۱= بسیارکم ۲= کم ۳= متوسط ۴= زیاد ۵= خیلی‌زیاد

همچنین در رده‌بندی عوامل ترویجی موثر در پذیرش محصولات اصلاح نانو، «درباره فناوری نانو» در اولین رده (M=۳/۷۳، SD=۰/۹۹۷) قرار گرفت و «ارتباط با مراکز بین‌المللی» پایین‌ترین رده را به خود اختصاص داد. این منابع نشان می‌دهند که نظر و دیدگاه محققان با فلسفه حاکم بر ترویج که آموزش و دانایی محوری است، هماهنگ می‌باشد.

جدول ۵ – عوامل ترویجی موثر بر تولید و پذیرش محصولات نانو

گزینه‌های ترویجی	میانگین	انحراف‌معیار	ضریب‌تغییرات	رتبه
فعالیت‌های آموزشی درباره محصولات نانو	۳/۷۳	۰/۹۹۷	۰/۲۳	۱
اطلاع‌رسانی درباره پیشرفت‌های تحقیقاتی	۰/۹۶۵	۴/۰۰	۰/۲۴۱	۲
استفاده از ابزار اطلاع‌رسانی	۳/۸۵	۱/۰۶۹	۰/۲۴۲	۳
اطلاع‌رسانی درباره پیشرفت‌های کاربردی	۳/۹۳	۱/۰۱۱	۰/۲۵	۴
تبادل نظر با مصرف‌کنندگان	۳/۷۳	۰/۹۹۷	۰/۲۶	۵
تدوین برنامه‌های جامع برای ارتقاء و آموزش محصولات نانو	۳/۷۷	۱/۰۲۸	۰/۲۷۲	۶
ارتقاء مشارکت افراد ذی‌نفع در تولید و کاربرد محصولات نانو	۳/۶۱	۰/۹۹۱	۰/۲۷۴	۷
تبادل‌نظر با منتقدان استفاده از محصولات نانو	۳/۶۱	۱/۰۰۴	۰/۲۷۸	۸
تدوین مکانیزم انتقال محصولات از مراکز پژوهشی به مراکز بهره‌برداری	۳/۷۴	۱/۱۵	۰/۳۰۳	۹
اهمیت‌دادن به اطلاعات معتبر دریافتی	۳/۶۵	۱/۱۱۶	۰/۳۰۵	۱۰
اطلاع‌رسانی درباره مزایای محصولات نانو	۱/۷۷	۱/۲۱۱	۰/۳۲۱	۱۱
ارتباط بین بخش‌های فعال خصوصی در بخش محصولات نانو با بخش دولتی	۱/۶۴	۱/۱۸۹	۰/۳۲۶	۱۲
اتخاذ سیاست‌های پیش‌برنده در رابطه با محصولات نانو	۳/۴۲	۱/۱۵۵	۰/۳۳	۱۳
ارتباط با مراکز بین‌المللی	۱/۲۹۸	۳/۷۲	۰/۳۷	۱۴

طیف لکیرت: ۱= بسیارکم ۲= کم ۳= متوسط ۴= زیاد ۵= خیلی‌زیاد

محققان از نظر ابعاد مقرون به صرفه بودن استفاده و تولید این محصولات از جنبه اقتصادی مورد سئوال قرار گرفتند و از دید آنها بعد «حجم کاربری» این محصولات در اولویت اول قرار گرفت (SD=۰/۸۴۷، M=۳/۵۳).

جدول ۶ – ابعاد صرفه اقتصادی تولید و پذیرش محصولات نانو

گزینه‌ها	میانگین	انحراف‌معیار	ضریب‌تغییرات	رتبه
حجم کاربری	۳/۵۳	۰/۸۴۷	۰/۲۳	۱
تاثیر پذیرش دستاوردهای تحقیقات	۳/۵۶	۰/۸۶۲	۰/۲۴	۲
بالا بردن صحت نتایج تحقیقات	۳/۹۶	۱/۰۲۶	۰/۲۵۹	۲
زمان مورد نیاز	۳/۷۷	۱/۲۱۱	۰/۳۲	۳
تاثیر بر افزایش تولید	۳/۳۹	۱/۲۵۵	۰/۳۷	۴
میزان نیروی انسانی مورد نیاز	۳/۳۹	۱/۰۲۶	۰/۲۹۹۱	۶
حجم امکانات مورد نیاز	۳/۳۹	۱/۰۲۶	۰/۲۹۹۱	۶
بودجه مورد نیاز	۱/۱۱۱	۳/۴۳	۰/۳۲	۷

طیف لکیرت: ۱= بسیارکم ۲= کم ۳= متوسط ۴= زیاد ۵= خیلی‌زیاد

نتایج حاصل از آزمون همبستگی اسپیرمن بین متغیرهای تحقیق

همانطور که در جدول شماره ۷ دیده می‌شود، نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن بین متغیرهای تحقیق و امنیت غذایی به این قرار است: بین کاربرد، ترویج، و جایگاه محصولات نانو و صرفه اقتصادی استفاده از محصولات نانو و پایداری کشاورزی رابطه مثبت و معنی‌داری وجود دارد. وجود تمامی این رابطه‌های مثبت بیان‌کننده این مطلب می‌باشد که از دیدگاه محققان یک ارتباط دوطرفه میان آنها وجود دارد که هر لحظه این ارتباط دوسویه، در حال تغییر جهت به سمت یکی از دو طرف می‌باشد.

جدول ۷- همبستگی میان متغیرهای تحقیق و متغیر پایداری کشاورزی

متغیر اول	متغیر دوم	ضریب همبستگی	سطح معنی‌داری
کاربرد محصولات نانو	پایداری‌کشاورزی	۰/۴۷۰ **	۰/۰۰۰
ترویج محصولات نانو	پایداری‌کشاورزی	۰/۴۷۳ **	۰/۰۰۰
جایگاه محصولات نانو	پایداری‌کشاورزی	۰/۴۵۸ *	۰/۰۰۰
صرفه اقتصادی استفاده از محصولات نانو	پایداری‌کشاورزی	۰/۳۳۰ **	۰/۰۰۵

** P ≤۰/۰۱ * P≤۰/۰۵

پیش‌بینی تغییرات نظرات محققان کشاورزی درباره پایداری کشاورزی حاصل از محصولات‌نانو

در این بخش با استفاده از روش رگرسیون چندمتغیره به روش گام‌به‌گام متغیرهای کاربردهای محصولات نانو (X_1) و ترویج محصولات نانو (X_2) به ترتیب در دو گام وارد معادله رگرسیون شدند. پس از ورود متغیرهای مستقل در معادله رگرسیونی و محاسبه معنی‌دار بودن هر متغیر با استفاده از روش رگرسیون گام‌به‌گام نتایج زیر به‌دست آمد.

جدول ۸- رگرسیون خطی پیش‌بینی عوامل موثر بر پایداری کشاورزی حاصل از محصولات نانو

متغیر پیش‌بین	ضرایب استاندارد نشده		ضرایب استاندارد شده	t محاسبه شده	سطح معنی‌داری
	ضریب ورود	ضریب‌معیار	بتا (β)		
کاربردهای محصولات نانو	۰/۲۳۱	۰/۱۰۲	۰/۳۰۳	۲/۲۷۲	۰/۰۲۶
ترویج محصولات نانو	۰/۱۳۲	۰/۰۶۶	۰/۲۶۸	۲/۰۰۸	۰/۰۴۹
عدد ثابت	۱۶/۱۶۹	۲/۸۶۱	-	۵/۶۵۱	۰/۰۰۰

مدل رگرسیون با مقدار F = ۱۹/۱۷۳ و در سطح X=۰/۰۰۰ معنی‌دار شده است و ۲۴/۲ درصد (R^2_{Ad} =۰/۲۴۲) از تغییرات نظر محققان در مورد پایداری کشاورزی حاصل از محصولات نانو توسط متغیرهای تاثیرگذار مذکور، تبیین می‌شود (R^2=۰/۲۶۴ ، R=۰/۵۱۴). معادله استاندارد شده رگرسیون با توجه به ضرایب β محاسبه شده، به صورت زیر می‌باشد:

$$Y= ۰/۳۰۳ X_1 + ۲۶۸ X_2$$

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده از تحلیل رگرسیون نشان می‌دهد که کاربردهای نانو تکنولوژی اولین متغیر از مجموعه تاثیرات و عوامل موثر و یا تاثیرپذیر از نانو محصولات است که در پیش‌بینی سطح پایداری کشاورزی بیشترین تاثیر را در این تحقیق به خود اختصاص داده است. مطابق یافته به‌دست آمده هر کدام از کاربردهای محصولات نانو به‌تنهایی و در مجموع همبستگی بالایی را با پایداری کشاورزی داشته‌اند. به این ترتیب از دید محققان، عاملی مانند افزایش تولیدات کشاورزی که از کاربردهای نانو می‌باشد به نوعی توسعه‌دهنده زیرساخت‌های لازم برای پایداری کشاورزی می‌باشد. در واقع استفاده از فناوری نانو باعث ایجاد استانداردهایی برای گسترش و توسعه هرچه بیشتر عوامل موثر در پایداری کشاورزی می‌شود.

فناوری نانو چه در بعد سخت‌افزاری و چه در بعد نرم‌افزاری، حرکت به سوی پایداری کشور را هموارتر می‌کند، که در اینجا می‌توان به این نکته اشاره کرد که از دید محققان، ریسک‌ها و خطرات احتمالی در مقابل

محدودیت‌هایی که ممکن است در آینده برای تولید غذای مورد نیاز جمعیت کشور ایجاد شود، بسیار ناچیز و قابل اغماض می‌باشد. نتایج به‌دست آمده در این جا با تحقیقات Sharma et al. (۲۰۰۵) همخوانی دارد.

همچنین در نظر گرفتن گسترش عرضه فعالیت‌های نانو در بیشتر حوزه‌های کشاورزی شامل گیاهان دارویی، جنگل و مرتع، خاک، آب، باغبانی و گیاه‌پزشکی، صنایع غذایی و دیگرحوزه‌ها، توجه به توانمندسازی نیروی انسانی لازم به‌عنوان زیرساخت برای ارایه خدمات علمی را محرز می‌کند که نتایج حاصل از تحقیقات ADA reports (۲۰۰۷)، Miller & Senjen (۲۰۰۸) نیز این مطلب را نشان می‌دهد. در این موقعیت فعالیت‌هایی مانند ترویج و آموزش کشاورزی با فلسفه و وظیفه‌ای که در ذات آن وجود دارد وارد عرصه می‌شود و می‌تواند نقش به‌سزایی داشته باشد. در معرفی نانو به‌عنوان عامل پایدار سازنده کشاورزی و ارایه دادن آموزش‌های لازم به تمامی اقشار درگیر در این فناوری، محققان و دست‌اندرکاران در این امر نیز با اشراف بر این مسئله دومین عامل موثر و پیش‌بین برای پایداری کشاورزی را ترویج و آموزش فناوری نانو دانسته‌اند.

منابع و ماخذ

۱. ارده، م. ج. (۱۳۸۵). *مبانی نانوتکنولوژی و استفاده از آن در کشاورزی*. بخش تحقیقات کنترل بیولوژی. موسسه گیاه پزشکی ایران، اوین، تهران.

۲. ادواردز، ی. (۱۳۸۸). *کشاورزی پایدار*. ترجمه م. ح.، عوض‌کوچکی، و ا.، هاشمی‌دزفولی. چاپ هفتم، انتشارات جهاد دانشگاهی.

۳. ان پرتی، ج. (۱۳۸۰). *بازآفرینی کشاورزی*. ترجمه ع.، کاشانی. تهران: انتشارات روستا و توسعه.

۴. جندقی، م. (۱۳۸۷). *به‌کارگیری فناوری نانو در محیط زیست؛ آری یا نه*. گزارش تحلیل شبکه تحلیل‌گران تکنولوژی ایران. شبکه کانون‌های تفکر تکنولوژی و اقتصاد ایران. قابل دسترس در: http://bio.itan.ir

۵. موسایی، ا. (۱۳۸۷). *انقلاب نانوتکنولوژی در زمینه تولید غذا*. قابل دسترس در: http://www.parsbiology.com/view/151.aspx

۶. نوری، م. (۱۳۸۷). *نانو تکنولوژی و کاربردهای آن*. سایت مهندسین شیمی ایران. قابل دسترس در: http://www.irche.com/article/apllication_of_nano.asp

7. ADA reports. (2007). Position of the American dietetic association: Food and nutrition professionals can implement practices to conserve natural resources and support ecological sustainability. *Journal of the American Dietetic Association*, 107(6), 1033-1043.
8. Andreta, E. (2003). *Industrial technologies*. Research directorate. General, European commission. Opening speech for the Euro Nano forum.
9. Conway, G. R. (1994). Sustainability in agricultural development: Trade-offs with productivity, stability and equitability. *Journal of Farming Systems Research and Extension*, 4 (2), 1–14.

10. Davidson, C., & Knapp, A. (2007). Multiple stressors and amphibian declines: Dual impacts of pesticides and fish on yellow-legged frogs. *Ecol Applications Journal*, 17(2), 587-597.
11. FAO. (2004, Novembr). *What is organic agriculture*. Retrieved from http://www.fao.org/organicag/frame1-e.htm
12. FAO. (2006). *The state of food insecurity in the world.* FAO, Italy. Retrieved from http://ftpfao.org/docrep/fao/009/a0750e/a0750e00.pdf
13. Gold, M. (1999). *Sustainable agriculture: Definitions and terms.* Retrieved from http://www.nal.usda.gov/afsic/AFSIC_pubs/srb9902.htm#toc1
14. GTZ (Gesellschaft fu¨r Technische Zusammenarbeit). (2004). *Organic agriculture marketing*. Retrieved from http://www.gtz.de/organic agriculture/English/com/com.html, Eschborn, Germany: GTZ; 2004 [self-published]
15. Hanazato, T. (2001). Pesticide effects on freshwater zooplankton: An ecological perspective. *Environ Pollution Journal*, 11(2), 1-10.
16. Ingram, J. (2008). Agronomist-farmer knowledge encounters: An analysis of knowledge exchange in the context of best management practices in England. *Agric Hum Values Journal*, 25, 405-418. doi:10.1007/s10460-008-9134-0.
17. Kanerva, M. (2009*). Assessing risk discourses: Nano S & T in the global south. Working paper series.* United Nations University - Maastricht economic and social research and training centre on innovation and technology. Netherlands.
18. Karami, E., & Mansoorabadi, A. (2008). *Sustainable agricultural attitudes and behaviors: A gender analysis of Iranian farmers*. Environ. Dev. Sustainability, doi:10.1007/s10668-007-9090-7.
19. Miller, G., & Senjen, R. (2008). *Out of the laboratory and on to our plates: Nanotechnology in food & agriculture, Friend of the earth*. Retrieved from http://www.foeeurope.org/activities/nanotechnology/index.htm
20. Relyea, R., & Hoverman J. (2006). Assessing the ecology in ecotoxicology: A review and synthesis in freshwater systems. *Ecol Lett Journal*, 9, 1157–1171.
21. Roco. M., & Bainbridge, W. S. (2003). *Nanotechnology: Social implications – maximizing benefit for humanity*. Report of National Nanotechnology Initiative Workshop. Arlington, VA.
22. Sharma, P., Asztalos, Z., Ayyub, C., De-Bruyne, M., Dornan, A. J., Gomez-Hernandez, A., Keane, J., Killeen, J., Kramer, S., Madhavan, M., Roe, H., Sherkhane, P. D., Siddiqi, K., Silva, E., Carlson, J. R., Goodwin, S. F., Heisenberg, M., Krishnan, K., Kyriacou, C. P., Partridge, L., Riesgo-Escovar, J., Rodrigues, V., Tully, T., & O'Kane, C. J. (2005). Isogenic autosomes to be applied in optimal screening for novel mutants with viable phenotypes in Drosophila melanogaster. *Jornal of Neurogenet*, 19(2), 57-85.
23. Sass, J. (2007). *Nanotechnology's invisible threat small science, big consequences*. Nrdc issue paper. Natural Resources Defense Council.

24. Somers, N. (1998). *Learning about sustainable agriculture: The case of Dutch arable farmers*. In N. G. Roling & M. A. E. Wagemaker (Ed.), Facilitating sustainable agriculture. Cambridge University. ISBN: 0-521-79481-1.

25. World Bank. (2005). *Agriculture investment sourcebook*. (1_{th} Ed.). Washington D C., World Bank. ISBN: 0-8213-6085x. Retrieved from http://www.worldbank.org/agsourcebook