

کاربردهای صنعتی فناوری نانو حباب



شناسنامه

ستاد توسعه فناوری های نانو و میکرو

گروه رصد و تولید محتوای بخش ترویج صنعتی

طراحی و اجرا:	توسعه فناوری مهر ویژن	تلفن:	۰۲۱-۶۳۱۰۰
نظارت:	داود قزابلو	نمابر:	۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰
صندوق پستی:	۱۴۵۶۵-۳۴۴	پایگاه اینترنتی:	www.nano.ir
پست الکترونیک:	IND@nano.ir		www.INDnano.ir
سال انتشار:	۱۴۰۳	اینستاگرام نانو و صنعت:	@INDnano.ir

محتوای های صنعتی و فناوریانه خود را از طریق پست الکترونیک و پایگاه اینترنتی نانو و صنعت (INDnano.ir) ارسال نمایید.

فهرست مطالب

۳	مقدمه
۳	معرفی فناوری نانو حجاب
۶	نانو حجاب در ایران و اثبات کارایی فناوری
۶	ارزش افزوده فناوری نانو حجاب
۸	نمونه هایی از پروژه های اثبات فناوری انجام شده تحت نظارت ستاد توسعه فناوری های نانو و میکرو
۱۲	خلاصه

مقدمه

در سال‌های اخیر جهان با پدیده تغییرات اقلیمی در سطح کره زمین که از منظر گستردگی و شدت، پدیده‌ای کم سابقه در طول تاریخ بشریت است، دست و پنجه نرم می‌کند. فارغ از علل آن، به گفته متخصصان تغییرات اقلیمی، به‌واقع در حال رخ دادن است و به مرور بشر را با چالش‌هایی مانند گرمایش کره زمین، تهدید امنیت غذایی از طریق خشک‌سالی‌های پیاپی، انقراض گونه‌های جانوری و گیاهی و بلایای طبیعی چون طوفان‌ها و سیل‌ها مواجه می‌کند. از این رو دولت‌های مختلف در جهان سعی دارند با استفاده از علم و فناوری، خود را در حاشیه امن این چالش‌ها قرار دهند و از تهدید امنیت غذایی، کم‌آبی و بحران انرژی جان سالم به‌در برند. کشور ما ایران نیز با توجه به قرارگیری در منطقه گرم و خشک کره زمین و با وجود بارش‌هایی در حد یک سوم میانگین جهانی با تهدیدهای جدی محیط‌زیستی و به‌طور مشخص تهدید آب روبه‌رو است که هم زندگی شهری و روستایی و هم کشاورزی و آبی‌پروری و در مجموع امنیت غذایی و همچنین صنایع آب‌بر چون معادن و فلزات و پتروشیمی و... را تهدید می‌کند. از این رو برنامه‌ریزی صحیح و هدایت علم و فناوری در راستای یافتن راه‌حل‌های نوآورانه‌ای که بتواند مصرف آب را بهینه کند، اثرات محیط‌زیستی را کاهش دهد و شیوه‌های پایدار را تضمین کند به معنای واقعی کلمه برای ایران حیاتی است. در این راستای یکی از فناوری‌های اثرگذار و خوش‌آیند در دنیا، فناوری نانوحباب است که با ورود به گستره وسیعی از صنایع، توانایی تقلیل چالش‌های مذکور را دارد.

معرفی فناوری نانوحباب

فناوری نانوحباب یک فناوری سطح بالا با کاربرد بسیار وسیع در صنایع مختلف است. اثرگذاری این فناوری را می‌توان در سه عنوان افزایش بهره‌وری، کاهش مصرف آب و کاهش مصرف انرژی خلاصه کرد. هسته اصلی در این فناوری تولید دستگاهی است که بتواند حباب‌های هوا یا گاز معلق در سیال را تا حد ابعاد نانومتر (کمتر از ۲۰۰ نانومتر) تولید کند. حباب‌هایی که ابعادشان آنقدر کوچک است که به جای حرکت به سمت بالا و خارج شدن از سیال، اصطلاحاً با انجام حرکت براونی (حرکت تصادفی حباب‌ها درون سیال)، درون سیال غوطه‌ور می‌شوند و برای مدت زمان طولانی و با غلظت بالا در سیال می‌مانند. در این حالت است که حباب‌های نانو با خواص منحصربه‌فرد خود، مزایای متعددی را هنگام استفاده در صنایع مختلف از خود نشان می‌دهند.

با مطالعه اختراعات انجام شده در جهان می‌توان دریافت ظهور این فناوری بیش از ۵۰ سال پیش با ثبت اختراعی در سال ۱۹۷۲ در کشور فرانسه بوده اما نگاه تجاری در کاربردهای یاد شده به این فناوری کمتر از ۲۰ سال است که قوت گرفته و در این مدت هرساله تعداد ثبت اختراعات در زمینه نانوحباب در حال افزایش بوده است. کشورهای پیشرو در این فناوری را می‌توان کره، ژاپن و آمریکا دانست که البته از سال ۲۰۱۷ کشور چین نیز به این جمع پیوست و با رشد بسیار سریع هم‌اکنون در مقام اول تعداد اختراعات ثبت شده در حوزه این فناوری قرار گرفته است. اغلب کاربردهای تجاری شده این فناوری در حوزه فناوری‌های شیمیایی، تصفیه آب و کشاورزی است و باقی کاربردها بیشتر در ابتدای راه تجاری شدن قرار دارند.

از جمله حوزه های کاربرد فناوری نانوحباب می توان به موارد زیر اشاره کرد:

■ صنعت کشاورزی

اثرات مثبت: کاهش مصرف آب، کاهش طول دوره کشت، کاهش نیاز به کود و سموم، افزایش نرخ جوانه زنی دانه ها و افزایش برداشت محصول.

یکی از مزایای اولیه نانوحباب ها در کشاورزی، توانایی آن ها در بهبود راندمان آبیاری است. هنگامی که حباب های نانو به سیستم های آبیاری وارد می شوند، می توانند به میزان قابل توجهی مصرف آب را کاهش و در عین حال عملکرد محصول را حفظ یا حتی افزایش دهند. در کشاورزی آبکشت (هیدروپونیک) غلظت اکسیژن محلول در آب آبیاری و در کشاورزی در خاک، غلظت بالای اکسیژن در خاک بر ظرفیت جوانه زنی بذر تأثیرگذار است. همچنین با افزایش طول ریشه، امکان اکسیژن رسانی بهتر و جذب مواد مغذی بیشتر را برای ریشه گیاهان فراهم می کند. در ادامه همین فرآیند، نتایج دیگری از جمله افزایش ۱۰ تا ۲۰ درصدی تولید محصول در کشت گلخانه ای و کاهش مصرف کودهای شیمیایی تا ۳۰ درصد حاصل می شود. همچنین باعث تقویت باکتری های هوازی و سرکوب باکتری های بی هوازی می شود و در کل حفظ سلامت خاک و گیاه از دیگر موهبت های استفاده از این فناوری در کشاورزی است. نتایج پروژه های انجام گرفته تحت نظر ستاد توسعه فناوری های نانو و میکرو نشان می دهد در گلخانه های بزرگ تر از ۱ هکتار، بازگشت سرمایه خرید و نصب تجهیزات نانوحباب، در حدود یک سال است که بسیار مطلوب است.

■ صنعت آبی پروری

اثرات مثبت: افزایش تراکم استخرهای پرورش ماهی بیش از ۲ برابر، کاهش ضریب تبدیل خوراک، کاهش مصرف برق و کاهش بار میکروبی آب.

مقدار اکسیژن محلول در آب نقش مهمی در سلامت ماهی دارد، زیرا سبب بهبود شرایط محیطی و سیستم ایمنی ماهی و کاهش رشد باکتری ها می شود. بنابراین یکی از پارامترهای مهم در پرورش ماهی، محیط اکسیژنه شده مناسب است. استفاده از فناوری نانوحباب در این زمینه به دلیل قابلیت افزایش اکسیژن محلول در آب می تواند نقش تعیین کننده ای داشته باشد. کنترل رشد باکتری های مضر، انگل ها و پاتوژن ها نیاز به استفاده بیش از حد از آنتی بیوتیک ها و مواد شیمیایی را کاهش می دهد. پُر واضح است که تولید سه برابری ماهی بدون افزایش حجم استخرها خود نشانگر استفاده بهینه از آب و انرژی است.

■ تصفیه آب وفاضلاب

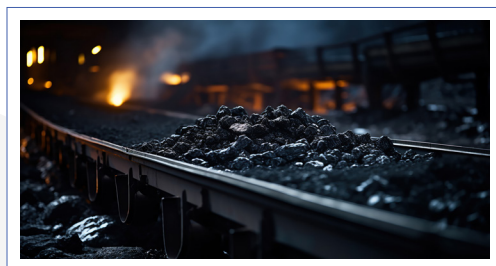
در جوامع امروزی فاضلاب حاصل از صنایع مختلف و کشاورزی منبع اصلی آلودگی محیط زیستی هستند. بنابراین تصفیه فاضلاب به ویژه زمانی که مواد سمی و خطرناکی مانند فلزات سنگین در آن موجود است، لازم و ضروری است. با توجه به اینکه روش مرسوم فعلی برای حذف آلاینده ها، از مواد شیمیایی برای رسوب شیمیایی آلاینده ها استفاده می کند که خود دارای معایبی است، یکی دیگر از روش های حذف آلاینده ها استفاده از مواد جاذب مانند آلومینیوم فعال، کربن فعال یا ژئولیت است که استفاده از فناوری نانوحباب در این زمینه می تواند روش جایگزین مناسب و کم هزینه تری در فرآیند رسوب باشد. همچنین به کارگیری نانوحباب با حذف دمنده های هوا در فرآیند تصفیه موجب کاهش ۴۰ تا ۷۰ درصدی در مصرف برق می شود.

■ مدیریت و کنترل منابع آب

در ایران که با کمبود منابع آبی مواجه هستیم حفظ و نگهداری منابع موجود و جلوگیری از آلوده شدن، جلبک زدن و مردابی شدن منابع آبی بسیار حائز اهمیت است. با استفاده از فناوری نانوحباب می‌توان منابع آبی زمینی و زیرزمینی را از وجود آلودگی‌هایی همچون رسوبات ماده جامد، آفت‌کش‌ها و مواد شیمیایی، مواد مغذی مانند فسفر و نیتروژن حاصل از کودهای شیمیایی و مواد شوینده، جلبک‌های سمی ناشی از مردابی شدن آب و پاتوژن‌های بیماری‌زا ناشی از میکروارگانیسم‌ها پاک کرد.

■ صنعت معدن

در فرآیندهای جداسازی مانند شناورسازی کف یا لیچینگ توده‌ای، معادن برای شناور کردن ماده یا جداسازی شیمیایی فلزاتی مانند مس و طلا از سنگ معدن به استفاده از هوا یا اکسیژن تکیه می‌کنند. با قابلیت ریزحباب‌ها در افزایش و حفظ سطح بالای اکسیژن محلول در محلول‌های لیچینگ، فرصت افزایش میزان بازیابی فلز یا کاهش هزینه‌های لیچینگ برای معدن‌کاران فراهم می‌شود. همچنین در فرآیند شناورسازی نیز نانوحباب‌های روی سطح ذرات، اتصال حباب‌های با اندازه معمولی را تسهیل می‌کنند و متعاقباً سرعت شناورسازی ذرات را افزایش می‌دهند.



■ صنعت نفت و گاز

شرکت‌های نفتی همواره به دنبال راه‌هایی برای بهبود فرآیندها برای رسیدن به بیشترین بازدهی در استخراج نفت هستند. طبق پژوهش‌های صورت گرفته، ثابت شده است که فناوری نانوحباب موجب افزایش بازدهی فرایند جداسازی نفت - آب و کاهش سولفید هیدروژن (H_2S) می‌شود.



■ فرایند تمیزکاری (ضد عفونی)

ویروس ها، باکتری ها و باقی مانده شیمیایی مواد می توانند خطرات عمده ای برای سلامتی مصرف کنندگان ایجاد کنند. روش های رایج جلوگیری از چنین معضلاتی شامل استفاده از مواد شیمیایی پرهزینه و آفت کش هایی است که برای مصرف انسان مناسب نیستند. بر اساس تحقیقات صورت گرفته، نانوحباب های اکسیژن و ازن با بار منفی که در سطح خود دارند، قابلیت از بین بردن مواد آلی و عوامل بیماری زا از سطح غذا را دارند. به علاوه نانوحباب ها سبب افزایش طول عمر مواد غذایی می شوند. از دیگر کاربردهای نانوحباب ها در صنعت مواد غذایی، کنترل pH آب است.

■ پزشکی و بایوداروها

یکی از کاربردهای نانوحباب ها در تصویربرداری التراسونیک است. تصویربرداری التراسونیک یکی از روش های شناخته شده در تشخیص و درمان بیماری های گوناگون است. نانوحباب ها به عنوان عوامل کنتراست می توانند تصاویر و اطلاعات دقیق تری را برای تشخیص دقیق تومورهای بدخیم فراهم کنند. همچنین نانوحباب های هدفمند می توانند به عنوان سیستم تحویل دارو با تحریک التراسوند برای هدف گیری خاص تومور استفاده شوند.

نانوحباب در ایران و اثبات کارایی فناوری

در ایران نیز با حمایت و راهبری ستاد توسعه فناوری های نانو و میکرو از ۵ سال پیش، کار توسعه فناوری نانوحباب آغاز شد و هم اکنون هفت شرکت (دو شرکت با توان تولید صنعتی، سه شرکت در حد تولید پایلوت و دو شرکت نیز در مسیر توسعه محصول) در زمینه نانوحباب دارای محصول با فناوری یاد شده در زمینه های کشاورزی، آبی پروری و تصفیه آب هستند.

ستاد توسعه فناوری های نانو و میکرو در طی مسیر بومی سازی فناوری نانوحباب نگاه ویژه ای نیز به اثبات کارایی فناوری داشته و تلاش کرده است با همکاری دیگر سازمان ها و نهادها اقدام به راه اندازی تجهیزات نانوحباب در صنایع مرتبط کند. در این راستا گزارش پروژه های انجام شده در ادامه آورده خواهد شد است.

ارزش افزوده فناوری نانوحباب

■ ارزش افزوده فناوری در تصفیه خانه فاضلاب

در حال حاضر ۲۵۶ تصفیه خانه فاضلاب به ظرفیت کلی ۶ میلیون مترمکعب در شبانه روز در کشور در مدار بهره برداری قرار دارد. به طور میانگین در بخش هوادهی به ازای هر مترمکعب ظرفیت تصفیه خانه، ۲۰ وات انرژی برق مصرف می شود. بنابراین در کل تصفیه خانه های فاضلاب کشور در حدود ۱۲۰ مگاوات برق نیاز است که با جایگزینی هوادهی مرسوم با نانوحباب، با صرفه جویی ۴۰ درصدی در حدود ۵۰ مگاوات، صرفه جویی در مصرف برق به همراه خواهد داشت.

در سال ۱۴۰۲ هزینه ساخت هر یک مگاوات نیروگاه گازی ۲۰-۲۵ میلیارد تومان است که برای یک نیروگاه ۵۰ مگاواتی این عدد ۱۰۰۰ تا ۱۲۵۰ میلیارد تومان برآورد می شود. برای ایجاد ۵۰ مگاوات صرفه جویی در مصرف برق به وسیله فناوری نانوحباب، ۱٫۸ میلیارد تومان برای تجهیز هر تصفیه خانه و در مجموع ۴۶۰ میلیارد تومان

برای کل تصفیه خانه های کشور می بایست هزینه شود. به عبارت دیگر از منظر اقتصادی با سرمایه گذاری ۴۶۰ میلیارد تومان ارزشی معادل ۱۰۰۰ تا ۱۲۵۰ میلیارد تومان برای کشور ایجاد می شود. محاسبات ایجاد ارزش ۱۰۰۰ تا ۱۲۵۰ میلیاردی صرفاً بر اساس کاهش مصرف برق تصفیه خانه هاست، اما واقعیت این است که با در نظر گرفتن کاهش مصرف گاز ازن به میزان ۷۰ درصد، کاهش هزینه تأمین تجهیزات به میزان ۲۰ درصد، کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری و افزایش راندمان تصفیه فاضلاب به میزان حداقل ۳۰ درصد، ارزش افزوده به کارگیری فناوری نانوحباب در تصفیه خانه ها عددی بیش از ۱۰۰۰ تا ۱۲۵۰ میلیارد تومان خواهد بود.

■ ارزش افزوده فناوری در کشاورزی آب کشت

در حال حاضر حدود ۱۰ هزار هکتار گلخانه در کشور وجود دارد که حدود هزار هکتار از این میزان، آب کشت هستند. با فرض تجهیز تمام گلخانه های آب کشت به تجهیزات نانوحباب، به طور متوسط ۱۵ درصد (معادل ۱۶۰ هزار تن) افزایش برداشت محصول در گلخانه ها ایجاد می شود که این میزان افزایش، معادل تولید ۱۵۰ هکتار گلخانه جدید بدون نانوحباب است. تجهیز هر ۵ هکتار گلخانه به تجهیزات نانوحباب ۱ میلیارد تومان هزینه دربر دارد. بنابراین برای تجهیز تمام گلخانه های آب کشت به تجهیزات نانوحباب نیاز به ۲۰۰ میلیارد تومان سرمایه گذاری است.

از منظر سرمایه لازم برای ساخت گلخانه در سال ۱۴۰۲ هزینه ساخت هر هکتار گلخانه هیدروپونیک به طور متوسط ۲۵ میلیارد تومان برآورد می شود و برای ساخت ۱۵۰ هکتار گلخانه نیاز به ۳ هزار و ۷۵۰ میلیارد تومان سرمایه گذاری است.

چنانچه بخواهیم با ساخت ۱۵۰ هکتار گلخانه، ۱۵ درصد به تولید محصولات آب کشت اضافه کنیم، ۳ هزار و ۷۵۰ میلیارد تومان سرمایه گذاری لازم است در حالی که به وسیله فناوری نانوحباب با ۹۵ درصد هزینه کمتر می توانیم همین نتیجه را محقق کنیم. در کنار مزایای ذکر شده، مابه ازای ۱۵۰ هکتار گلخانه، صرفه جویی در مصرف سوخت، برق، کود شیمیایی و دیگر هزینه ها نیز انجام خواهد شد.

همچنین با در نظر گرفتن قیمت ۱٫۵ دلار به ازای هر کیلوگرم محصول صادراتی، برای ۸۰ هزار تن افزایش تولید محصولات گلخانه ای، ارزش سالیانه صادراتی این میزان محصول، ۱۲۰ میلیون دلار معادل ۷ هزار میلیارد تومان برآورد می شود. به طور خلاصه به هزینه کردن ۲۰۰ میلیارد تومان ارزشی معادل ۱۱ هزار میلیارد تومان برای کشور حاصل می شود.



■ ارزش افزوده فناوری نانوحباب در آبی پروری

صنعت آبی پروری در ایران سالیانه بیش از ۵۰۰ هزار تن محصول به بازار عرضه می کند. از این میان ۷ هزار مزرعه با ظرفیت ۲۵۰ هزار تن به ماهیان سردآبی و ۱۸ هزار مزرعه با ظرفیت ۲۵۰ هزار تن به ماهیان گرم آبی اختصاص دارد. بر اساس پروژه های انجام گرفته تحت نظارت ستاد توسعه فناوری های نانو و میکرو به اثبات رسیده است که استفاده از فناوری نانوحباب در فرایند پرورش آبزیان از مرحله حذف عوامل بیماری زا و جلبک زدایی تا اکسیژن دهی، تراکم استخر پرورش ماهی را می تواند بیش از ۲ برابر افزایش دهد. بنابراین در صورت استفاده از فناوری نانوحباب در تمام مزارع پرورش ماهی در مدت کوتاهی می توان تولید آبزیان در کشور را به یک میلیون تن رساند.

به طور متوسط برای تجهیز مزارع به فناوری نانوحباب در هر مزرعه ماهیان سردآبی به ۲ میلیارد تومان و هر مزرعه ماهیان گرم آبی به ۱ میلیارد تومان سرمایه گذاری نیاز است. بنابراین برای تجهیز کل مزارع موجود ۳۲ هزار میلیارد تومان سرمایه گذاری نیاز است تا ظرفیت پرورش آبزیان ۵۰۰ هزار تن افزایش یابد.

چنانچه بخواهیم از روش پیشین یعنی دو برابر کردن مزارع برای دو برابر کردن تولید آبزیان استفاده کنیم، برای ساخت مزارع با ظرفیت ۲۵۰ هزار تن استخر پرورش ماهیان گرم آبی به ۶۷ هزار میلیارد تومان و برای ساخت مزارع با ظرفیت ۲۵۰ هزار تن استخر پرورش ماهیان سردآبی به ۱۰۰ هزار میلیارد تومان و در مجموع ۱۶۷ هزار میلیارد تومان سرمایه نیاز است. درحالی که با کمک فناوری نانوحباب همین نتیجه را با ۸۰ درصد هزینه کم تر به دست خواهیم آورد.

همچنین با در نظر گرفتن قیمت ۳ دلار به ازای هر کیلوگرم صادرات آبزیان، ارزش صادراتی این میزان تولید سالیانه ۱٫۵ میلیارد دلار معادل ۹۰ هزار میلیارد تومان برآورد می شود. به طور خلاصه با هزینه کردن ۳۲ همت ارزشی معادل ۲۵۷ همت برای کشور حاصل می شود.



نمونه هایی از پروژه های اثبات فناوری انجام شده تحت نظارت ستاد توسعه فناوری های نانو و میکرو

■ تصفیه آب و فاضلاب

□ تصفیه خانه فاضلاب قیطریه تهران

اولین تجربه توسعه این فناوری در تصفیه خانه های فاضلاب به صورت پایلوت صنعتی در تصفیه خانه فاضلاب قیطریه تهران نصب شد. بخش هوادهی در تصفیه خانه های فاضلاب از جمله بخش های مهم و

انرژی بر محسوب می‌شود. در سیستم‌های متداول تجهیزات مربوط به بخش هوادهی شامل بلوتر، دیفیوزر و لوله‌کشی است که بلوترها و دیفیوزرها اغلب از کشورهای اروپایی تأمین می‌شوند. فناوری نانو حباب با مزایای ویژه‌ای که در ادامه به آن اشاره می‌شود، می‌تواند جایگزین سیستم‌های هوادهی متداول باشد.

از زمان نصب پایلوت در تصفیه‌خانه قیطریه از سال ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۱، آزمون‌های مختلفی تحت نظارت شرکت فاضلاب تهران انجام و پس از طی کلیه مراحل فنی، عملکرد این سامانه توسط شرکت فاضلاب تهران به عنوان ناظر، تأیید شد. از جمله مزایای فناوری نانو حباب در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- داخلی سازی و رفع مشکلات تأمین کالا از خارج کشور؛
- کاهش هزینه تأمین تجهیزات به میزان ۲۰ درصد؛
- بهره‌برداری و نگهداری ارزان و ساده در داخل کشور؛
- صرفه جویی انرژی حداقل ۴۰ درصد نسبت به سامانه‌های متداول هوادهی؛
- حذف دیفیوزرها و لوله‌کشی‌های فرعی؛
- کاهش صدا به نحوی که نیاز به اتاق ایزوله نیست؛
- افزایش راندمان تصفیه فاضلاب به میزان حداقل ۳۰ درصد.

■ تصفیه‌خانه آب شهر ساوه

دومین کاربرد فناوری نانو حباب در صنعت آب و فاضلاب، تزریق ازن در فرآیند پیش گندزدایی موسوم به نانو ازن است. پیش گندزدایی با ازن از جمله روش‌های مرسوم در حذف جلبک در ورودی تصفیه‌خانه‌های آب است. وجود جلبک در آب منجر به تولید بو و طعم در آب می‌شود که البته آثار مضر برای سلامت انسان نیز دارد. تغذیه‌گرایی سدها به دلیل آثار تغییر اقلیم، ورود آلاینده‌ها و فاضلاب به منابع آب خام است که به رشد جلبک منجر خواهد شد. فناوری نانو ازن به صورت صنعتی در تصفیه‌خانه آب شهر ساوه به ظرفیت ۴۵ هزار مترمکعب در روز، در سال ۱۴۰۰ اجرا شد و در سال ۱۴۰۲ مورد تأیید سازمان غذا و دارو قرار گرفت. در طول این مدت نیز سایر آزمون‌های عملکردی توسط شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و شرکت آب و فاضلاب استان مرکزی انجام و مورد تأیید این سازمان‌ها قرار گرفت. از جمله مزایای استفاده از نانو ازن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- افزایش پایداری ازن در آب و افزایش قابلیت گندزدایی؛
- کاهش مصرف ازن و در نتیجه کاهش هزینه تأمین ازن ژنراتور؛
- کاهش مصرف ازن و در نتیجه کاهش مصرف انرژی تا ۵۰ درصد؛
- حذف کامل جلبک در آب و حذف طعم و بو؛
- عدم نیاز به سازه‌های تماس کلر و کاهش هزینه‌های اجرایی.

در نهایت حذف عوامل بیماری‌زا، افزایش کیفیت آب شرب و رضایتمندی شهروندان از کیفیت آب که نمود اجتماعی و نه لزوماً اقتصادی دارد، از مزایای جانبی این امر است. با توجه به بروز پدیده تغذیه‌گرایی در برخی سدهای کشور و وجود جلبک در ورودی تصفیه‌خانه‌های آب، این فناوری با ظرفیت بالای اثرگذاری می‌تواند بسیاری از مسائل مربوط به تأمین آب سالم را رفع نماید. در حال حاضر به جز شهر ساوه، تصفیه‌خانه‌های

زیرینه رود برای تأمین آب شهر تبریز و تصفیه خانه آب گلپایگان نیز با این مشکل مواجه هستند.

استفاده از فناوری نانوحباب به منظور بهبود راندمان روش آب کشت (کشت هیدروپونیک)

شرکت نانوفناوری سراج	مجری
دو نوع کاهوی فرانسوی بنفش و سبز	نوع کشت
۱,۵۰۰ مترمربع	مساحت گلخانه
۱۳۹۹	زمان اجرا
استان البرز، هشتگرد	محل اجرا
افزایش ۱۰ تا ۲۰ درصدی برداشت محصول. مدت زمان دوره رشد که به طور معمول بین ۳۵ تا ۴۵ روز است و در یک سال، ۹ دوره کشت کاهو انجام می گیرد. استفاده از نانوحباب موجب کاهش مدت زمان دوره کشت می شود، بنابراین بسته به شرایط، نانوحباب کشاورز را قادر می سازد ۱ تا ۳ دوره کشت در سال به چرخه گلخانه اضافه کند و آن را به ۱۲ دوره برساند.	

استفاده از فناوری نانوحباب به منظور بهبود راندمان روش آب کشت (کشت هیدروپونیک)

شرکت نانوحباب انرژی	مجری
گوجه فرنگی	نوع کشت
۳,۵۰۰ مترمربع	مساحت گلخانه
۱۳۹۹	زمان اجرا
استان آذربایجان شرقی، منطقه آزاد ارس	محل اجرا
افزایش ۱۰ تا ۲۰ درصدی محصول - افزایش ۲۰ تا ۹۰ درصدی عناصر معدنی موجود مانند کلسیم، فسفر، پتاسیم، منیزیم آهن، روی، منگنز، مس	

استفاده از فناوری نانوحباب به منظور بهبود راندمان روش آب کشت (کشت هیدروپونیک)

شرکت نانوحباب انرژی	مجری
فلفل دلمه ای	نوع کشت
۴۰,۰۰۰ مترمربع	مساحت گلخانه

زمان اجرا	۱۴۰۱
محل اجرا	استان آذربایجان شرقی، منطقه آزاد ارس
نتیجه	افزایش ۱۰ تا ۲۰ درصدی محصول، افزایش میزان محصول درجه یک و کاهش میزان محصول درجه دو و بازگشت سرمایه در اولین دوره کشت. یک میلیارد تومان برای نصب تجهیزات نانوحباب هزینه شده و در اولین دوره کشت، پنج میلیارد تومان درآمد مازاد نسبت به دوره‌های قبل از استفاده از نانوحباب حاصل شده است.

استفاده از فناوری نانوحباب به منظور بهبود راندمان روش آب کشت (کشت هیدروپونیک)

مجری	شرکت پیشگامان نانوحباب فردانگر
نوع کشت	خیار
مساحت گلخانه	۴,۰۰۰ مترمربع
زمان اجرا	۱۴۰۱
محل اجرا	استان قم شهرک جعفریه
نتیجه	افزایش ۱۰ تا ۲۰ درصدی محصول

استفاده از فناوری نانوحباب به منظور بهبود راندمان آبی پروری

مجری	شرکت نانوحباب انرژی
نوع ماهی	قزل آلا رنگین کمان
ظرفیت مزرعه	۷۰ تن
زمان اجرا	۱۴۰۲
محل اجرا	استان آذربایجان شرقی
نتیجه	بهبود تراکم آبی پروری بیش از ۲ برابر

■ صنایع کشاورزی

استفاده از تجهیزات نانوحباب ساز اکسیژن در استخرهای پرورش ماهی منجر به ایجاد شرایط فوق اشباعیت، توزیع ایده آل و یکنواخت اکسیژن، بهبود کیفیت آب و کاهش میزان تلفات، جلوگیری از هدررفت اکسیژن در زمان اختلاط

با آب، ارتقای راندمان مصرف اکسیژن توسط آبی و افزایش تولید می شود. از دیگر مزایای استفاده از نانوحباب اکسیژن و ازن در استخرهای پرورش ماهی کاهش ضریب تبدیل خوراک و کاهش مصرف اکسیژن و برق است.



شکل ۱- دو نمونه از دستگاه های نانوحباب ساخته شده در ایران

برای اطلاعات بیشتر می توانید با اسکن کدهای زیر فیلم های معرفی فناوری نانوحباب و پروژه های اجرا شده را از طریق سکوی آپارات مشاهده کنید.



خلاصه

فناوری نانوحباب یک فناوری نوین، خوش آتیه و با کاربرد بسیار وسیع در صنایع مختلف است. نانوحباب به عنوان یکی از فناوری های شاخص در رسیدن به اقتصاد و محیط زیست پایدار دسته بندی شده است که علاوه بر صرفه جویی در مصرف آب و برق، افزایش بهره وری، اثرگذاری اقتصادی و اجتماعی، موجب ارتقای سطح سلامت عمومی و همچنین کاهش اثرات محیط زیستی نیز می شود. کشورهای ژاپن، آمریکا و کره از حدود ۱۰ سال گذشته از پیشگازان استفاده تجاری از این فناوری بوده اند و اخیراً ایران و چین نیز به این گروه پیوسته اند.

هسته اصلی در این فناوری تولید دستگاهی است که بتواند حباب های هوا یا گاز معلق در سیال را با ابعاد نانومتری (کمتر از ۲۰۰ نانومتر) تولید کند. حباب هایی که ابعادشان آنقدر کوچک است که به جای حرکت به سمت بالا و خارج شدن از سیال برای مدت زمان طولانی و با غلظت بالا در آب می مانند. در این حالت است که حباب های نانو با خواص منحصر به فرد خود، مزایای متعددی را هنگام استفاده در صنایع مختلف از خود نشان می دهند.

در پایان لازم به ذکر است پروژه های معرفی شده صرفاً نمونه هایی از پروژه هایی است که برای اثبات کارایی فناوری نانوحباب تحت نظارت ستاد توسعه فناوری های نانو و میکرو تاکنون انجام گرفته است و هم اکنون چندین پروژه جهت اثبات کارایی در زمینه های ماهیان گرم آبی، ماهیان زینتی، میگو، کشت خاکی گیاهان، دام سبک و سنگین و پرورش طیور در دست اقدام است. همچنین شرکت های حوزه فناوری نانوحباب که در این مسیر با همراهی و حمایت ستاد به بلوغ رسیده اند، پروژه های دیگری را مستقلاً در یک سال گذشته به بهره برداری رسانده اند و هم اکنون بیش از ۱۰۰ گلخانه و چند ده مجموعه پرورش آبزیان در کشور از این فناوری بهره مند شده اند.