تحلیل جایگاه نانوتکنولوژی در کشاورزی با تأکید بر نانو کودها

سید محمد بنی‌جمالی*

عضو هیئت‌علمی پژوهشکده گل و گیاهان زینتی، موسسه باغبانی، سازمان تحقیقات کشاورزی، محلات، ایران، و دانشجوی دکترا دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

*نویسنده مسئول: smbanijamali@yahoo.com

چکیده

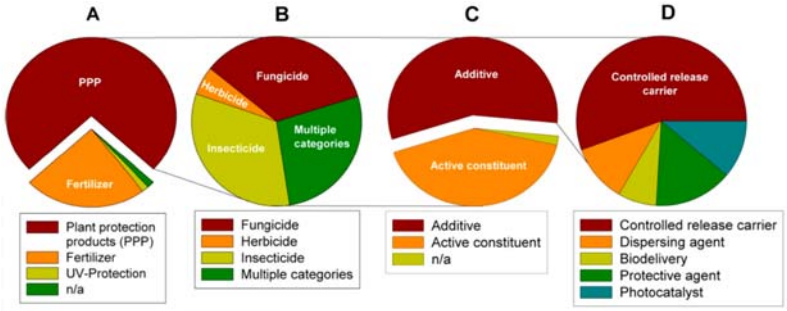
فناوری نانو با تغییر و اثرگذاری در فرمولاسیون کودها و تولید موادی با ویژگی‌های مناسب و منحصربه‌فرد (نانو کودهای شیمیایی، نانو کودهای آلی و نانو کودهای بیولوژیک) می‌تواند نقش مهمی را در این زمینه ایفا کند. استفاده از این فناوری در تولید کود، سبب افزایش کمیت و کیفیت گیاهان و کاهش روند تخریب محیط‌زیست با تولید کودهای کندرها و هوشمند می‌گردد. نانوتکنولوژی یکی از ابزارهای مهم در کشاورزی نوین بوده و نیروی محرکه اقتصادی‌تر شدن کشاورزی پایدار و تولید غذای حفاظت شده در آینده از طریق فراهم آوردن عوامل شیمیایی جدید و مکانیسم‌های نوین تحویل آن‌ها، در جهت بهبود تولیدات کشاورزی و امید به کاهش مصرف سموم و مواد شیمیایی است. فناوری نانو در جهت ارتقاء راندمان تغذیه و کودهای شیمیایی در کشاورزی با تغییر و اثرگذاری در فرمولاسیون کودها و تولید موادی با ویژگی‌های مناسب و منحصربه‌فرد، پتانسیل بی‌نظیری داشته است. افزایش تولید و کاهش مصرف کودهای شیمیایی از توانایی‌های فناوری نانو در تغذیه گیاهی است. با توجه به مزایای استفاده از فناوری نانو، به نظر می‌رسد در آینده نزدیک حجم قابل توجهی از تبادلات تجاری نصیب محصولات و تسهیلات فناوری نانو گردد. با وجود تنوع محصولات وارد شده به بازار این فناوری، همانند کلیه فناوری‌های نو، نقش توسعه فناوری نانو در تغذیه گیاهی در بین گروه‌های هدف و پذیرش آن و همچنین تعیین اثرات فیزیولوژیک و جانبی کاربرد آن‌ها، نیاز به تکمیل بررسی‌های علمی و صنعتی دارد. در تحقیقات اولیه انجام شده بر نانوکودهای تجاری در گیاهان، نشان دهنده پتانسیل خاص این تکنولوژی نوین در تغییر و بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاهان بوده است.

***کلمات کلیدی*: پتانسیل، تغذیه گیاهی، راندمان.**

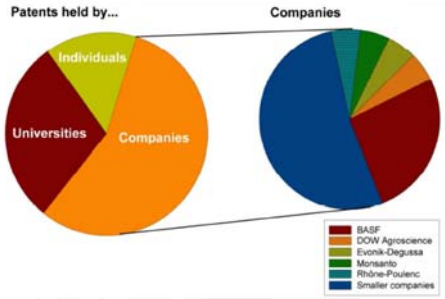
مقدمه

فناوری نانو واژه‌ای است کلی که به تمام فناوری‌های پیشرفته در عرصه کار با مقیاس نانو اطلاق می‌شود. نانوتکنولوژی یکی از ابزارهای مهم در کشاورزی نوین است و نیروی محرکه اقتصادی‌تر شدن کشاورزی پایدار و تولید غذای حفاظت شده در آینده از طریق فراهم آوردن عوامل شیمیایی جدید و مکانیسم‌های نوین تحویل آن‌ها در جهت بهبود تولیدات کشاورزی و امید به کاهش مصرف سموم و مواد شیمیایی از طریق: ۱) فرمول‌های نانویی مواد شیمیایی کاربردی در کشاورزی مثل کودهای شیمیایی و سموم آفت‌کش و غیره برای افزایش محصول، ۲)کاربرد نانو سنسورها و نانو بیوسنسورها، در تعیین بیماری‌ها و بقایای مواد شیمیایی در گیاه، ۳) وسایل نانویی جهت مهندسی ژنتیکی گیاهان، ۴) تشخیص بیماری‌ها، ۵) سلامت و اصلاح حیوانات، ۶) مدیریت پس از برداشت محصولات. تکنیک‌های کشاورزی دقیق جهت افزایش محصول بدون آسیب به منابع آب و خاک، از طریق نانوتکنولوژی بکار گرفته می‌شود از طریق روش‌های مانند کاهش تلفات کودهای شیمیایی، افزایش بلندمدت عناصر غذایی از طریق میکرواورگانیسم‌های خاک. از نانوتکنولوژی در انتقال ژن به‌منظور تولید گیاهان مقاوم به آفات، فرآوری و ذخیره‌سازی محصولات، اضافات تغذیه‌ای

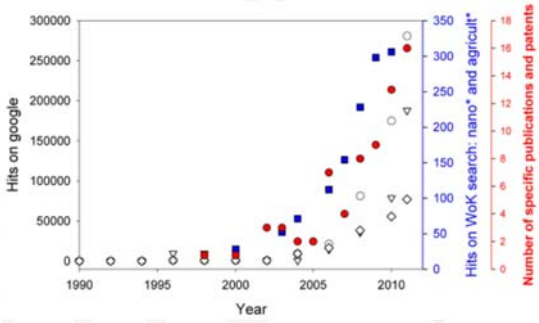
نانویی، افزایش عمر انباری محصولات و افزایش آگاهی از ترکیبات غذایی، بسته‌بندی‌های هوشمند و سیستم‌های تشخیص سریع سلامت محصول جهت رضایت مصرف کنندگان و عدم اثرات منفی مواد در محیط استفاده می‌شود(Sekhon, 2014).



شکل۱-اهداف کاربرد نانو مواد در کود و سموم بخش کشاورزی(A)، انواع سموم حاوی نانو مواد(B)، عملکرد کلی نانو مواد در سموم(C)، وظیفه نانو مواد اضافه شده به مواد حفاظتی در سطح جهانی(Gogos et al, 2012).



شکل ۲- پتنت‌های ثبت شده کودها و سموم کشاورزی نانویی در بین شرکت‌ها، مراکز دانشگاهی و پژوهشی و انفرادی(Gogos et a.l, 2012).



شکل ۳- توسعه انتشارات در زمینه نانو مواد در کشاورزی از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۱ : -مربع‌های آبی‌رنگ جستجوی کلی در وب دانش[1] با محور آبی‌رنگ سمت راست، -دایرهای قرمز پراکنده، انتشارات و پتنت‌ها با محور قرمز سمت راست -دایره‌های توخالی: نانو مواد در کشاورزی، با محور مشکی سمت چپ -مثلث وارونه: نانو مواد حشره‌کش، با محور مشکی سمت –لوزی توخالی: نانوکودها، با محور مشکی سمت (Gogos et a.l, 2012).

[1] Web of knowledge

تغذیه گیاه

میزان بهینه عناصر غذایی در بستر گیاه ضروری است تا بتواند این مواد غذایی را به‌خوبی در اختیار گیاه قرار دهد. یکی از راه‌های تأمین عناصر غذایی، استفاده از کودهای نانو می‌باشد. مصرف برخی از انواع نانو کودها علاوه بر افزایش تولید، موجب افزایش کیفیت محصولات کشاورزی می‌شوند (Banijamali, and Dorry, 2015;Banijamali, et al., 2015). نکته دیگر عدم ایجاد آلودگی زیست‌محیطی توسط کود است زیرا در غیر اینصورت سلامتی انسان، جانوران و گیاهان به خطر خواهد افتاد. بنابر گزارش سازمان خوار و بار جهانی FAO بین ۳۳ تا ۶۰ درصد تولیدات کشاورزی در جهان طی سه دهه گذشته مرهون کودهای شیمیایی از قبیل کودهای نیتراته، کودهای فسفاته، کودهای پتاسیمی و ...) بوده است. اگرچه استفاده از این کودها در افزایش تولید در واحد سطح و تأمین غذای مورد نیاز جامعه بسیار مؤثر است اما مصرف بیش از حد و نامتعادل این کودها عواقب نامناسبی در پی خواهد داشت. از طرفی صنعت تولید کودهای شیمیایی به‌عنوان یک منبع تولید فلزات سنگین از قبیل جیوه، کادمیوم، آرسنیک، سرب، مس ، نیکل، اورانیوم، نالیوم و ... محسوب می‌شود(Heffer, 2013 ;Cul, et al., 2006).

ذرات نانو به دلیل داشتن اندازه بسیار کوچک و سطح ویژه زیاد، به‌راحتی توسط ریشه‌های مویین و روزنه‌ها جذب می‌گردند و درصورتی‌که قطر این ذرات کمتر از ۲۰ نانومتر باشد این قابلیت را دارند که بتوانند از دیواره سلولی اغلب گیاهان نیز بدون هیچ‌گونه مانعی عبور کنند و بدین ترتیب غلظت عناصر غذایی در داخل گیاه افزایش یابد و جذب این عناصر کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار گیرد. در نتیجه این امکان را فراهم می‌سازد تا ریزمغذی‌ها در دامنه وسیعی از pH بتواند به‌راحتی در اختیار گیاه قرار گیرند بدون اینکه نیازی به اصلاح pH محیط کاشت باشد و بدین وسیله همانند نانوکودهای کلاته می‌توانند نقش مؤثری در تولید پایدار و غنی‌سازی محصولات کشاورزی ایفا کنند(Khoshkalam, 2015). نانو ذرات موجود در نانو کودهای بیولوژیک علاوه بر اینکه همانند سایر عناصر از طریق ریشه‌های مویین و سطح برگ جذب گیاه می‌شوند، می‌توانند از طریق اتصال به دیواره سلولی و حفرات دیواره سلولی نیز وارد سلول گیاهی شوند. بدین‌صورت نیاز گیاه به عناصر غذایی در مدت‌زمان کمتری برآورده می‌گردد و عملکرد تولید محصول می‌تواند افزایش یابد(Nadery and Danesh shahraki, 2011 ; Khoshkalam *et al.*, 2015).

نقش فناوری نانو در نانو کودهای بیولوژیک به‌واسطه حضور نانو ذرات (عمدتاً عناصر ریزمغذی آهن، روی، مس و منگنز) می‌باشد. این نانو ذرات به دلیل دارا بودن اندازه بسیار ریز می‌توانند به‌راحتی از دیواره سلولی نیز عبور کرده و وارد گیاه شوند. این نانو ذرات به‌واسطه سطح تماس بسیار زیاد توانایی تماس قوی‌تری را با ترکیبات ترشح شده از گیاه (مانند سیدروفورها) و میکروارگانیسم‌ها در بستر گیاه برقرار می‌کنند. در نتیجه این عناصر با سهولت بیشتر و به‌تدریج در اختیار گیاه قرار می‌گیرند و گیاه در طول دوره رشد خود با کمبود این عناصر روبرو نمی‌شوند. از طرفی گیاهان از تمامی عناصر پرمصرف و ریزمغذی برخوردار بوده و به‌خوبی رشد می‌کنند. در نهایت عملکرد، رشد ریشه، میزان ترشحات ریشه‌ای، مقاومت در برابر بیماری‌ها و تغییرات آب و هوایی و مقاومت در برابر شوری خاک در گیاه افزایش می‌یابد. در حقیقت نانو کود بیولوژیک، ویژگی‌های کودهای بیولوژیک و کودهای کندرها را یک جا در خود داراست(Nadery and Danesh shahraki, 2011 ; Khoshkalam *et al.*, 2015). کاربرد فناوری نانو در کشاورزی، حتی در سطح جهانی در مراحل توسعه قرار دارد. در حال حاضر علم نانو به گسترش کاربردهای کم‌هزینه فناوری نانو برای افزایش رشد و ماندگاری گیاه در کشاورزی پرداخته است.

اثر متقابل سلول گیاهی با نانو ذرات، منجر به اصلاح بیان ژن در گیاه و مجموعه مسیرهای بیولوژیکی شده که درنهایت رشد و نمو گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ازاین‌رو مطالعات بعدی نیز بایستی با تأکید بر لزوم مشخص شدن سمیت نانو ذرات در گیاهان امکان جذب و جابجایی نانو ذرات به‌وسیله‌ی گیاهان و خواص فیزیکی و شیمیایی نانو ذرات در ریزوسفر و بر سطوح ریشه انجام شود(Shaki, 2011; Salavatiniasary, and Fereshteh, 2012).

فناوری نانو با تغییر و اثرگذاری در فرمولاسیون کودها و تولید موادی با ویژگی‌های مناسب و منحصربه‌فرد (نانو کود شیمیایی، نانو کود آلی و نانوکود بیولوژیک) می‌تواند نقش مهمی را در این زمینه ایفا کند. استفاده از این فناوری در تولید کود، سبب افزایش کمیت و کیفیت گیاهان و کاهش روند تخریب محیط زیست با تولید کودهای کندرها و هوشمند می‌گردد(Shaki, 2011;Heffer, 2013). در جدول ۱ نمونه‌های از نقش مثبت نانو ذرات بر رشد و توسعه گیاهان(Singh *et al.*, 2015) توسط برخی از نانو مواد نشان داده شده است.

جدول ۱- نقش مثبت نانو ذرات بر رشد و توسعه گیاهان(Singh *et al.*, 2015).

NPs	Optimum concentration	Plant	Effects
Nanoanatase TiO_2	0.25%	*Spinacia oleracea*	Induction in enzyme activity
Alumina NPs	10mg/L	*Lemna minor*	Root length increased
Alumina NPs	0.3g/L	*Lemna minor*	Accumulation in biomass
Serium oxide NPs	500,1000,2000,4000 mgL^{-1}	Corn, Alfalfa, Soybean	Significantly increased root and stem growth
Iron oxide NPs	0.5-.75 g/L	*Glycine max*	Improvement in yield and quality
Iron oxide NPs	50 ppm	*Vigna radiate*	Enhancement in biomass
CeO_2 NPs	250 ppm	*Arabidopsis thaliana*	Biomass increased
CO_3O_4 NPs	5g/L	*Raphanus sativus*	Increased root growth
CuO NPs	500mg/kg	*Triticum aestivum*	Biomass increased
G NPs	10 ug/mL	*Arabidopsis thaliana*	Increased root and shoot length, early flowering
Ag NPs	10-30 ug/mL	*Boswellia ovalifoliolata*	Increased germination and seedling growth
TiO_2 NPs	1000 mg/L	*Triticum aestivum*	Increased in chlorophyll content
TiO_2 NPs	.05-0.2 g/L	*Lycopersicum esculantum*	Net photosynthetic rate increased, enhancement in H_2O conductance
CNTs	40 ug/mL	*Lycopersicum esculantum*	Enhancement in germination and seedling growth
MWCNTs	50 and 200ug/mL	*Lycopersicum esculantum*	Plant height improved and number of flower increased
ZnO NPs	1.5 ppm	*Cicer arietinum* L.	Shoot and dryweight significantly increased
ZnO NPs	1000 ppm	*Arachis hypogea*	Increased stem and rood growth, high yield
Al NPs	2000mgL^{-1}	Radish, Rape	Root growth improved
Au NPs	62,100,116 mgL^{-1}	Cucumber, Lettuce	Significant increase on germination index
ZnO NPs	500 mgL^{-1}	Soybean	Root growth increased

منابع

Banijamali, S.M. and Dorry, H.R. Feizian M.2015. The effect of foliar and soil application nano iron chelate fertilizers in comparison with iron commercial fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of cut Chrysanthemum "*Dendranthema morifolium L. cv.* Salvador" . 3th national conference application of nanotechnology in agriculture and environment. 1-2 May 2015, Arak, Iran (in Persian).

Banijamali, S.M. and Dorry, H.R.2015. Residual effect of foliar and soil application nano iron chelate fertilizers in comparison with Fe-EDDHA on quantitative and qualitative characteristics of *Chrysanthemum* (*Dendranthema Morifolium*) in the second year.3rd International Symposium on Quality Management in Supply Chains of Ornamentals. 1-3 May 2015, Kermanshah, Iran (in Persian).

Cul, H., Sun. C. Liu. Q. Giang, J. and G.U. W.(2006). Applications of nanotechnology in agrochemical formulation, perspectives, challenges and strategies, Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijing, China, pp. 1-6.

Gogos, A. Knauer K. and. Bucheli T.D. 2012. Nanomaterials in plant protection and fertilization: current state, foreseen applications, and research priorities. J. Agric. Food Chem. 2012,60: 9781−9792.

Heffer, P. 2013. Short- term prospects for world agriculture and fertilizer demand 2012-2013. 39th IFA enlarged council meeting. International fertilizer industry association. Rue marbeuf, Paris, France. www.fertilizer.org. 33p.

Khoshkalam, A.2015. Increased production and quality of agricultural products using nano-bio-fertilizers. And nanotechnology industry report collection. Report No. 23. Nanotechnology Initiative Council.

Khoshkalam, A.,Talebi, M., Bakhshi, M., Ahmadigol, F.and Matahi, M.2015. Nanotechnology and its development in agriculture. Nanotechnology industry report collection. Report No. 45. Nanotechnology Initiative Council.

Nadery, M.R. and Danesh-shahraki, A. 2011. Application of nanotechnology in the chemical fertilizers formulation optimization technology. Monthly Nanotechnology. Tenth year. P.165.

Shaki, F.2011. To deliver nutrients to plants with the help of nanoparticles. Magazine nanotechnology. The tenth year. 2. Successive Number 63.

Salavati niasary, M. and Fereshteh, Z.2012. Nano chemical manufacturing methods, properties and applications. University of Kashan Publication.

Singh, A. Singh, N. B. Hussain, I. Singh, H. and Singh, S.C.2015. Plant-nanoparticle interaction: An approach to improve agricultural practices and plant productivity. International Journal of Pharmaceutical Science Invention.4(8) PP.25-40.

Sheykhbaglou, R. Sedghi, M. Shishevan, M.T. & Sharifi, R.S.2010. Effects of nano-iron oxide particles on agronomic traits of soybean, Notulae Scientia Biologicae, 2 :112–113.

Position Analysis of Nanotechnology in Agriculture with Emphasis on Nanofertilizers

S.M. Banijamali *
Ornamental Plants Research Center, Horticulture Institute, AREEO, Mahallat, Iran, and Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Lorestan University, khoramabad, Iran.
Corresponding Author: smbanijamali@yahoo.com

Abstract

Nanotechnology can play an important role with changing and the impact on the formulation of fertilizers and production of materials with appropriate properties and unique (like chemical nanofertilizers, organic nanofertilizers and biological nanofertilizers). The use of this technology in the production of fertilizers, will increase the quantity and quality of plants and mitigate environmental degradation by slow-release fertilizer and smart. Nanotechnology is one of the important tools in modern agriculture and more economic driving force of sustainable agriculture and food security production in the future By providing new chemical agents and new delivery mechanisms in order to improve agricultural production and hope to reduce the use of pesticides and chemicals. Nanotechnology has improved plant nutrition and chemical fertilizers efficiency in agriculture through change and put effect on fertilizer formulation and materials produce with suitable characteristics and unique, with wonderful potential. Increase productivity and decrease chemical fertilizers are abilities of nanotechnology in plant nutrition. Due to the advantages of nanotechnology, it seems in the near future a considerable volume of trade exchange increased by nanotechnology and its facilities that makes in products. Despite of the diversity of products imported into the technology market, like all new technologies, The role of nanotechnology in plant nutrition and its acceptance among target groups As well as determine the physiologic effects and their application side, requires the completion of scientific studies and further industrial survey. In earlier research conducted on commercial nanofertilizer plants, Preliminary results demonstrated the unique potential of this new technology was changing and improving the quality and quantity of plants.

Keywords: **efficiency, plant nutrition, Potential.**