# تسریع تندش بذرهای مریم گلی (*Salvia macrosiphon*) و فلفل (*Capsicum annum*) توسط کاربرد نانولوله‌های کربن (CNTs)

**علی پورخالوئی (۱)، مریم حقیقی (۲)، محمدجمال سحرخیز (۲)**

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز،۲- استادیار بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

تیمار بذرهای مریم گلی و فلفل با استفاده از نانولوله‌های کربن (CNTs) در ۵ غلظت (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ٤٠ میلی‌گرم در لیتر) نشان داد که CNTs می‌تواند درصد تندش بذرها را افزایش دهد. بیشترین درصد تندش (۹۲/۸۷٪ در غلظت ۱۰ میلی-گرم در لیتر) و کمترین درصد تندش (۳۰/۲۵٪ در تیمار شاهد) به ترتیب برای بذرهای فلفل و مریم گلی ثبت شد. قطر و مساحت بذرها پس از تیمار با CNTs نسبت به شاهد بالاتر بود که میتواند درنتیجه جذب بیشتر آب باشد. در مقایسه با شاهد، غلظت‌های پائین منجر به تولید ریشه‌چه‌ها و ساقه چه های طویل‌تری شدند و با افزایش غلظت، کاهش یافت. بالاترین وزن تر و خشک دانهال‌ها در غلظت های ۱۰ تا ۳۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. در مجموع، بهترین نتایج در غلظت‌های ۱۰ تا ۳۰ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد و غلظت ٤٠ میلی‌گرم در لیتر با اثرهای منفی بر بیشتر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده همراه بود.

واژه‌های کلیدی: تندیدن بذر، نانوکشاورزی، نانولوله‌های کربن (CNTs)

**مقدمه**

امروزه تمایل زیادی جهت کاربرد نانوذره‌ها در گیاهان برای استفاده‌های کشاورزی و باغبانی وجود دارد. مواد نانو، کاربردهای گوناگونی در علم زیست‌شناسی (بیولوژی) دارند که از آن جمله می‌توان به انتقال ژن و دارو به یاخته‌ها، فعالیت‌های تشخیص و شناسایی پدیده‌ها و مهندسی بافت اشاره نمود (۱و ۳). همچنین مشخص شده است که CNTs می‌تواند به طور موثری دیواره یاخته‌ای پوسته بذر را تحت تاثیر قرار دهد و درنتیجه تندش بذر و رشد دانهال را تسریع نماید (۲).

**مواد و روش‌ها**

نانولوله‌های کربن با استفاده از استیلن به عنوان منبع کربن در دمای بهینه ۱۳۰۰ درجه سلسیوس تولید و سپس خالص سازی شدند. در مرحله بعد مخلوط یکنواختی از CNTs در آب با غلظت‌های صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ٤٠ میلی‌گرم در لیتر تهیه شد. بذرها پس از گندزدایی، با این مخلوط آبی تیمار شدند و در آزمایشگاه (دمای ۲±۲۵ درجه سلسیوس و شرایط نوری ١٦ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) قرار گرفتند. طرح آماری براساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۲ فاکتور شامل گونه گیاهی (مریم گلی و فلفل) و غلظت CNTs (صفر، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ٤٠ میلی‌گرم در لیتر) با ٤ تکرار طراحی شد.

**نتایج و بحث**

جدول تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش بین گونه‌های گیاهی و غلظت‌های CNTs بر درصد تندش بذر، طول ساقه‌چه و وزن تر ریشه معنی‌دار شد. ویژگی‌های دیگر، از این برهمکنش تاثیر معنی‌داری نپذیرفتند.

براساس نتایج به دست آمده مشخص شد که بذرهای مریم گلی در تیمار شاهد، کمترین درصد تندش (۳۰/۲۵٪) و بذرهای فلفل پس از تیمار با غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر بالاترین درصد تندش (۹۲/۸۷٪) را نشان دادند. با افزایش غلظت CNTs درصد تندش بذرهای مریم گلی افزایش یافت اما افزایش غلظت، برای درصد تندش بذرهای فلفل تفاوت معنی‌داری به همراه نداشت. ازآنجاکه CNTs می‌تواند در پوسته بذرها خراش ایجاد نماید، این احتمال وجود دارد که با ایجاد شکاف در پوسته

بذر نفوذ آب و گازهای ضروری مانند اکسیژن تسهیل می‌شود و درنتیجه تندش بذرها بهبود می‌یابد. تصاویر تهیه شده با میکروسکوپ الکترونی (SEM) نشان داد که CNTs می‌تواند به پوسته بذر و بافت‌های ریشه نفوذ کند (شکل ۱). همچنین عکس‌برداری از سطح بذرها نشان داد که قطر و مساحت آن‌ها پس از تیمار با CNTs چندین برابر بزرگتر از قطر و مساحت بذرهایی است که تیمار نشده‌اند، که می‌تواند به علت جذب بیشتر آب به دنبال ایجاد رخنه در پوسته بذر باشد (شکل ۲). خداکوس‌کایا و همکاران (۲۰۰۹) نیز با استفاده از تصاویر SEM نشان دادند که CNTs می‌تواند به‌طور موثری دیواره یاخته-ای را در پوشش بذرهای گوجه فرنگی تحت تاثیر قرار داده و به تندیدن بذرها و رشد دانهال‌ها کمک کند (۲).

بیشترین طول ریشه‌چه در گیاه فلفل (۱۵/۷۲ سانتی‌متر) و غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. تیمار شاهد منجر به تولید کوتاهترین ریشه‌چه‌ها (۲/۱۵ سانتی‌متر) در گیاه مریم گلی شد. طول ساقه‌چه نیز روند مشابهی را دنبال نمود و طویل‌ترین ساقه‌چه‌ها با میانگین طول ۱۷/۸۱ سانتی‌متر برای گیاه فلفل در غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر ثبت شد. دانهال‌های مریم گلی با دریافت غلظت ۳۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین وزن تر دانهال (۳۱/۷۷ میلی‌گرم) را تولید نمودند. هیچ تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های مختلف CNTs از نظر تاثیر بر وزن خشک مشاهده نشد. از آن‌جا که مکانیسم عمل CNTs بیشتر به ایجاد رخنه و شکاف در پوسته بذر و درنتیجه جذب بیشتر آب مربوط می‌شود و گزارشی از دخالت این ترکیب در سازوکارهای فیزیولوژیکی وجود ندارد، نمی‌توان انتظار داشت که وزن خشک دانهال‌ها تاثیر زیادی از تیمارهای CNTs بپذیرد.

شاخص‌های MGT و T50 به طور کاملا معنی‌داری بین دو گونه گیاهی با یکدیگر اختلاف نشان داد و مقدار آن برای بذرهای مریم گلی پائین‌تر و به تقریب از نظر عددی نصف مقدار ثبت شده برای بذرهای فلفل بود. این نشان می‌دهد که سرعت تندش بذرهای مریم گلی نسبت به فلفل بالاتر بود. با این وجود، این ۲ شاخص بین تیمارهای مختلف درون گیاه فلفل و یا مریم گلی اختلاف معنی‌داری را نشان نداند.

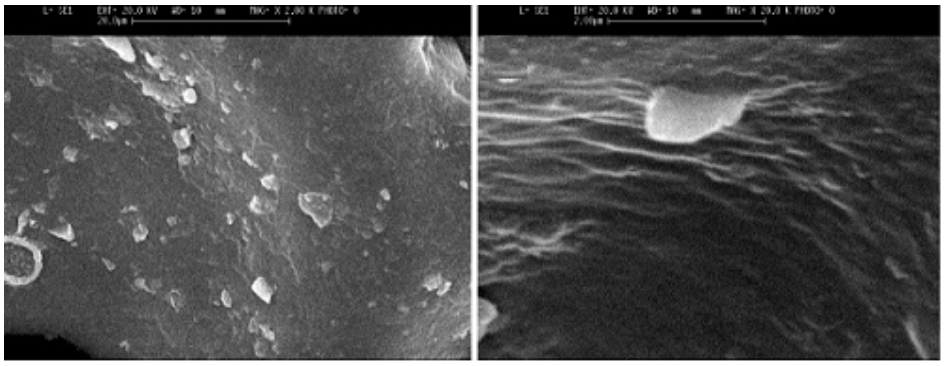
در مجموع، مشخص شد که تیمار بذرهای فلفل با CNTs نتایج بهتری نسبت به بذرهای گیاه مریم گلی ارائه نمود. براساس نتایج به دست آمده می‌توان غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر را برای تیمار بذرهای فلفل و غلظت ۱۰ تا۳۰ میلی‌گرم در لیتر را برای تیمار بذرهای مریم‌گلی به منظور بهبود تندش بذرها و رشد دانهال‌ها توصیه نمود.

**گزیده منابع**

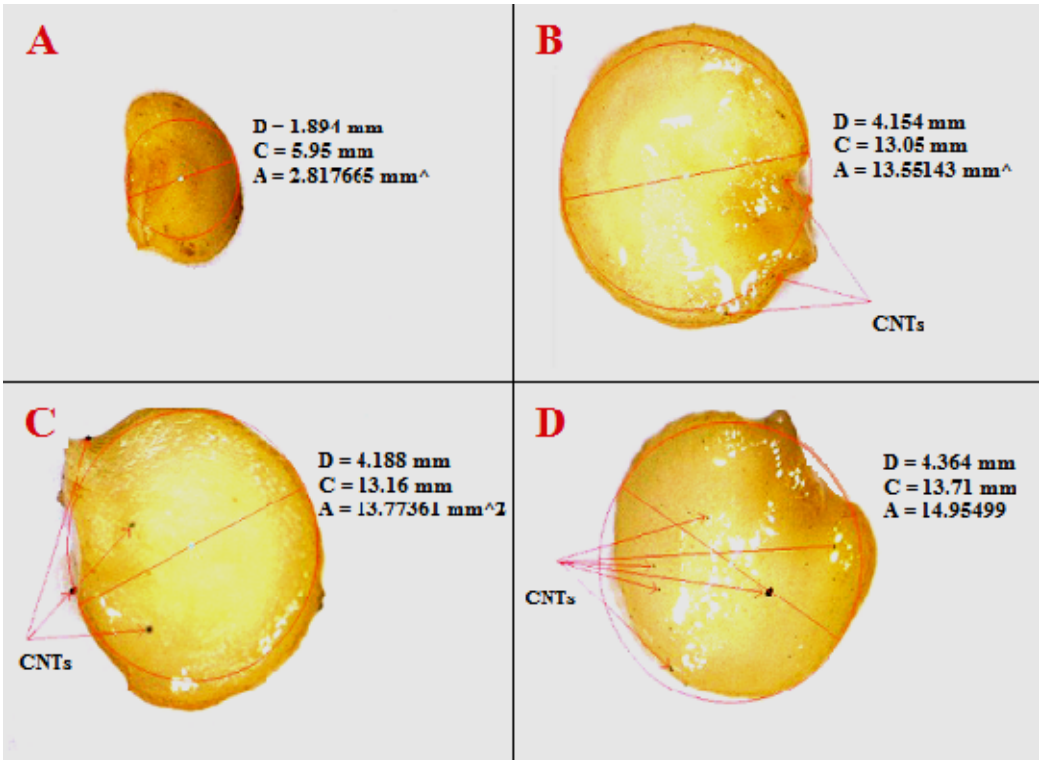
[1] Harrison, B. S. and Atala, A. (2007). Carbon nanotube applications for tissue engineering. *Biomaterials* 28:344–353.

[2] Khodakovskaya, M., Dervishi, E., Mahmood, M., Xu, Y., Li, Z., Watanabe, F. and Biris, A.S. (2009). Carbon nanotubes are able to penetrate plant seed coat and dramatically affect seed germination and plant growth. *ACS Nano* 3:3221–3227.

[3] Panyam, J. and Labhasetwar, V. (2003). Biodegradable nanoparticles for drug and gene delivery to cells and tissue. *Adv. Drug delivery Rev.* 55:329–347.



شکل ١- نفوذ نانو لوله‌های کربن درون پوسته بذر فلفل




شکل ٢- تفاوت در قطر و سطح بذرهای فلفل تیمار شده با نانولوله‌های کربن، پس از جذب آب

A: تیمار شاهد (صفر میلی‌گرم در لیتر CNTs)

B، C و D: به ترتیب غلظت‌های ١٠، ٢٠ و ٤٠ میلی‌گرم در لیتر CNTs

جدول ١- تاثیر برهمکنش بین ٢ گونه گیاهی و غلظت‌های مختلف CNTs بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده دانهال‌ها

| گونه گیاهی | CNTs (میلی‌گرم در لیتر) | تندش بذر (٪) | طول ریشه‌چه(میلی‌متر) | طول ساقه‌چه(میلی‌متر) | وزن تر دانهال (میلی‌گرم) | وزن خشک دانهال(میلیگرم) | MGT (روز) | T50 (روز) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Salvia macroshiphon* | ٠ | ٣٠/٢٥ d† | ٢/١٥ d | ٤/٤٢ e | ٩/٣٧ d | ١/٣٥ a | ٦/٢٨ a | ٥/٥٤ a |
| | ١٠ | ٣٧/٢٥ cd | ١٠/٣٥ b | ٩/٤٥ cd | ٢٠/٥٦ bc | ١/٥٠ a | ٦/٩٥ a | ٤/٢٣ a |
| | ٢٠ | ٤٦/١٥ bcd | ٧/٣٩ bc | ٩/٢٤ cd | ١٧/٠٣ bc | ٥/٦٢ a | ٦/٨٤ a | ٥/٤٧ a |
| | ٣٠ | ٥٢/٥٠ c | ٨/٣٠ b | ٩/١٠ cd | ٣١/٧٧ a | ٢/٦٠ a | ٦/٦٠ a | ٤/٨٢ a |
| | ٤٠ | ٥٩/٦١ b | ٤/٤٣ cd | ٨/٥٥ d | ١٦/٤٠ cd | ٣/٥٠ a | ٥/٩٩ a | ٥/٠٦ a |
| *Capsicum annum* | ٠ | ٨٣/٠١ a | ٣/٧٤ cd | ٩/٩٦ cd | ١٩/٢٥ bc | ٣/٢٥ a | ٥٧١٠ b | ١٠/٣٨b |
| | ١٠ | ٩٢/٨٧ a | ١٥/٧٢ a | ١٧/٨١ a | ٢٢/٢٥ bc | ٤/٤٢ a | ٩/٤٧ b | ٥٢١٠ b |
| | ٢٠ | ٨٧ a | ٩/٨٧ b | ١٢/٨٨ b | ٢٤/٨٠ ab | ٤/٤٥ a | ٩/٧٢ b | ١٠/٤٢b |
| | ٣٠ | ٨٩/٧٤ a | ٦/٧٣ bc | ١١/٥٩ bc | ٢٤/٣٧ abc | ٤/٣٢ a | ١١/٠٦b | ١٠/٨٩ |
| | ٤٠ | ٨٧/٠٢ a | ٨/٥٤ b | ١٣/٥٤ b | ٢٢/٩٥ bc | ٤/٠٧ a | ١١/٠٧b | ١١/٥٩b |

†میانگین‌هایی که با حروف یکسان مشخص شده‌اند، در سطح ٥٪ آزمون چند دامنه‌ای جدید دانکن تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

## Accelerating seed germination of (*Salvia macrosiphon*) and (*Capsicum annum*) via carbon nanotubes (CNTs) application

**Abstract**

Carbon nanotubes (CNTs) seed treatments of *Salvia macrosiphon* and *Capsicum annum* at 5 concentrations (0, 10, 20, 30, and 40 mg $l^{-1}$) showed that CNTs could improve percentage of germination. The highest (92.87- at 10 mg $l^{-1}$) and lowest (30.25- at control) percentage of germination was recorded for Pepper and Salvia seeds, respectively. After seed treatment with CNTs, seed diameter and area were higher compared to control and it is may be due to more water uptake. The low concentrations led to the longer radical and plumule length compared to control and with increasing concentration negative effects were obvious. The highest fresh and dry weights of seedlings were obtained at 10 to 30 mg $l^{-1}$. Overall, best results were achieved at 10 to 30 mg $l^{-1}$ concentrations of CNTs and 40 mg $l^{-1}$ was accompanied with negative effects on most measured parameters.

Keywords: CNTs (carbon nanotubes), Nano-agriculture, Seed germination