دانشگاه فرهنگیان *Farhangian University*

فصلنامه پویش در آموزش علوم پایه *Quarterly Journal of Education in Basic Sciences*

دوره دهم، شماره ۳۴، بهار ۱۴۰۳ *Volume 10, Issue 34, Spring, 2024*

اثر نانو لوله های کربنی و سایر ترکیبات کربنی روی جوانه زنی فلفل و مقایسه آن با روش های متداول

جعفر عظمت [۱]، محمدجواد جمالی [۲]

دریافت:۱۴۰۲/۵/۹ پذیرش:۱۴۰۳/۱/۲۹

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی عوامل مختلف تاثیرگذار بر جوانه زنی و میزان رشد طول جوانه ها در بذرهای فلفل می باشد. به همین منظور چند ترکیب مختلف شامل نانو لوله کربنی چند جداره محلول و مخلوط در آب، پودر ذغال مخلوط در آب، پودر خاکستر کود حیوانی مخلوط در آب و پودر خاکستر چوب مخلوط در آب استفاده شد. این پژوهش با ۶ تیمار و در یک دوره انجام شد که برای جلوگیری از احتمال بروز خطا در آزمایش، در یک دوره چند نمونه به صورت همزمان مورد آزمایش قرار گرفتند. نتایج نشان دهنده تفاوت معنی داری در تعداد بذرهای جوانه زده و رشد طولی بذرها در این مواد نسبت به نمونه شاهد بود، به گونه ای که تعداد بذر های جوانه زده در محلول نانولوله کربنی چند جداره نسبت به نمونه شاهد اختلاف معناداری را نشان داد. علاوه بر آن میانگین رشد طولی بذرها در پودر خاکستر مخلوط در آب نیز اختلاف معناداری را نسبت به نمونه شاهد نشان داد.

واژگان کلیدی: نانولوله کربنی، جوانه زنی، فلفل، پودر ذغال، پودر خاکستر.

[۱] . گروه آموزشی شیمی، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی۸۸۹-۱۴۶۶۵، تهران. ایران. نویسنده مسئول، j.azamat@cfu.ac.ir

[۲] . دبیر شیمی، بوئین زهرا، قزوین، ایران.

مقدمه

صنعت نانو فناوری از اوایل قرن حاضر رشد و توسعه شتابانی به خود گرفته است و چشم اندازهایی را برای غلبه بر برخی مشکلات از جمله در بخش کشاورزی به وجود آورده است (Lahiani et al., ۲۰۱۵). نانوفناوری می تواند سبب افزایش بهره وری محصولات کشاورزی، کاهش خسارت محصولات پس از برداشت، بهبود کیفیت محصول، بازار پسندی بیشتر محصولات به بازار و حتی تصفیه آب های زیر زمینی شود (Wang et al., ۲۰۱۲). نانومواد مختلف عامل دار شده و نشده در کشاورزی، صنایع تغذیه و مواد غذایی به طور گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرند و تاثیر آنها بررسی می شود (Cañas et al., ۲۰۰۸). در محصولات زراعی،آفت کش ها، کود، علف کش ها و واکنش های ضد میکروبی برای افزایش رشدگیاه و محصول از نانو مواد تولید می شوند. با توجه به اندازه کوچک آنها، نانومواد به راحتی به بافت ها و سلول های مختلف در گیاهان نفوذ می کنند،لذا درصورت هدف گیری تحویل و رهایی آنها کنترل می شود (Tan & Fugetsu, ۲۰۰۷). علیرغم این مزایا، تعداد بیشتری از مطالعات همچنین اثرات مهاری نانومواد بر روی گیاهان نظیر اختلال غشاء سلولی، تولید گونه های واکنش پذیر اکسیژن، آسیب DNA و پروتئین و انتشار یون های سنگین فلزات گزارش کرده اند (Park & Ahn, ۲۰۱٦). یکی از نانومواد‌ی که در علوم گیاهی بسیار مورد توجه پژوهشگران می باشد، نانولوله های کربنی هستند، زیرا ویژگیهای منحصر به فردی مانند ساختار شیمیایی، ابعاد ویژه و انعطاف پذیری زیاد دارند (Haghighi & Teixeira da Silva, ۲۰۱٤). نانو مواد کربنی مواد جدیدی هستند که با خصوصیات مکانیکی، الکتریکی، فیزیکی و شیمیایی و حرارتی خود در سالهای اخیر توجه گسترده ای را در میان محققان موجب شده است (Tiwari et al., ۲۰۱٤). اعتقاد بر این است که نانولوله کربن ها قادرند ویژگی های ریخت شناسی و فیزیولوژی سلول های گیاهی را تغییر دهند و درنهایت سبب تنظیم رشد گیاه و نهال و نیز افزایش رشد محصول شوند (Khodakovskaya, de Silva, Biris, Dervishi, & Villagarcia, ۲۰۱۲; Lahiani et al., ۲۰۱۳). کاربرد نانو مواد کربنی طیف وسیعی از حوزه های کاربردی ازجمله الکترونیک، پزشکی، هوافضا و کشاورزی را در برمی گیرد. در میان نانو مواد کربنی، نانولوله های کربنی تک جداره و نانولوله های کربنی چند جداره به دلیل اثرات مثبت در رشد محصولات مختلف، توجه زیست شناسان گیاهی را به خود جلب کرده اند (Haghighi & Teixeira da Silva, ۲۰۱٤). پیش از این، نانومواد بر پایه کربن مانند نانولوله های کربنی تک جداره و چند جداره اثرات نامطلوبی روی گیاهان ایجاد کردند. نانو لوله های کربنی تک جداره باعث افزایش طول ریشه در پیاز و خیار شده، اما در کلم تاثیر ندارد. نانو لوله های کربنی چند جداره نیز باعث تجمع و افزایش مهار کننده در کشت سوسپانسیون سلولی برنج می شود (Tripathi, Sonkar, & Sarkar, ۲۰۱۱). نتایج ناسازگارانه نشان می دهد که اثر نانومواد بر روی گیاهان بسته به نوع نانومواد (نوع، غلظت و زمان پرتودهی) و گیاهان مورد بررسی (گونه ها، مراحل تکاملی و انواع بافت ها و سلول ها) متفاوت است (Wang et al., ۲۰۱۲).

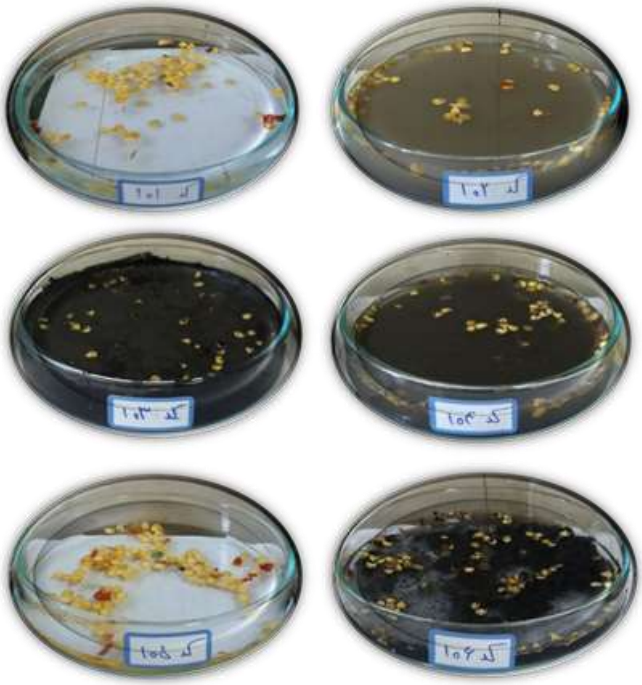
کاربرد موفقیت آمیز الگوهای گوناگون مرتبط با نانو فناوری در زمینه های مختلف علوم و صنعت، انگیزه های زیادی را در راستای استفاده از این فناوری در صنعت کشاورزی به وجود آورده است (Nair et al., ۲۰۱۰). فناوری نانو نقش مهمی را در بهبود روش های مدیریت محصول ایفا می کند. مواد شیمیایی مورد استفاده در مراحل مختلف صنعت کشاورزی به طور رایج برای غلّات و با اسپری کردن و یا پراکندن به کار برده می شود. معمولاً مقدار بسیار کمی از مواد شیمیایی، که بسیار کمتر از حداقل غلظت مورد نیاز گیاه است، به مکان هدف می رسد که ناشی از مشکلاتی مانند نشت مواد شیمیایی به خارج از گیاه، تخریب به واسطه فتولیز، هیدرولیز و تخریب میکروبی است. از این رو برای داشتن کنترل موثر، تکرار عمل اسپری و پراکندن مواد شیمیایی ضروری است. اما این عمل ممکن است منجر به اثرات ناخواسته ای همچون آلودگی آب و خاک گردد (Nair et al., ۲۰۱۰). در چنین مواقعی خیساندن بذر در مواد نانو می تواند تا حدی این مشکل را بر طرف کند. با این کار مواد نانو این قابلیت را پیدا می کنند تا در بذر نفوذ کرده و تأثیر خود را اعمال کند. برای جلوگیری از تکرار آزمایش و اطمینان کامل، یک آزمایش در شرایط مختلف در یک زمان تکرار می شود که از طریق کشت چند نمونه از یک تیمار انجام می شود. شرایط فوق نه تنها برای غلّات بلکه برای تیره بادنجانیان از جمله فلفل نیز صدق می کند. فلفل سبز گیاهی از خانواده solanaceae است که نام علمی آن capsicum frutescens L است. فلفل سبز گیاهی چند ساله است که ارتفاع ساقه آن تا دو متر می

رسد. دارای شاخه های منشعب، برگ های آن بیضی نوک تیز شبیه برگ ریحان ولی صاف و کمی موجی است. از نظر ترکیبات شیمیایی، فلفل سبز منبع بسیار غنی ویتامین c می باشد و مقدار ویتامین c آن به مراتب بیش تر از ویتامین c موجود در مرکبات است. این فلفل ها معمولاً در مناطق حارّه و نواحی گرم سیر رشد می کنند، ولی در مناطق معتدله نیز کشت می شوند. فلفل سبز از گیاهان بومی مکزیک و جنوب آمریکای شمالی است (Van Aken, ۲۰۱۵). بر اساس تحقیق های انجام شده روی نانو لوله های کربنی و تاثیرات آنها بر رشد و جوانه زنی گیاهان اثبات شده که گیاه باقلا نسبت به نوع و غلظت های متفاوت نانو ذرات، واکنش های متفاوتی نشان می دهد، به طوری که نسبت به بعضی غلظت های نانو لوله کربنی چند جداره (غلظت ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر) واکنش مثبت دارد (Amenta et al., ۲۰۱۵). بر این اساس در این تحقیق سعی بر آن است تا تاثیر ترکیبات کربنی مختلف را در جوانه زنی فلفل بررسی کنیم.

مواد و روش ها

این تحقیق برای مقایسه تاثیر موادی از قبیل نانولوله کربنی چند جداره، خاکستر کود حیوانی، خاکستر چوب و ذغال بر روی بذر فلفل و ثبت مدت جوانه زدن، طول جوانه ها و تعداد جوانه های ایجاد شده در تیمار های مشخص که هر کدام حاوی ۱۶ نمونه است، انجام شده است. در این آزمایش ۶ نمونه تیمار مورد آزمایش قرار گرفته که در شکل ۱ مشاهده می شود و به شرح زیر است:

۱) آب خالص (کد۱۰۱)
۲) آب + خاکستر کود حیوانی (کد۱۰۲)
۳) آب + پودر ذغال (کد۱۰۳)
۴) آب + خاکستر چوب (کد۱۰۴)
۵) محلول اشباع نانولوله کربنی چند جداره (کد۱۰۵)
۶) مخلوط ۰/۵ گرم نانولوله کربنی چند جداره در ۱۰ میلی لیتر آب (کد۱۰۶)



شکل ۱. نمونه تیمارهای مورد آزمایش قرار گرفته

در این آزمایش از آب مقطر و بذر اصلاح شده فلفل تولید داخل کشور استفاده شده است. نانولوله کربنی چند جداره مورد استفاده در این آزمایش در تولیدی پژوهشگاه صنعت نفت ایران تهیه شده و دارای خلوص۹۵٪ می باشد. خاکستر کود حیوانی از کود گاو تهیه شده است و خاکستر چوب از تکه ای تخته آماده و پودر ذغال نیز از ذغال درخت زبان گنجشک تهیه شده است. تمامی این بذر ها در خاک MIKSKAAR professional substrate۳۰۰ کشت شدند. برای سهولت در انجام آزمایش، تیمار ها کد گذاری شده بودند.

برای تهیه تیمار ۱۰۲، خاکستر کود حیوانی را به مدت ۵ الی ۱۰ دقیقه خوب پودر کرده و سپس برای جداسازی سنگ ها و ناخالصی های آن، غربال شده و نهایتاً با ۱۰ میلی لیتر آب مخلوط شده و بذرها به مدت یک روز درون آن قرار گرفتند. در تهیه تیمار ۱۰۳ ذغال نیز مانند تیمار۱۰۲ با تفاوت زمانی ۵ دقیقه بیشتر سابیده شد تا خوب پودر شود. بعد از پودر شدن با ۱۰ میلی لیتر آب مخلوط شد که ماده ای به رنگ سیاه بدست آمد. بذرها در این مخلوط به مدت یک روز قرار داده شد. خاکستر چوب نیز (تیمار ۱۰۴) به مدت ۵ الی۸ دقیقه سابیده شد تا خوب پودر شده و با ۱۰ میلی لیتر آب مخلوط شود که نتیجه آن ماده ای به رنگ خاکستری بود که بذرها یک روز تمام درون آن خیسانده شدند. تیمار ۱۰۵ با روشی متفاوت تر از تیمار های دیگر تهیه شد. برای تهیه تیمار ۱۰۵ ابتدا درون یک بشر،۵۰۰ میلی لیتر آب ریخته و روی چراغ بونزن جهت گرم شدن و افزایش انحلال پذیری نانولوله کربنی قرار داده شد. پس از گرم شدن آب، به مقدار مناسب نانولوله کربنی به آن افزوده شد تا محلول اشباع حاصل شود. سپس اجازه داده شد تا محلول آهسته سرد شود. پس از سرد شدن، محلول فوق اشباع حاصل شده را به درون بالن حجمی انتقال داده و جهت پس زدن حلال اضافی، تکان داده شد. با این کار از اشباع بودن محلول اطمینان حاصل می شود. در ادامه محلول حاصل، می بایستی صاف شود، لذا آن را با استفاده از صافی های مخصوص صاف کرده و با استفاده از پیپت، ۱۰ میلی لیتر از آن را برداشته و به درون پلیت انتقال داده شد تا بذر ها درون آن خیسانده شوند. برای تهیه ی تیمار ۱۰۶، ۰/۵ گرم نانولوله کربنی چندجداره را با ۱۰ میلی لیتر آب مخلوط کرده و بذر ها درون آن قرار داده شدند.

تمامی تیمار ها درون پلیت ریخته شده و بذرها به مدت یک روز در پلیت باقی ماندند. برای جلوگیری از بخار شدن آب و تغییر غلظت مواد، پلیت ها با فویل آلومینیم پوشانده شد. بعد از گذشت یک روز و خیس خوردن کامل بذرها در تیمارها، نوبت به کشت بذرها رسید. برای کشت ابتدا باید سینی نشا آماده شود که برای آماده کردن سینی نشا، ۶ اتیکت جهت مشخص شدن تیمار ها تهیه شده و درون سینی قرار داده شد و مقابل هر اتیکت تا ۱۶ نمونه از خاک پر می شد تا به این طریق هم از تکرار آزمایش جلوگیری شود و هم درصد رشد نمونه ها ارزیابی شود (شکل ۲).

شکل ۲. سینی نشا شامل ۶ نمونه آماده شده که هر یک ۱۶ بار تکرار شده است.

هنگام قرار دادن دانه درون سینی باید دقت کافی داشت که مقداری از موادی که بذرها در آن خیسانده شده است، روی بذر قرار داشته باشد و در مورد محلول نانولوله کربنی نیز یک قطره از محلول روی هر نمونه انداخته شود. بذر ها در عمق ۲ سانتی متری از خاک قرار داده و روی آنها با خاک پوشانده شد. برای آبدهی به نمونه ها از آب پاش فشاری یا اسپری استفاده شد تا حجم و تراکم آب، بذر یا خاک را جابه جا نکند. برای جلوگیری از نشت آب و تخریب کف چوبی گلخانه نیز یک سینی فلزی یا مجمع زیر سینی نشا قرار داده شد. برای کنترل دما نیز یک دماسنج درون گلخانه نصب شده بود. بعد از کاشت بذرها و قرار دادن آنها در گلخانه، روزانه به نمونه ها سرکشی شده، آبدهی به بذر ها انجام شده، دما کنترل شده و از نمونه ها عکس تهیه گردید تا نتایج حاصله مستند گردد. پس از رشد بذرها، روزانه علاوه بر موارد ذکر شده طول ساقه ها نیز اندازه گیری و ثبت گردید و تعداد بذر های رشد کرده از هر تیمار ثبت شد. نحوه اندازه گیری طول بذرها این گونه بود که ابتدا کاغذ یا نخی معادل طول گیاه قرار داده شده و سپس طول کاغذ با استفاده از نرم افزار smart tools اندازه گیری و ثبت گردید.

بحث و نتیجه‌گیری

پس از انجام مراحل اولیه کاشت، در ادامه کار به بررسی عوامل موثر در رشد جوانه ها و میزان تاثیر هر یک پرداخته شد. بذرهای کشت شده از روز ششم کاشت، شروع به جوانه زنی کردند. درصد رشد بذرها در تمامی تیمارها در طول ۷ روز کاری در شکل ۳ نشان داده شده است که بر اساس آن در روز اول آغاز رشد، تیمار۱۰۱ و تیمار ۱۰۲ بدون رشد، تیمار ۱۰۳ ۲۵٪، تیمار ۱۰۴ ۱۲/۵٪، تیمار ۱۰۵ ۲۵٪ و تیمار ۱۰۶ ۱۲/۵٪ رشد داشته اند. همچنین در اولین روز آغاز رشد، بر اساس شکل ۴ بذرها در تیمار های ۱۰۳، ۱۰۴، ۱۰۵ و ۱۰۶ رشد کرده اند ولی در تیمار ۱۰۱و ۱۰۲ اثری از رشد نیست و همچنین تعداد بذرهای رشد کرده در تیمار ۱۰۳ و۱۰۵ نسبت به سایر تیمار ها بیشتر بود. بر اساس این شکل، تیمار۱۰۱ و تیمار۱۰۲بدون رشد، تیمار۱۰۳ ۹/۹۷ mm، تیمار۱۰۴ ۲ mm، تیمار ۱۰۵ ۶/۸۲ mm و کد۱۰۶ ۹/۹۵ mm در روز اول رشد داشته است.

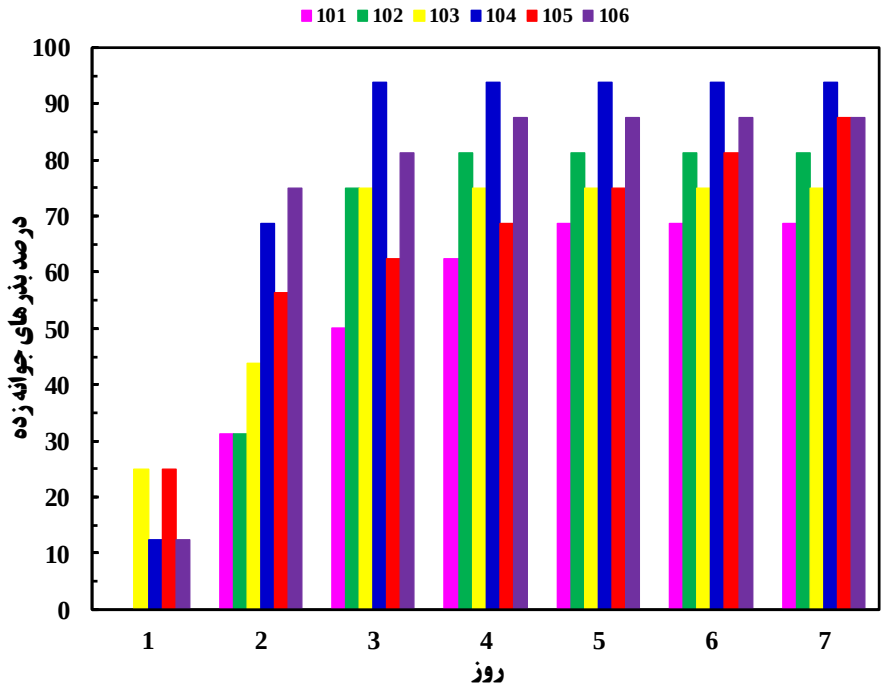
در دومین روز آغاز رشد، تعداد بذر های جوانه زده در تیمار شماره۱۰۶ و ۱۰۴ که به ترتیب حاوی مخلوط نانولوله+آب و خاکستر چوب+آب بودند، بیشتر از سایر تیمار بود و نمودار اختلاف معناداری را نشان می دهد. علاوه بر آن تعداد بذرهای رشد کرده در تیمار۱۰۵ که حاوی محلول اشباع نانولوله است نسبت به تیمار ۱۰۶ در روز دوم جوانه زدن اختلاف معناداری را نشان می دهد. تعداد بذر های رشد کرده در تیمار ۱۰۱ که نمونه شاهد است با تیمار ۱۰۲ که حاوی خاکستر کود حیوانی است برابری می کند و عدم اختلاف آنها تا روز دوم جوانه زدن نشان دهنده بی تاثیر بودن خاکستر کود حیوانی در درصد رشد بذر ها می باشد ولی میانگین رشد طولی بذر ها نشان می دهد که تیمار۱۰۱ نسبت به تیمار ۱۰۲ رشد بهتری داشته است. میانگین رشد بذر ها در روز دوم اختلاف تیمار های ۱۰۳، ۱۰۴، ۱۰۵ و ۱۰۶ نسبت به تیمار ۱۰۱ یا نمونه شاهد را به ترتیب ۱۰/۰۲ mm، ۱/۸۴ mm، ۵/۰۱mm و ۳/۸۵ mm بالاتر نشان می دهند که میزان رشد طول بذرها در تیمار۱۰۳ بیشتر از همه تیمار ها بوده است و درصد جوانه زنی بذرها در تیمار ۱۰۶ نیز بالا تر از همه تیمار ها بوده است.

در سومین روز آغاز رشد، تعداد بذرهای جوانه زده در تیمار ۱۰۱ و ۱۰۶ اختلاف معنی داری دارند. با وجود اینکه تعداد بذر های جوانه زده در تیمار ۱۰۲ بیشتر از نمونه شاهد است ولی میانگین رشد جوانه ها در نمونه شاهد همچنان بیشتر از تیمار ۱۰۲ است. در تیمار ۱۰۴ افزایش ناگهانی درصد رشد تعداد جوانه ها از ۶۸/۷۵٪ به ۹۳/۷۵٪ اختلاف معنا داری را نشان می دهد. افزایش درصد رشد جوانه ها در تیمار۱۰۱ از روز گذشته تا به حال نیز اختلاف معنا داری را نشان می دهد. تیمار ۱۰۲و ۱۰۳ نیز این شرایط را دارند. افزایش میانگین طول جوانه ها بر اساس شکل ۴در همه تیمار ها حدود ۱۰ mm بوده است.

در چهارمین روز آغاز رشد میانگین طول بذر ها در نمونه شاهد با تیمار۱۰۵ که حاوی محلول اشباع نانولوله کربنی چندجداره است، اختلاف معناداری دارد. میانگین طول بذر ها در تیمار ۱۰۲ تا روز سوم کمتر از نمونه شاهد بود ولی طبق نتایج و مشاهدات میانگین طول بذر ها در تیمار۱۰۲ بیشتر از نمونه شاهد یا همان تیمار ۱۰۱ است. میانگین طول بذر ها در تیمار ۱۰۶ که مخلوط نانولوله کربنی چندجداره در آب است نسبت به مورد مشابه و محلول آن ۹/۲۸ mm کمتر است که اختلاف این دو تیمار معنادار است. اختلاف ۳/۵۷ mm میانگین طول بذر های رشد کرده در تیمار ۱۰۱و۱۰۲ که میانگین طول بذر های رشد

کرده در تیمار ۱۰۲ بیشتر از تیمار۱۰۱ است و براساس نمودار ۱-۲ خاکستر کود حیوانی تاثیر کمی بر رشد طولی بذر ها داشته است. رشد ۱۰/۷۴ mm تیمار ۱۰۳ نسبت به نمونه شاهد بر اساس نمودار۱-۲ نشان می دهد که پودر ذغال تاثیر نسبتا زیادی بر رشد طولی بذر ها داشته است و همچنین رشد ۷/۵۸ mm تیمار ۱۰۴ نسبت به نمونه شاهد بر اساس نمودار۱-۲ نیز نشانگر آنست که خاکستر چوب نیز بر روی رشد طولی بذر ها تاثیر دارد. رشد۹/۶۲ mmتیمار ۱۰۵ نسبت به نمونه شاهد بر اساس نمودار۱-۲ نشانگر تاثیر نانولوله کربنی چندجداره محلول در آب بر روی رشد طولی بذر هاست. رشد بسیار ناچیز ۰/۳۴ mm تیمار ۱۰۶ نسبت به نمونه شاهد نشانگر آنست که نانولوله کربنی چندجداره بر روی رشد طولی بذر ها تاثیری ندارد. رشد درصد تیمار های ۱۰۲تا۱۰۶ نسبت به نمونه شاهد بر اساس شکل ۳ نشان می دهد که این مواد بر روی تعداد جوانه زنی بذر ها تاثیر مثبت دارند. در بین این مواد همان طور که در این شکل مشخص شده است تیمار های ۱۰۶و۱۰۴ بیشترین تاثیر را بر جوانه زنی بذر ها داشته اند. درصد تعداد بذر های رشد کرده در تیمار های ۱۰۳و۱۰۴ هیچ تفاوتی نسبت به روز گذشته نداشته است. تیمار های ۱۰۵و۱۰۳ بیشترین اختلاف طولی را با نمونه شاهد داشته اند ولی کمترین اختلاف را هم در تعداد بذر های جوانه زده داشته اند که بسیار معنا دار است.

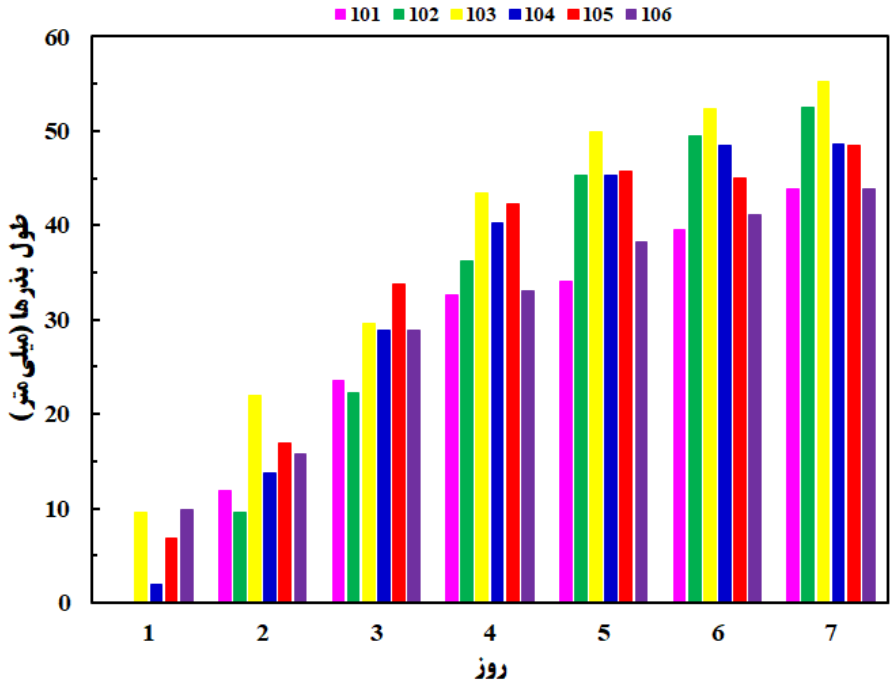
در پنجمین روز آغاز رشد بر اساس داده های حاصل، طول بذر های رشد کرده در تیمار ۱۰۳ نسبت به نمونه شاهد اختلاف معناداری را نشان می دهد همچنین بر اساس داده های شکل ۳درصد رشد بذر ها در تیمار ۱۰۴ نسبت به نمونه شاهد اختلاف معنا داری را نشان می دهد. بر اساس داده های شکل۴ میانگین رشد طولی بذر ها در تیمار ۱۰۲ نسبت به نمونه شاهد رشد mm ۱۱/۲۳ را شاهد است که باتوجه به آن خاکستر کود حیوانی در رشدطولی بذر ها تاثیر داردو با توجه به شکل۳ تعداد بذر های جوانه زده در تیمار ۱۰۲ نیز بیشتر از نمونه شاهد است. میانگین رشد طولی بذر ها در تیمار ۱۰۳ نسبت به نمونه شاهد mm ۱۵/۷۲بیشتر است و این اختلاف ناشی از تاثیر پودر ذغال در رشدطولی بذر ها بوده است. شکل ۳ نشان دهنده بیشتر بودن تعداد بذر های جوانه زده در در تیمار۱۰۳ نسبت به نمونه شاهد است. تیمار های ۱۰۴، ۱۰۵ و ۱۰۶ به ترتیب mm ۱۱/۲۳، ۱۱/۶۶mm ، ۴/۱۳mm نسبت به نمونه شاهد بزرگ تر شده اند که این اختلاف به معنی تاثیر این مواد در رشد طولی گیاه هستند. بررسی شکل ۳ نیز بالا بودن درصد جوانه زنی را در این سه تیمار نسبت به نمونه شاهد نشان می دهد.



شکل ۳. درصد بذرهای جوانه زده در ۶ تیمار تهیه شده در طول هفت روز

در ششمین روز آغاز رشد بر اساس نتایج ثبت شده در نمودار ۱-۲ میانگین رشد طولی بذرها در تیمار ۱۰۳ بزرگ ترین عدد را نشان می دهد. مطابق با نتایج ثبت شده در شکل ۳ تیمار ۱۰۴ بیشترین درصد رشد بذر ها را به خود اختصاص داده است.

نتایج ثبت شده در شکل ۴ نشان می دهد میانگین رشد طولی بذر ها در روز پنجم تا ششم در تیمار۱۰۵ کاهش یافته است رشد بذری تازه دلیل این موضوع بوده است. میانگین رشد طولی بذرها از روز پنجم تا ششم در تیمار۱۰۱ یا نمونه شاهد بیشتر از سایر نمونه هاست و رشد۵/۳۹ mm را نشان می دهد ومیانگین رشد طولی بذر ها در تیمار ۱۰۵ نیز نسبت به روز گذشته کاهش ۰/۷۵mm- داشته است. با توجه به شکل ۳ جوانه زنی در تیمار های ۱۰۱، ۱۰۲، ۱۰۳، ۱۰۴ و ۱۰۶ متوقف شده است ولی درصد جوانه زنی در تیمار۱۰۵ از ٪۷۵ به ٪۸۱/۲۵ تغییر یافته است.



شکل .۴ مقایسه طول بذر های رشد کرده در تیمار های ۶ گانه در طول هفت روز

در هفتمین روز آغاز رشد بر اساس شکل ۴ میانگین طول بذر ها در تیمار ۱۰۳ نسبت به تیمار۱۰۱ یا نمونه شاهد رشد ۱۱/۲۸mm داشته است که اختلاف معنا داری را نشان می دهد. میانگین رشد طولی بذر ها در تیمار ۱۰۵ که حاوی محلول نانولوله کربنی چندجداره است نسبت به تیمار ۱۰۶که حاوی مخلوط نانولوله کربنی چندجداره است اختلاف معناداری را نشان می دهد. میانگین رشد طولی بذر ها در تیمار های ۱۰۲، ۱۰۳، ۱۰۴ و ۱۰۵ نسبت به نمونه شاهد اختلاف معنا داری را نشان می دهد. بر اساس داده های شکل ۳ تیمار ۱۰۴ بیشترین درصد جوانه زنی را به خود اختصاص داده است. بعد از تیمار ۱۰۴ تیمار های ۱۰۵و۱۰۶ بیشترین تاثیر را بر روی جوانه زنی بذر های فلفل از خود نشان داده اند. نمونه شاهد کمترین درصد رشد را در جوانه زنی بذر های فلفل دارد وتیمار ۱۰۳ نیز بعد از نمونه شاهد کمترین درصد جوانه زنی را دارد. بر اساس شکل ۴ و مقایسه رشد طولی بذر ها در روز ششم و روز هفتم نمونه شاهد رشد۴/۳۷ mmداشته است و تیمار ۱۰۲ نیز رشد۳/۱۱ mm را از خود نشان می دهد. میانگین رشد طولی بذر ها در تیمار۱۰۳ نیز در حدفاصل روز ششم تا هفتم رشد ۲/۸۲mmرا نشان می دهد. بر اساس شکل ۴ میانگین رشد طولی بذر ها تیمار ۱۰۴ در حدفاصل روز ششم تا روز هفتم رشد۰/۱۸ mmداشته است.تیمار۱۰۵ رشد طولی بذر ها میانگینی معادل ۳/۴۲mmداشته است. میانگین رشد طولی بذر ها در تیمار۱۰۶ نیز رشدی معادل۲/۸۵ mm داشته است. جوانه زنی در تیمار های۱۰۱، ۱۰۲، ۱۰۳، ۱۰۴ و ۱۰۶ متوقف شده است.

نتیجه گیری

بر اساس شکل ۳ درصد جوانه زنی در تیمار۱۰۴ در همه روز ها بجز روز اول و دوم بالاتر از سایر تیمارها بوده است و علاوه بر آن در روز هفتم نیز بیشترین درصد را نشان می دهد و ناشی از تاثیر خاکستر چوب بر جوانه زنی در بذر فلفل است. بر اساس این نمودار جوانه زنی در تیمار های ۱۰۳و۱۰۴ از روز سوم به بعد متوقف شده است. جوانه زنی در تیمار های ۱۰۲ و ۱۰۶ نیز از روز چهارم به بعد متوقف شده است. جوانه زنی در نمونه شاهد از روز پنجم به بعد و همین طور جوانه زنی در تیمار۱۰۵

از روز هفتم به بعد متوقف شده است. بر اساس شکل ۴ میانگین رشد طول بذر ها همواره در تیمار۱۰۳ بیشتر از سایر تیمار ها بوده است و این نتیجه نشان دهنده تاثیر پودر ذغال بر رشد طولی گیاهان است. بر اساس همین نمودار تاثیر تیمار۱۰۲ بر رشد طولی گیاهان از روز دوم شروع شده و روز به روز نسبت به بقیه تیمار ها افزایش یافته است تا نهایتاً در روز هفتم به بیشترین حد خود رسیده و بعد از تیمار۱۰۳ در رتبه دوم قرار دارد. همچنین مخلوط نانولوله کربنی چند جداره در آب تاثیری بر رشد طولی بذر های فلفل نداشته یا تاثیر آن بسیار ناچیز است در صورتی که نانولوله کربنی چندجداره محلول در آب تاثیر مناسبی بر رشد طولی بذر ها داشته است. در نهایت می توان گفت خیساندن بذر فلفل در مخلوط آب و پودر ذغال باعث افزایش طول گیاه و خیساندن بذر فلفل در مخلوط خاکستر چوب و آب باعث افزایش درصد جوانه زنی بذر فلفل می گردد.

منابع

Amenta, V., Aschberger, K., Arena, M., Bouwmeester, H., Botelho Moniz, F., Brandhoff, P., . . . Peters, R. J. (۲۰۱۵). Regulatory aspects of nanotechnology in the agri/feed/food sector in EU and non-EU countries. *Regul. Toxicol. Pharm., 73*(۱), ٤٦٣-٤٧٦. doi: https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.yrtph.۲۰۱٥,۰٦,۰۱٦

Cañas, J. E., Long, M., Nations, S., Vadan, R., Dai, L., Luo, M., . . . Olszyk, D. (۲۰۰۸). Effects of functionalized and nonfunctionalized single-walled carbon nanotubes on root elongation of select crop species. *Environ. Toxicol. Chem., 27*(۹), ۱۹۲۲-۱۹۳۱. doi: https://doi.org/۱۰,۱۸۹۷/۰۸-۱۱۷,۱

Haghighi, M., & Teixeira da Silva, J. A. (۲۰۱٤). The effect of carbon nanotubes on the seed germination and seedling growth of four vegetable species. *Journal of Crop Science and Biotechnology, 17*(٤), ۲۰۱-۲۰۸. doi: ۱۰,۱۰۰۷/s۱۲۸۹۲-۰۱٤-۰۰٥۷-٦

Khodakovskaya, M. V., de Silva, K., Biris, A. S., Dervishi, E., & Villagarcia, H. (۲۰۱۲). Carbon Nanotubes Induce Growth Enhancement of Tobacco Cells. *ACS Nano, 6*(۳), ۲۱۲۸-۲۱۳٥. doi: ۱۰,۱۰۲۱/nn۲۰٤٦٤۳g

Lahiani, M. H., Chen, J., Irin, F., Puretzky, A. A., Green, M. J., & Khodakovskaya, M. V. (۲۰۱٥). Interaction of carbon nanohorns with plants: Uptake and biological effects. *Carbon, 81*, ٦۰۷-٦۱۹. doi: https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.carbon.۲۰۱٤,۰۹,۰۹٥

Lahiani, M. H., Dervishi, E., Chen, J., Nima, Z., Gaume, A., Biris, A. S., & Khodakovskaya, M. V. (۲۰۱۳). Impact of Carbon Nanotube Exposure to Seeds of Valuable Crops. *ACS Appl. Mater. Interfaces, 5*(۱٦), ۷۹٦٥-۷۹۷۳. doi: ۱۰,۱۰۲۱/am٤۰۲۰٥۲x

Nair, R., Varghese, S. H., Nair, B. G., Maekawa, T., Yoshida, Y., & Kumar, D. S. (۲۰۱۰). Nanoparticulate material delivery to plants. *Plant Sci., 179*(۳), ۱٥٤-۱٦۳. doi: https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.plantsci.۲۰۱۰,۰٤,۰۱۲

Park, S., & Ahn, Y.-J. (۲۰۱٦). Multi-walled carbon nanotubes and silver nanoparticles differentially affect seed germination, chlorophyll content, and hydrogen peroxide accumulation in carrot (Daucus carota L.). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 8*, ۲٥۷-۲٦۲. doi: https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.bcab.۲۰۱٦,۰۹,۰۱۲

Tan, X.-m., & Fugetsu, B. (۲۰۰۷). Multi-walled carbon nanotubes interact with cultured rice cells: evidence of a self-defense response. *Journal of Biomedical nanotechnology, 3*(۳), ۲۸٥-۲۸۸.

Tiwari, D. K., Dasgupta-Schubert, N., Villaseñor Cendejas, L. M., Villegas, J., Carreto Montoya, L., & Borjas García, S. E. (۲۰۱٤). Interfacing carbon nanotubes (CNT) with plants: enhancement of growth, water and ionic nutrient uptake in maize (Zea mays) and implications for nanoagriculture. *Applied Nanoscience, 4*(٥), ٥۷۷-٥۹۱. doi: ۱۰,۱۰۰۷/s۱۳۲۰٤-۰۱۳-۰۲۳٦-۷

Tripathi, S., Sonkar, S. K., & Sarkar, S. (۲۰۱۱). Growth stimulation of gram (Cicer arietinum) plant by water soluble carbon nanotubes. *Nanoscale, 3*(۳), ۱۱۷٦-۱۱۸۱. doi: ۱۰,۱۰۳۹/C۰NR۰۰۷۲۲F

Van Aken, B. (۲۰۱٥). Gene expression changes in plants and microorganisms exposed to nanomaterials. *Curr. Opin. Biotechnol., 33*, ۲۰٦-۲۱۹. doi: https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.copbio.۲۰۱٥,۰۳,۰۰٥

Wang, X., Han, H., Liu, X., Gu, X., Chen, K., & Lu, D. (۲۰۱۲). Multi-walled carbon nanotubes can enhance root elongation of wheat (Triticum aestivum) plants. *J. Nanopart. Res., 14*(٦), ۸٤۱. doi: ۱۰,۱۰۰۷/s۱۱۰٥۱-۰۱۲-۰۸٤۱-٥