Modares Journal of Biotechnology. 2018;9(2):293-299

Evaluation the Effects of Different Levels of Silver Nanoparticles on Germination Characteristics of Wheat Cultivars

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Hatami S.[1] *MSc*,
Emamjomeh A.A.* *PhD*,
Farshadfar M.[2] *PhD*,
Safari H.[3] *PhD*,
Fakheri B.[1] *PhD*

How to cite this article
Hatami S, Emamjomeh A A, Farshadfar M, Safari H, Fakheri B. Evaluation the Effects of Different Levels of Silver Nanoparticles on Germination Characteristics of Wheat Cultivars. Modares Journal of Biotechnology. 2018;9(2):293-299.

*Plant Breeding & Biotechnology (PBB) Department, Agriculture Faculty, University of Zabol, Zabol, Iran
[1]Plant Breeding & Biotechnology (PBB) Department, Agriculture Faculty, University of Zabol, Zabol, Iran
[2]Plant Breeding Department, Agriculture Faculty, Kermanshah Branch, Payam-e-Noor University, Kermanshah, Iran
[3]Research Department of Forests and Rangelands, Kermanshah Agricultural & Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran

Correspondence
Address: Agriculture Faculty, University of Zabol, Zabol, Province of Sistan &Baluchestan, Iran. Postal Code: 9861335856
Phone: +98 (54) 31232146
Fax: +98 (54) 31232101
aliimamjomeh@uoz.ac.ir

Article History
Received: April 26, 2017
Accepted: October 28, 2017
ePublished: June 21, 2018

ABSTRACT

Aims Wheat is one of the most important crops products in Iran. Considering the role of nanotechnology in the production of crops, the study of the effect of nanoparticles on its growth processes is very important. The aim of this study was to investigate the effect of silver nanoparticles on germination characteristics of wheat in in *vitro* situation.

Materials & Methods In this experimental study, germination characteristics of 10 wheat cultivars were performed in 4 concentrations including silver nanoparticles, 10000, 5000, 1000, and zero (Control) with 4 replications in factorial design based on completely randomized design. Root and shoots length, root to shoot ratio, germination rate, percentage of germination, time average and index of germination, daily mean germination, seedling emergence and, vigor index were measured. Analysis of variance and Pearson correlation as well as SPSS 18 and Excel 2013 were used to analyze the data.

Findings All traits had a significant correlation with each other ($p<0.01$). There was a significant difference between cultivars and also between different concentrations of nanosilver for all traits ($p<0.01$). Major decomposition and cluster analysis showed the highest level of germination at the control and further at 1000 ppm level. Also, with increasing nanoparticle concentration, the germination characteristics also showed a significant decrease ($p<0.01$). Orom and Parsi were the best cultivars because of the highest value of germination characteristics.

Conclusion High concentrations of silver nanoparticles have an effect on germinating characteristics and reducing their amounts. There are variations between the wheat cultivars for the studied characteristics. Orom and Parsi cultivars are superior to other cultivars.

Keywords Germination; Genetic diversity; *Triticum aestivum*; Nanoparticles

CITATION LINKS

[1] Evaluation of genetic diversity of bread wheat genotypes based on physiological traits in non-stress and terminal drought stress conditions [2] Cytogenetic and genotoxic effects of zinc oxide nanoparticles on root cells of Allium cepa [3] Nanoscale science and engineering for agriculture and food systems [4] The application of nanotechnology in optimization of chemical fertilizers formulation [5] Nanoparticulate material delivery to plants [6] Effect of nano-silver on cell division and mitotic chromosomes: A practical prefatory siren [7] Synthesis of silver nanoparticles and its adverse effect on seed germinations in Oryza sativa, Vigna radiata and Brassica campestris [8] Effects of zinc oxide nanoparticles on roots of rice Oryza sativa L. [9] Physioligical and cytogenetic responses of wheat and barley to silver nanopriming treatment [10] Effects of nano materials on the germination and seedling growth of Brassica seeds [11] Accumulation of gold nanoparticles in Brassiea juncea [12] Green synthesis of biogenic metal nanoparticles by terrestrial and aquatic phototrophic and heterotrophic eukaryotes and biocompatible agents [13] Green synthesis and characterization of monodispersed silver nanoparticles obtained using oak fruit bark extract and their antibacterial activity [14] Investigating the Nano-Silver effects on cytogenetical and morphological characters of barley cultivars [15] Genotoxicity of silver nanoparticles in viciafaba: A pilot study on the environmental monitoring of nanoparticles [16] Evaluation of drought resistance stability of Agropyron trichophorum under in vitro osmotic stress [17] Investigating the Nano-Zn-Oxide effects on cytogenetical and morphological characters of some wheat and barley genotypes [18] Effect of seed osmopriming on seed germination behavior and vigor of Soybean (Glycine max L.) [19] Thermal hardening: A new seed vigor enhancement tool in rice [20] Effect of seed priming on germination and seedling growth of two medicinal plants under salinity

ارزیابی تاثیر سطوح متفاوت نانوذرات نقره بر خصوصیات جوانه‌زنی ارقام مختلف گندم

سهیلا حاتمی MSc
گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
عباسعلی امام‌جمعه* PhD
گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
محسن فرشادفر PhD
گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد کرمانشاه، دانشگاه پیام‌نور، کرمانشاه، ایران
هوشمند صفری PhD
بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران
براتعلی فاخری PhD
گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

چکیده
اهداف: گندم یکی از مهم‌ترین محصولات غذایی در ایران است و با توجه به نقش نانوتکنولوژی در تولید محصولات زراعی، بررسی تاثیر نانوذرات بر فرآیندهای رشدی آن بسیار حایز اهمیت است. هدف پژوهش حاضر، بررسی تاثیر نانوساختارهای نیترات‌نقره با ابعاد مختلف در شرایط "*در شیشه*" بر خصوصیات جوانه‌زنی ارقام مختلف گندم بود.

مواد و روش‌ها: در پژوهش تجربی حاضر، جوانه‌زنی ۱۰ رقم گندم در چهار غلظت نانوذرات نقره ۱۰۰۰۰ppm، ۵۰۰۰، ۱۰۰۰ و صفر (شاهد) با چهار تکرار و در قالب طرح فاکتوریل بر پایه کاملاً تصادفی صورت گرفت. صفات طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه، سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، متوسط زمان و شاخص جوانه‌زنی، متوسط جوانه‌زنی روزانه، سرعت ظهور گیاهچه و شاخص بنیه اندازه‌گیری شدند. به‌منظور تحلیل داده‌ها از آزمون‌های آماری تحلیل واریانس و همبستگی پیرسون و نرم‌افزارهای SPSS 18 و Excel 2013 استفاده شد.

یافته‌ها: تمام صفات، همبستگی معنی‌دار با یکدیگر داشتند (p<۰/۰۱). بین ارقام و همچنین بین غلظت‌های متفاوت نانوذره نقره اختلاف معنی‌دار برای تمام صفات وجود داشت (p<۰/۰۱). در تجزیه به مولفه‌های اصلی و تجزیه کلاستر، بیشترین میزان جوانه‌زنی در سطح شاهد و در ادامه در سطح ppm ۱۰۰۰ مشاهده شد و با افزایش غلظت نانوذره خصوصیات جوانه‌زنی نیز کاهش معنی‌داری نشان داد (p<۰/۰۱). ارقام اروم و پارسی با داشتن بیشترین میزان برای خصوصیات جوانه‌زنی ارقام برتر بودند.

نتیجه‌گیری: سطوح بالای غلظت نانوذرات نقره باعث تاثیر بر خصوصیات جوانه‌زنی و کاهش مقادیر آنها می‌شود. بین ارقام مختلف گندم برای خصوصیات مورد بررسی تنوع وجود دارد. ارقام اروم و پارسی نسبت به دیگر ارقام برتر هستند.

کلیدواژه‌ها: جوانه‌زنی، طرح کاملا تصادفی، گندم، نانوذرات نقره

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۰۶
*نویسنده مسئول: aliimamjomeh@uoz.ac.ir

مقدمه
گندم نان (*Triticum aestivum* L.) اولین غله و مهم‌ترین گیاه زراعی دنیا است و غذای اصلی حدود یک‌سوم جمعیت جهان را تامین می‌کند[1]. با درنظرگرفتن اهمیت آن به‌عنوان یکی از منابع باارزش تامین‌کننده غذا، هر گونه تحقیق روی آن باارزش خواهد بود. ورود نسل اول فناوری‌ها به عرصه کشاورزی، در چند دهه گذشته، منجر به وقوع انقلاب سبز و گذر از کشاورزی سنتی به کشاورزی صنعتی شد. در همین راستا فناوری نانو به‌عنوان یک فناوری بین‌رشته‌ای و پیشتاز، در رفع مشکلات و کمبودها در بسیاری از عرصه‌های علمی و صنعتی، به‌خوبی جایگاه خود را در علوم کشاورزی و صنایع وابسته آن به اثبات رسانده است. نانوفناوری به تمامی فناوری‌های پیشرفته در علوم مختلف که با موادی در مقیاس نانو سروکار دارند، اطلاق می‌شود. معمولاً این علم با موادی با ابعاد یک تا ۱۰۰نانومتر ارتباط داشته که پیش از نام‌گذاری آن، در سال ۱۹۵۹ آغاز شده بود[2].

فناوری نانو کاربردهای وسیعی در همه مراحل تولید، فرآوری، نگهداری، بسته‌بندی و انتقال تولیدات کشاورزی دارد[3]. در رابطه با نقش نانوتکنولوژی در مراحل تولید می‌توان به نانوکودهای شیمیایی اشاره کرد. به‌دلیل اثرات مضری که کودهای شیمیایی مرسوم بر کمیت و کیفیت غذا ایجاد می‌کنند، مدت‌ها است که استفاده از آنها نکوهش شده و عرضه کودهای شیمیایی به شکل نانوذرات اخیراً مورد توجه قرار گرفته است[4]. گسترش محصولات اصلاح‌شده ژنتیکی، مواد شیمیایی محافظ گیاه و روش‌های دقیق کشاورزی از جمله مزیت‌های کاربرد این فناوری به شمار می‌روند[5].

اگرچه کاربردهای فراوانی برای مواد در مقیاس نانو در علوم زیستی و کشاورزی گزارش شده، ولی از زاویه دیگر نیز باید به این مواد با دید تردید نگریست و آن زاویه جنبه‌های منفی و مضر این مواد در زندگی روزمره است که در ادامه به میان می‌آیند. در خصوص مضربودن نانومواد و اثرات سوء آنها تحقیقات معدودی صورت گرفته است. برخی از این تحقیقات روی بررسی اثرات مخرب و سوء نانومواد بر سلامت، کاهش رشد و نمو، بیولوژی سلولی، سیتولوژی و سیتوژنتیک صورت گرفته و اثبات شده است که اثرات مخرب، مهلک و ژنوتوکسیک چنین موادی را نباید نادیده گرفت، زیرا می‌تواند عواقب سوئی بر سلامت انسان و موجودات دیگر داشته باشد[5, 6].

اثرات و سمیت نانوذرات نقره با ابعاد ۱۰۰نانومتر بر جوانه‌زنی گیاهان برنج، ماش و خردل بررسی و مشخص شد که غلظت‌های مختلف نانوذرات نقره اثرات شدیدی بر جوانه‌زنی بذر، رشد ریشه و اندام‌های فوقانی گیاه دارد و گیاهان مختلف به غلظت‌های مختلف پاسخ متفاوتی می‌دهند[7]. در تحقیق دیگری، تاثیرات نانوذرات روی (Nano-ZnO) روی خصوصیات ریشه برنج شامل درصد جوانه‌زنی بذر، تعداد و طول ریشه‌چه، بررسی و در نهایت مشخص شد که نانوذرات روی اثرات شدید و مخربی دارند[8]. همچنین بررسی اثرات نانوذرات نقره بر خصوصیات فیزیولوژیک و سیتوژنتیک گندم و جو نشان داد که اعمال تیمار نانوذرات نقره موجب افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی در هر دو گونه شد[9]. در پژوهش دیگری که توسط *صابر* و همکاران در بررسی تاثیر نانوذرات رس و نقره بر جوانه‌زنی و رشد بذور کلم‌گل صورت گرفت، مشخص شد که نانوذرات رس تاثیری مثبت و نانوذرات نقره تاثیری منفی بر درصد جوانه‌زنی کلم‌گل دارند[10]. افزایش استعمال و استفاده از نانوذراتی مثل نانواکسید روی و نقره در فرآورده‌های مصرفی، بهداشتی و آرایشی ممکن است موجب سرازیرشدن آنها به محیط زیست و تهدید زندگی و بقای موجودات زنده شود[5].

سوخت‌وسازهای ثانویه گوناگون، آنزیم‌ها، پروتئین‌ها و دیگر عوامل کاهنده در تهیه نانوذرات فلزی توسط گیاهان نقشی اساسی دارند. محل انباشت زیستی نانوذرات براساس حضور آنزیم‌ها و پروتئین‌های درگیر در تهیه آنها است. بازیابی نانوذرات از بافت گیاهی خسته‌کننده و گران است و به آنزیم‌هایی برای تخریب بافت سلولزی گیاه نیاز دارد[11]. بنابراین برای تهیه نانوذرات فلزی گوناگون استفاده از عصاره گیاهان در پردازش کم و مقیاس وسیع

آسان‌تر است[12].

پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر نانوساختارهای نیترات‌نقره با ابعاد مختلف در شرایط "*در شیشه*" بر خصوصیات جوانه‌زنی ارقام مختلف گندم انجام شد.

مواد و روش‌ها

در پژوهش تجربی حاضر ۱۰ رقم مختلف گندم (تهیه‌شده از مرکز آموزش، تحقیقات و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه) استفاده شد. ارقام مورد استفاده شامل میهن، چمران، پیشتاز، بهرنگ، پیشگام، سیوند، اروم، پارسی، مهرگان و سیروان بودند. بین ارقام ۹ رقم از گندم نان و فقط رقم بهرنگ از گندم دوروم بود.

به‌منظور سنتز نانوذرات نقره از عصاره گیاه لاله واژگون استفاده شد[13]. لازم به توضیح است که با دستگاه زتاسایزر (ZS) ابعاد نانوذرات استخراج‌شده اندازه‌گیری شد و متوسط ابعاد ۱۳۶نانومتر به دست آمد. آزمایش در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی با چهار تکرار صورت گرفت. فاکتورهای مورد بررسی شامل فاکتور نانونقره (در چهار سطح با غلظت‌های صفر یا شاهد، ۱۰۰۰ppm، ۵۰۰۰ppm و ۱۰۰۰۰ ppm) و فاکتور ارقام گندم (شامل ۱۰ رقم) بودند.

بذور مورد بررسی در مرحله اول برای تعیین قوه نامیه ضدعفونی شدند. سپس در پتری‌دیش ضدعفونی‌شده با وایتکس ۲/۵% (که هر کدام حاوی یک عدد کاغذ صافی واتمن بود) به‌صورت ۲۰تایی قرار داده شدند. سپس در ژرمیناتور با دمای ۲۴°C، رطوبت ۷۰%، ۱۲ساعت نور و ۱۲ساعت تاریکی قرار گرفتند. پس از ۳ روز تعداد بذور جوانه‌زده شمارش شدند که در هر ۱۰ رقم قوه نامیه ۱۰۰% مشاهده شد.

در مرحله بعد، پس از ضدعفونی‌کردن بذور و پتری‌دیش‌ها و اعمال تیمارهای نانوذره در هر پتری‌دیش، تحت شرایط آزمایشگاه برای جوانه‌زنی مورد بررسی قرار گرفتند. به‌منظور بررسی روند جوانه‌زنی روزی یک‌بار به‌مدت ۷ روز بذور جوانه‌زده شمارش شدند[14]. پس از اتمام دوره مورد نظر از هر پتری‌دیش ۵ بذر به‌طور تصادفی انتخاب و صفات مورد نظر اندازه‌گیری شدند (جدول ۱).

نمودار تجزیه کلاستر میانگین خصوصیات جوانه‌زنی برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی تحت غلظت‌های متفاوت نانونقره با روش وارد (Ward) ارایه شده است.

جدول ۱) صفات جوانه‌زنی اندازه‌گیری‌شده

صفات	فرمول محاسباتی	علامت اختصاری
طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	-	RL
طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	-	SL
ریشه بر ساقه	R/S=RL/SL	R/S
درصد جوانه‌زنی	GP=(N'/N)100	GP
شاخص جوانه‌زنی	$GI=\Sigma N_t \times t/N$	GI
سرعت جوانه‌زنی (روز)	$VG=\Sigma(N_t/t)$	VG
متوسط زمان جوانه‌زنی (روز)	$MTG=\Sigma(t \times N_t)/\Sigma N_t$	MTG
متوسط جوانه‌زنی روزانه (%)	MDG=GP/t	MGD
شاخص بنیه	VI=GP×PL	VI
شاخص سرعت ظهور گیاهچه	RS=N/t	RS

N=تعداد کل بذور کشت‌شده، 'N=تعداد کل بذور جوانه‌زده، Nt=تعداد بذر جوانه‌زده در روز، t=زمان جوانه‌زنی (روز tام)، "N=تعداد بذر جوانه‌زده در روز اول

ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی در چهار گروه قرار گرفتند؛ گروه اول شامل ارقام پیشتاز، بهرنگ، سیوند و چمران، گروه دوم شامل رقم سیروان، ژنوتیپ‌های گروه سوم شامل ارقام میهن، پیشگام و مهرگان و گروه چهارم شامل ژنوتیپ‌های اروم و پارسی بودند. بعد از ثبت و اندازه‌گیری ویژگی‌های جوانه‌زنی نمونه‌ها در هر تکرار، داده‌ها در قالب طرح آزمایشی فاکتوریل با پایه کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل‌هایی مانند تجزیه واریانس، مقایسات میانگین و نیز تجزیه و تحلیل‌های آماری چندمتغیره شامل همبستگی پیرسون (بررسی همبستگی فنوتیپی)، تجزیه به مولفه‌های اصلی و تجزیه خوشه‌ای قرار گرفتند. برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای SPSS 18 و Excel 2013 استفاده شد

یافته‌ها

بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی برای تمامی صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (p<۰/۰۱). همچنین سطوح نانوذرات برای تمام صفات اختلاف معنی‌داری نشان دادند (p<۰/۰۱). اثر متقابل بین ژنوتیپ×سطح نانوذرات نقره نیز برای تمام صفات معنی‌دار بود (p<۰/۰۱). ضریب تغییرات بین ۱۷/۰۳% تا ۵/۳۶% به دست آمد.

گروه‌بندی متفاوتی بین ژنوتیپ‌ها برای صفات مورد بررسی وجود داشت. در صفت نسبت ریشه به ساقه بیشترین میانگین مربوط به رقم سیروان، در صفت طول ساقه‌چه مربوط به رقم پارسی و در صفت طول ریشه‌چه مربوط به رقم سیروان بود. همچنین ارقام اروم و پارسی برای صفت سرعت جوانه‌زنی بیشترین مقدار را نشان دادند. رقم اروم دارای بیشترین میزان درصد جوانه‌زنی بود که با ارقام پارسی و چمران اختلاف معنی‌داری نداشت (p>۰/۰۵)، اما با سایر ارقام اختلاف معنی‌دار نشان داد (p<۰/۰۵). در مورد صفت شاخص جوانه‌زنی رقم پارسی دارای بیشترین میزان شاخص جوانه‌زنی بود. رقم پارسی بیشترین میانگین را برای شاخص بنیه به خود اختصاص داد. رقم پیشگام بیشترین سرعت ظهور گیاهچه را داشت. برای صفت طول ریشه‌چه رقم سیروان دارای بیشترین میزان بود. برای صفت متوسط جوانه‌زنی روزانه رقم اروم بیشترین میانگین را به خود اختصاص داد که با ارقام پارسی، سیوند، پیشگام و چمران اختلاف معنی‌دار نشان نداد. از طرفی، رقم بهرنگ کمترین میانگین را داشت که با سایر ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌دار داشت (p<۰/۰۵؛ جدول ۲).

بین سطوح نانوذرات نقره برای صفات سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی روند یکسانی وجود داشت و سطح شاهد دارای بیشترین میانگین برای این سه صفت بود که با سطح ۱۰۰۰ppm اختلاف معنی‌داری نداشت، ولی با سایر سطوح دارای اختلاف معنی‌دار بود. همچنین کمترین میانگین مربوط به سطح ۱۰۰۰۰ppm بود که با سایر سطوح اختلاف معنی‌دار داشت (p<۰/۰۵؛ جدول ۳).

تمامی صفات با همدیگر همبستگی معنی‌دار داشتند که این همبستگی در برخی از صفات به‌صورت منفی و در برخی دیگر به‌صورت مثبت و معنی‌دار بود (p<۰/۰۱). فقط صفت متوسط زمان جوانه‌زنی همبستگی منفی و معنی‌داری با دیگر صفات نشان داد و دیگر صفات با همدیگر همبستگی مثبت داشتند (جدول ۴).

گروه ژنوتیپی اول مقادیر متوسطی برای اکثر صفات و برای دو صفت نسبت ریشه به ساقه و متوسط جوانه‌زنی روزانه کمترین مقدار را داشتند. گروه ژنوتیپی دوم برای صفات نسبت ریشه به ساقه، طول ریشه‌چه و متوسط زمان جوانه‌زنی روزانه بیشترین مقدار را داشت و برای صفات سرعت جوانه‌زنی، سرعت ظهور گیاهچه و شاخص بنیه کمترین میزان را نشان داد. گروه ژنوتیپی سوم مقادیر متوسطی برای اکثر صفات داشتند، به‌گونه‌ای که این

ارقام برای طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند. گروه ژنوتیپی چهارم برای صفات طول ساقه‌چه، سرعت جوانه‌زنی، متوسط جوانه‌زنی روزانه، سرعت ظهور گیاهچه و شاخص بنیه بیشترین مقدار و برای صفت جوانه‌زنی روزانه کمترین مقدار را داشتند (شکل ۱).

طبق تجزیه‌های چندمتغیره به‌منظور تفسیر هر چه بهتر ساختار تنوع موجود در داخل ژنوتیپ‌ها، در مجموع سه مولفه استخراج شد که ۸۵/۶۲% واریانس با آنها بیان شد. مولفه‌های اول، دوم و سوم به‌ترتیب ۴۴/۳۵%، ۲۴/۸۴% و ۱۶/۴۳% واریانس را توضیح دادند. مولفه اول برای صفات سرعت جوانه‌زنی، متوسط جوانه‌زنی روزانه، سرعت ظهور گیاهچه، شاخص جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی دارای بیشترین مقدار مولفه مثبت و برای صفت متوسط زمان جوانه‌زنی دارای بیشترین مقدار مولفه منفی بود (جدول ۵).

با توجه به مقادیر دو مولفه اول بای‌پلات ژنوتیپ‌ها و صفات رسم شد. صفات سرعت جوانه‌زنی، متوسط جوانه‌زنی روزانه، شاخص جوانه‌زنی و سرعت ظهور گیاهچه دارای یک روند بودند، از طرفی صفت نسبت ریشه به ساقه و متوسط زمان جوانه‌زنی روند جداگانه‌ای داشتند. در کل صفات، سه روند متفاوت داشتند (نمودار ۱).

جدول ۲) بررسی میانگین آماری ژنوتیپ‌ها و سطوح متفاوت نانو با روش دانکن برای صفات جوانه‌زنی

صفات	میهن	چمران	پیشتاز	بهرنگ	پیشگام	سیوند	اروم	پارسی	مهرگان	سیروان
نسبت ریشه به ساقه	۰/۸۰±۰/۰۷^{ab}	۰/۶۶±۰/۰۵^{de}	۰/۶۷±۰/۱۱^{de}	۰/۶۳±۰/۰۹^{e}	۰/۷۳±۰/۰۸^{bcd}	۰/۷۰±۰/۰۹^{cde}	۰/۷۵±۰/۰۷^{bc}	۰/۷۰±۰/۰۹^{cde}	۰/۶۸±۰/۱۰^{cde}	۰/۸۵±۰/۰۸^{a}
طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	۵/۵۴±۰/۸۷^{e}	۶/۶۱±۱/۱۴^{ab}	۶/۱۰±۰/۶۸^{cd}	۶/۲۰±۰/۸۱^{bcd}	۵/۸۳±۰/۸۲^{de}	۶/۴۰±۰/۸۴^{abc}	۵/۸۹±۰/۹۰^{de}	۶/۸۴±۰/۷۹^{a}	۵/۷۷±۱/۰۵^{de}	۵/۸۴±۰/۹۲^{de}
طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	۴/۵۶±۰/۹۶^{e}	۴/۶۰±۰/۹۵^{e}	۵/۰۶±۱/۳۸^{bcd}	۴/۸۵±۱/۲۶^{de}	۵/۰۶±۱/۳۱^{bcd}	۵/۲۲±۱/۲۶^{bc}	۴/۹۰±۱/۲۶^{cde}	۵/۳۹±۱/۲۷^{b}	۴/۵۸±۱/۱۷^{e}	۵/۸۲±۱/۴۰^{a}
سرعت جوانه‌زنی (روز)	۱۲/۹۴±۰/۹۰^{bc}	۱۲/۰۵±۰/۷۰^{c}	۱۳/۳۲±۰/۹۸^{b}	۱۰/۹۲±۰/۸۹^{d}	۱۳/۵۲±۱/۲۱^{b}	۱۲/۱۹±۱/۱۵^{c}	۱۵/۴۷±۰/۶۸^{a}	۱۵/۱۱±۰/۷۰^{a}	۱۰/۵۶±۱/۱۸^{d}	۱۰/۲۶±۰/۹۲^{d}
متوسط زمان جوانه‌زنی (روز)	۱/۶۱±۰/۰۹^{d}	۱/۹۲±۰/۱۵^{ab}	۱/۸۷±۰/۱۵^{abc}	۱/۸۷±۰/۱۴^{abc}	۱/۶۶±۰/۱۵^{cd}	۱/۷۳±۰/۱۳^{bcd}	۱/۶۷±۰/۱۱^{cd}	۱/۶۰±۰/۱۲^{d}	۱/۷۲±۰/۰۸^{bcd}	۲/۰۹±۰/۱۶^{a}
متوسط جوانه‌زنی روزانه (%)	۲۷/۴۷±۳/۲۵^{bc}	۲۷/۷۱±۳/۲۹^{abc}	۲۷/۴۳±۳/۰۷^{bc}	۲۲/۸۷±۲/۸۸^{d}	۲۸/۶۰±۲/۶۴^{abc}	۲۷/۶۸±۳/۲۷^{abc}	۳۰/۶۲±۲/۴۰^{a}	۳۰/۱۲±۱/۸۶^{ab}	۲۶/۸۸±۳/۴۲^{c}	۲۶/۶۳±۳/۴۳^{c}
سرعت ظهور گیاهچه	/۶۱±۰/۰۴^{bc}	۰/۵۵±۰/۰۳^{cd}	۰/۵۷۰±۰/۰۴^{c}	۰/۵۱±۰/۰۳ ^{d}	۰/۷۱±۰/۰۵^{a}	۰/۶۱±۰/۰۴^{bc}	۰/۶۴±۰/۰۴^{b}	۰/۶۵۲±۰/۰۴^{ab}	۰/۵۹±۰/۰۲^{bc}	۰/۵۰±۰/۰۳^{d}
شاخص بنیه	۴/۰۶±۰/۷۲^{e}	۵/۱۴±۰/۹۳^{ab}	۴/۶۱±۰/۶۰^{cd}	۴/۵۹±۰/۷۳^{cd}	۴/۲۱±۰/۷۵^{de}	۴/۷۱±۰/۷۲^{c}	۴/۷۴±۰/۷۲^{bc}	۵/۴۳±۰/۶۵^{a}	۴/۱۵±۰/۹۵^{e}	۴/۳۱±۰/۸۱^{cde}
شاخص جوانه‌زنی	۶/۲۱±۰/۱۱^{bcd}	۵/۸۹±۰/۱۹^{d}	۶/۲۷±۰/۲۰^{abc}	۵/۹۸±۰/۱۱^{de}	۶/۳۰±۰/۱۴^{abc}	۶/۱۹±۰/۱۱^{bcd}	۶/۴۰±۰/۰۹^{ab}	۶/۵۱±۰/۱۲^{a}	۶/۱۳±۰/۱۴^{cde}	۵/۹۱±۰/۱۲^{d}
درصد جوانه‌زنی	۷۲/۵۸±۲/۸۴^{cd}	۷۷/۰۹±۰/۸۳^{ab}	۷۴/۰۱±۲/۰۱^{bc}	۷۱/۱۳±۳/۲۲^{cd}	۶۹/۵۶±۳/۲۹^{d}	۷۰/۰۰±۲/۷۴^{d}	۸۰/۰۶±۰/۰۶^{a}	۷۷/۴۴±۱/۶۳^{ab}	۶۲/۴۶±۵/۸۳^{e}	۶۹/۸۸±۳/۲۶^{d}

جدول ۳) مقایسه میانگین آماری صفات تحت بررسی در گروه‌های مورد مطالعه

صفات	گروه شاهد	گروه ۱۰۰ppm	گروه ۵۰۰ppm	گروه ۱۰۰۰ppm
نسبت ریشه به ساقه	۱/۱۵±۰/۰۱^{a}	۰/۷۸±۰/۰۱^{b}	۰/۴۹±۰/۰۱^{c}	۰/۴۵±۰/۰۰^{c}
طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	۱۱/۸۳±۰/۰۳^{a}	۴/۷۲±۰/۰۳^{b}	۴/۱۹±۰/۰۲^{c}	۳/۶۷±۰/۰۳^{d}
طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	۱۳/۰۳±۰/۰۴^{a}	۳/۵۴±۰/۰۲^{b}	۱/۷۹±۰/۰۲^{c}	۱/۶۶±۰/۰۲^{c}
سرعت جوانه‌زنی	۱۵/۹۲±۰/۰۵^{a}	۱۵/۴۶±۰/۰۶^{a}	۱۱/۱۲±۰/۰۷^{b}	۸/۰۴±۰/۰۸^{c}
زمان جوانه‌زنی	۱/۴۵±۰/۰۱^{c}	۱/۳۸±۰/۰۰^{c}	۲/۰۴±۰/۰۱^{b}	۲/۲۱±۰/۰۱^{a}
جوانه‌زنی روزانه (%)	۳۸/۶۷±۰/۰۹^{a}	۳۶/۵۷±۰/۱۵^{b}	۱۸/۷۷±۰/۱۷^{c}	۱۶/۳۹±۰/۲۰^{d}
سرعت ظهور گیاهچه	۰/۷۰±۰/۰۰^{a}	۰/۷۰±۰/۰۰^{a}	۰/۴۹±۰/۰۰^{b}	۰/۴۸±۰/۰۰^{b}
شاخص بنیه	۹/۴۷±۰/۰۳^{a}	۳/۷۷±۰/۰۲^{b}	۳/۰۹±۰/۰۲^{c}	۲/۰۵±۰/۰۲^{d}
شاخص جوانه زنی	۶/۵۵±۰/۰۱^{a}	۶/۴۸±۰/۰۱^{a}	۵/۹۵±۰/۰۱^{b}	۵/۷۳±۰/۰۱^{c}
درصد جوانه زنی	۸۰/۰۰±۰/۰۰^{a}	۷۹/۸۵±۰/۰۲^{a}	۷۱/۶۵±۰/۱۸^{b}	۵۸/۱۸±۰/۴۲^{c}

جدول ۴) ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات جوانه‌زنی

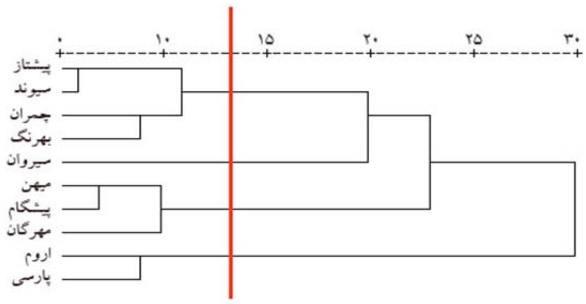
صفات جوانه‌زنی	نسبت ریشه به ساقه	طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	سرعت جوانه‌زنی	متوسط زمان جوانه‌زنی	متوسط جوانه‌زنی روزانه	سرعت ظهور گیاهچه	شاخص بنیه	شاخص جوانه‌زنی
طول ساقه‌چه	**۰/۷۲۸								
طول ریشه‌چه	**۰/۸۷۷	**۰/۹۵۰							
سرعت جوانه‌زنی	**۰/۶۳۵	**۰/۵۵۴	**۰/۵۷۶						
متوسط زمان جوانه‌زنی	**-۰/۵۷۳	**-۰/۴۸۳	**-۰/۴۹۸	**-۰/۷۹۱					
متوسط جوانه‌زنی روزانه	**۰/۷۳۶	**۰/۶۰۰	**۰/۶۵۱	**۰/۸۳۹	**-۰/۷۹۳				
سرعت ظهور گیاهچه	**۰/۵۴۸	**۰/۴۸۸	**۰/۵۰۸	**۰/۸۰۱	**-۰/۹۳۶	**۰/۷۷۰			
شاخص بنیه	**۰/۶۳۴	**۰/۷۷۳	**۰/۷۷۴	**۰/۵۴۰	**-۰/۴۶۲	**۰/۵۲۳	**۰/۵۱۰		
شاخص جوانه‌زنی	**۰/۵۲۲	**۰/۴۸۱	**۰/۵۱۱	**۰/۷۹۲	**-۰/۸۳۷	**۰/۷۹۵	**۰/۷۶۳	**۰/۴۳۰	
درصد جوانه‌زنی	**۰/۵۵۳	**۰/۴۳۵	**۰/۴۵۱	**۰/۸۳۴	**-۰/۴۴۷	**۰/۷۰۶	**۰/۴۲۷	**۰/۴۰۱	**۰/۴۷۷

**معنی‌دار در سطح ۰/۰۱

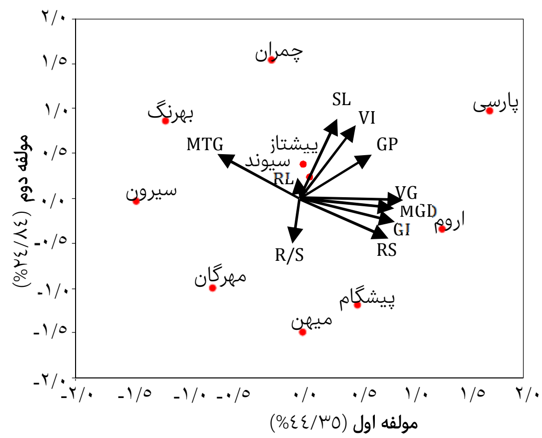
جدول ۵) مقادیر ویژه و سهم واریانس در تجزیه به مولفه‌های اصلی صفات جوانه‌زنی برای ژنوتیپ‌ها

صفات جوانه‌زنی	مولفه اول	مولفه دوم	مولفه سوم
ریشه بر ساقه	-۰/۰۵۳	-۰/۵۱۰	۰/۷۹۴
طول ساقه	۰/۳۳۹	۰/۸۷۵	-۰/۰۸۳
طول ریشه	-۰/۰۰۵	۰/۲۰۵	۰/۸۳۷
سرعت جوانه‌زنی	۰/۹۶۳	-۰/۰۰۹	۰/۰۵۹
متوسط زمان جوانه‌زنی	-۰/۷۴۸	۰/۴۳۹	۰/۳۸۱
جوانه‌زنی روزانه	۰/۸۵۳	-۰/۱۴۶	۰/۳۰۰
سرعت ظهور گیاهچه	۰/۸۰۹	-۰/۴۵۱	-۰/۱۲۲
شاخص بنیه	۰/۵۱۴	۰/۸۴۳	۰/۰۲۴
شاخص جوانه‌زنی	۰/۸۹۰	-۰/۲۵۴	-۰/۰۰۸
درصد جوانه‌زنی	۰/۶۲۷	۰/۴۷۳	۰/۲۲۴
مقادیر ویژه	۴/۴۳	۲/۴۸	۱/۶۴
درصد از واریانس	۴۴/۳۵	۲۴/۸۴	۱۶/۴۳
واریانس تجمعی	۴۴/۳۵	۶۹/۱۸	۸۵/۶۲

اعدادی که زیر آنها خط کشیده شده است، بیشترین سهم در آن مولفه را داشتند



شکل ۱) دندروگرام تجزیه کلاستر به روش Ward بین ژنوتیپ‌های گندم براساس صفات جوانه‌زنی



نمودار ۱) نمودار بای‌پلات مولفه اول و دوم حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی صفات جوانه‌زنی برای ژنوتیپ‌ها

ژنوتیپ‌ها پاسخ متفاوتی داشتند، به‌طوری که ارقام اروم و پیشگام بیشترین سرعت، متوسط زمان، شاخص جوانه‌زنی و سرعت ظهور گیاهچه را داشتند. از طرفی دیگر رقم پارسی بیشترین طول ریشه‌چه، شاخص بنیه و درصد جوانه‌زنی را داشت. ارقام میهن و مهرگان نیز دارای بیشترین نسبت ریشه به ساقه بودند و از طرفی کمترین طول ریشه‌چه، شاخص بنیه و درصد جوانه‌زنی را داشتند. همچنین دو رقم بهرنگ و سیروان برای تمام خصوصیات جوانه‌زنی دارای ضعیف‌ترین مقادیر بودند و از طرفی رقم چمران کوتاه‌ترین نسبت ریشه به ساقه را داشت و برای اکثر خصوصیات جوانه‌زنی مقادیر متوسطی را به خود اختصاص داد (جدول ۵).

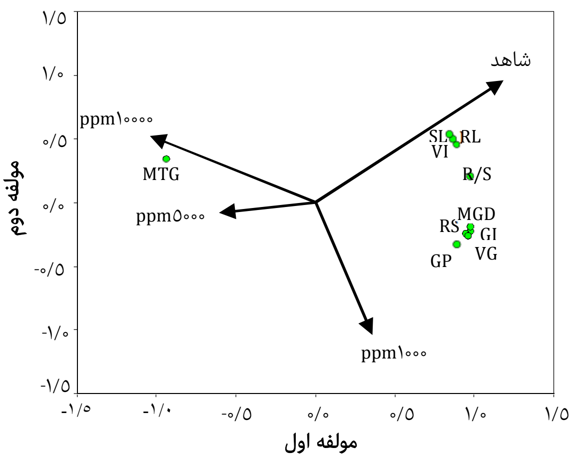
به‌منظور بررسی تمامی صفات به‌طور همزمان در سطوح متفاوت نانو تجزیه به مولفه‌های اصلی انجام و دو مولفه اول استخراج شدند که دارای مقادیر ویژه، بالای یک بودند. در مجموع این دو مولفه ۹۸٪۰۶ واریانس را توضیح دادند (جدول ۶).

جدول ۶) مقادیر ویژه و سهم واریانس در تجزیه به مولفه‌های اصلی صفات جوانه‌زنی برای سطوح نانوذره

صفات جوانه‌زنی	مولفه اول	مولفه دوم
ریشه بر ساقه	۰/۹۷۵	۰/۲۰۸
طول ساقه	۰/۸۴۲	۰/۵۳۹
طول ریشه	۰/۸۶۶	۰/۵۰۰
سرعت جوانه‌زنی	۰/۹۵۹	-۰/۲۶۱
متوسط زمان جوانه‌زنی	-۰/۹۳۸	۰/۳۳۸
جوانه‌زنی روزانه	۰/۹۷۲	-۰/۱۹۲
سرعت ظهور گیاهچه	۰/۹۴۹	-۰/۲۴۲
شاخص بنیه	۰/۸۸۵	۰/۴۵۷
شاخص جوانه‌زنی	۰/۹۷۴	-۰/۲۲۵
درصد جوانه‌زنی	۰/۸۹۰	-۰/۳۲۷
مقادیر ویژه	۸/۵۸	۱/۲۳
درصد از واریانس	۸۵/۷۸	۱۲/۲۸
واریانس تجمعی	۸۵/۷۸	۹۸/۰۶

اعدادی که زیر آنها خط کشیده شده است بیشترین سهم را در آن مولفه داشتند

براساس مولفه اول و دوم نمودار بای‌پلات تهیه شد (نمودار ۲). تمامی صفات روند یکسانی داشتند و تنها صفت متوسط زمان جوانه‌زنی بود که دارای روند متفاوتی بود. البته برای این صفت نیز هر چه متوسط زمان جوانه‌زنی کوتاه‌تر باشد مطلوب‌تر است. بنابراین این صفت نیز با بقیه صفات دارای یک روند بود. تمامی صفات بین بردار مربوط به غلظت شاهد و ۱۰۰۰ppm نانوذرات نقره قرار گرفتند. در سطح شاهد و ۱۰۰۰ppm نانوذرات نقره تمامی صفات بیشترین مقدار را داشتند. صفات طول ریشه، طول ساقه، شاخص بنیه و نسبت ریشه به ساقه برای سطح شاهد نسبت به سطح ۱۰۰۰ ppm برتری بیشتری نشان دادند و از طرفی بقیه صفات در هر دو سطح تقریباً به‌صورت یکسان بودند. هیچ کدام از صفات مورد بررسی در سطوح ۵۰۰۰ppm و ۱۰۰۰۰ppm برتری نشان ندادند. بنابراین در این سطوح خصوصیات جوانه‌زنی کاملاً کاهش یافتند (نمودار ۲).



نمودار ۲) بای‌پلات مولفه اول و دوم تجزیه به مولفه‌های اصلی صفات جوانه‌زنی برای سطوح متفاوت نانو

بحث

پژوهش حاضر با هدف بررسی تاثیر نانوساختارهای نیترات‌نقره با ابعاد مختلف در شرایط "*در شیشه*" بر خصوصیات جوانه‌زنی ارقام مختلف گندم انجام شد.

نانومواد و نانوذرات اخیراً با توجه به خواص منحصربه‌فرد خود و کاربردهای متنوع در بیوتکنولوژی و علوم زیستی مورد توجه قرار گرفته‌اند. با وجود پیشرفت‌های سریع و پذیرش اولیه نانوتکنولوژی، پتانسیل عوارض مضر در انسان، دیگر موجودات زنده و اکوسیستم‌ها هنوز به‌طور کامل مشخص نشده است. با این حال انتظار می‌رود اثرات زیست‌محیطی استفاده از نانومواد در آینده به‌طور قابل ملاحظه‌ای مورد توجه قرار گیرد[15].

طبق نتایج پژوهش حاضر بین ارقام مورد بررسی، صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذور دارای تنوع بودند. پتانسیل ژنتیکی متفاوت ژنوتیپ‌ها برای خصوصیات مرتبط با جوانه‌زنی باعث این تنوع شده است. *فرشادفر* و همکاران در بررسی جوانه‌زنی آگروپایرون در شرایط تنش اسمزی بیان داشتند که پتانسل ژنتیکی متفاوت ژنوتیپ‌ها موجب تنوع معنی‌دار بین آنها شده است[16].

نانوذرات نقره بر صفات جوانه‌زنی از قبیل طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، نسبت ریشه به ساقه، سرعت، متوسط زمان، درصد و شاخص جوانه‌زنی، سرعت ظهور گیاهچه، شاخص بنیه و متوسط جوانه‌زنی روزانه تاثیر داشتند. به‌جز متوسط زمان جوانه‌زنی، در دیگر صفات بیشترین میزان در سطح شاهد وجود داشت. به‌عبارتی سطوح متفاوت نانو تاثیر متفاوتی روی صفات مورد بررسی داشت. با اعمال نانوذرات نقره میزان این صفات نسبت به سطح شاهد کاهش نشان داد که این کاهش در صفاتی مانند طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه، متوسط جوانه‌زنی روزانه و شاخص بنیه معنی‌دار و در سایر صفات فقط نسبت به سطح ۱۰۰۰ppm غیرمعنی‌دار بود و نسبت به دیگر سطوح با تفاوت معنی‌داری کاهش داشت. همچنین سطوح متفاوت نانوذرات نقره در تمام صفات مرتبط با جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری باعث کاهش آنها شد. این یافته با تحقیق *قاسمی‌سراب‌بادیه*[14] که روی ارقام جو انجام شده بود مطابقت نداشت و احتمالاً این عدم تطابق به‌دلیل سطوح انتخاب‌شده بوده است، زیرا در پژوهش مذکور سطوح پایین‌تری از نانوذره نقره مورد بررسی قرار گرفت. طبق گزارشات *هاشمی*[17] که تاثیر نانواکسیدروی بر صفات مورفولوژیک گندم و جو را بررسی کرد، تاثیر معنی‌دار نانواکسید، بر طول بوته مشاهده اما موجب کاهش تعداد پنجه بارور و طول سنبله شد. همچنین معنی‌دارشدن اثر متقابل دلیلی بر روند واکنش ژنوتیپ‌ها در سطوح متفاوت نانوذرات برای صفات متفاوت بود[16].

در پژوهش حاضر در بررسی ژنوتیپ‌ها با استفاده از مقایسه میانگین مشاهده شد که برای برخی از صفات بعضی از ژنوتیپ‌ها و برای بعضی دیگر ژنوتیپ‌های دیگری برتر یا ضعیف‌تر بودند، بنابراین با توجه به مقایسه میانگین‌ها نمی‌توان یک ژنوتیپ مشخص را به‌عنوان ژنوتیپ برتر معرفی کرد. این امر سبب شد که از تجزیه‌های چندمتغیره به‌منظور تفسیر هر چه بهتر ساختار تنوع موجود در ژنوتیپ‌ها استفاده شود. در مجموع سه مولفه استخراج شد که می‌توان مولفه اول را به‌عنوان مولفه افزایش سرعت جوانه‌زنی، جوانه‌زنی روزانه، سرعت ظهور گیاهچه، درصد جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی و همچنین مولفه کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی نام‌گذاری کرد. در مولفه دوم صفات طول ساقه و شاخص بنیه بیشترین سهم مثبت را داشتند. بنابراین این مولفه به‌عنوان مولفه افزایش طول ساقه و شاخص بنیه نام‌گذاری شد. اما در مولفه سوم صفات نسبت ریشه به ساقه و طول ریشه بیشترین سهم مثبت را داشتند و این مولفه را می‌توان به‌عنوان مولفه افزایش طول ریشه و نسبت ریشه به ساقه نام‌گذاری کرد.

با توجه به آنچه قبلاً بیان شد به‌منظور بررسی تمامی صفات به‌طور همزمان در سطوح متفاوت نانو تجزیه به مولفه‌های اصلی انجام شد، از طرفی با توجه به مولفه اول تمامی صفات در تشکیل این مولفه بیشترین سهم را داشتند، این سهم برای صفت متوسط زمان جوانه‌زنی منفی و برای بقیه صفات مثبت بود. بنابراین می‌توان مولفه اول را به‌عنوان مولفه افزایش تمام خصوصیات مرتبط با جوانه‌زنی مورد مطالعه و کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی نام‌گذاری کرد. اما در مولفه دوم صفات طول ساقه، طول ریشه، شاخص بنیه و متوسط زمان جوانه‌زنی بیشترین سهم مثبت و درصد جوانه‌زنی بیشترین سهم منفی را داشتند. بنابراین این مولفه نیز مولفه افزایش طول ریشه، طول ساقه، متوسط زمان جوانه‌زنی، شاخص بنیه و کاهش درصد جوانه‌زنی نام‌گذاری شد.

کوماری و همکاران[2] تایید کردند که نانوذرات نقره در سطوح پایین می‌تواند از طریق بذر جذب شود و این می‌تواند به نوبه خود بر درصد جوانه‌زنی، طول ریشه و تمرکز پروتئین تاثیر بگذارد. با توجه به مطالعات *صادقی* و همکاران[18] تمام فعالیت‌های متابولیکی قبل از جوانه‌زنی در طول پرایمینگ بذر با نانوذره نقره، بذر را برای جوانه‌زنی بلافاصله بعد از کاشت آماده می‌کند. افزایش سرعت جوانه‌زنی بذور تیمارشده با نانوذره نقره در سطوح پایین ممکن است به‌دلیل افزایش سرعت تقسیم سلولی در سلول‌های مریستم ریشه‌چه بذور از همان ابتدای شروع تیمار با نانوذرات باشد که مطالعات *فاروق* و همکاران[19] روی گوجه‌فرنگی این مطلب را تایید کرد، ولی نانوذره نقره در سطوح بالاتر موجب جلوگیری از تقسیم سریع سلولی و کاهش خصوصیات جوانه‌زنی می‌شود که کاهش درصد جوانه‌زنی در پژوهش حاضر این مطلب را تایید می‌کند. *صالحی* و *تمسکنی*[20] نشان دادند که تیمار نانوذرات نقره (۵۰میلی‌گرم در لیتر) باعث افزایش درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه و در نهایت بهبود استقرار گندم می‌شود، اما در زمینه تاثیر سطوح بالای نانوذره نقره بر جوانه‌زنی گیاه گزارشی در دست نیست. در پژوهش دیگری که توسط *صابر* و همکاران[10] با بررسی تاثیر نانوذرات رس و نقره بر جوانه‌زنی و رشد بذور کلم‌گل صورت گرفت، مشخص شد نانوذرات رس تاثیر مثبت و نانوذرات نقره تاثیر منفی بر درصد جوانه‌زنی کلم‌گل نشان دادند که با نتیجه پژوهش حاضر مطابقت داشت. در نهایت سطوح نانوذرات نقره با غلظت بالا باعث تاثیر بر خصوصیات جوانه‌زنی و کاهش مقادیر این خصوصیات شد. پیشنهاد می‌شود در موارد استفاده از غلظت‌های بالای نانوذرات نقره در کودهای شیمیایی احتیاط و دقت لازم اعمال شود. در مجموع بین ارقام برای خصوصیات مورد بررسی تنوع وجود داشت. بنابراین می‌توان از این تنوع در بررسی مکانیزم ژنتیکی تاثیر نانوذره بر رشد ارقام استفاده کرد. ارقام اروم و پارسی نسبت به دیگر ارقام برتر بودند.

محدودیت مطالعه حاضر عدم اعمال تیمارهای نانوذره در شرایط مزرعه‌ای و بررسی بین ارتباط واکنش ژنوتیپ‌ها به تیمارهای نانوذره در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای بود و پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی این مورد بررسی شود.

نتیجه‌گیری

سطوح بالای غلظت نانوذرات نقره باعث تاثیر بر خصوصیات جوانه‌زنی و کاهش مقادیر آنها می‌شود. بین ارقام مختلف گندم برای خصوصیات مورد بررسی تنوع وجود دارد. ارقام اروم و پارسی نسبت به دیگر ارقام برتر هستند.

تشکر و قدردانی: از کلیه پرسنل محترم آزمایشگاه تحقیقاتی مرکز

تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه قدردانی می‌شود.

تاییدیه‌اخلاقی: پژوهش حاضر کاملاً براساس اصول اخلاقی مورد تایید مجامع علمی صورت گرفته و در نگارش مقاله نیز نام تمامی افراد مشارکت‌کننده در انجام پژوهش ذکر شده است.

تعارض منافع: نویسندگان اعلام می‌دارند هیچ‌گونه تعارض منافعی میان آنها وجود ندارد.

سهم نویسندگان: سهیلا حاتمی (نویسنده اول)، نگارنده مقدمه/پژوهشگر اصلی (۲۵%)؛ عباسعلی امام‌جمعه (نویسنده دوم)، روش‌شناس/پژوهشگر اصلی/نگارنده بحث (۳۰%)؛ محسن فرشادفر (نویسنده سوم)، روش‌شناس/پژوهشگر کمکی (۱۵%)؛ هوشمند صفری (نویسنده چهارم) تحلیلگر آماری/نگارنده بحث (۲۰%)؛ براتعلی فاخری (نویسنده پنجم) تحلیلگر آماری (۱۰%)

منابع مالی: پژوهش حاضر با استفاده از گرانت معاونت پژوهشی دانشگاه زابل با شماره UOZ-GR-9517-31 حمایت مالی شده است.

منابع

1- Amiri R, Bahraminejad S, Sasani Sh. Evaluation of genetic diversity of bread wheat genotypes based on physiological traits in non-stress and terminal drought stress conditions. Cereal Res. 2013;2(4):289-305. [Persian]

2- Kumari M, Khan SS, Pakrashi S, Mukherjee A, Chandrasekharan N. Cytogenetic and genotoxic effects of zinc oxide nanoparticles on root cells of Allium cepa. J Hazard Mater. 2011;190(1-3):613-21.

3- Scott N, Chen H. Nanoscale science and engineering for agriculture and food systems. Ind Biotechnol. 2013;9(1):17-18.

4- Naderi M, Danesh Shahraki A. The application of nanotechnology in optimization of chemical fertilizers formulation. Iran Nanotechnol Innov Council. 2011;(165):20-3. [Persian]

5- Nair R, Varghese SH, Nair BG, Maekawa T, Yoshida Y, Sakthi Kumar D. Nanoparticulate material delivery to plants. Plant Sci. 2010;179(3):154-63.

6- Babu K, Deepa M, Shankar SG, Rai S. Effect of nano-silver on cell division and mitotic chromosomes: A practical prefatory siren. Internet J Nanotechnol. 2008;2(2):1-7.

7- Mazumdar H, Ahmed GU. Synthesis of silver nanoparticles and its adverse effect on seed germinations in Oryza sativa, Vigna radiata and Brassica campestris. Int J Adv Biotechnol Res. 2011;2(4):404-13.

8- Boonyanitipong P, Kumar P, Kositsup B, Baruah S, Dutta J. Effects of zinc oxide nanoparticles on roots of rice Oryza sativa L.. Int Conf Environ BioSci. 2011;21:172-6.

9- Abou-Zeid HM, Moustafa Y. Physioligical and cytogenetic responses of wheat and barley to silver nanopriming treatment. Int J Appl Biol Pharm Technol. 2014;5(3):265-78.

10- Saber S, Ghasimi Hagh Z, Mostafavi Sh, Bodaghi H, Alilo AA. Effects of nano materials on the germination and seedling growth of Brassica seeds. Proceedings of 1st Nano Technology and it's application in agriculture and natural resources conference. Karaj: University of Tehran; 2012. [Persian]

11- Marshall AT, Haverkamp RG, Davies CE, Parsons JG, Garea-Torresdy JL, Van Agtekved D. Accumulation of gold nanoparticles in Brassiea juncea. Int J Phytoremediation. 2007;9(3):197-206.

12- Narayanan KB, Sakthivel N. Green synthesis of biogenic metal nanoparticles by terrestrial and aquatic phototrophic and heterotrophic eukaryotes and biocompatible agents. J Adv Colloid Interface Sci. 2011;169(2):59-79.

13- Veisi H, Hemmati S, Shirvani H, Veisi H. Green synthesis and characterization of monodispersed silver nanoparticles obtained using oak fruit bark extract and their antibacterial activity. Appl Organomet Chem. 2016;30(6):387-91.

14- Ghasemi Sarab Baddieh F, Arminian A, Fazeli A, Sahraei R, Safari H. Investigating the Nano-Silver effects on cytogenetical and morphological characters of barley cultivars [Dissertation]. Ilam: Ilam University; 2015. [Persian]

15- Patolla AK, Ashley B, La Bethani M, Paul BT. Genotoxicity of silver nanoparticles in viciafaba: A pilot study on the environmental monitoring of nanoparticles. Int J Environ Res Public Health. 2012;9(5):1649-62.

16- Farshadfar M, Moradi F, Rahmati H, Safari H. Evaluation of drought resistance stability of Agropyron trichophorum under in vitro osmotic stress. Int J Agric Crop Sci. 2012;4(13):886-90.

17- Hashemi F, Arminian A, Sahraei R. Investigating the Nano-Zn-Oxide effects on cytogenetical and morphological characters of some wheat and barley genotypes [Dissertation]. Ilam: Ilam University; 2014. [Persian]

18- Sadeghi H, Khazaei F, Yari L, Sheidaei S. Effect of seed osmopriming on seed germination behavior and vigor of Soybean (Glycine max L.). ARPN J Agric Biol Sci. 2011;6(1):39-43.

19- Farooq M, Basra SMA, Ahmad N, Hafeez K. Thermal hardening: A new seed vigor enhancement tool in rice. J Integr Plant Biol. 2005;47(2):187-93.

20- Sedghi M , Nemati A, Esmaielpour B. Effect of seed priming on germination and seedling growth of two medicinal plants under salinity. Emir J Food Agric. 2010:22(2);130-9.