گیاه و زیست فناوری ایران
Iranian Journal of Plant & Biotechnology (IJPB)

واحد گرمسار

نوع مقاله: پژوهشی

مقایسه اثر نانو ذرات اکسید روی و اکسید روی توده‌ای بر ویژگی‌های جوانه‌زنی، فیزیولوژیکی و ساختاری گیاه عدس خوراکی (*Lens culinaris* medic.)

هما محمودزاده (نویسنده مسئول)[۱*] و فاطمه سادات کاتبی[۲]

۱- دانشیار، گروه زیست‌شناسی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران، homa_mahmoodzadeh@yahoo.com

۲- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه زیست‌شناسی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران، fs.katebi@gmail.com

تاریخ دریافت: مرداد ۱۴۰۴ تاریخ پذیرش: مهر ۱۴۰۴

Investigation of Replacing Button Mushroom (*Agaricus bisporus* L.) Casing Soil Using Comparison of the Effect of ZnO Nanoparticles and bulk ZnO on Germination, physiological and structural features of *Lentil culinaris* medic

Homa Mahmoodzadeh (Corresponding author)[1*] and Fatemeh Sadat Katebi[2]

1- Assoiated Profesor, Department of Biology, Ma.C., Islamic Azad University, Mashhad, Iran, mahmoodzadeh@iau.ac.ir

2- M.Sc Graduated, Department of Biology, Ma.C., Islamic Azad University, Mashhad, Iran, fs.katebi@gmail.com

Received: August 2025 Accepted: October 2025

Abstract

Nanotechnology will affect almost all aspects of human life. Application of nano-fertilizers is more effective and more effective than traditional fertilizers due to the high absorption efficiency. In this research, the effect of different concentrations of bulk ZnO and ZnO nanoparticles (0, 10, 100, 500 and 1000 mgL^{-1}) on germination factors , seedling growth and structure of *Lens culinaris* medic. In laboratory and greenhouse condition was invstigated. All germination traits had no significant difference in all concentrations of nano and bulk ZnO with control. The highest percentage of germination was observed in the concentration of 1000 of nano ZnO, which showed significant differences only with 10 treatment. The lowest seedling vigor index was observed at 500 nano, which showed a significant difference with all bulk ZnO treatments. Different concentrations of nano and bulk ZnO increased the weight and dry weight of lentil seedlings compared to the control. The highest mean root length was observed at 1000 concentration of bulk ZnO, which showed no significant difference with control and 100 bulk ZnO. The seedlings fresh weight of 10 nano, 100 and 1000 bulk was significantly different with control. Root dry weight in 50 and 10 ppm of nano and 1000 of bulk zinc oxide with the control sample showed a significant difference. The statistical results of chlorophyll content did not show any significant difference with the control. It seems nano ZnO at low concentrations has potential to apply as nano fertilizer.

Keywords: Germination, *Lens culinaris* medic, XRD test, ZnO Nanoparticles

Iranian Journal of Plant & Biotechnology
Autum 2025, Vol 20, No 3, Pp 35-46

چکیده

نانو تکنولوژی تقریبا همه جنبه های زندگی انسان را تحت تاثیر قرارداده است. کاربرد نانوکودها موثرتر از کودهای سنتی بوده، راندمان جذب بالاتری دارند. در این پژوهش اثر تیمارهای مختلف اکسیدروی توده ای (۱۰۰۰ و ۵۰۰، ۱۰۰، ۱۰، صفر میلی‌گرم در لیتر) و نانو ذره اکسیدروی (۱۰۰۰ و ۵۰۰، ۱۰۰، ۱۰، صفر میلی‌گرم در لیتر) بر جوانه‌زنی، رشد دانه رست‌ها و ساختار گیاه عدس در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه‌ای بررسی شد. کلیه صفات جوانه‌زنی در تمامی غلظت‌های اکسیدروی نانو و غیر نانو با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین درصد جوانه‌زنی نسبی در غلظت ۱۰۰۰ اکسیدروی نانو مشاهده شد که تنها با تیمار ۱۰ اختلاف معنی‌دار از نظر آماری نشان داد. کمترین مقدار شاخص قدرت گیاهچه در غلظت ۵۰۰ نانواکسیدروی مشاهده شد که با کلیه تیمارهای اکسید روی توده ای اختلاف معنی‌دار نشان داد. غلظت‌های مختلف اکسیدروی نانو و توده ای موجب افزایش وزن‌تر و وزن خشک دانه رست‌های عدس در مقایسه با شاهد شد. بیشترین میانگین طول ریشه چه در غلظت ۱۰۰۰ اکسیدروی مشاهده شد که تنها اختلاف معنی‌داری با شاهد و غلظت ۱۰۰ اکسید روی نداشت. وزن‌تر دانه رست‌ها در تیمارهای ۱۰ نانواکسید روی و ۱۰۰۰و ۱۰۰ اکسید روی با شاهد اختلاف معنی‌داری نشان داد. وزن خشک ریشه در غلظت‌های ۵۰ و ۱۰ نانواکسیدروی و غلظت ۱۰۰۰ اکسید روی با نمونه شاهد اختلاف معناداری نشان داد. نتایج آماری مربوط به محتوای انواع کلروفیل اختلاف معناداری با گروه شاهد نشان نداد. بنظر می‌رسد نانوذرات اکسید روی در غلظت‌های پایین پتانسیل کاربرد به عنوان نانو کود را دارا می‌باشند.

کلمات کلیدی: پراش اشعه X، جوانه‌زنی، عدس، نانو ذره اکسید روی

فصلنامه گیاه و زیست فناوری ایران
پاییز ۱۴۰۴، دوره ۲۰، شماره ۳، صص ۴۶-۳۵

مقدمه و کلیات

Goncalves *et al.*,

2011

Prasad *et al.*, 2017

.

(Raha and Ahmaruzzaman, 2022)

Thounaojam *et al.*,

Sarkhosh 2021

عمل کرده *Camelina sativa* and *Brassica napus L*

ولی در غلظت های بالاتر از ۵۰

دارای اثرات سمی بر روی این گیاهان هستند

Shaymurat .(Sarkhosh *et al.*, 2022)

2011

(Ali *et al.*, 2019)

Chanu and Upadhyaya,

(*Lens culinaris medic*) . 2019

از بقولات (Fabaceae)

سرمادوست است که در ایران به صورت دیم و آبی کشت میشود. این گیاه با حدود ۲۸درصد پروتئین، از حبوبات عمده درکشورهای در حال توسعه بوده و به عنوان مکملی برای غلات و منبعی مناسب جهت تأمین پروتئین و اسیدهای آمینه در رژیم غذایی مردم این کشورها محسوب می شود. این گیاه به سبب توانایی تثبیت نیتروژن، موجب حاصلخیزی خاک شده و در تناوب با برخی گیاهان زراعی خصوصاً غلاتی نظیر گندم و جو، بهبود و پایداری عملکرد را به دنبال خواهد داشت. این گیاه ۲۳ درصد از سطح زیرکشت در ایران را به خود اختصاص داده است (Taherabadi *et al*., 2016).

Lens culinaris medic

ZnO

ZnO

(XRD) XRD

X

X

X

STM

Wu *et al*., 2010

سرعت جوانه‌زنی $= G_i n_i \sum / G_i \sum$

$=GP(treatment)/GP(control)\times 100$

متوسط زمان جوانه‌زنی $=\sum_i G_i \times i / \sum_i G_i$

شاخص جوانه‌زنی $= (\sum_i (N - i) \times G_i) \times 100 / (N \times GN)$

شاخص جوانه‌زنی‌وزنی $=[N\times n1 + (N-1)\times n2 + (N-2)\times n3 + \ldots] / (N \times N')$

درصد جوانه‌زنی × طول دانه‌رست= شاخص‌قدرت‌گیاهچه

درصد جوانه‌زنی × طول دانه رست= شاخص قدرت گیاهچه

ZnO ZnO

(*Lens culinaris medic*)

°C °C

ml

±

٪

ZnO ZnO

mL

mL

º C

Sartorius TE214s d = 0/1mg

ZnO ZnO

ml

ml ±

Wu

et al., 2010

RGR $= 2/3 \log (L_2-L_1)/(t_2-t_1) L_1$

TE 214 S Sartorius

بعد از تعیین وزن‌تر هر نمونه
از آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت
استفاده شد تا کاملاً خشک شوند سپس با ترازوی
دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شد.

Arnon 1956

UV-1100

a+b b a

mg chl g^{-1} FW)

$$Chla=(12/25A_{(663)}-2/55A_{(646)})\times V/W\times 1000$$

$$Chlb=(20/31A_{(646)}-4/91A_{(663)})\times V/W\times 1000$$

کلروفیل کل $= (20A_{(646)} + 8/02A_{(663)})\times V/W\times 1000$

روش‌های آماری:

Minitab 16

Tukey ANOVA

P ≤

Excel

نتایج و بحث

(XRD)

STM

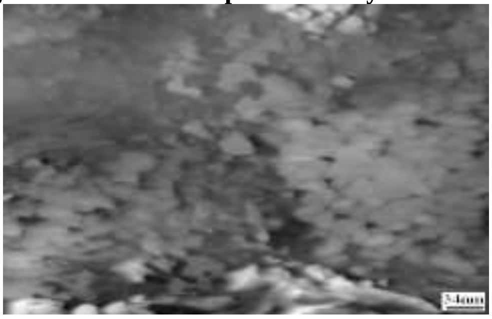
XRD

ZnO

STM

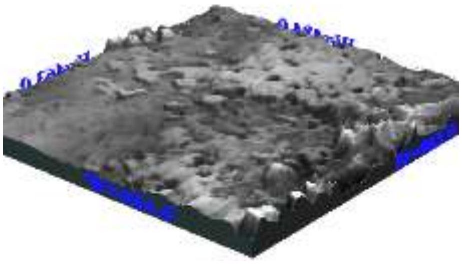
شکل ۱- نتایج بررسی نانو ذره اکسید روی با XRD

Fig 1- Zinc oxide nanoparticle analysis with XRD



STM

Fig 2- Two-dimentional figure of zinc oxide nanoparticle by STM microscope



STM

Fig 3- Three-dimentional figure of zinc oxide nanoparticle by STM microscope

( ) Ghasemi

mg/L P <

Trigonella foenum-graecum

Chichiriccò and Poma, 2015

ABA

. Chichiriccò and Poma, 2015

. پژوهش های متعدد نشان دادند نانوذرات اکسید روی در غلظت های خاصی دارای اثرات تحریکی بر شاخص های جوانه زنی در گندم (Sarkhosh *et al.*, 2022; Prabha and Anjana, 2021) می باشد.

Halimeda

. (Bhuvaneshwari *et al.*, 2025)

P <

(Mousavi Koohi *et al.*, 2015)

Singh و همکاران ، نانوذرات اکسید روی در غلظتهای کمتر از ۱۰۰ اثرات تحریکی بر رشد دانه رستهای برنج داشته در حالی که غلظت های بالاتر تاثیر منفی بر فاکتورهای رشد گذاشتند (Singh *et al.*, 2018).

(Savassa *et al.*, 2018) (Wang *et al.*, 2018

Table 1- Comparison of the effect of different concentrations of nano and bulk on germination properties of lentil

(ppm)	(N day^{-1})				
Control	21.838 ± 0.412[a]	—	13.38 ± 1.925 [ab]	4.58 ± 0.0897 [ab]	201.41 ± 13.77 [a]
10	22.044 ± 0.178[a]	90 ± 7.07[ab]	12.63 ± 1.911 [ab]	4.538 ± 0.0383 [ab]	208.23 ± 6.09 [a]
100	18.182 ± 8.564[a]	94 ± 8.94 [ab]	13.318 ± 1.123 [ab]	4.55 ± 0.0557 [ab]	184.21 ± 42.52 [a]
500	22.038 ± 0.104[a]	92 ± 8.37 [ab]	9.415 ± 1.368 [bc]	4.5 ± 0.0752[b]	206.47 ± 0.73 [a]
1000	22.06 ± 0.162 [a]	96 ± 8.94[a]	16.564 ± 1.852 [a]	4.532 ± 0.0335 [ab]	208.57 ± 5.98 [a]
nano 10	21.944 ± 0.485 [a]	80 ± 7.07[b]	9.992 ± 2.99 [bc]	4.51 ± 0.0224	212.5 ± 3.99 [a]
nano 100	22.048 ± 0.097 [a]	98 ± 4.47[a]	11.362 ± 2.182 [bc]	4.534 ± 0.0195 [ab]	208.41 ± 3.3 [a]
nano 500	22.22 ± 0 [a]	90 ± 10[ab]	7.259 ± 2.514[c]	4.5 ± 0[b]	214.28 ± 0 [a]
nano 1000	21.658 ± 0.2 [a]	98 ± 4.47[a]	9.508 ± 2.208[bc]	4.616 ± 0.0434[a]	196.28 ± 6.11 [a]

Means with similar letter(s) in each column are not significantly different at 5% probability level

b a

(Rossi *et al.*, 2019)

Lv *et al.*,

2019

Kataria *et al.*, 2019

.

Fox *et al.*, 2020)

nAl$_2$O$_3$.

Ramanathan, 2019

Table 2- Comparison of the effect of different concentrations of nano and bulk ZnO on seedling growth of lentil

ZnO content ppm	a (mg/gfw)	b (mg/gfw)	(mg/gfw)	(cm)	(cm)	(g)	(g)	cm.cm^{-1}.day^{-1}
Control	0.7977 ± 0.199 ^{a}	0.3999 ± 0.2316 ^{a}	1.2844 ± 0.4919 ^{a}	6.1 ± 2.762^{ab}	16.5 ± 2 ^{a}	0.18653 ± 0.00619 ^{a}	0.0871 ± 0.0466 ^{a}	0.08655 ± 0.02387 ^{a}
10	0.9303 ± 0.0782 ^{a}	0.4436 ± 0.2966 ^{a}	1.5958 ± 0.3445 ^{a}	8.476 ± 3.126 ^{ab}	15.333 ±2.468 ^{a}	0.21573 ± 0.0157 ^{a}	0.0778 ± 0.0256 ^{a}	0.10671 ± 0.02266 ^{a}
100	0.9269 ± 0.0733 ^{a}	0.5683 ± 0.797 ^{a}	1.7038 ± 0.1131 ^{a}	5.333 ± 0.85 ^{ab}	13.333 ± 3.055 ^{a}	0.10963 ± 0.03072 ^{a}	0.2947 ± 0.4377 ^{a}	0.16491 ± 0.06005 ^{a}
500	0.9886 ± 0.1093 ^{a}	0.3375 ± 0.1283 ^{a}	1.472 ± 0.265 ^{a}	8 ± 1.323 ^{ab}	16.067 ± 2.101 ^{a}	0.2308 ± 0.07349 ^{a}	0.103 ± 0.0329 ^{a}	0.0831 ± 0.01603 ^{a}
1000	1.0871 ± 0.138 ^{a}	0.2947 ± 0.0643 ^{a}	1.5199 ± 0.2067 ^{a}	10.133 ±1.185^{a}	19 ± 1.323 ^{a}	0.23723 ± 0.07333 ^{a}	0.1529 ± 0.0385 ^{a}	0.13631 ± 0.08497 ^{a}
nano 10	0.8904 ± 0.0481 ^{a}	0.3008 ± 0.0962 ^{a}	1.223 ± 0.0538 ^{a}	4.233 ± 0.643^{b}	14.533 ± 2.665 ^{a}	0.2132 ± 0.04594 ^{a}	0.1038 ± 0.0037 ^{a}	0.103 ± 0.07244 ^{a}
nano 100	0.9595 ± 0.1745 ^{a}	0.3492 ± 0.0577 ^{a}	1.4297 ± 0.2535 ^{a}	9.8 ± 3.214 ^{ab}	14.467 ± 1.95	0.1802 ± 0.03486 ^{a}	0.076 ± 0.0375 ^{a}	0.09352 ± 0.0446 ^{a}
nano 500	0.6452 ± 0.1532 ^{a}	0.2676 ± 0.0012 ^{a}	0.9981 ± 0.167 ^{a}	8.433 ± 0.862 ^{ab}	15.367 ± 0.85 ^{a}	0.1593 ± 0.0488 ^{a}	0.3873 ± 0.5152 ^{a}	0.07904 ± 0.02765 ^{a}
nano 1000	0.5542 ± 0.2484 ^{a}	0.2123 ± 0.0978 ^{a}	0.836 ± 0.3759 ^{a}	7.476 ± 1.27 ^{ab}	16.9 ± 1.493 ^{a}	0.1635 ± 0.0292 ^{a}	0.1581 ± 0.0709 ^{a}	0.12787 ± 0.0512^{a}

Means with similar letter(s) in each column are not significantly different at 5% probability level

3

Table3- Comparison the effect of different concentrations of nano and bulk ZnO on vegetative properties of lentil

(ppm)	(cm)	(cm)	(g)	(g)
Control	3.452 ± 0.711 ^{a}	9.92 ± 1.35^{ab}	0.36366 ± 0.0466 ^{cd}	0.043767 ± 0.008307 ^{ab}
10	5.104 ± 0.6328 ^{a}	8.912 ± 1.704^{b}	0.48958 ± 0.0256 ^{abc}	0.048633 ± 0.005598 ^{a}
100	4.776 ± 1.251 ^{a}	9.588 ± 1.122 ^{ab}	0.53778 ± 0.4377^{ab}	0.050783 ± 0.004809 ^{a}
500	4.508 ± 0.6307 ^{a}	5.708 ± 0.76^{cd}	0.31538 ± 0.0329^{bcd}	0.046533 ± 0.007474 ^{ab}
1000	5.156 ± 0.5759 ^{a}	12.172 ± 0.755^{a}	0.59144 ± 0.0385^{a}	0.05445 ± 0.002239 ^{a}
nano 10	4.648 ± 0.8472 ^{a}	8.068 ± 2.418^{bc}	0.5508 ± 0.0037^{a}	0.050233 ± 0.006496 ^{a}
nano 100	4.368 ± 0.975 ^{a}	7.268 ± 1.72 ^{bc}	0.48654 ± 0.0375^{abc}	0.048167 ± 0.006365 ^{a}

nano 500	4.212 ± 1.875 [a]	2.944 ± 0.4[d]	0.31538 ± 0.5152[d]	0.035833 ± 0.005039[b]
nano 1000	4.064 ± 0.6347 [a]	5.668 ± 1.698[cd]	0.42602 ± 0.0709[bcd]	0.045533 ± 0.00446 [ab]

Means with similar letter(s) in each column are not significantly different at 5% probability level

b a

(Fox *et al.*, 2020)

(Mousavi Koohi *et al.*, 2015)

(Fayez *et al.*, 2017)

نتیجه‌گیری کلی

منابع

1) li, S., Rizwan, M., Noureen, S., Anwar, S., Ali, B., Naveed, M. and P, Ahmad .2019. Combined use of biochar and zinc oxide nanoparticle foliar spray improved the plant growth and decreased the cadmium accumulation in rice (*Oryza sativa L.*) plant. *Environ Sci Pollut Res*, 26(11): 11288–11299.
2) Arnon, D. 1956. Chlorophyll absorption spectrum and quantitative determination. *Biological and Biophysical Acta*, 20: 449-461.
3) Azimi, R., Feizi, H. and M, Khajeh hosseini. 2013. Can Bulk and Nanosized Titanium Dioxide Particles

In Nanomaterials in Plants, Algae and Microorganisms (pp. 103–127). *Academic Press*.

12) Lv, J., Christie, P. and S, Zhang. 2019. Uptake, translocation, and transformation of metal-based nanoparticles in plants: recent advances and methodological challenges. *Environ Sci Nano*, 6:41–59.
13) Mousavi Kouhi, S.M., Lahouti, M. and A, Ganjeali. 2015. Long-term exposure of rapeseed (*Brassica napus* L.) to ZnO nanoparticles: anatomical and ultrastructural responses. *Environ Sci Pollut Res*, 22: 10733–10743.
14) Prabha R. and J, Anjana. 2021. Priming with zinc oxide nanoparticles improve germination and photosynthetic performance in wheat. *Plant Physiology and Biochemistry*. 160: 341-351.
15) Prasad, R., Bhattacharyya, A. and QD, Nguyen. 2017. Nanotechnology in sustainable agriculture: recent developments, challenges, and perspectives. *Front Microbiol*,8:1014.
16) Raha, S. and MD, Ahmaruzzaman. 2022. ZnO nanostructured materials and their potential applications: progress, challenges and perspectives. *Nanoscale Adv.*, 4: 1868-1925.
17) Ramanathan, A. 2019. Toxicity of nanoparticles_ challenges and opportunities. *Appl Microsc*, 49(1):2.
18) Rossi, L., Fedenia,LN., Sharifan,H., Ma, X. and L, Lombardini. 2019. Effects of foliar application of zinc sulfate and zinc nanoparticles in coffee (*Coffea arabica* L.) plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 135: 160-166.
19) Savassa, S. M., Duran, N. M., Rodrigues, E. S., De Almeida, E., Van Gestel, C. A. M., Bompadre, T. F. V., H.W and P, De Carvalho. 2018. Effects of ZnO Nanoparticles on Phaseolus vulgaris Germination and Seedling Development Determined by X-ray Spectroscopy. *ACS Applied Nano Materials*.1: 6414-6426.

Improve Seed Germination Features of Wheatgrass (*Agropyron desertorum*). *Journal of Notulae Scientia Biologicae*, 5:325-331.

4) Bhuvaneshwari, S., Padmalochana, K. and A, Natarajan. 2025. Green synthesis and characterization of ZnO nanoparticles using seaweed extract of *Halimeda opuntia* and their application in seed germination of maize. *Biomass Conv. Bioref.* 15: 8567–8583 .
5) Chanu, T.T. and H, Upadhyaya. 2019. Zinc oxide nanoparticle-induced responses on plants: a physiological perspective. In Nanomaterials in Plants, Algae and Microorganisms. *Academic Press*. 46–36.
6) Chichiriccò, G. and A, Poma. 2015. Penetration and Toxicity of Nanomaterials in Higher Plants. *Nanomaterials* , 5: 851-873. https://doi.org/10.3390/nano5020851
7) Fayez, K.A., El-Deeb, B.A. and N.Y, Mostafa. 2017.Toxicity of biosynthetic silver nanoparticles on the growth, cell ultrastructure and physiological activities of barley plant. *Acta Physiol Plant*, 39: 155 .
8) Fox, J. 2020. Effects of cerium oxide nanoparticles and cadmium on corn (*Zea mays* L.) seedlings physiology and root anatomy. *NanoImpact*, 20 :100264.
9) Ghasemi Siani, N., Fallah S. and A, Rostamnejadi. 2016. Iinhibition Effect of ZnO Nanoparticles Concentration regarding Seed Germination and Seedling Growth of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Journal of Medicinal Plants and By-products*, 2: 235-243.
10) Goncalves, D.M., Liz, R. and D, Girard. 2011. Activation of neutrophils by nanoparticles. *Journal of The scientific world*. 11: 1877-1885.
11) Kataria, S., Jain, M., Rastogi, A., Zivcak, M., Brestic, M., Liu, S. and DK, Tripathi. 2019. Role of nanoparticles on photosynthesis: avenues and applications.

20) Shaymurat, T., GU, J., XU, Ch., Yang, Zh., Zhao, Q. and Y, Liu. 2011. Phytotoxic and genotoxic effects of ZnO nanoparticles on garlic (*Allium sativum* L.): A morphological study . *Journal of Nanot Toxicology*, 3: 241-248.

21) Singh,A., Prasad, SM. and S, Singh. 2018. Impact of nano ZnO on metabolic attributes and fluorescence kinetics of rice seedlings. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 9: 42-49.

22) Taherabadi, F., Ghobadi , SH. and M, Allahmoradi. 2016. The Critical period of weed competition in Lentil (*Lens culinaris* Medik.) under Kermanshah condition. *Iranian Journal of Pulses Research*, 7: 2, 10-26.

23) Thounaojam, T.C., Meetei, T.T. and Y.B, Devi .2021. Zinc oxide nanoparticles (ZnO-NPs): a promising nanoparticle in renovating plant science. *Acta Physiol Plant*, 43: 136. https://doi.org/10.1007/s11738-021-03307-0

24) Wang, X.P., Li, Q.Q. and Z.M., Pei. 2018. Effects of zinc oxide nanoparticles on the growth, photosynthetic traits, and antioxidative enzymes in tomato plants. *Biol Plant*, 62: 801–808.

25) Wu, G. L., Liu, Z. H., Zhang, L., Hu, T. M. and J.M, Chen. 2010. Effects of artificial-grassland establishment on plant community and soil properties in a black-soil-type degraded grassland. *Journal of Plant and Soil*, 333: 469–479.