



УДК 504.054:633.1

Вплив солі марганцю на рослини *Triticum aestivum*

О.П. Ткач, М.М. Вакерич, В.І. Ніколайчук

Ужгородський національний університет, Ужгород, Україна

Залежно від концентрації важкі метали не тільки токсичні, а навпаки, можуть бути необхідними елементами для нормального росту та розвитку рослин. Одним із таких металів, який одночасно виступає як мікроелемент, є манган (марганець). Специфічна потреба у марганці властива для всіх рослин. Доведено участь даного елемента у перебігу низки фізіолого-біохімічних процесів у рослинному організмі. Манган у рослині відіграє важливу роль в окислювально-відновних реакціях, виступає як сильний окисник, як кофактор, є необхідною складовою багатьох ферментів тощо. Нами досліджено вплив передпосівної обробки водним розчином сульфату марганцю різних концентрацій на розвиток насіння озимої пшениці сорту Артеміда. У ході роботи спостерігали як інгібувальну, так і стимулювальну дію сірчаноокислого мангану на ріст і розвиток культури, залежно від концентрації. Вивчали такі ростові процеси: схожість насіння, висота проростка, вага рослин та їх кореневих систем. Оптимальна концентрація сульфату марганцю для передпосівної обробки насіння – 0,001–0,01%. Критичною, за якої спостерігається фітотоксична дія (пригнічення росту, зменшення біомаси проростка), є концентрація 0,5–1,0% розчину сульфату марганцю для передпосівної обробки насіння.

Ключові слова: аутокологія; озима пшениця; важкі метали; фітотоксичність

Action of manganese salt on *Triticum aestivum*

E. Tkach, M. Vakerich, V. Nikolaychuk

Uzhgorod National University, Uzhgorod, Ukraine

Specific need in manganese is a characteristic feature of all plants. At present time, participation of this element in functioning in a number of processes and structures in the plant organism is proved. Indispensability of manganese as a component of plant metabolism is evidenced by death of plants aged 2–4 weeks at absolute exclusion of manganese nutrient medium, and symptoms of disorders at all levels of metabolism due to lack of this element. As opposed to symptoms of deficiency which are specific for every element, the signs of excess are more or less the same. In conditions of gradual increase of the concentration of ions as factors of influence, gradual manifestation of plant organism depression is observed: growth inhibition, root dying and leaf chlorosis, etc. Foliar feeding of grain crops including winter wheat with manganese is very important because they have a great need for such elements as manganese and copper. Efficiency of the types of foliar feeding is connected with the mechanisms of penetration of manganese into the plant cells. Unlike other metals, manganese can be mobilized by sprouts from seed integument: metal absorption from wheat seeds lasts till the seventh day. That's why, the aim of our work was to investigate the influence of pre-sowing processing of winter wheat seeds with solutions of different concentrations of manganese sulfate for detection of the optimal concentration and studying of phytotoxic influence of the excess manganese action. Vegetation tests were carried out in the laboratory conditions for performing the studies. Winter wheat seeds were steeped into solutions of manganese sulfate in such concentrations as 0.001%, 0.01%, 0.1%, 0.5% and 1%. After that they were couched in multi-component environment (sod-podzol soil). As a control variant, an experiment without treatment was used. The influence of different concentrations on the growth processes such as seed germination, length of the sprout, weight of the plants and their root system was estimated. It was determined that the optimal concentration of manganese sulfate for the pre-sowing processing was equal to 0.001–0.01%. The critical one, at which the phytotoxic action is manifested in growth depression and decrease of sprout biomass, is the use of 0.5–1.0% solution of manganese sulfate for the pre-sowing seed treatment.

Keywords: autecology; winter wheat; heavy metals; Mn; phytotoxicity

Вступ

Важкі метали (ВМ) – протоплазматичні токсиканти, отруйність яких зростає в міру збільшення атомної маси елемента. Починаючи з певної концентрації, вони гальмують процес фотосинтезу та зменшують інтенсивність транспірації рослин. Результатом пригнічення токсикантами фізіолого-біохімічних процесів є загальне послаблення опору рослин до захворювань і шкідників. Токсичний вплив металів на рослини можна прослідкувати за їх ростовими показниками. На відміну від симптомів нестачі, які для кожного елемента специфічні, ознаки надлишку більш-менш однакові. В умовах поступового зростання концентрації іонів у середовищі спостерігається поява ознак пригнічення рослинного організму, що проявляється у гальмуванні росту, хлорозі листків, некрозах верхівок і країв листків, відмиранні коренів (Foy et al., 1978; Kabata-Pendias and Pendias, 2001; Hall and Williams, 2003; Mel'nychuk et al., 2004; Colangelo, 2006; Hural'chuk, 2006; Vakerych and Nikolaychuk, 2009; Millaleo et al., 2010; Vakerych, 2010; Pinho and Ladeiro, 2012). В умовах Закарпаття проблема вивчення токсичної дії та виведення важких металів актуальна у зв'язку з тим, що для регіону характерна досить інтенсивна сільськогосподарська діяльність, пов'язана з використанням великої кількості мінеральних і органічних добрив, пестицидів тощо, а також зі специфікою ґрунтів Карпатського регіону, де екологічною проблемою залишається їх висока кислотність, зумовлена відсутністю карбонатних сполук, високим вмістом іонів водню, алюмінію, марганцю та заліза (Fandalyuk et al., 2004; Matiyeha et al., 2010).

Тому мета нашого дослідження – виявлення впливу марганцю на ростові процеси озимої пшениці (схожість насіння, лінійний ріст, розвиток кореневої системи та накопичення біомаси у фазі кущіння) за збільшення концентрації марганцю шляхом передпосівної обробки насіння сірчаноокислим марганцем ($MnSO_4 \cdot 5H_2O$). Нині марганцевмісні мікродобрива мають широке застосування. Із солей марганцю часто застосовується водорозчинний сульфат марганцю, який містить 22,8% марганцю (Morgun et al., 2014).

Важливо виявити діапазон оптимальної концентрації марганцю при марганцевому підживленні, оскільки залежно від концентрації важкі метали та їх сполуки не тільки токсичні, а і, навпаки, необхідні елементи для нормального росту та розвитку рослин. Великої кількості марганцю для нормального розвитку потребують злакові, зокрема, озима пшениця, чим і пояснюється вибір об'єкта дослідження (Vlasyuk, 1948; Morgun et al., 2010; Shpaar, 2012; Morhun and Tkachuk, 2001; Nakala et al., 2006; Shenker et al., 2004).

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводили в лабораторних умовах. Використовували насіння озимої пшениці сорту Артеміда, районованого на Закарпатті, площі посівів якого найбільші в регіоні. Передпосівну обробку з використанням водних розчинів $MnSO_4 \cdot 5H_2O$ проводили в та-

ких відсоткових концентраціях: 0,001, 0,01, 0,1, 0,5, 1,0%. Обробка насіння тривала протягом 24 годин. Пророщували у багатокомпонентному середовищі (ґрунт дерново-підзолистий). У лабораторії підтримували постійну температуру +18...+20 °С. Освітлення – денне. Поливали дистильованою водою рівною мірою для кожного варіанта досліду. Схожість насіння визначали на 7-му добу. На 12-ту добу проростання у фазі кущіння проводили вимірювання лінійного росту (висоти рослин), визначали масу рослин і кореневої системи, для цього відбирали 20 проростків із кожного варіанта досліду. Як контроль для порівняння впливу різної концентрації сірчаноокислого марганцю брали рослини у варіанті досліду без обробки. Повторюваність виконання всіх досліджень – триразова.

Результати досліджень оброблені за допомогою методів варіаційної статистики. Критерії показників розраховані за допомогою сервісних функцій статистичного пакета електронних програм MS Excel. Відмінність між вибірками вважали достовірною при $P < 0,05$, оцінювали їх за допомогою ANOVA.

Результати та їх обговорення

Результати вивчення схожості насіння озимої пшениці сорту Артеміда показали (рис. 1), що стимулювальними виявились діючі концентрації сірчаноокислого марганцю в межах 0,001–0,01%, у разі обробки насіння якими схожість перевищувала контрольний варіант (96,5%). Причиною високої схожості може бути активування біохімічних процесів у проростаючому насінні, яке може мати місце на думку деяких авторів (Vizig and Klimovickaja, 1964; Vlasyuk and Klimovickaja, 1968; Obrueva, 2003). На погляд інших авторів (Huang et al., 1993, 1994; Graham et al., 1999; Graham et al., 2003), підвищення схожості у варіанті з марганцем спричинене наявністю додаткового джерела мікроелемента. У ході використання вищих діючих концентрацій (0,1–1,0%) передпосівна обробка $MnSO_4 \cdot 5H_2O$ мала протилежний (інгібувальний) ефект: схожість була нижчою за контрольний варіант. Із підвищенням концентрації солей затримується бубнявіння насіння, спостерігається втрата схожості при проникненні іонів солей у насіння. Таким чином, дія сірчаноокислого марганцю на процес проростання насіння пшениці залежить від використаної для передпосівної обробки насіння діючої концентрації.

Визначення довжини надземної частини 12-добових проростків показало, що вона, як і схожість, залежить від концентрації сірчаноокислого марганцю (рис. 2). Стимулювальним вплив виявився у випадку передпосівної обробки насіння в розчинах із діапазоном концентрацій від 0,001% до 0,5% сірчаноокислого марганцю. Застосування вищої концентрації мало протилежний (пригнічувальний) ефект, оскільки довжина пагона була меншою за контрольний варіант. Отже, лінійний ріст проростків озимої пшениці залежить від діючої концентрації сірчаноокислого марганцю.

Маса органа чи рослини – показник, що характеризує ростові процеси як відповідь на вплив різних умов середовища в їх сукупному впливі. Виходячи з цього, ми визначили масу 12-денних проростків, вирощених за

умови передпосівної обробки насіння сірчанокислим манганом (рис. 3). З отриманих результатів видно, що маса варіювала залежно від діючих концентрацій. Стимулювальний вплив виявили передпосівні обробки насіння 0,001 та 0,01% $MnSO_4$, в яких маса рослин була вищою за контрольний варіант. Із підвищенням діючих концентрацій (0,1–1,0% $MnSO_4$) ефект був протилежним: загальна маса проростків була нижчою за контрольний варіант. Отримані дані стали свідченням того, що підвищення діючої концентрації сульфату мангану спричиняє гальмування не тільки лінійного росту, а і ростових процесів у цілому.

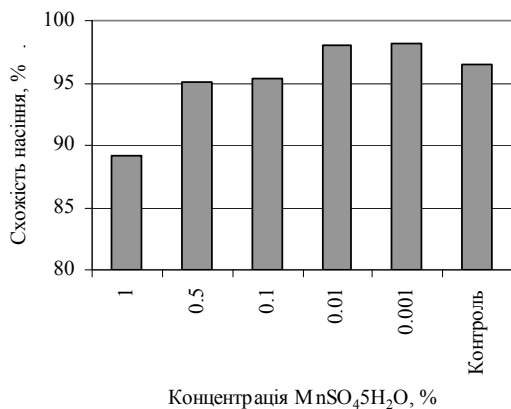


Рис. 1. Схожість насіння озимої пшениці у разі передпосівної обробки сірчанокислим марганцем (n = 3)

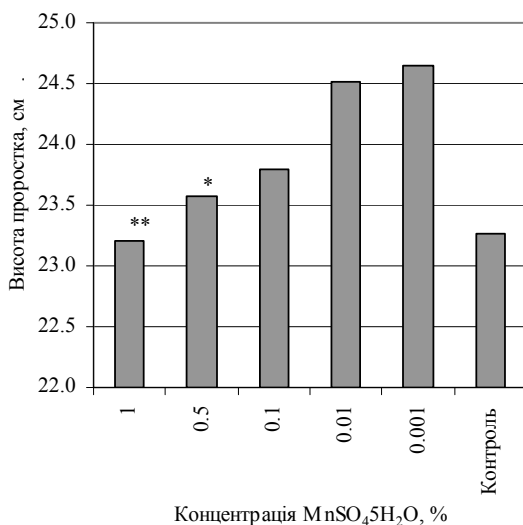


Рис. 2. Висота рослин озимої пшениці у фазі кушіння за умови передпосівної обробки насіння сірчанокислим марганцем (n = 3): * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,01$

У ході дослідження впливу передпосівної обробки насіння сірчанокислим манганом на масу кореневої системи 12-добових проростків озимої пшениці Артеміда позитивний вплив спостерігався у варіанті з 0,001% $MnSO_4$, маса кореневої системи яких перевищувала відповідний показник у контрольному дослідженні. З підвищенням діючих концентрацій (0,01–1,0%) спостерігався пригнічувальний вплив на коренеутворення, що проявлялося у вигляді зниження маси корневих систем (рис. 4).

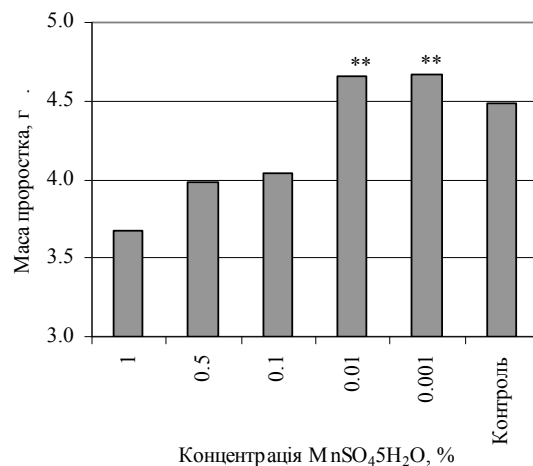


Рис. 3. Маса рослин озимої пшениці у фазі кушіння за умови передпосівної обробки насіння сірчанокислим манганом (n = 3): ** – $P < 0,01$

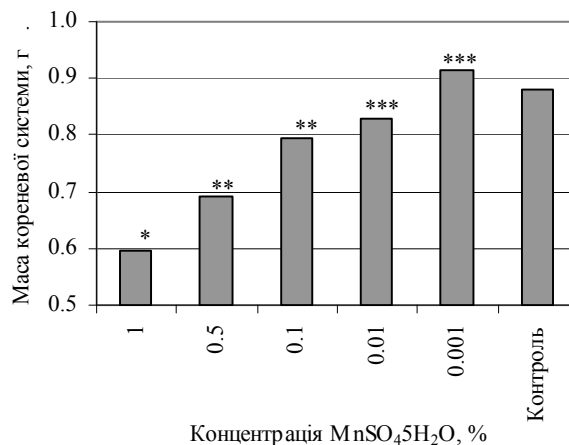


Рис. 4. Маса кореневої системи рослин озимої пшениці у фазі кушіння за умови передпосівної обробки насіння сірчанокислим манганом (n = 3): * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$

Коренева система – найчутливіший орган рослинного організму до дії ксенобіотиків різного походження (у тому числі сполук важких металів), оскільки, першочергово, є одним з органів акумуляції важких металів. Маса кореневої системи рослин – один із показників, який відображає загальну картину позитивного чи негативного ефекту фактора впливу (Hural'chuk, 2006).

Висновки

Узагальнюючи отримані результати дослідження впливу передпосівної обробки насіння сульфатом мангану на динаміку ростових показників озимої пшениці Артеміда в умовах культивування у багатоконцентному середовищі (грунт дерново-підзолистий), констатуємо: манган відіграє важливу роль у регуляції фізіологічних біохімічних процесів у рослині. До певного критичного значення концентрації, залежно від досліджуваного ростового показника, сірчанокислий манган має стимулювальний вплив, а у випадку перевищення «граничного» значення проявляється пригнічення ростових процесів.

Бібліографічні посилання

- Colangelo, E.P., 2006. Put the metal to the petal: Metal uptake and transport throughout plants. *Curr. Opin. Plant Biol.* 9, 322–330.
- Fandalyuk, A.V., Sotmari, M.P., 2004. Optymizatsiya vykorystannya ta okhorony rodyuchosti hruntiv Zakarpattya [Optimization the use and protection of soil fertility Transcarpathia]. *Okhorona Rodyuchosti Gruntiv [Protection of Soil Fertility]*. 1, 80–87 (in Ukrainian).
- Foy, C.D., Chaney, R.L., White, M.C., 1978. The physiology of metal toxicity in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 29, 511–566.
- Graham, R., Senadhira, D., Beebe, S., Iglesias, C., Monasterio, I., 1999. Breeding for micronutrient density in edible portion of staple food crops: Conventional approaches. *Filed Crop. Res.* 60, (1-2), 57-80.
- Graham, R.D., Stangoulis, C.R., 2003. Trace element uptake and distribution in plants. *Am. Soc. Nutr. Sci.* 133(5), 1502–1505.
- Hakala, M., Rantamaki, S., Puputti, E.M., Tyystjarvi, T., Tyystjarvi, E., 2006. Photoinhibition of manganese enzymes: Insights into the mechanism of photosystem II photoinhibition. *J. Exp. Bot.* 57(8), 1809–1816.
- Hall, J.L., Williams, L.E., 2003. Transition metal transporters in plants. *J. Exp. Botany* 54(393), 2601–2613.
- Huang, C., Webb, M.J., Graham, R.D., 1993. Effects of pH on manganese absorption by barley genotypes in chelate-buffered nutrient solution. *Plant nutrition – from genetic engineering to field practice.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp. 653–656.
- Huang, C., Webb, M.J., Graham, R.D., 1994. Manganese efficiency is expressed in barley growing in soil system but not in solution culture. *J. Plant Nutr.* 17(1), 83–95.
- Hural'chuk, Z.Z., 2006. Fitotoksichnist' vazhkykh metaliv ta stiykist' roslyn do yikh diyi [Phytotoxicity of heavy metals and plant resistance to their action]. Logos, Kyiv (in Ukrainian).
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H., 2001. Trace elements in soils and plants. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Matiyeha, V.Y., Pasichnyk, O.R., Pokhyl, V.V., Polychko, V.S., 2010. Ekoloho-toksykologichnyy stan gruntiv na terytoriyi Tyachiv's'koho ta Rakhiv's'koho rayoniv Zakarpats'koyi oblasti [Ecological and toxicological status of soils in the Tiachiv and Rakhivsky district, Transcarpathian region]. *Problemy Ahropromyslovoho Kompleksu Karpat [The Problems of Agroindustrial Complex in Carpathians]* 19, 94–102 (in Ukrainian).
- Mel'nychuk, D., Hofman, D., Horodn'oho, M., 2004. Yakist' gruntu ta suchasni stratehiyi udobrennya [Soil quality and modern strategies of fertilization]. Aristey, Kiev (in Ukrainian).
- Millaleo, R., Reyes-Diaz, M., Ivanov, A.G., Mora, M.L., Alberdi, M., 2010. Manganese as essential and toxic element for plants: transport, accumulation and resistance mechanisms. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 10(4), 470–481.
- Morhun, V.V., Tkachuk, K.S., 2001. Problemy, stan ta perspektyvy rozvytku doslidzhen' z fiziolhiyi zhyvlennya roslyn [Problems status and prospects of research on the physiology of nutrition of plants]. *Fiziolohiya roslyn v Ukraini na mezhi tysyacholit' [Physiology of plants in Ukraine at the turn of the millennium]* 1, 140–151 (in Ukrainian).
- Morgun, V.V., Shvartau, V.V., Kirizij, D.A., 2010. Fiziologicheskie osnovy formirovaniya vysokoy produktivnosti zernovyh zlakov [Physiological basis of the formation of the high productivity of cereals]. *Fiziologiya i Biohimija Kul'turnyh Rastenij [Physiology and Biochemistry of Cultivated Plants]* 42(5), 371–392 (in Russian).
- Morhun, V.V., Sanyn, E.V., Shvartau, V.V., 2014. Klub 100 tsentneriv. Suchasni sorty ta systemy zhyvlennya i zakhystu ozymoyi pshenytsi [Modern varieties and feed systems and protection of winter wheat]. Logos, Kyiv (in Ukrainian).
- Obryeva, N.V., 2003. Fiziologiya prorastaniya semjan [Physiology of seed germination]. *Reguljacija rosta, razvitija i produktivnosti rastenij [Regulation of growth, development and productivity of plants]*. Pravo i jekonomika, Minsk. pp. 93–94 (in Russian).
- Pinho, S., Ladeira, B., 2012. Phytotoxicity by lead as heavy metal focus on oxidative stress. *Journal of Botany.* Article ID 369572.
- Shenker, M., Plessner, O.E., Tel-Or, E., 2004. Manganese nutrition effects on tomato growth, chlorophyll concentration and superoxide dismutase activity. *J. Plant Physiol.* 161(2), 197–202.
- Shpaar, D., 2012. Zernovye kul'tury: vyrashhivanie, uborka, hranenie i ispol'zovanie [Cereals: Growing, harvesting, storage and use] Zerno, Kyiv (in Russian).
- Vakerych, M.M., 2010. Autoekolohichni doslidzhennya reaktsiyi *Avena sativa* L. za diyi spoluk kuprumu [Autecological study of *Avena sativa* L. reaction on copper compounds]. Abstract of dissertation (in Ukrainian).
- Vakerych, M.M., Nikolaychuk, V.I., 2009. Do vyvchennya vplyvu fitoaktyvnosti midi ta inshykh metaliv na ontogenetichnyy rozvytok roslyn [To study the effect of phytoactivity of copper and other metals to ontogenetic development of plants]. *Fiziolohiya Roslyn: Problemy ta Perspektyvy Rozvytku [Physiology of Plants: Problems and Evolution Prospect]*. Logos, Kyiv 1, 287–305 (in Ukrainian).
- Vizir, K.L., Klimovickaja, T.M., 1964. Dejstvie marganca na rost i razvitie rastenij na razlichnyh jetapah ontogeneza [The action of manganese on the growth and development of plants at different stages of ontogenesis]. *Naukova Dumka, Kyiv.* pp. 29–44 (in Russian).
- Vlasyuk, P.A., 1948. Marhanets' u systemi zhyvlennya roslyn [Manganese in the system of power plant] *Academy Sciences of the USSR, Kyiv* (in Ukrainian).
- Vlasyuk, P.A., Klimovickaja, T.M., 1968. Fiziologicheskoe znachenie marganca dlja rosta i razvitija rastenij [The physiological significance of manganese to the growth and development of plants]. *Kolos, Moscow* (in Russian).

Надійшла до редколегії 12.07.2014