

## Scientificly based optimization of agricultural techniques for growing soy

T. Shepilova  | D. Petrenko | S. Leshchenko | K. Vasylykivska | M. Kovalov

## Article info

Correspondence Author

T. Shepilova

E-mail:

[shepilova.tamara@gmail.com](mailto:shepilova.tamara@gmail.com)Central Ukrainian National  
Technical University,  
8, Prospekt Universytetskyi,  
Kropyvnytskyi, 25006,  
Ukraine,**Citation:** Shepilova, T., Petrenko, D., Leshchenko, S., Vasylykivska, K., & Kovalov, M. (2023). Scientificly based optimization of agricultural techniques for growing soy. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (2), 56–59. doi: 10.31210/spi2023.26.02.10

In modern conditions, an important reserve for increasing soybeans productivity is the improvement of nutrition conditions with the help of fertilizers and growth stimulants, which provide potential productivity of soybean varieties of the intensive type. The purpose of the study is to identify the effect of fertilizers and preparations with growth-regulating substances and microelements on the growth and development of medium-ripening Fieria soybean plants in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. The task is to determine the influence of elements of growing technology on the height, mass of plants, area of leaves, number of nodules, and formation of elements of crop structure. The research was conducted during 2020–2022 in the conditions of Kirovohrad region. The soil is ordinary medium-humus heavy loamy chernozem. The field experiment was laid out using the block method. Factor A (mineral fertilizers): 1). Control (without fertilizers), 2).  $N_{30}P_{30}K_{30}$ . Factor B (preparations): 1). Control (without treatment), 2). Fulvigrin Bor 1.5 l/ha, 3). Potassium humate 1.0 l/ha, 4). Micro-Mineralis 1.5 l/ha. Crops were treated with preparations in the budding phase. Mineral fertilizers were applied by spreading method under pre-sowing cultivation. As a result of the research, it was established that the use of mineral fertilizers and preparations contributed to the increase in the height and mass of soybean plants, while the use of Micro-Mineralis was more effective, while applying  $N_{30}P_{30}K_{30}$ , the increase compared to the absolute control was 9.6 cm (11.3%) and 8.2 g (21.9%), respectively. The most significant increase in the area of the leaf surface of one plant was formed using of Micro-Mineralis in combination with the application of mineral fertilizers. The increase in the indicator was 167 cm<sup>2</sup>, which is 18.2%. A complex application of fertilizers had a positive effect on the formation of nodules. Thus, their number increased by 6.1–9.4 pcs./plant, which is 21.4–33.0%. The highest efficiency was provided by Micro-Mineralis, the lowest by Fulvigrin Bor. The use of fertilizers contributed to an increase in seed mass by 0.15 g/plant, and with a complex application of preparations by 0.22–0.42 g/plant, or 5.2–9.9%. The weight of 1.000 seeds changed little under the influence of the preparations. The indicator was higher using Micro-Mineralis with application of mineral nutrition of 143.5 g, which is higher than the absolute control by 3.1 g, or 2.2%. The yield data showed that the highest productivity was provided by the preparation Micro-Mineralis using fertilizers – 2.22 t/ha, the yield increase was 0.3 t/ha (15.6%). With the use of Fulvigrin Bor and potassium humate, the increase was 0.21 and 0.25 t/ha, using  $N_{30}P_{30}K_{30}$  – 0.15 t/ha.

**Keywords:** soybean, fertilizers, productivity, plant mass, leaf area.

## Науково обґрунтована оптимізація агротехніки вирощування сої

Т. П. Шепілова | Д. І. Петренко | С. М. Лещенко | К. В. Васильковська | М. М. Ковальов

Центральноукраїнський  
національний технічний  
університет,  
м. Кропивницький,  
Україна

В сучасних умовах важливим резервом підвищення урожайності сої є поліпшення умов живлення за допомогою застосування добрив та стимуляторів росту, що реалізують потенційну продуктивність сортів сої інтенсивного типу. Мета досліджень – виявити вплив добрив та препаратів з ріст регулюючими речовинами та мікроелементами на розвиток рослин середньостиглого сорту сої Феєрія в умовах північного Степу України. Завдання - визначити вплив елементів технології вирощування на висоту, масу рослин, площу листя, формування елементів структури врожаю. Дослідження проводилися протягом 2020–2022 рр. в умовах Кіровоградської області. Польовий дослід включав два фактори. Фактор А (мінеральні добрива): 1). Контроль (без добрив), 2).  $N_{30}P_{30}K_{30}$ . Фактор В (препарати): 1). Контроль (без обробки), 2). Фульвігрін Бор 1,5 л/га, 3). Гумат калію 1,0 л/га, 4). Мікро-Мінераліс 1,5 л/га. Обробку посівів препаратами проводили у фазі бутонізації. Мінеральні добрива вносили розкидним способом під передпосівну культивування. В результаті досліджень встановлено, що застосування мінеральних добрив і препаратів сприяло збільшенню висоти та маси рослин сої, використання Мікро-Мінераліс виявилось більш ефективним, де на фоні  $N_{30}P_{30}K_{30}$  приріст до абсолютного контролю становив 9,6 см (11,3%) і 8,2 г (21,9%) відповідно. Суттєвий приріст площі листової поверхні однієї рослини формувався також на фоні застосування Мікро-Мінераліс у поєднанні з внесенням мінеральних добрив, приріст до контролю становив 167 см<sup>2</sup> (18,2%). Комплексне застосування добрив мало позитивний вплив на формування бульбочок. Так, їх кількість збільшувалась на 6,1–9,4 шт./росл., що становить 21,4–33,0%. Найбільшу ефективність забезпечив Мікро-Мінераліс, найменшу Фульвігрін Бор. Застосування добрив сприяло збільшенню маси насіння на 0,15 г/росл., при комплексному застосуванні препаратів – на 0,22–0,42 г/росл. Урожайні дані показали, що найбільшу врожайність забезпечив препарат Мікро-Мінераліс на фоні добрив – 2,22 т/га, прибавка врожаю становила 0,3 т/га (15,6%). За умови застосування Фульвігрін Бор та Гумат калію прибавка складала 0,21 та 0,25 т/га.

**Ключові слова:** соя, добрива, урожайність, маса рослин, площа листя.**Бібліографічний опис для цитування:** Шепілова Т. П., Петренко Д. І., Лещенко С. М., Васильковська К. В., Ковальов М. М. Науково обґрунтована оптимізація агротехніки вирощування сої. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (2). С. 56–59.

## Вступ

Пріоритетний шлях розвитку аграрного комплексу України включає стабільне виробництво сої, що задовольняє потреби рослинництва і тваринництва, як основних галузей сільського господарства [1–5]. З огляду на це, відмічається зростаючий інтерес до неї з боку провідних вітчизняних та зарубіжних вчених стосовно підвищення продуктивності культури шляхом удосконалення технології вирощування, застосування добрив та сучасних стимуляторів росту [6–9].

Ефективність застосування добрив залежить від строків і дози внесення, групи стиглості сорту, ґрунтово-кліматичних умов, отже потребує детального вивчення [10, 11]. Важливим резервом підвищення урожайності сої є поліпшення умов живлення за допомогою застосування мікродобрив та стимуляторів росту, що реалізують потенційну продуктивність сучасних сортів сої інтенсивного типу, покращують розвиток кореневої системи, підвищують активність фотосинтезу та симбіотичної фіксації азоту, збільшують масу рослин, площу листової поверхні, насінневу продуктивність [12–15].

В дослідженнях проведених в умовах північного Степу України встановлено, що застосування мінеральних та мікродобрив має позитивний вплив на формування продуктивності сої. Зокрема, прибавка врожаю при вирощуванні сорту сої Золушка становила 0,21–0,29 т/га, або 13,7–19,0 %. При цьому відмічено зростання висоти рослин на 3,2–4,6 м, маси рослин на 4,1–5,1 г, тоді як кількість бульбочок на коренях сої майже не змінювалась [16].

Вивчення впливу регуляторів росту на продуктивність сої сорту Устя показало, що більшу прибавку врожаю забезпечує Агростимулін – 0,34 т/га, при застосуванні Емістиму С вона становила 0,13 т/га [17].

В дослідженнях О. І. Полякова встановлено, що приріст урожайності сої від застосування біостимуляторів складав 0,06–0,18 т/га [18].

В дослідженнях з вивчення ефективності мікродобрива Квантум для обробки насіння і посівів сої встановлено, що маса рослин зростала до контролю на 3,0–5,8 г, маса насіння – на 0,26–0,29 г/роsl. Прибавка врожаю при цьому становила 0,17–0,28 т/га [19].

Таким чином, важливим і актуальним питанням є вивчення ефективності застосування добрив на продуктивність сої в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах.

## Мета дослідження

Мета досліджень – виявити вплив добрив та препаратів з ріст регулюючими речовинами та мікроелементами на розвиток рослин середньостиглого сорту сої Феєрія в умовах північного Степу України.

*Завдання* визначити вплив елементів технології вирощування на висоту, масу рослин, площу листя, кількість бульбочок, формування елементів структури врожаю.

## Матеріали і методи

Дослідження проводилися протягом 2020–2022 рр. в умовах Кіровоградської області. Ґрунт – чорнозем звичайний середньогумусний важкосуглинковий. Вміст гумусу 4,6 %, азоту, що легко гідролізується – 11,5 мг/100 г ґрунту, рухомого фосфору – 6,2 мг/100 г ґрунту, обмінного калію – 12,9 мг/100 г ґрунту. В роки досліджень кількість опадів варіювала в широких межах. Так, гідротермічний коефіцієнт за період вегетації сої 2020 р. становив 0,6, 2021 р. – 1,2, 2022 р. – 0,9.

Польовий дослід заклали методом блоків. Фактор А (мінеральні добрива): 1). Контроль (без добрив), 2).  $N_{30}P_{30}K_{30}$ . Фактор В (препарати):

- 1). Контроль (без обробки);
- 2). Фульвіґрін Бор 1,5 л/га;
- 3). Гумат калію 1,0 л/га;
- 4). Мікро-Мінераліс 1,5 л/га.

Обробку посівів препаратами проводили у фазі бутонізації. Мінеральні добрива вносили розкидним способом під передпосівну культивуацію. Вивчали середньостиглий сорт сої Феєрія.

## Результати та їх обговорення

Відомо, що від маси рослин залежить фотосинтетичний потенціал посіву, здатність використання сонячної енергії, накопичення органічної речовини та урожайність сої. Параметри маси рослин залежать від впливу агротехнічних факторів та погодних умов року. Використання добрив та стимуляторів росту сприяє формуванню більшої маси рослин, площі листової поверхні та сприяє інтенсивному формуванню бульбочок сої [4, 7, 11].

Встановлено, що застосування добрив сприяло збільшенню маси рослин на 5,3 г (14 %). Додаткове застосування препаратів на мінеральному фоні живлення сприяло збільшенню показника на 2,6–6,8 %. При використанні тільки препаратів маса рослин збільшувалась на 3,7–12,8% (табл. 1).

Висота рослин під дією стимуляторів росту зростала до контролю на 2,0–4,3%. На фоні  $N_{30}P_{30}K_{30}$  і обробки посівів препаратами рослини були вищими – 91,9–94,7 см, що більше за абсолютний контроль на 6,8–9,6 см і становить 8,0–11,3 %. Ефективність дії препаратів на різних фонах живлення була на одному рівні.

Площа листової поверхні сої суттєво змінювалась залежно від елементів технології вирощування. Застосування стимуляторів росту та добрив забезпечує формування більших показників площі листя, що підтверджується іншими дослідженнями [3, 16, 19].

**Таблиця 1**

Вплив елементів агротехніки на масу та висоту рослин (2020–2022 рр.)

Мінеральні добрива	Препарати	Маса рослин, г	Висота рослин, см	Площа листової поверхні, см <sup>2</sup> /росл.	Кількість бульбочок, шт./росл.
Контроль (без добрив)	Контроль (без обробки)	37,5	85,1	918	28,5
	Фульвігрін Бор 1,5 л/га	38,9	86,8	943	30,5
	Гумат калію 1,0 л/га	39,6	87,5	955	32,9
	Мікро-Мінераліс 1,5 л/га	42,3	88,8	984	33,4
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	Контроль (без обробки)	42,8	90,8	972	33,8
	Фульвігрін Бор 1,5 л/га	43,9	91,9	998	34,6
	Гумат калію 1,0 л/га	44,8	93,4	1011	36,2
	Мікро-Мінераліс 1,5 л/га	45,7	94,7	1085	37,9

При застосуванні Фульвігрін Бор та Гумат калію, як на фоні мінеральних добрив так і без них площа листя зростала на 2,7–4,0 %.

Більш ефективною виявилась обробка посівів Мікро-Мінераліс, де приріст до контролю становив 66 см<sup>2</sup>/росл. (7,2 %). На фоні N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> препарат сприяв збільшенню площі листя на 113 см<sup>2</sup>/росл., що склало 11,6%.

Дослідженнями багатьох вчених доведено позитивний вплив мікродобрив та стимуляторів росту на формування бульбочок, шляхом посилення розвитку кореневої системи та покращення живлення [10, 12, 16].

Виявлено, що під дією препаратів кількість бульбочок збільшувалась до контролю в межах

7,0–17,2%. На фоні мінерального живлення приріст становив 2,4–12,1 %. Найбільшу ефективність відмічено під дією Мікро-Мінераліс, найменшу показав Фульвігрін Бор.

На фоні мінерального живлення на коренях сої формувалась більша кількість бульбочок, прибавка до контролю складала 5,3 шт./росл. (18,6 %).

Відомо, що застосування добрив і стимуляторів росту рослин формує кращі показники насінневої продуктивності рослин сої [11, 17].

Маса насіння збільшувалась під дією добрив на 0,15–0,42 г/росл., що становить 3,5–9,9 % (табл. 2).

**Таблиця 2**

Вплив елементів агротехніки на врожайність та масу насіння (2020–2022 рр.)

Мінеральні добрива (фактор А)	Препарати (фактор В)	Маса 1000 насінин, г	Маса насіння, г/росл.	Урожайність, т/га
Контроль (без добрив)	Контроль (без обробки)	140,4	4,23	1,92
	Фульвігрін Бор 1,5 л/га	140,4	4,31	2,02
	Гумат калію 1,0 л/га	140,9	4,35	2,05
	Мікро-Мінераліс 1,5 л/га	141,0	4,41	2,11
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	Контроль (без обробки)	141,9	4,38	2,07
	Фульвігрін Бор 1,5 л/га	142,1	4,45	2,13
	Гумат калію 1,0 л/га	142,4	4,50	2,17
	Мікро-Мінераліс 1,5 л/га	143,5	4,65	2,22
НІР <sub>05</sub> по фактору А				0,07
НІР <sub>05</sub> по фактору В				0,08
НІР <sub>05</sub> по фактору АВ				0,13

При застосуванні стимуляторів росту і мікродобрив показник підвищувався на 1,9–4,2 %, на фоні N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> – на 1,6–6,2 %.

Маса 1000 насінин під дією препаратів змінювалась мало. Більшим показник був при застосуванні Мікро-Мінераліс на фоні мінерального живлення – 143,5 г, що вище за абсолютний контроль на 3,1 г, або 2,2 %.

Урожайні дані свідчать, що застосування Фульвігрін Бор сприяло отриманню істотної прибавки врожаю – 0,10 т/га, тоді як на фоні мінеральних добрив за додаткового обприскування посівів прибавка врожаю була неістотною (0,06 т/га). Застосування Гумату калію дало істотний приріст врожаю 0,13 і 0,10 т/га відповідно. Найбільшою ефективністю відзначився Мікро-Мінераліс, де прибавка до контролю становила – 0,19 т/га, на фоні N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> – 0,15 т/га.

Застосування мінеральних добрив сприяло збільшенню врожайності на 0,15 т/га, або 7,8 %.

## Висновки

Застосування мінеральних добрив і препаратів сприяло збільшенню висоти та маси рослин сої, при цьому використання Мікро-Мінераліс виявилось більш ефективним, де на фоні N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> приріст до абсолютного контролю становив 9,6 см (11,3 %) і 8,2 г (21,9 %) відповідно.

Найбільш суттєвий приріст площі листової поверхні однієї рослини формувалась на фоні застосування Мікро-Мінераліс у поєднанні з внесенням мінеральних добрив. Збільшення показника становило 167 см<sup>2</sup>, що складає 18,2 %.

Комплексне застосування добрив мало позитивний вплив на формування бульбочок. Так, їх кількість збільшувалась на 6,1–9,4 шт./росл., що становить

21,4–33,0%. Найбільшу ефективність забезпечив Мікро-Мінераліс, найменшу Фульвігрін Бор.

Застосування добрив сприяло збільшенню маси насіння на 0,15 г/роsl., при комплексному застосуванні препаратів – на 0,22–0,42 г/роsl.

Урожайні дані показали, що найбільшу врожайність забезпечив препарат Мікро-Мінераліс на фоні добрив – 2,22 т/га, прибавка врожаю становила 0,3 т/га (15,6%). За умови застосування Фульвігрін Бор та Гумат калію прибавка складала 0,21 та 0,25 т/га, на фоні N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> – 0,15 т/га.

*Перспективи подальших досліджень.* В подальших дослідженнях планується вивчити ефективність мікродобрив та регуляторів росту в комбінаціях для обробки насіння і посівів на ранньостиглих сортах сої при вирощуванні в зоні північного Степу України.

### Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

### References

1. Didora, V. G., & Stupnicka, O. S. (2016). Produktivnist soyi zalezhdno vid inokulyaciyi ta udobrennya v umovah Polissya Ukrayini. *Visnik Agrarnoyi Nauki*, 4, 33–37. Retrieved from: [https://agrovisnyk.com/pdf/ua\\_2016\\_04\\_08.pdf](https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2016_04_08.pdf) [in Ukrainian]
2. Taherzadeh, O., & Caro, D. (2019). Drivers of water and land use embodied in international soybean trade. *Journal of Cleaner Production*, 223, 83–93. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.068>
3. Vozhegova, R. A., Najdonova, V. O., & Voronyuk, L. A. (2016). Produktivnist soyi za riznih sposobiv osnovnogo obrobittku gruntu ta doz vnesennya dobriv pri zroshenni. *Zroshuvane Zemlerobstvo*, 65, 20–22. Retrieved from: [http://izpr.ks.ua/archive/2016/65/65\\_2016.pdf](http://izpr.ks.ua/archive/2016/65/65_2016.pdf) [in Ukrainian]
4. Montanha, G. S., Dias, M. A. N., Corrêa, C. G., & de Carvalho, H. W. P. (2021). Unfolding the fate and effects of micronutrients supplied to soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) and maize (*Zea mays* L.) through seed treatment. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(4), 3194–3202. <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00598-7>
5. Cherenkov, A. V., Klysha, A. I., Hyrka, A. D., & Kulnich, O. O. (2014). *Zernobobovi kultury: suchasni tekhnologii vyroshchuvannia: monohrafiia*. Dnipropetrovsk. Aktsent PP. [in Ukrainian]
6. Rebonatti, M. D., Cordeiro, C. F. dos S., Volf, M. R., Gomes da Silva, P. C., & Tiritan, C. S. (2023). Effects of silage crops between crop seasons on soybean grain yield and soil fertility in tropical sandy soils. *European Journal of Agronomy*, 143, 126685. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126685>
7. Melnyk, A. V., Romanko, Yu. O., Romanko, A. Yu., & Dudka, A. A. (2019). Effect of weather and climate parameters on the crop productivity of modern soybean varieties in the north-eastern Forest steppe of Ukraine. *Taurian Scientific Herald*, 109 (1), 76–83. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.109-1.12>
8. Tapas, C., & Gupta, S. B. (2005). Effect of bacterial fertilizers with different phosphorus levels on soybean and soil microflora. *Advances in Plant Sciences, Raipur, India*, 18 (1), 81–86.
9. Kuczynski, J., Twardowski, T., Nawracała, J., Gracz-Bernaciak, J., & Tyczewska, A. (2020). Chilling stress tolerance of two soya bean cultivars: Phenotypic and molecular responses. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 206 (6), 759–772. <https://doi.org/10.1111/jac.12431>
10. Zabolotnij, G. M., Ciganskij, V. I., & Ciganska, O. I. (2015). Vpliv mineralnih dobriv ta mikrodobriv na formuvannya individualnoyi produktivnosti roslin soyi v umovah Lisostepu pravoberezhnogo. *Agrobiologiya*, 2, 130–133. [in Ukrainian]
11. Kushnir, M. V. (2014). Effect of pre-treatment of seeds and foliar fertilizing on yield and seed quality of modern soy-bean varieties. *Plant Breeding and Seed Production*, 106, 134–140. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2014.42142>
12. Pavlenko, G. V. (2015). Vpliv elementiv tehnologiyi viroshuvannya na yakist nasinnya soyi v pravoberezhnomu Lisostepu. *Zbirnyk Naukovykh Prats Natsionalnoho Naukovoho Sentru "Instytut Zemlerobstva NAAN"*, 1, 72–79. [in Ukrainian]
13. Bobro, M. A. (Red). (2016). *Adaptivna tehnologiya viroshuvannya soyi u Shidnomu Lisostepu Ukrayini: monografiya*. Kharkiv: KhNAU [in Ukrainian]
14. Mosondz, N. P. (2014). Formuvannya produktivnosti soyi zalezhdno vid tehnologichnih zahodiv viroshuvannya v umovah pivnichnoyi chastini Lisostepu. *Zemlerobstvo*, 1-2, 74–77. [in Ukrainian]
15. Shevnikov, M. Ya. (2011). Osoblivosti tehnologiyi viroshuvannya soyi v umovah nestijkogo zvolozhennya Lisostepu Ukrayini. *Kormi i Kormovirobnictvo*, 69, 147–151. [in Ukrainian]
16. Shepilova, T. P., Petrenko, D. I., Leshchenko, S. M., Skrynnik, I. O., & Artemenko, D. Y. (2021). Effectiveness of fertilizer application on soybean areas in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 37–42. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.04>
17. Kornijchuk, M. S., Polishuk, S. V., Zhmurko, L. G., & Zhitkevich, N. V. (2008). Vpliv regulatoriv rostu na rozvitok bakterialnih hvorob soyi. *Silskogospodarska Mikrobiologiya*, 7, 138–146 [in Ukrainian]
18. Polyakov, O. I., & Nikitenko, O. V. (2011). Formuvannya elementiv produktivnosti ta vrozhdnosti sortiv soyi pid vplivom zastosuvannya biostimulyatoriv rostu. *Naukovo-Tekhnichnij Byuleten Institutu Olijnih Kultur NAAN*, 16, 112–116 [in Ukrainian]
19. Shepilova, T., Mostipan, M., Petrenko, D., & Vasylykovska, K. (2020). The influence of sowing time and micro-fertilizers on soybean productivity in the northern steppe of Ukraine. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 26 (4), 787–792. Retrieved from: <https://www.agrojournal.org/26/04-12.pdf>
20. Artemenko, S. F., & Kovtun, O. V. (2016). Produktivnist soyi zalezhdno vid riznih doz dobriv ta osnovnogo obrobittku gruntu u sivozminah korotkoyi rotaciyi. *Byuleten Institutu Silskogo Gospodarstva Stepovoyi Zoni NAAN Ukrayini*, 11, 62–66. [in Ukrainian]

### ORCID

- T. Shepilova  <https://orcid.org/0000-0002-1439-0439>  
D. Petrenko  <https://orcid.org/0000-0002-3151-8123>  
S. Leshchenko  <https://orcid.org/0000-0001-9339-4691>  
K. Vasylykovska  <https://orcid.org/0000-0002-3524-4027>  
M. Kovalov  <https://orcid.org/0000-0003-4421-8960>



2023 Shepilova T. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.