

**МІЩЕНКО С. В.**<sup>1,2</sup><sup>1</sup> Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка, Україна, 41400, Сумська обл., м. Глухів, вул. Київська, 24<sup>2</sup> Інститут луб'яних культур НААН України,

Україна, 41400, Сумська обл., м. Глухів, вул. Терещенків, 45, ORCID: 0000-0002-1979-4002, e-mail: serhii-mishchenko@ukr.net

## СХОЖІСТЬ НАСІННЯ *CANNABIS SATIVA* L. ЗА ШТУЧНО ЗМОДЕЛЬОВАНОГО СОЛЬОВОГО СТРЕСУ В КУЛЬТУРИ *IN VITRO*

**Мета.** Дослідження реакції конопель посівних (*Cannabis sativa* L.) на штучно змодельований сольовий стрес у культурі *in vitro*. **Методи.** Насіння сорту Гляна культивували в умовах сольового стресу, який було штучно змодельовано шляхом додавання у живильне середовище Мурасіге і Скуга певної солі відповідно до основних типів засолення ґрунтів: хлоридного, сульфатного та карбонатного. **Результати.** Коноплі посівні досить різко реагували на підвищення концентрації солей у живильному середовищі, зокрема спостерігалось зменшення схожості насіння. Найбільш придатним для культивування було середовище з сульфатами, а найменш – з карбонатами (причому за порівняно низьких концентрацій). **Висновки.** Розроблені й апробовані тест-системи (що включають концентрації досліджуваних солей) для проведення скринінгу до сольового стресу забезпечують селективність при доборі. Селективними концентраціями солей у середовищі визначено наступні: хлориди – 0,25 NaCl, 0,75 % MgCl<sub>2</sub> · 6 H<sub>2</sub>O; сульфати – 0,5 MgSO<sub>4</sub> · 7 H<sub>2</sub>O, 1,0 % Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; карбонати – 0,15 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 0,30 % NaHCO<sub>3</sub>. Побудовані рівняння прямої регресії дозволяють використовувати дані моделі для прогнозування схожості насіння в практичному землеробстві, залежно від величини збільшення / зменшення концентрації солі в ґрунті.

**Ключові слова:** коноплі, сольовий стрес, *in vitro*, схожість насіння.

Останнім часом у світі все більше зростає інтерес до вирощування конопель посівних (*Cannabis sativa* L.) – культури комплексного і безвідходного використання, адже вона є придатною як сировина для багатьох галузей промисловості, зокрема для виготовлення текстильних і кручених виробів, біокомпозитних матеріалів, складників в автомобілебудуванні, паперу, кос-

метики, фармацевтичних препаратів, харчових продуктів, застосування у тваринництві та з біоенергетичною метою, активно досліджуються ефірні олії конопель і можливості їхнього використання.

Одним із новітніх напрямів є створення сортів промислових конопель для біоремедіації, оскільки коноплі придатні для вирощування на ґрунтах, забруднених радіонуклідами й важкими металами. Таким чином, культура може використовуватися для рекультивації виведених з обороту земель сільськогосподарського призначення, тому перспективними й актуальними є дослідження можливості її використання в умовах засолення. Не зважаючи на те, що коноплі посівні вирощують майже у всіх ґрунтово-кліматичних зонах, однією з перешкод для їх успішного культивування можуть стати стресові абіотичні чинники, зокрема й засолення ґрунтів. Численними дослідженнями встановлено, що стійкість рослин до несприятливих факторів середовища є генетично детермінованою і проявляється на різних рівнях організації життя, зокрема на клітинному та тканинному. Це дає широкі можливості для використання біотехнологічних методів з метою виділення стійких генотипів при зменшенні матеріальних витрат за порівняно короткий період [1].

Сольовий стрес є одним з найсерйозніших абіотичних стресів, який впливає на ріст і розвиток рослин. Рослини при цьому активно уповільнюють швидкість росту у відповідь на сольовий стрес (наприклад, через зниження ефективності фотосинтезу), що призводить до збільшення виживання. Рослини ведуть прикріпленний спосіб існування і тому повинні розробити відповідні фізіологічні механізми для адаптації до середовища з високим вмістом солі [2]. Сольовий стрес підвищує внутрішньоклітинний осмотичний тиск і може призвести до накопичення Na<sup>+</sup> до токсичного рівня. Таким чином,

© МІЩЕНКО С. В.

сольовий стрес викликає іонний стрес. У відповідь на сигнали сольового стресу рослини адаптуються за допомогою різних механізмів, включаючи регуляцію іонного гомеостазу, активацію шляху осмотичного стресу, опосередкування передачі сигналів рослинними гормонами, регулювання динаміки цитоскелета та складу клітинної стінки. Розкриття механізмів, що лежать в основі цих фізіологічних і біохімічних реакцій на сольовий стрес, може дати цінні стратегії для підвищення врожайності сільськогосподарських культур [2]. Прогрес у транскриптоміці, геноміці та молекулярній біології дозволив виявити нові роди генів, які беруть участь у формуванні відповіді на сольовий стрес рослиною [3].

У зв'язку зі збільшенням у світі площ засоленних ґрунтів актуальності набуває потреба в розробці методів (прийомів) тестування солетолерантності у сільськогосподарських культур. Одним з таких прийомів може бути оцінка на стійкість до сольового стресу, змодельованого в культурі *in vitro*. Вона полягає у додаванні різних концентрацій певної солі до живильного середовища та встановлення життєздатності експлантів, особливостей їх проходження за фазами росту і розвитку, оцінці за морфологічними ознаками тощо. У результаті виникає можливість проведення добору та розмноження стійких генотипів. Культивування *in vitro* є дієвим і швидким інструментом для вивчення відповіді рослин на сольовий стрес у той час, як інші фактори (поживні речовини, освітлення, температура) залишаються постійними й контролюються оптимальним чином [4]. При цьому толерантність до сольового стресу визначають різними шляхами. Наприклад, у досліді з люцерною толерантними вважали проростки, які вижили у середовищі з найвищою концентрацією NaCl (200 мМ), а потім на основі випробування відібраних клонів в умовах помірного сольового стресу (75 мМ NaCl) [4]. Культура *in vitro* була успішно використана для оцінки впливу сольового стресу багатьох культур: пшениці, ячменю, тритикале [5, 6]; міскантусу [7]; баклажану [8]; люцерни [4]; кмину [9]; тополі, верби [10], пальми [11] й ін.

Установлено, що адаптивну роль до засоленних умов відіграють накопичення проліну та цукрів, підвищення активності антиоксидантних ферментів [9] й аскорбінової кислоти [8], а окремі фізіологічно активні речовини виявляють захисний ефект в умовах сольового стресу, наприклад жасмонова кислота (0,1 і 10 мкМ) част-

ково долає негативний сольовий вплив на основні фотосинтетичні пігменти та підтримує осмос клітин картоплі під час засолення [12]. Також було виявлено, що симптоми сольового стресу у конопель можна полегшити в старих листках саме за допомогою застосування Силіцію (коноплі мають генетичну схильність до поглинання силікатної кислоти й накопичення її у вигляді кремнезему в клітинах епідермісу листків і трихомах) [13], а також і біостимуляторів росту білкового походження.

Стійкі клітинні лінії, наприклад до NaCl, можна отримувати двома шляхами: 1) розвинений калюс відразу пересаджують на середовище з постійною концентрацією солі; 2) калюс піддають впливу ступеневого збільшення концентрації солі [8]. Другий варіант є більш ефективним, оскільки калюси характеризувались компактним ростом, зеленим кольором, відсутністю некротичних зон [8].

Зазвичай вважають, що токсичними для рослин є вміст у ґрунті хлоридів вищий за 1 %, сульфатів – за 2 %, карбонатів – за 0,6 %. Засоленість вважають відсутньою, якщо вміст відповідних солей у сухому залишку не перевищує 0,15 % (хлоридно-карбонатний, сульфатно-карбонатний, карбонатно-хлоридний і карбонатно-сульфатний), 0,20 % (сульфатно-хлоридний), 0,25 % (хлоридно-сульфатний), 0,15 % (хлоридний) чи 0,30 % (сульфатний тип засолення). З рештою засоленість поділяють на слабку, середню, сильну та у крайньому разі ґрунти відносять до солончаків. З огляду на актуальність проблеми й було проведено дослідження реакції конопель на штучно змодельований сольовий стрес в культурі *in vitro*.

### Матеріали і методи

Дослідження проводили в культурі *in vitro* на базі Інституту луб'яних культур НААН. У ролі експлантів використане насіння сорту промислових конопель Гляна. Базове середовище для культивування – Мурасіге і Скуга [14]. Сольовий стрес було штучно змодельовано шляхом додавання у живильне середовище певної солі, зокрема досліджено коноплі на стійкість до основних типів засолення ґрунтів. Варіанти дослідів за масовою часткою солей у живильному середовищі, наступні: хлориди (NaCl – 0,25, 0,5, 0,75, 1,0, 1,25 %; MgCl<sub>2</sub> · 6 H<sub>2</sub>O – 0,25, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 %), сульфати (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5 %; MgSO<sub>4</sub> · 7 H<sub>2</sub>O – 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5 %), карбонати (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> – 0,15, 0,3, 0,45, 0,6,

0,75 %;  $\text{NaHCO}_3$  – 0,075, 0,15, 0,3, 0,45, 0,5 %). Визначення схожості насіння конопель проведено на 7-му добу культивування. Стійкість (толерантність) визначали за відомим способом [15].

### Результати та обговорення

Установлено, що коноплі досить різко реагували на підвищення концентрації солей у живильному середовищі. В умовах сольового стресу спостерігалось зменшення схожості насіння, висоти пагонів, вирощених з насіння, і кількості міжвузлів на них, висоти мікроклонів, кількості міжвузлів і частоти ризогенезу за умови мікроклонального розмноження, частоти калюсогенезу і накопичення маси калюсу в результаті застосування фітогормонів.

Схожість насіння різко знизилася за масової частки 0,75 і 1,00 %  $\text{NaCl}$  у середовищі (26,7 і 23,3 %, порівняно з 90,0 % у контролі). За частки 1,25 %  $\text{NaCl}$  у середовищі зовсім не проростало, або корінець гинув після розтріскування насіння. Інший хлорид –  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  – більш м'яко впливав на досліджувані ознаки. Невисока його частка у живильному середовищі (0,25 %), навіть, стимулювала схожість насіння (93,1 у цьому варіанті й 89,6 % у контролі). Досить значне пригнічення спостерігали, починаючи з варіанта з 1,00 %  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Насіння

зовсім не проростало за концентрації 1,50 %  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (рис. 1).

Аналогічна реакція конопель на сольовий стрес в культурі *in vitro* була і при застосування сульфатів. За масової частки 0,5 і 1,0 %  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  вона становила 89,7 і 79,3 % відповідно (у контрольному варіанті – 93,1 %), різке зниження показника спостерігали у варіанті з 1,5 і 2,0 %  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (48,3 і 41,4 % відповідно), за збільшення концентрації натрій сульфату до 2,5 % він впав до 17,2 %, а у варіанті з 3,0 % зазначеної солі у живильному середовищі насіння конопель взагалі не проросло. Більш чутливими коноплі виявилися до  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . За штучно змодельованого сольового стресу із використанням  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  різке зниження схожості (48,4 %) спостерігали вже за концентрації діючого агента 1,0 %. У варіантах з 2,5 і 3,0 %  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  проростання насіння не спостерігали (рис. 2).

Найбільш негативний вплив на процеси проростання насіння і подальший ріст пагонів мали карбонати. Вже за порівняно низької концентрації (0,3 %  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і  $\text{NaHCO}_3$ ) схожість насіння падала приблизно вдвічі, порівнюючи з контрольним середовищем, а зовсім проростки не формувались за масової частки зазначених солей 0,75 і 0,90 % у середовищі. Слід зазначити, що  $\text{NaHCO}_3$  чинив менш негативний вплив на коноплі (рис. 3).

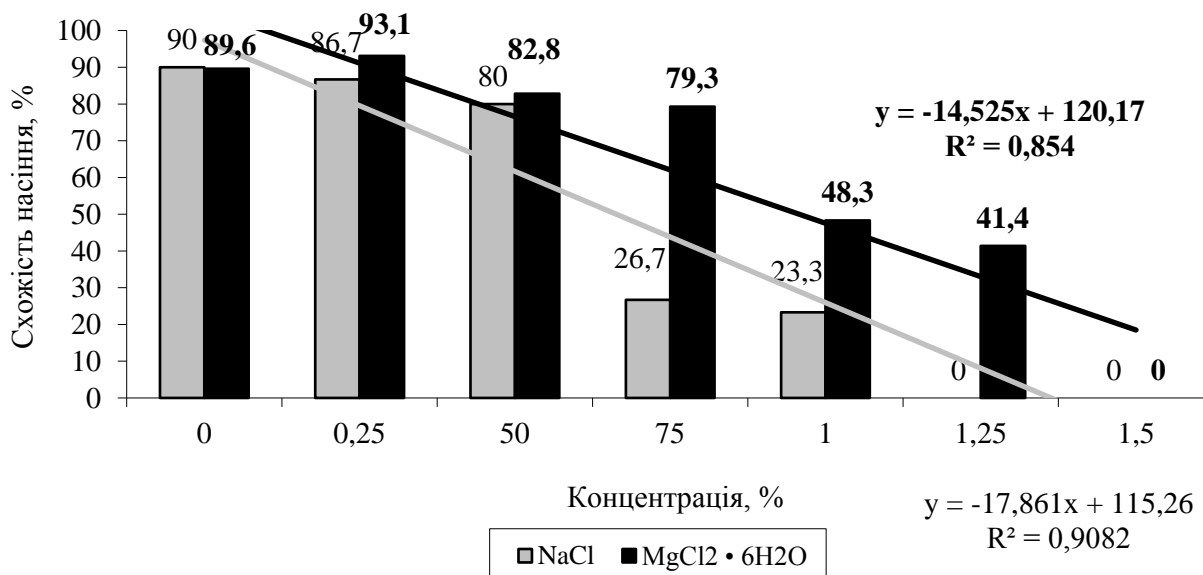


Рис. 1. Вплив різних концентрацій хлоридів ( $\text{NaCl}$  і  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) у живильному середовищі на схожість насіння конопель сорту Гляна.

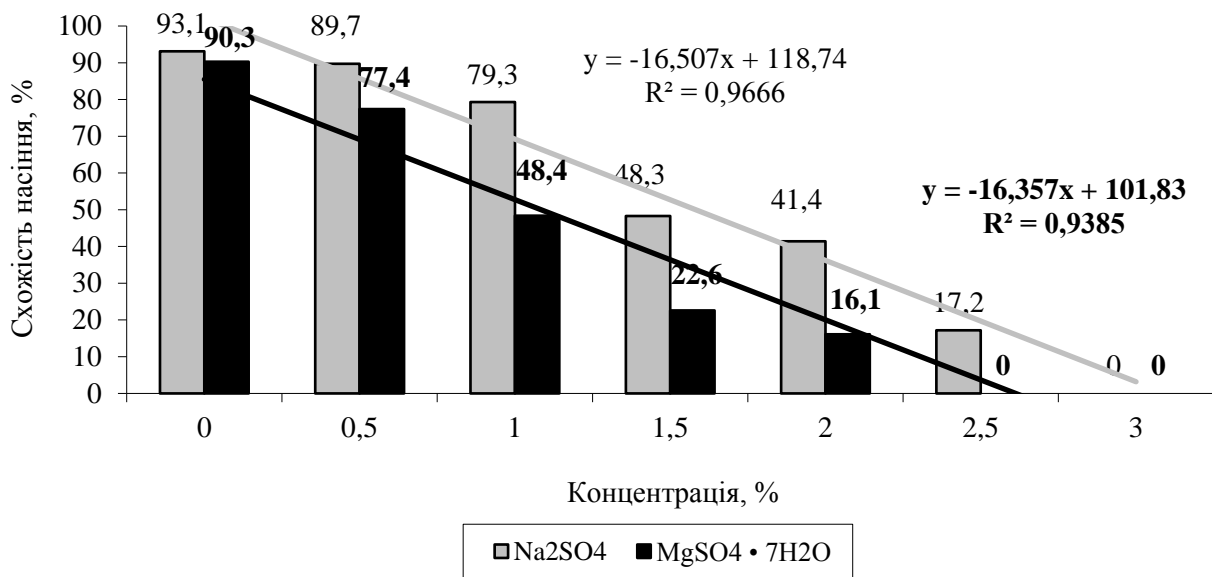


Рис. 2. Вплив різних концентрацій сульфатів (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> і MgSO<sub>4</sub> · 7 H<sub>2</sub>O) у живильному середовищі на схожість насіння конопель сорту Гляна.

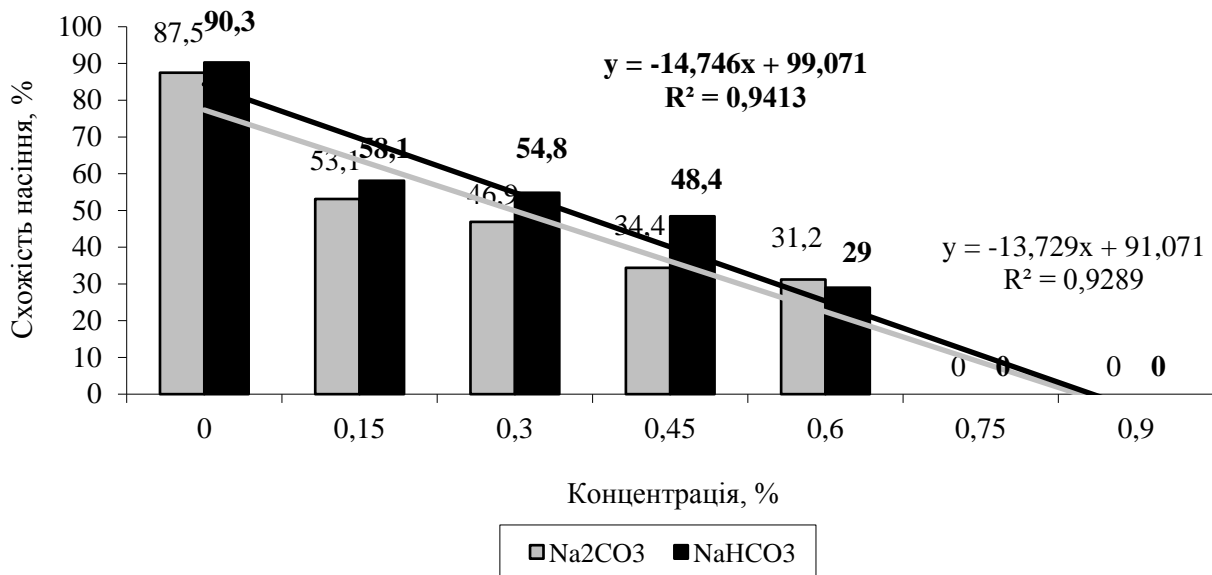


Рис. 3. Вплив різних концентрацій карбонатів (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> і NaHCO<sub>3</sub>) у живильному середовищі на схожість насіння конопель сорту Гляна.

Загалом, враховуючи інші морфологічні ознаки (висоту пагонів, вирощених з насіння, і кількість міжвузлів на них, висоту мікроклонів, кількість міжвузлів і частоту ризогенезу за умови мікроклонального розмноження, частоту калусогенезу і накопичення маси калюсу), найбільш придатним для культивування конопель було середовище з сульфатами, а найменш – з карбонатами (причому за порівняно низьких концентрацій). За умови поєднання різних типів засолення (хлоридно-сульфатного, хлоридно-карбонатного, сульфатно-хлоридного, сульфат-

но-карбонатного, карбонатно-хлоридного, карбонатно-сульфатного), коли перший тип солі переважав (3 / 5 від сумарної кількості), спостерігали або синергетичний їх негативний вплив на ріст і розвиток експлантів, або менше пригнічення, порівнюючи з вихідною концентрацією однієї солі.

Селективними концентраціями солей у середовищі визначено наступні: хлориди – 0,25 NaCl, 0,75 % MgCl<sub>2</sub> · 6 H<sub>2</sub>O; сульфати – 0,5 MgSO<sub>4</sub> · 7 H<sub>2</sub>O, 1,0 % Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; карбонати – 0,15 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 0,30 % NaHCO<sub>3</sub> [15].

Побудовані наступні рівняння прямолінійної регресії  $y = -17,861x + 115,26$  ( $R^2 = 0,908$ ), де  $x$  – масова частка NaCl, %;  $y = -14,525x + 120,17$  ( $R^2 = 0,854$ ), де  $x$  – масова частка  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ , %;  $y = -16,507x + 118,74$  ( $R^2 = 0,997$ ), де  $x$  – масова частка  $MgSO_4$ , %;  $y = -16,357x + 101,83$  ( $R^2 = 0,938$ ), де  $x$  – масова частка  $Na_2SO_4$ , %;  $y = -13,729x + 91,071$  ( $R^2 = 0,929$ ), де  $x$  – масова частка  $Na_2CO_3$ , %;  $y = -14,746x + 99,071$  ( $R^2 = 0,941$ ), де  $x$  – масова частка  $NaHCO_3$ , %; вони дозволяють використовувати дані моделі для прогнозування схожості насіння ( $y$ , %) у практичному землеробстві, залежно від величини збільшення / зменшення концентрації солі в ґрунтовому розчині.

Загалом, визначення залежності схожості насіння від засолення – це лише перший крок на шляху успішного створення стійкого (толерантного) селекційного матеріалу чи сорту. Необхідна ціла низка теоретичних і прикладних досліджень, які включають наступні етапи:

1) визначення схожості насіння конопель посівних, ступеня виживаності пагонів, рівня розвитку мікроклонів, інтенсивності калусоутворення на гіпокотильних сегментах, викликаного фітогормонами екзогенного походження, і частки морфогенних калусів в умовах сольового стресу;

2) теоретичне узагальнення даних з реакції конопель на штучно змодельований сольовий стрес в умовах *in vitro*, зокрема на стійкість до основних типів засолення ґрунтів (хлоридного, сульфатного, хлоридно-сульфатного, хлоридно-карбонатного, сульфатно-хлоридного, сульфатно-карбонатного, карбонатно-хлоридного і карбонатно-сульфатного) за різних концентрацій солей;

3) розробка й апробація тест-систем для проведення скринінгу генотипів на стійкість до сольового стресу в культурі *in vitro*, що забезпечуватимуть значну селективність при доборі, та

рекомендацій з дослідження стійкості конопель до сольового стресу;

4) виділення вихідного селекційного матеріалу конопель з підвищеною стійкістю до сольового стресу [1].

### Висновки

Актуальною є розробка методів (приймів) тестування солетолерантності у конопель посівних, одним з яких може бути оцінка на стійкість до сольового стресу, змодельованого в культурі *in vitro*. Вид досить різко реагував на підвищення концентрації солей у живильному середовищі, зокрема спостерігалось зменшення схожості насіння. Найбільш придатним для культивування конопель посівних було середовище з сульфатами, а найменш – з карбонатами (причому за порівняно низьких концентрацій); за умови поєднання різних типів засолення – хлоридно-сульфатного, хлоридно-карбонатного, сульфатно-хлоридного, сульфатно-карбонатного, карбонатно-хлоридного, карбонатно-сульфатного – спостерігався або синергетичний їх негативний вплив на ріст і розвиток експлантів, або менше пригнічення, порівнюючи з вихідною концентрацією однієї солі. Розроблені й апробовані тест-системи, які включають концентрації досліджуваних солей, для проведення скринінгу до сольового стресу забезпечують селективність при доборі. Селективними концентраціями солей у середовищі визначено наступні: хлориди – 0,25 NaCl, 0,75 %  $MgCl_2 \cdot 6 H_2O$ ; сульфати – 0,5  $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$ , 1,0  $Na_2SO_4$ ; карбонати – 0,15  $Na_2CO_3$ , 0,30 %  $NaHCO_3$ . Побудовані рівняння прямолінійної регресії дозволяють використовувати дані моделі для прогнозування схожості насіння в практичному землеробстві, залежно від величини збільшення / зменшення концентрації солі в ґрунтовому розчині.

### References

- Mishchenko S. V., Laiko I. M., Marchenko T. Yu., Machulskyi H. M. Theoretical rationale for testing the resistance of hemp to salt stress *in vitro* culture. *Taurian Scientific Herald. Series: Agricultural Sciences*. 2022. Vol. 128. P. 341–346. doi: 10.32851/2226-0099.2022.128.47. [in Ukrainian]
- Zhao S., Zhang Q., Liu M., Zhou H., Ma C., Wang P. Regulation of plant responses to salt stress. *Int. J. Mol. Sci.* 2021. Vol. 22 (9). 4609. doi: 10.3390/ijms22094609
- Isayenkov S. V. Physiological and molecular aspects of salt stress in plants. *Cytol Genet.* 2012. Vol. 46 (5). P. 302–318. doi: 10.3103/S0095452712050040.
- Campanelli A., Ruta C., Morone-Fortunato I., de Mastro G. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) clones tolerant to salt stress: *in vitro* selection. *Cent. Eur. J. Biol.* 2013. Vol. 8 (8). P. 765–776. doi: 10.2478/s11535-013-0194-1.
- Pykalo S. V., Dubrovna O. V., Demidov O. A. Cellular selection of winter triticale for resistance to salt stress. *Factors in Experimental Evolution of Organisms*. 2017. Vol. 20. P. 247–251. doi: 10.7124/feeo.v20.773. [in Ukrainian]

6. Pykalo S. V., Demidov O. A., Yurchenko T. V., Prokopik N. I., Kharchenko M. V., Rybka K. M. Development of methods for selection of *in vitro* genotypes of grain crops for resistance to adverse environmental factors. *Environmental Sciences*. 2021. Vol. 4 (37). P. 90–97. doi: 10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.13. [in Ukrainian]
7. Kotsar M. O. The effect of salt stress *in vitro* on the development of miscanthus shoots. *Scientific Works of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*. 2014. Vol. 21. P. 221–225. [in Ukrainian]
8. Hannachi S., Werbrouck S., Bahrini I., Abdelgadir A., Siddiqui H. A., van Labeke M. C. Obtaining salt stress-tolerant eggplant somaclonal variants from *in vitro* selection. *Plants*. 2021. Vol. 10 (11). 2539. doi: 10.3390/plants10112539.
9. Razavizadeh R., Adabavazeh F., Chermahini M. R. Adaptive responses of *Carum copticum* to *in vitro* salt stress. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*. 2017. Vol. 11 (1). P. 37–42. doi: 10.5281/zenodo.1128905.
10. Khoma Yu., Khudoleeva L., Kutsokon N. Effect of salt stress on plants of poplar clone 'INRA 353-38' and willow clone 'Zhytomyrska-1' under *in vitro* culture conditions. *Bulletin of Taras Shevchenko Kyiv National University. Series: Biology*. 2020. Vol. 83 (4). P. 43–49. doi: 10.17721/1728\_2748.2020.83.43-49. [in Ukrainian]
11. Ibraheem Y. M., Pinker I., Böhme M., Al-Hussin Z. Screening of some date palm cultivars to salt stress *in vitro*. *Acta Hortic*. 2012. Vol. 961. P. 359–365. doi: 10.17660/ActaHortic.2012.961.47.
12. Efimova M. V., Mukhamatdinova E. A., Kovtun I. S., Kabil F. F., Medvedeva Yu. V., Kuznetsov V. V. Jasmonic acid enhances the potato plant resistance to the salt stress *in vitro*. *Dokl Biol Sci*. 2019. Vol. 488 (1). P. 149–152. doi: 10.1134/S0012496619050077.
13. Berni R., Mandlik R., Hausman J.-F., Guerriero G. Silicon-induced mitigatory effects in salt-stressed hemp leaves. *Physiol. Plant*. 2021. Vol. 171 (4). P. 476–482. doi: 10.1111/ppl.13097.
14. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant*. 1962. Vol. 15 (3). P. 473–497. doi: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x.
15. Mishchenko S. V., Laiko I. M., Tkachenko S. M. Method of *in vitro* selection of salt stress tolerant hemp genotypes: Patent for utility model 151514 UA. No. u 2022 01227; applied on 14.04.2022; published on 03.08.2022, bulletin. No. 31. [in Ukrainian]

#### MISHCHENKO S. V.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Oleksandr Dovzhenko Ylukhiv National Pedagogical University, Ukraine, 41400, Sumska obl., Hlukhiv, Kyivska str., 24

<sup>2</sup> Institute of Bast Crops of the Natl. Acad. Agr. Sci. of Ukraine, Ukraine, 41400, Sumska obl., Hlukhiv, Tereshchenkiv str., 45

#### SEED GERMINATION OF *CANNABIS SATIVA* L. UNDER ARTIFICIALLY SIMULATED SALT STRESS *IN VITRO* CULTURE

**Aim.** The response of hemp (*Cannabis sativa* L.) to artificially simulated salt stress *in vitro* culture was the aim of our research. **Methods.** The seeds of the Hlyana variety were cultivated under conditions of salt stress, which was artificially simulated by adding a certain salt to the Murashige & Skoog nutrient medium in accordance with the main types of soil salinity: chloride, sulfate, and carbonate salinity. **Results.** Hemp clearly responded to an increase in the concentration of salts in the nutrient medium, in particular, a decrease in seed germination was observed. The most suitable for cultivation is the nutrient medium with sulfates, and the least – with carbonates (at relatively low concentrations). **Conclusions.** Test systems (including the concentrations of the studied salts) were developed and tested for salt stress screening. The test systems were selective in their selection. Selective concentrations of salts in the environment are determined as follows: chlorides – 0.25 NaCl, 0.75 % MgCl<sub>2</sub> · 6 H<sub>2</sub>O; sulfates – 0.5 MgSO<sub>4</sub> · 7 H<sub>2</sub>O, 1.0 % Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; carbonates – 0.15 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 0.30 % NaHCO<sub>3</sub>. The following straight-line regression equations have been constructed, allowing the use of model data to predict seed germination in practical agriculture, depending on the amount of increase / decrease in salt concentration in the soil.

**Keywords:** hemp, salt stress, *in vitro*, seed germination.