УДК 633.11:631.95:575.21
DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.2.16

ВИЯВЛЕННЯ НОВИХ СТИМУЛЯТОРІВ ДЛЯ ПОКАЗНИКІВ СХОЖОСТІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Хорошун І.В. *– к.с.-г.н.,*
докторант кафедри селекції і насінництва,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Назаренко М.М. *– д.с.-г.н.,*
професор кафедри селекції і насінництва,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Гуленко О.І. *– д.філос. з агрономії,*
доцент кафедри загального землеробства та ґрунтознавства,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Завдяки новим речовинам і технологіям вдалося значно підвищити врожайність пшениці, навіть в умовах обмежених ресурсів. Стимулятори росту та розвитку рослин дозволили вирощувати пшеницю в регіонах з раніше невідповідними кліматичними умовами. Для сортів Слава Унави, Золото Степу, Ормессон, Моментум, СТК21Г був проведений аналіз з визначення характеристик енергії проростання (4 доби) та лабораторної схожості (7 діб) для обробки водним розчином перспективних ріст-регулюючих речовин СА-64 (калій [1,2,4]триазоло[1,5-с]хіназолін-2-тіолат), СА-79 (калій тетразоло[1,5-с]хіназолін-5-тіолат), СА-67 (5-(2-амінофеніл)-1Н-1,2,4-триазол-3-тіол). Контролем була дистильована вода. Робочі розчини застосовували у концентраціях 0,01%, 0,02% та 0,04%. Пророщування проводили в рулонах фільтрувального паперу. Встановлено, що загалом енергії проростання та схожість не залежали від фактору сорту, а лише від концентрації чинника, причому дія на другий параметр відносно менш чітко диференційована за концентраціями, ніж для енергії. Для СА-64 та СА-79 енергія проростання зростала до концентрації 0,02%, крім окремих сортів, після чого за дії 0,04% відчувався значимий негативний ефект. Лабораторна схожість теж зростала до концентрації 0,02% за дії СА-64, крім окремих сортів, після чого за дії 0,04% відчувався значимий негативний ефект. Дія СА-67 була незначимо позитивною або негативною починаючи з 0,02%. До значимого позитивного ефекту призвела дія СА-64 0,02%, хоча дія препарату може бути не така успішна в залежності від сорту (переважно сорт Моментум) та якості вихідного матеріалу (насіння сортів СТК21Г та Моментум). Більш чітко виражено позитивний вплив у енергії проростання, тому можливості речовини зростають для отримання регулярних сходів. За результатами дискримінантного аналізу СА-64 та СА-67 за характеристиками дії на насіннєвий матеріал відрізняться значимо, тобто різниця у їх дії достовірна. Дослідження представлених речовин показало, що доцільним є використання для покращення схожості та регулярності проростання СА-64 та СА-79 у концентрації 0,02%, причому СА-79 може бути більш ефективним, але на його дію більш впливає різниця між сортами, тому необхідний попередній моніторинг сортового матеріалу, що планується до використання. Застосування СА-67 не призводить до суттєвого позитивного ефекту. Використання досліджуваних речовин особливо ефективне на насіннєвому матеріалі з більш низьким показниками енергії проростання та схожості. Фактично вони призводять до того, що дані параметри підтягуються до рівня кращих зразків.

Ключові слова: *пшениця озима, схожість, енергія проростання, стимулятори.*

Khoroshun I.V., Nazarenko M.M., Hulenko O.I. Development of key characters of yield and quality in new varieties of winter wheat

Regard to new substances and technologies, it was possible to significantly increase the yield of wheat, even in conditions of limited resources. Plant growth and development stimulators made it possible to grow wheat in regions with previously unsuitable climatic conditions. For the varieties Slava Unava, Zoloto Stepu, Ormesson, Momentum, STK21G, an analysis was carried

out to determine the characteristics of germination energy (4 days) and laboratory germination (7 days) for treatment with an aqueous solution of promising growth-regulating substances CA-64 (potassium [1,2,4]triazolo[1,5-c]quinazoline-2-thiolate), CA-79 (potassium tetrazolo[1,5-c] quinazoline-5-thiolate), CA-67 (5-(2-aminophenyl)- 1H-1,2,4-triazole-3-thiol). The control was distilled water. Working solutions were used in concentrations of 0.01%, 0.02% and 0.04%. Germination was carried out in rolls of filter paper. It was established that, in general, the energy of germination and germination did not depend on the variety factor, but only on the concentration of the factor, and the effect on the second parameter is relatively less clearly differentiated by concentrations than for energy. For CA-64 and CA-79, germination energy increased up to a concentration of 0.02%, except for some varieties, after which a significant negative effect was felt at the action of 0.04%. Laboratory similarity also increased up to a concentration of 0.02% under the influence of CA-64, except for certain varieties, after which a significant negative effect was felt under the influence of 0.04%. The effect of CA-67 was insignificantly positive or negative starting from 0.02%. The effect of CA-64 0.02% led to a significant positive effect, although the effect of the drug may not be so successful depending on the variety (mainly the variety Momentum) and the quality of the source material (seeds of the varieties STK21G and Momentum). The positive effect on germination energy is more clearly expressed, so the ability of the substance to obtain regular seedlings increases. According to the results of the discriminant analysis, CA-64 and CA-67 differ significantly in the characteristics of their action on seed material, that is, the difference in their action is reliable. The study of the presented substances showed that it is expedient to use CA-64 and CA-79 at a concentration of 0.02% to improve the germination and regularity of germination, and CA-79 may be more effective, but its effect is more affected by the difference between varieties, so it is necessary preliminary monitoring of graded material planned for use. The use of CA-67 does not lead to a significant positive effect. The use of the studied substances is especially effective on seed material with lower indicators of germination and germination energy. In fact, they lead to the fact that these parameters are brought up to the level of the best samples.

Key words: *winter wheat, germination, energy of germination, stimulants.*

Постановка проблеми. Прогрес у виробництві пшениці протягом 20-го і 21-го століть демонструє, як інноваційні технології та наукові дослідження можуть трансформувати сільське господарство, особливо в умовах глобальних змін клімату та зростаючої потреби в продовольстві. Значне підвищення продуктивності пшениці стало можливим завдяки застосування відповідних стимуляторів росту та розвитку [1, 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Завдяки новим речовинам і технологіям вдалося значно підвищити врожайність пшениці, навіть в умовах обмежених ресурсів [2]. Стимулятори росту та розвитку рослин дозволили вирощувати пшеницю в регіонах з раніше невідповідними кліматичними умовами [4, 8]. Зміна клімату є постійним процесом і впливає на різні галузі промисловості, включаючи сільське господарство, тому існує необхідність у впроваджені нових елементів технології вирощування навіть для традиційних культур [6].

Розробка нових речовин, що сприяють стійкості до хвороб, шкідників та екстремальних погодних умов, дозволила підвищити врожайність і розширити географію вирощування [5, 7].

За останнє століття записи показують, що середньорічна температура в районах, де вирощують кукурудзу, рис, пшеницю та сою, зросла на 1°C. Це підвищення температури призвело до значних змін у врожайності цих важливих сільськогосподарських культур [9].

Метою дослідження було встановити мінливість за схожістю та енергією проростання у пшениці озимої за використання нових речовин три- та тетразольної природи.

Постановка завдання. В умовах науково-дослідного поля науково-освітнього центру практичної підготовки Дніпровського державного аграрно-економічного

університету виявили в результаті попереднього випробування як більш перспективні сорти Слава Унави, Золото Степу, Ормессон, Моментум, СТК21Г, для котрих був проведений наступний етап з визначення характеристик енергії проростання (4 доби) та лабораторної схожості (7 діб) для обробки водним розчином перспективних ріст-регулюючих речовин СА-64 (калій [1,2,4]триазоло[1,5-с]хіназолін-2-тіолат), СА-79 (калій тетразоло[1,5-с]хіназолін-5-тіолат), СА-67 (5-(2-амінофеніл)-1Н-1,2,4-триазол-3-тіол). Контролем була дистильована вода. Робочі розчини застосовували у концентраціях 0,01%, 0,02% та 0,04%. Пророщування проводили в рулонах фільтрувального паперу. З партії насіння пшениці озимої відбирали чотири робочі проби по 50 насінин у кожній.

Повторність досліджень була чотирьохкратна. Математико-статистичну обробку проводили за факторним аналізом ANOVA, групування та класифікацію даних методом кластерного аналізу. В усіх випадках застосовували пакети «базова статистика» та «мультифакторні методи аналізу» програми Statistic 10.0.

Виклад основного матеріалу дослідження. В залежності від речовини, котра діяла на зерно пшениці озимої у рулонах були класифіковані представлені дані. Так, спочатку наведені результати щодо енергії проростання та лабораторної схожості за дії СА-64 (ярко-виражена гідрофільна сполука) (Таблиця 1).

Таблиця 1

Аналіз впливу на енергію проростання та схожість для СА-64

Сорт	Вода	0,01 %	0,02 %	0,04 %
Енергія проростання				
Слава Унави	82,5±0,2^{a}	84,0±0,3^{b}	87,0±0,3^{c}	79,0±0,3^{d}
Золото Степу	81,5±0,2^{a}	85,0±0,3^{b}	87,0±0,4^{c}	78,5±0,3^{d}
Ормессон	77,5±0,2^{a}	83,5±0,3^{b}	86,5±0,4^{c}	73,5±0,3^{d}
Моментум	76,5±0,2^{a}	83,0±0,2^{b}	86,5±0,3^{c}	75,0±0,3^{d}
СТК21Г	78,0±0,2^{a}	82,5±0,3^{b}	86,0±0,3^{c}	75,0±0,4^{d}
Лабораторна схожість				
Слава Унави	92,5±0,2^{a}	94,5±0,3^{b}	95,5±0,3^{b}	88,0±0,4^{c}
Золото Степу	92,0±0,3^{a}	93,5±0,2^{b}	96,5±0,4^{c}	87,5±0,5^{d}
Ормессон	90,0±0,2^{a}	94,0±0,3^{b}	96,5±0,4^{c}	86,5±0,4^{d}
Моментум	89,5±0,3^{a}	94,0±0,2^{b}	96,0±0,3^{c}	87,0±0,5^{d}
СТК21Г	88,5±0,2^{a}	94,0±0,3^{b}	97,0±0,4^{c}	84,5±0,4^{d}

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при P0,05

Встановлено, що загалом енергії проростання та схожість не залежали від фактору сорту ($F = 4,09$; $F_{0.05} = 6,59$; $P = 0,07$), а лише від концентрації чинника ($F = 32,97$; $F_{0.05} = 5,19$; $P < 0,01$), причому дія на другий параметр відносно менш чітко диференційована за концентраціями, ніж для енергії (сорт Золото Унави). Але при попарному порівняні за сортами не виділився жоден сорт, ефект дії даної речовини у сорту Моментум був найкращим та призвів до зростання схожості до 10%, в той час як у інших 4,5–8% зі дії кращої концентрації СА-64 0,02%.

Загалом енергія проростання зростала до концентрації 0,02% за дії СА-64 в усіх сортів, після чого за дії 0,04% відчувався значимий негативний ефект (в порівняні

з контролем показник знижувався на 1,5–4%, що було статистично достовірним). Ця концентрація має суттєвий токсичний ефект у дії на насіннєвий матеріал.

Лабораторна схожість зростала до концентрації 0,02% за дії СА-64, крім сорту Слава Унави ($F = 5,22$; $F_{0.05} = 4,34$; $P = 0,04$), у котрого при попарному порівнянні більш складна картина – різниця між контролем та СА-64 0,01% достовірна, між контролем та СА-64 0,02% достовірна, але між СА-64 0,01% та СА-64 0,02% недостовірна, після чого за дії 0,04% відчувався значимий негативний ефект (в порівняні з контролем показник знижувався на 4,5%, що було статистично достовірним). Тобто ця концентрація має суттєвий токсичний ефект у дії на насіннєвий матеріал.

Таким чином, в усіх випадках до значимого позитивного ефекту призвела дія СА-64 0,02%, хоча дія препарату може бути не така успішна в залежності від сорту (переважно сорт Слава Унави) та якості вихідного матеріалу (насіння сортів Ормессон, Моментум, СТК21Г). Більш чітко виражено позитивний вплив у енергії проростання, тому можливості речовини зростають для отримання регулярних сходів.

Результати щодо досліджуваних показників рослинного матеріалу за дії СА-79 (теж ярко-виражена гідрофільна сполука) (Таблиця 2) показали, що енергії проростання та схожість не залежали від фактору сорту ($F = 4,33$; $F_{0.05} = 6,59$; $P = 0,07$), а лише від концентрації чинника ($F = 24,17$; $F_{0.05} = 5,19$; $P < 0,01$), причому дія обидва параметри приблизно в рівному ступеню проявляється за регулярністю.

Таблиця 2

Аналіз впливу на енергію проростання та схожість для СА-79

Сорт	Вода	0,01 %	0,02 %	0,04 %
Енергія проростання				
Слава Унави	82,5±0,2^a	85,5±0,3^b	87,5±0,4^c	78,5±0,4^d
Золото Степу	81,5±0,2^a	87,0±0,4^b	87,5±0,3^b	78,0±0,4^c
Ормессон	77,5±0,2^a	85,0±0,3^b	87,0±0,3^c	74,0±0,4^d
Моментум	76,5±0,2^a	85,0±0,4^b	86,5±0,4^c	76,0±0,5^a
СТК21Г	78,0±0,2^a	84,5±0,3^b	86,5±0,4^c	74,5±0,4^d
Лабораторна схожість				
Слава Унави	92,5±0,2^a	95,5±0,3^b	97,5±0,4^c	87,0±0,4^d
Золото Степу	92,0±0,3^a	94,0±0,3^b	97,0±0,3^c	86,5±0,5^d
Ормессон	90,0±0,2^a	93,5±0,3^b	95,5±0,4^c	86,0±0,4^d
Моментум	89,5±0,3^a	94,5±0,3^b	97,0±0,3^c	86,5±0,4^d
СТК21Г	88,5±0,2^a	95,5±0,3^b	96,5±0,4^b	84,0±0,4^c

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при P0,05

При попарному порівняні за сортами виділився знов сорт Моментум ($F = 6,11$; $F_{0.05} = 4,11$; $P = 0,02$), насіння котрого мало нижчу якість в контролі, а за токсичної дії концентрації 0,04% було на тому ж рівні, тобто показник не знизився. Кращим за показником схожості став сорт СТК21Г (покращилася на 8%), за енергією проростання сорт Моментум (покращення на 10%).

Загалом енергія проростання зростала до концентрації 0,02% за дії СА-79, крім сорту Золото Степу ($F = 5,80$; $F_{0.05} = 4,34$; $P = 0,03$), після чого за дії 0,04%

відчувався значимий негативний ефект (в порівняні з контролем показник знижувався на 0,5–4%, що було статистично достовірним, крім сорту Моментум). Тобто ця концентрація має суттєвий більш токсичний ефект у дії на насіннєвий матеріал ніж попередня речовина.

Лабораторна схожість зростала до концентрації 0,02% за дії СА-64, крім сорту СТК21Г ($F = 4,99$; $F_{0.05} = 4,34$; $P = 0,04$), у котрого при попарному порівнянні більш складна картина – різниця між контролем та СА-64 0,01% достовірна, між контролем та СА-64 0,02% достовірна, але між СА-64 0,01% та СА-64 0,02% недостовірна, після чого за дії 0,04% відчувався значимий негативний ефект (в порівняні з контролем показник знижувався на 3–5,5%, що було статистично достовірним). Тобто ця концентрація має суттєвий токсичний ефект у дії на насіннєвий матеріал.

Таким чином, в усіх випадках до значимого позитивного ефекту призвела дія СА-79 0,02%, дія препарату суттєво більш залежить від сорту та якості вихідного матеріалу та є менш вирівняною у порівнянні з попередньою речовиною. Різниця статистично за дії препаратів достовірна ($F = 7,17$; $F_{0.05} = 3,49$; $P = 0,01$).

Результати щодо енергії проростання та лабораторної схожості за дії СА-67 (слабо-виражена гідрофільна сполука) (Таблиця 3) показали, що енергії проростання та схожість не залежали від фактору сорту ($F = 3,17$; $F_{0.05} = 6,59$; $P = 0,09$), а лише від концентрації чинника ($F = 10,12$; $F_{0.05} = 5,19$; $P < 0,01$), причому дія на другий параметр на порядок менш чітко диференційована за концентраціями, ніж для енергії проростання (механізм дії переважно негативний або нейтральний за тих же концентрацій). При попарному порівняні за сортами та ж картина, що й для попередньої речовини – виділився сорт Моментум за дії на енергію проростання, сорт СТК21Г за дії на схожість (дія концентрації 0,02% дала показник на рівні контролю).

Таблиця 3

Аналіз впливу на енергію проростання та схожість для СА-67

Сорт	Вода	0,01 %	0,02 %	0,04 %
Енергія проростання				
Слава Унави	82,5±0,2^{a}	84,0±0,3^{b}	80,5±0,4^{c}	77,0±0,4^{d}
Золото Степу	81,5±0,2^{a}	85,0±0,4^{b}	80,0±0,5^{c}	76,0±0,5^{d}
Ормессон	77,5±0,2^{a}	84,0±0,3^{b}	76,0±0,4^{c}	70,5±0,5^{d}
Моментум	76,5±0,2^{a}	83,5±0,4^{b}	76,5±0,5^{a}	71,5±0,5^{c}
СТК21Г	78,0±0,2^{a}	82,0±0,3^{b}	75,5±0,3^{c}	71,0±0,5^{d}
Лабораторна схожість				
Слава Унави	92,5±0,2^{a}	93,0±0,3^{a}	89,5±0,3^{b}	84,5±0,4^{c}
Золото Степу	92,0±0,3^{a}	93,0±0,4^{a}	89,5±0,3^{b}	83,5±0,5^{c}
Ормессон	90,0±0,2^{a}	92,0±0,4^{a}	88,5±0,2^{b}	83,5±0,4^{c}
Моментум	89,5±0,3^{a}	91,5±0,3^{b}	88,0±0,3^{c}	83,5±0,5^{d}
СТК21Г	88,5±0,2^{a}	91,5±0,2^{b}	88,0±0,2^{a}	84,5±0,4^{c}

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при P0,05

Загалом енергія проростання зростала у концентрації 0,01% за дії СА-67, потім знижувалася до нижчої від контролю за дії 0,02% крім сорту Моментум ($F = 4,41$;

$F_{0.05}$= 4,34; P = 0,05) де була рівною контролю, після чого за дії 0,04% відчувався дуже значимий негативний ефект (в порівняні з контролем показник знижувався на 5–7%, що було статистично достовірним. Тобто ця речовина має суттєвий більш токсичний ефект у дії на насіннєвий матеріал ніж попередні. Позитивний вплив 0,01% доволі слабкий.

Лабораторна схожість не зростала за дії СА-67 0,01% у сортів Слава Унави, Золото Степу, Ормессон, різниця була достовірна за дії 0,01% лише у Моментум та СТК21Г, за дії 0,02% переважно достовірна різниця в сторону погіршення від контролю, крім сорту СТК21Г, де дорівнювала контролю, після чого за дії 0,04% відчувався значимий негативний ефект в усіх випадках (в порівняні з контролем показник знижувався на 4–8,5%, що було статистично достовірним). Тобто для показника ефект був максимум незначно-позитивним.

Таким чином, в усіх випадках застосування вивчених концентрацій СА-67 недоцільне та мало достовірно-негативний характер при підвищені концентрації. Різниця статистично достовірна з попередніми препаратами (F = 8,89; $F_{0.05}$= 3,49; P = 0,006).

За результатами дискримінантного аналізу (Рисунок 1) СА-64 та СА-67 доволі близькі за центроїдними відстанями, але все ж таки за характеристиками дії на насіннєвий матеріал відрізняться значимо, тобто різниця у їх дії достовірна.

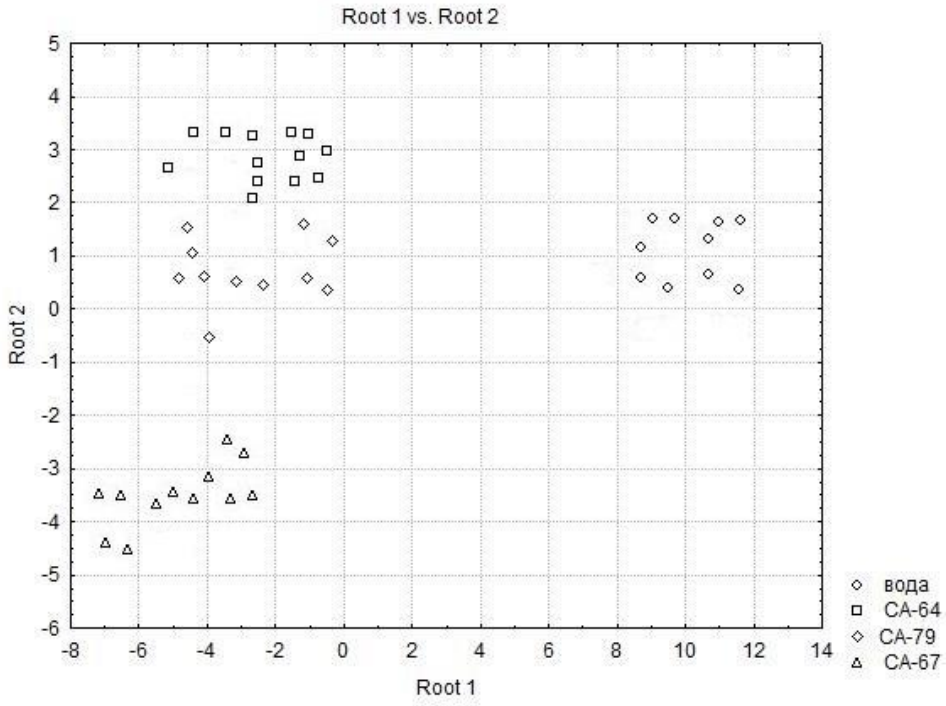

Рис. 1. Результати дискримінантного аналізу за типом речовини

Таким чином, за позитивним впливом на насіннєвий матеріал виділилися речовини СА-64 та СА-79 у концентрації 0,02%, котра здатна суттєво покращити показники схожості та регулярності сходів пшениці озимої.

Висновки і пропозиції. Дослідження представлених речовин показало, що доцільним є використання для покращення схожості та регулярності проростання СА-64 та СА-79 у концентрації 0,02%, причому СА-79 може бути більш ефективним, але на його дію більш впливає різниця між сортами, тому необхідний попередній моніторинг сортового матеріалу, що планується до використання. Застосування СА-67 не призводить до суттєвого позитивного ефекту. Використання досліджуваних речовин особливо ефективне на насіннєвому матеріалі з більш низьким показниками енергії проростання та схожості. Фактично вони призводять до того, що дані параметри підтягуються до рівня кращих зразків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Bordes J., Ravel C., Le Gouis J., Lapierre A., Charmet G., Balfourier F. Use of a global wheat core collection for association analysis of flour and dough quality traits. *Journal of Cereal Science*. 2011. 54. P. 137–134.
2. Cann D., Hunt J., Rattey A., Porker K. Indirect early generation selection for yield in winter wheat. *Field Crops Research*. 2022. 282. 108505.
3. Essam F., Badrya M., Aya M. Modeling and forecasting of wheat production in Egypt. *Advances and Applications in Statistics*. 2019. 59(1). P. 89–101.
4. Jaradat A. Simulated climate change deferentially impacts phenotypic plasticity and stoichiometric homeostasis in major food crops. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2018. 30(6). P. 429–442.
5. Groeneveld M., Grunwald D., Piepho H.P, Koch H.J. Crop rotation and sowing date effects on yield of winter wheat. *The Journal of Agricultural Science*. 2024. 1. P. 1–11.
6. Sloat L.L., Davis S.J., Gerber J.S., Moore F.C., Ray D.K., West P.C., Mueller N.D. Climate adaptation by crop migration. *Natural Communications*. 2020. 11. 1243.
7. Sushchenko I. G., Kabar A. M., Kovalenko S. I., Lykholat Y. V., Sayenko A. A. Evaluation of the influence of a new triazole derivative on the period vegitation and 1st phase of growth of creeping clover seeds white (Trifolium repens L.). *Ecology and Noospherology*. 2024. 35. P.78–83.
8. Zhao C., Liu B.; Piao S., Wang X., Lobell D.B., Huang Y., Huang M.T., Yao Y.T., Bassu S., Ciais P. Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proceedings of National Academy of Sciences of USA*. 2017. 114. P. 9326–9331.
9. Wakatsuki H., Ju H., Nelson G.C., Farrell A.D., Deryng D., Meza F., Hasegawa T. Research trends and gaps in climate change impacts and adaptation potentials in major crops. Current Opinions in Environment Sustainability. 2023. 60. 101249.