

УДК 633.11:631.95: 631.81

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.2.17>

ВПЛИВ НОВИХ СПОЛУК НА БАЗІ ТРІАЗОЛЬНИХ ГРУП НА ПОКАЗНИКИ 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

Коваленко С.І. – д.фарм.н., професор,

провідний науковий співробітник,

Науково-дослідний інститут хімії та геології

Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара

Похідні триазолу демонструють значний потенціал у сфері оптимізації агротехнологій завдяки їхньому широкому спектру дії. Триазоли регулюють біохімічні та фізіологічні процеси в рослинах, сприяючи збалансованому росту та розвитку. Для сортів Творчість Одеська, МІП Аеліта, МІП Довіра, Новатус, ЛГВД 154260СБ 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. Показники енергії проростання та лабораторної схожості не залежали від генотипу насіння. Основним фактором впливу була концентрація речовини. Вплив концентрації на лабораторну схожість був менш вираженим, ніж на енергію проростання, що свідчить про більш згладжену дію за концентраціями для цього параметра. В усіх випадках до максимального позитивного ефекту призвела дія СА-64 0,02 %, хоча дія препарату може бути не така виражена в залежності від сорту (сорти Новатус та ЛГВД 154260СБ). СА-79 у концентрації 0,02 % є найбільш перспективною речовиною для покращення лабораторної схожості завдяки рівномірному впливу, незалежності від сорту та високій ефективності. Різниця у впливі між СА-79 і СА-64 є статистично значимою, що підтверджує переваги використання СА-79. СА-64 0,02 % також може бути використана, але з урахуванням сортових особливостей. СА-67 не рекомендована для використання через її негативний вплив на схожість. Різниця статистично достовірна між усіма вивченими речовинами. Дискримінантний аналіз результатів дослідження підтверджує, що СА-64 і СА-79 демонструють достовірні відмінності у впливі на насіннєвий матеріал. Це засвідчено їхнім поділом на окремі групи за характеристиками дії. СА-64 і СА-79 можуть застосовуватися як стимулятори схожості пшениці озимої, проте СА-79 демонструє перевагу за своїм ефектом, але його дію більш залежить від різниці по сортах та якості насіннєвого матеріалу. Концентрація 0,02 % є оптимальною для досягнення покращення схожості без негативного впливу на насіннєвий матеріал. Подальше дослідження ефективності СА-79 у практичних польових умовах є доцільним для підтвердження її перспективності як стимулятора росту.

Ключові слова: пшениця озима, схожість, енергія проростання, триазольна група.

Khoroshun I.V., Nazarenko M.M., Kovalenko S.I. Influence of new compounds on the base of triazoline groups for the similarity of winter wheat

Similar triazoles demonstrate significant potential in the field of optimization of agricultural technologies and their wide range of activities. Triazols regulate biochemical and physiological processes in plants, promoting balanced growth and development. For varieties Tvorchist Odeska, MIP Aelita, MIP Dovira, Novatus, LGVD 154260SB, an analysis was conducted to determine the

characteristics of germination energy (4 days) and laboratory germination (7 days) for treatment with an aqueous solution of promising growth regulators 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). Distilled water was used as the control. Working solutions were used in concentrations of 0.01 %, 0.02 % and 0.04 %. Germination was carried out in rolls of filter paper. Indicators of germination energy and laboratory similarity did not correspond to the present genotype. The main factor in the surge was the concentration of speech. The influx of concentration on laboratory similarity is less pronounced, less on germination energy, which indicates a more smoothed effect on the concentrations for this parameter. In all cases, the maximum positive effect was achieved by the action of SA-64 0.02 %, although the action of the drug may not be as pronounced in the duration of the variety (varieties Novatus and LGVD 154260SB). CA-79 at a concentration of 0.02 % is the most promising reagent for increasing laboratory similarity and uniform infusion, independence from the variety and high efficiency. The difference between the injection between CA-79 and CA-64 is statistically significant, which confirms the superiority of the alternative CA-79. CA-64 0.02 % can also be used, in addition to varietal characteristics. CA-67 is not recommended for testing due to its negative impact on similarity. The difference is statistically reliable between all the different words. Discriminant analysis of the research results confirms that CA-64 and CA-79 demonstrate reliable performance when injected onto suspended material. This is confirmed by its subsection on the edge of the group based on the characteristics of the activity. CA-64 and CA-79 can be considered as stimulants of similarity of winter wheat, while CA-79 demonstrates superiority in its effect, otherwise it will be more likely to lie due to the difference in varieties and vigor canvas material. A concentration of 0.02 % is optimal for achieving an increase in similarity without a negative flow onto the carrier material. Further investigation of the effectiveness of CA-79 in practical field minds is sufficient to confirm its promise as a growth stimulator.

Key words: winter wheat, germination, energy of germination, triazol group.

Постановка проблеми. Похідні триазолу демонструють значний потенціал у сфері оптимізації агротехнологій завдяки їхньому широкому спектру дії. Триазоли регулюють біохімічні та фізіологічні процеси в рослинах, сприяючи збалансованому росту та розвитку [1, 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Використання похідних триазолу сприяє підвищенню стійкості сільськогосподарських культур до стресових умов, включаючи засуху, екстремальні температури та патогенні організми. Триазоли позитивно впливають на формування генеративних органів, забезпечуючи збільшення кількості та якості врожаю. Завдяки дії триазолів поліпшується ефективність використання води, мінеральних добрив та інших агрохімікатів, що є важливим у сучасних умовах ресурсозбереження [5, 6, 9].

В умовах глобального потепління триазоли сприяють забезпеченню стабільності агротехнологій, дозволяючи культурам пристосовуватися до змін кліматичних умов [2, 4].

Поєднання захисних і регуляторних властивостей робить похідні триазолу унікальними у контексті сучасних агротехнологій. Завдяки своїм фунгіцидним властивостям, триазоли забезпечують ефективний захист від широкого спектра збудників захворювань, таких як грибові інфекції [7, 8].

Метою дослідження було визначити межі мінливості за лабораторними параметрами, такими як схожість та енергія проростання, залежно від: сорту досліджуваних зразків, типу застосованої речовини, концентрації речовини, що використовувалася під час обробки.

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 Творчість Одеська, МП Аеліта, МП Довіра (Україна), Новатус (Німеччина), ЛГВД 154260СБ (Франція) для котрих було проведено лабораторне

дослідження з визначення характеристик енергії проростання (4 доби) та лабораторної схожості (7 діб) після дії водним розчином можливих стимуляторів СА-64 (калій [1,2,4]триазоло[1,5-с]хіназолін-2-тіолат), СА-79 (калій тетразол[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 рулонним методом. Відбирали чотири проби по 50 зерен.

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

Виклад основного матеріалу дослідження. У таблиці 1 наведені результати дослідження, що демонструють вплив речовини СА-64 (яскраво вираженої гідрофільної сполуки) на енергію проростання та лабораторну схожість насіння.

Таблиця 1

Аналіз впливу на енергію проростання та схожість для СА-64

Сорт	Вода	0,01 %	0,02 %	0,04 %
Енергія проростання				
Творчість Одеська	83,0±0,2 ^a	85,5±0,3 ^b	88,0±0,4 ^c	79,5±0,3 ^d
МІП Аеліта	83,5±0,3 ^a	85,0±0,3 ^b	87,5±0,4 ^c	79,5±0,3 ^d
МІП Довіра	83,0±0,2 ^a	85,5±0,3 ^b	87,5±0,4 ^c	79,0±0,2 ^d
Новатус	80,0±0,3 ^a	84,5±0,3 ^b	87,0±0,4 ^c	79,5±0,2 ^a
ЛГВД 154260СБ	80,5±0,2 ^a	84,5±0,3 ^b	87,0±0,4 ^c	79,0±0,3 ^d
Лабораторна схожість				
Творчість Одеська	93,0±0,2 ^a	94,5±0,3 ^b	95,5±0,4 ^b	90,5±0,5 ^c
МІП Аеліта	93,5±0,2 ^a	94,5±0,3 ^b	96,0±0,4 ^c	90,5±0,5 ^d
МІП Довіра	93,0±0,2 ^a	94,5±0,3 ^b	96,0±0,4 ^c	90,0±0,5 ^d
Новатус	90,5±0,3 ^a	93,5±0,3 ^b	95,5±0,4 ^c	89,5±0,5 ^a
ЛГВД 154260СБ	90,0±0,2 ^a	93,5±0,3 ^b	95,5±0,4 ^c	89,5±0,5 ^a

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

Загалом показники енергії проростання та лабораторної схожості не залежали від генотипу насіння ($F = 5,00$; $F_{0,05} = 6,59$; $P = 0,08$). Основним фактором впливу була концентрація речовини ($F = 24,45$; $F_{0,05} = 5,19$; $P < 0,01$). Вплив концентрації на лабораторну схожість був менш вираженим, ніж на енергію проростання, що свідчить про більш згладжену дію за концентраціями для цього параметра. Сорт Новатус виділився ($F = 5,17$; $F_{0,05} = 4,11$; $P = 0,03$) своєю реакцією, насіння цього сорту мало нижчу якість у контрольному варіанті. Концентрація речовини є вирішальним фактором, що впливає на схожість та енергію проростання. Концентрація СА-64 0,04 % є шкідливою для більшості сортів, але дія цієї концентрації була менш вираженою у сорту Новатус. Енергія проростання зростала до концентрації 0,02 %, що свідчить про стимулюючу дію цієї концентрації. При концентрації 0,04 % спостерігався значимий негативний ефект (крім сорту Новатус). У більшості сортів показник знижувався на 0,5–4,0 % у порівнянні з контролем, і ця

різниця була статистично достовірною. Сорт Новатус продемонстрував меншу чутливість до токсичної дії концентрації 0,04 % ($F = 4,92$; $F_{0,05} = 4,34$; $P = 0,04$), що свідчить про його стабільнішу реакцію у порівнянні з іншими сортами. Концентрація 0,04 % виявилася токсичною для більшості досліджених сортів, знижуючи енергію проростання

Лабораторна схожість зростала до концентрації 0,02 %, що вказує на стимулюючий ефект цієї концентрації для більшості сортів. При концентрації 0,04 % схожість знижувалася, окрім сортів Новатус та ЛГВД 154260СБ ($F = 4,78$; $F_{0,05} = 4,34$; $P = 0,04$). У цих сортів за дії СА-64 відзначено більш складну реакцію, а саме: різниця між контролем та СА-64 0,01 % була статистично достовірною, різниця між контролем та СА-64 0,02 % також була достовірною, різниця між СА-64 0,01 % та 0,02 % була достовірною, але концентрація 0,04 % у цих сортів не спричинила значимого негативного ефекту.

У більшості сортів концентрація 0,04 % знижувала лабораторну схожість на 0,5–3,0 % у порівнянні з контролем, і ця різниця була статистично достовірною. Негативний вплив концентрації 0,04 % значною мірою залежав від сорту та якості насіннєвого матеріалу.

Дослідження впливу СА-79 (ярко-вираженої гідрофільної сполуки) на параметри енергії проростання та лабораторної схожості (Таблиця 2) показало, що показники енергії проростання та лабораторної схожості не залежали від генотипу сорту ($F = 5,66$; $F_{0,05} = 6,59$; $P = 0,08$), що свідчить про універсальність дії СА-79 щодо різних сортів. Концентрація СА-79 значно впливала на обидва параметри ($F = 23,17$; $F_{0,05} = 5,19$; $P < 0,01$). Дія на енергію проростання та схожість була приблизно рівнозначною, що вказує на узгоджений ефект речовини на обидва аспекти розвитку насіння.

Сорт Новатус виділився при попарному порівнянні ($F = 6,22$; $F_{0,05} = 4,11$; $P = 0,03$). Спостерігалось зростання лабораторної схожості на 4,5–7,5 % при оптимальній концентрації СА-79 (0,02 %).

Таблиця 2

Аналіз впливу на енергію проростання та схожість для СА-79

Сорт	Вода	0,01 %	0,02 %	0,04 %
Енергія проростання				
Творчість Одеська	83,0±0,2 ^a	87,0±0,4 ^b	88,5±0,4 ^c	81,5±0,2 ^d
МПП Аеліта	83,5±0,2 ^a	87,5±0,4 ^b	88,5±0,4 ^b	81,0±0,3 ^c
МПП Довіра	83,0±0,2 ^a	87,5±0,4 ^b	89,0±0,4 ^c	80,5±0,3 ^d
Новатус	80,5±0,2 ^a	86,0±0,3 ^b	88,5±0,4 ^c	79,5±0,2 ^a
ЛГВД 154260СБ	80,0±0,2 ^a	86,0±0,4 ^b	88,5±0,4 ^c	79,0±0,2 ^d
Лабораторна схожість				
Творчість Одеська	93,0±0,2 ^a	96,5±0,3 ^b	98,0±0,4 ^c	89,0±0,4 ^d
МПП Аеліта	93,5±0,2 ^a	96,5±0,3 ^b	97,5±0,3 ^c	89,0±0,5 ^d
МПП Довіра	93,0±0,2 ^a	96,0±0,3 ^b	97,5±0,4 ^c	89,5±0,4 ^d
Новатус	90,5±0,3 ^a	95,0±0,3 ^b	98,0±0,4 ^c	88,5±0,4 ^a
ЛГВД 154260СБ	90,0±0,2 ^a	95,5±0,3 ^b	97,5±0,4 ^c	89,0±0,4 ^a

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P_{0,05}$

Ефект зростання енергії проростання був загальним для більшості сортів при концентрації 0,02 %. Це підтверджує, що дана концентрація є оптимальною для стимуляції енергії проростання. За дії концентрації 0,04 % спостерігався значний негативний вплив на енергію проростання. У більшості сортів показник знижувався на 0,5–2,5 % порівняно з контролем, що було статистично достовірним.

Сорт МП Аеліта не продемонстрував значного зростання енергії проростання навіть при концентрації 0,02 % ($F = 4,92$; $F_{0,05} = 4,34$; $P = 0,04$). Це вказує на менш виражену позитивну реакцію на СА-79 порівняно з іншими сортами. Сорт Новатус при концентрації 0,04 % сорту вдалося уникнути значного зниження енергії проростання ($F = 5,11$; $F_{0,05} = 4,34$; $P = 0,03$). Цей сорт демонстрував відносно стабільну реакцію навіть при токсичних концентраціях, що виділяє його серед інших.

Лабораторна схожість зростала за дії концентрації 0,02 %, що вказує на оптимальну стимуляцію для більшості сортів. Це підтверджується статистично достовірними відмінностями в порівнянні з контролем. При концентрації 0,04 % спостерігався суттєвий негативний ефект, зниження схожості становило 4,0–7,5 % порівняно з контролем, що було статистично достовірним.

Сорти Новатус та ЛГВД 154260СБ :показали при концентрації 0,04 % зниження схожості на рівні контролю, що виділяє їх стійкість до дії СА-64 у високих концентраціях ($F = 5,45$; $F_{0,05} = 4,34$; $P = 0,03$). Спостерігалася складна картина оскільки різниця між контролем та СА-64 0,01 % була достовірною, різниця між контролем та СА-64 0,02 % також була достовірною, відмінності між СА-64 0,01 % і СА-64 0,02 % виявилися статистично значимими. В усіх випадках до значимого позитивного ефекту призвела дія СА-79 0,02 %. Різниця з попереднім чинником статистично достовірна ($F = 4,45$; $F_{0,05} = 3,49$; $P = 0,03$).

Результати впливу СА-67 (слабо-вираженої гідрофільної сполуки) на енергію проростання та лабораторну схожість показали, що енергія проростання та лабораторна схожість не залежали від фактору сорту ($F = 4,10$; $F_{0,05} = 6,59$; $P = 0,08$), що свідчить про слабку сортову специфіку дії цієї речовини. Показники залежали лише від концентрації СА-67 ($F = 10,19$; $F_{0,05} = 5,19$; $P < 0,01$). Проте ефект дії концентрацій СА-67 був менш чітко диференційованим, порівняно з іншими речовинами, наприклад, СА-64. Сорти Новатус та ЛГВД 154260СБ виділилися за попарним порівнянням, що вказує на певну індивідуальну реакцію цих сортів на застосування СА-67.

Енергія проростання демонструвала незначне збільшення на рівні 0,01 % концентрації СА-67, але ефект був слабким, лише на 1,0–2,0 % вище за контроль. При підвищенні концентрації до 0,02 %, спостерігалася зниження енергії проростання до рівня контролю в сортах Новатус та ЛГВД 154260СБ, а у сортів Творчість Одеська, МП Аеліта, МП Довіра показник знизився нижче контрольного рівня. На рівні 0,04 % концентрації негативний ефект ставав значущим: зниження енергії проростання на 6,0–8,5 % у порівнянні з контролем, що підтверджується статистично достовірними результатами.

Лабораторна схожість за дії СА-67 не збільшувалася, за винятком сортів Новатус та ЛГВД 154260СБ, проте цей позитивний ефект був статистично недостовірним за концентрації 0,01 %. При концентрації 0,02 % схожість суттєво знижувалася, порівняно з першою концентрацією і контролем, що є достовірно негативним ефектом. На рівні 0,04 % концентрації спостерігався сильний негативний вплив на схожість у всіх досліджуваних сортах: зниження на 7,0–9,5 % відносно контролю. Цей ефект є статистично достовірним.

Таблиця 3

Аналіз впливу на енергію проростання та схожість для СА-67

Сорт	Вода	0,01 %	0,02 %	0,04 %
Енергія проростання				
Творчість Одеська	83,0±0,2 ^a	84,5±0,3 ^b	81,0±0,5 ^c	75,0±0,5 ^d
МІП Аеліта	83,5±0,2 ^a	84,5±0,3 ^b	81,5±0,5 ^c	75,5±0,5 ^d
МІП Довіра	83,0±0,2 ^a	85,0±0,2 ^b	80,5±0,5 ^c	75,5±0,6 ^d
Новатус	80,5±0,2 ^a	82,0±0,3 ^b	80,0±0,5 ^a	74,0±0,5 ^c
ЛГВД 154260СБ	80,0±0,2 ^a	82,0±0,2 ^b	80,5±0,5 ^a	74,5±0,5 ^c
Лабораторна схожість				
Творчість Одеська	93,0±0,3 ^a	93,5±0,4 ^a	90,5±0,2 ^b	84,5±0,5 ^c
МІП Аеліта	93,5±0,3 ^a	93,5±0,4 ^a	90,5±0,3 ^b	84,0±0,5 ^c
МІП Довіра	93,0±0,3 ^a	93,5±0,4 ^a	90,0±0,3 ^b	84,5±0,5 ^c
Новатус	90,5±0,3 ^a	92,0±0,3 ^b	88,0±0,4 ^c	83,5±0,5 ^d
ЛГВД 154260СБ	90,0±0,2 ^a	91,5±0,2 ^b	88,0±0,4 ^c	83,0±0,5 ^d

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P_{0,05}$

Загалом, вплив препарату СА-67 навіть у низьких концентраціях (0,01 %) максимум мав незначний позитивний характер, тоді як підвищення концентрації призводило до істотного погіршення схожості. Порівняння з попередніми препаратами також підтверджує значно гірший ефект СА-67 ($F = 11,14$; $F_{0,05} = 3,49$; $P = 0,003$).

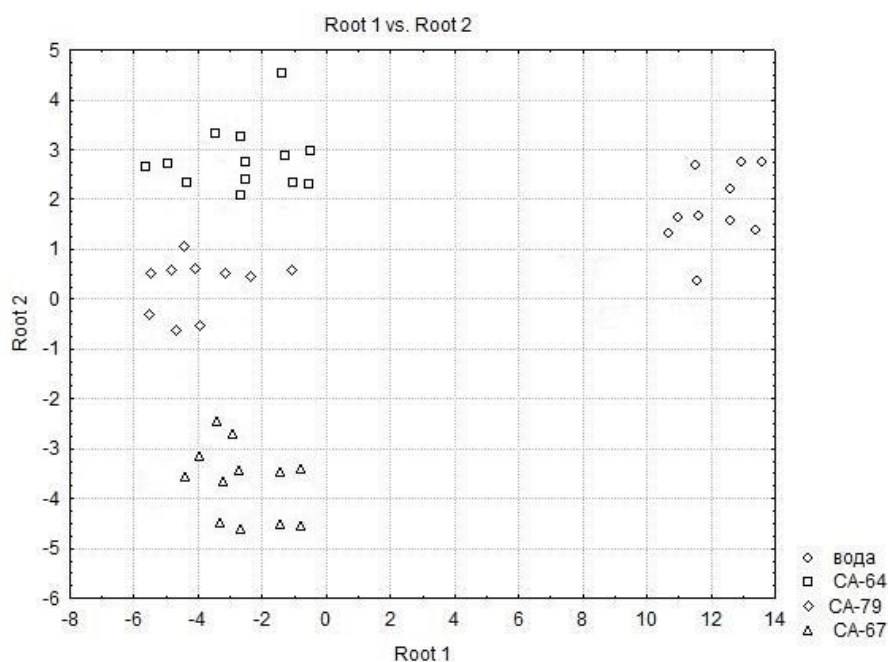


Рис. 1. Результати дискримінантного аналізу за типом речовини

Дискримінантний аналіз результатів дослідження підтверджує, що СА-64 і СА-79 демонструють достовірні відмінності у впливі на насіннєвий матеріал. Це засвідчено їхнім поділом на окремі групи за характеристиками дії на графіку (Рисунок 1).

За підсумками дослідження встановлено, що речовини СА-64 і СА-79 у концентрації 0,02 % мають статистично достовірний стимулюючий ефект на схожість насіння озимої пшениці. Однак, серед них більш виражену позитивну дію показала речовина СА-79 у цій самій концентрації.

Висновки і пропозиції. СА-64 і СА-79 можуть застосовуватися як стимулятори схожості пшениці озимої, проте СА-79 демонструє перевагу за своїм ефектом, але його дію більш залежить від різниці по сортах та якістю насіннєвого матеріалу. Концентрація 0,02 % є оптимальною для досягнення покращення схожості без негативного впливу на насіннєвий матеріал. Подальше дослідження ефективності СА-79 у практичних польових умовах є доцільним для підтвердження її перспективності як стимулятора росту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Bordes J., Ravel C., Le Gouis J., Lapiere 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 differentially 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. Miedaner T., Juroszek P. Climate change will influence disease resistance breeding in wheat in Northwestern Europe. *Theoretical and Applied Genetics*. 2021. 134. P. 1771–1785.
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 vegetation 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.