










АГРОНОМІЯ

УДК 633.11.631.527:633.1:631.524.86

Результати аналізу F_1 та F_2 *Triticum aestivum* L. за проявом резистентності до борошнистої роси та септоріозу листя

Кириленко В.В.¹ , Муха Т.І.¹ , Гуменюк О.В.¹ ,
Судденко Ю.М.¹ , Мурашко Л.А.¹ , Шадчина Т.М.¹ ,
Лісова Г.М.² , Сабадин В.Я.³ , Дубовик Н.С.³ 

¹ Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН² Інститут захисту рослин НААН³ Білоцерківський національний аграрний університет

Судденко Ю.М. E-mail: yu_suddenko@ukr.net



Кириленко В.В., Муха Т.І., Гуменюк О.В., Судденко Ю.М., Мурашко Л.А., Шадчина Т.М., Лісова Г.М., Сабадин В.Я., Дубовик Н.С. Результати аналізу F_1 та F_2 *Triticum aestivum* L. за проявом резистентності до борошнистої роси та септоріозу листя. «Агробіологія», 2024. № 2. С. 68–78.

Kyrylenko V., Mukha T., Humeniuk O., Suddenko Yu., Murashko L., Shadchy-na T., Lisova H., Sabadyn V., Dubovyk N. The analysis results of F_1 and F_2 *Triticum aestivum* L. on the manifestation of resistance to powdery mildew and septoria leaf blight. «Agrobiology», 2024. no. 2, pp. 68–78.

Рукопис отримано: 04.11.2024 р.

Прийнято: 18.11.2024 р.

Затверджено до друку: 28.11.2024 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2024-191-2-68-78

У статті наведено дані щодо ступеня та частоти трансгресії рослин пшениці м'якої озимої за проявом резистентності до *Septoria tritici* Rob. et Desm. та *Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Em. Marchal у гібридів першого та другого покоління. Щорічно (2016–2023 рр.) в Миронівському інституті пшениці імені В.М. Ремесла НААН створювали 30 гібридних комбінацій за участі шести сортів пшениці м'якої озимої, які є носіями пшенично-житніх транслокацій (ПЖТ): Експромт, Колумбія, Золотоколоса (1AL.1RS) і Калинова, Легенда Миронівська, Світанок Миронівський (1BL.1RS). Дослідження проводили різними методами: селекційний (для одержання нового селекційного матеріалу проведення міжсорткової гібридизації з наступним добром генотипів, створених за участю носіїв пшенично-житніх транслокацій 1AL/1RS і 1BL/1RS); польовий (фенологічні спостереження, оцінка стійкості до листових хвороб у F_1 , F_2 батьківських форм); генетичний (визначення закономірностей успадкування стійкості); математично-статистичний (для аналізу результатів дослідження на достовірному рівні). Проаналізовано гібридні комбінації F_1 , F_2 різних груп схрещування, використовуючи у гібридизації батьківські компоненти носіїв ПЖТ, де виявлено різний ступінь фенотипового домінування за резистентністю до патогенів. Найвищий прояв ознаки (100 %) гетерозис або наддомінування установлено у групі схрещування 1AL.1RS/1AL.1RS щодо *Septoria tritici* і *Erysiphe graminis*. Зниження її спостерігали у 1AL.1RS/1BL.1RS – 20 %, 1BL.1RS/1BL.1RS – 13,3 %, 1BL.1RS/1AL.1RS – 10 %. Генотипи у яких в родоводі є сорти з 1BL.1RS (1BL.RS/1BL.1RS, 1AL.1RS/1BL.1RS, 1BL.1RS/1AL.1RS) транслокацією, істотно поступалися гібридам з 1AL.1RS транслокацією, проте у кожній групі схрещування гібриди проявляли гетерозис або наддомінування за цими ознаками від 10 до 20 %. Виявлено залежність ступеня вищеплення позитивних трансгресивних форм. У рослин гібридів другого покоління за стійкістю до *Erysiphe graminis* вона варіювала від 20 до 100 %, за стійкістю до *Septoria tritici* – від 66,7 до 93,3 %. За стійкістю популяції рослин пшениці у порівнянні із батьківськими компонентами встановлено ступінь позитивної трансгресії за резистентністю до *Erysiphe graminis* та *Septoria tritici* у F_2 різних груп схрещування де залучали блоки ПЖТ. Виявлення закономірностей успадкування ступеня та частоти трансгресії основних селекційних ознак у гібридних популяціях дає можливість визначити селекційну цінність вихідного матеріалу з подальшим проведенням добору.

Ключові слова: гібрид, пшениця м'яка озима, пшенично-житня транслокація, селекція, сорт, стійкість, ступінь домінування, трансгресія.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Пшениця озима є найбільш поширеною культурою в світі, частка якої становить близько 30 % посівів зернових культур. Світова тенденція нарощування валових зборів зерна ґрунтується на принципі збільшення продуктивності культури – це єдиний спосіб підвищення валових зборів зерна. Продовольча потреба активно зростає разом із населенням світу, що є актуальним політичним викликом у світі. Відомо [1], що завдяки впровадженню нових технологій, з урахуванням очікуваного підвищення продуктивності, отримані об'єми зерна пшениці не зможуть задовольнити попит через зовнішні чинники, такі як зміна клімату, продовольчі впадоби та військові дії.

Забезпечення населення продовольством вітчизняного виробництва визнано пріоритетним завданням і стратегічним напрямом економічної політики нашої держави. Важливе місце серед глобальних викликів сучасності посідає проблема голоду та продовольчої безпеки [2, 3].

Селекційна практика підтверджує необхідність пошуку цінних батьківських компонентів серед світового різноманіття рослин. Актуальною є проблема підвищення врожайності пшениці та екологічної пластичності й стійкості генотипів до несприятливих біотичних та абіотичних чинників довкілля. У вирішенні цих питань успіх, переважно, залежить від ефективності й генетичного поліпшення генотипів та за умов постійного розроблення і вдосконалення наявних методів селекції, що спрямовані на підвищення адаптивного і врожайного потенціалу. Одним із способів збагачення геноплазми пшениці чужинними генетичними компонентами, завдяки міжсортівій гібридизації, є використання пшенично-житніх транслокацій (ПЖТ). Нині набувають поширення генотипи з ПЖТ, які характеризуються підвищеним адаптивним потенціалом та мають попит у виробництві й використовуються в селекції як новий вихідний матеріал [4–6].

У збільшенні виробництва продуктів харчування важливе значення має зернова група, яка є найбільш привабливою для аграрного ринку в усіх країнах світу. Перше місце у цій групі належить пшениці. Впровадження інтенсивних технологій вирощування пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) та однотипність генотипів спонукає до стрімкого зростання кількості та шкодочинності збудників хвороб, популяції яких формуються під впливом зовнішніх чинників. Глобальні змі-

ни клімату впливають практично на всі компоненти системи – патоген–рослина–живитель. Через підвищення температури повітря, з'являються і розповсюджуються нові раси листостеблових хвороб, зміщуються строки зараження рослин патогенами на більш ранні, збільшується інфекційне навантаження на рослину. Під впливом погодних умов у рослин-живителів погіршується обмін речовин, це впливає на імунний стан рослини, що також завдає значних втрат урожаю [7].

Збудники хвороб, уражуючи рослину впродовж вегетаційного року, зокрема і зернові культури, завдають рослинам шкоди, знижуючи урожай та його якість. Останнім часом на посівах пшениці озимої спостерігали розвиток плямистостей, особливо збудників борошнистої роси (*Erysiphe graminis* (DC.) та септоріозу листків (*Septoria tritici* Rob. et. Desm – *Septoria tritici*).

Борошниста роса (*Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Em. Marchal – *Erysiphe graminis*), поширена в усіх зонах де вирощують зернові колосові культури. Це облигатний і вузькоспеціалізований паразит, що уражує листя, листові піхви, стебла, та колоскові луски й остюки в роки сильного розвитку хвороби [8, 9]. Восени на молодих вегетуючих рослинах активно проявляється патоген. Із відновленням вегетації весною продовжується наростання збудника хвороби. Спочатку з'являються матові плями на піхвах листків, а згодом білий павутинистий наліт, який стрімко поширюється на листя та вкриває його зверху подушечками різного розміру, які згодом зливаються і темнішають. Поступово наліт поширюється на верхні яруси листків рослин пшениці та колос. Потім він ущільнюється, набуває сіро-жовтого кольору на якому формуються клейстотеції у вигляді чорних крапок.

Збудник *Septoria tritici* проявляється у вигляді знебарвлених сіро-зелених чи ледь жовтуватих плям дещо хлоротичних, центр яких поступово стає блідим з чорними крапочками (пікнідами). За умов тривалої вологої та вітряної погоди патоген набуває найвищого рівня в інтенсивності ураження, за значних опадів в період цвітіння–колосіння. Від ступеня розвитку збудника хвороби залежать втрати врожаю. Зокрема, за ураження листя до 30 % урожайність знижується в середньому на 10 %, а понад 50 % – на 40 %. На зменшення асиміляційної поверхні листя впливає збудник септоріозу, що призводить до недорозвиненості колосів, щуплості зерна, а потім до зниження врожайності та показників якості зерна [10].

Як відомо, на розвиток хвороб пшениці озимої значною мірою впливають погодні умови, а саме температура повітря та вологість [11]. Кліматичні зміни, зумовлені глобальним потеплінням, є несприятливими для розвитку пшениці озимої. Вони негативно впливають як на рослини так і розвиток збудників хвороб [12, 13].

Селекція пшениці озимої за стійкістю до фітопатогенів є одним із найбезпечніших засобів захисту рослин. На жаль, у програмах селекції культури бракує донорів стійких форм до хвороб через появу біотипів гриба з новими вірулентними штамами, що здатні уражувати великі площі посівів пшениці [14].

Варто зазначити, що у результаті змін клімату підвищується стресостійкість польових популяцій збудників хвороб, що посилює ураженість посівів плямистостями листків, зокрема *Erysiphe graminis* та *Septoria tritici*. На жаль, стійкість до патогенів обмежена в часі через появу різних біотипів, рас, видів грибів із новою вірулентністю, здатних охопити значні площі пшениці [15]. Постійний пошук ефективних джерел стійкості щодо патогенів і використання їх у створенні перспективних сортів є важливим етапом селекції за стійкістю до основних збудників хвороб пшениці озимої. Необхідно зазначити, що в пшениці озимій зареєстровано 68 чужинних транслокацій, що контролюють гени стійкості до збудників хвороб і шкідників, а також інші цінні адаптивні ознаки. Нині широкого поширення набули пшенично-житні транслокації (ПЖТ) 1BL.1RS, наявність яких забезпечує генетичний контроль продуктивності та адаптивності сортів. Зміна геноплазми пшениці чужорідними генами, за допомогою ПЖТ, є одним з найбільш перспективних методів створення стійких сортів. Транслокація 1BL.1RS містить ген *Pm8*, а 1BL.1RS – *Pm17*, ці гени забезпечують стійкість сортам з ПЖТ [14].

Мета дослідження – з'ясувати ступінь фенотипового домінування стійкості у гібридів F_1 та початковий ступінь трансгресій у популяції F_2 щодо *Erysiphe graminis* і *Septoria tritici*, із залученням у схрещування сортів-носіїв ПЖТ.

Матеріал і методи дослідження. Щорічно (2016–2023 рр.) за участі шести сортів пшениці м'якої озимої селекціонери створювали 30 гібридних комбінацій, які є носіями пшенично-житних транслокацій: Експромт, Колумбія, Золотоколосо (1AL.1RS) і Калинова, Легенда Миронівська, Світанок Миронівський (1BL.1RS). Агротехніка дослідження

селекційного матеріалу пшениці м'якої озимої загальноприйнята для умов центральної частини Лісостепу України.

У 2022, 2023 рр. обліки, фенологічні спостереження та структурний аналіз рослин гібридів пшениці озимої здійснювали за «Методикою державної науково-технічної експертизи сортів рослин» [16].

Насіння гібридів висівали вручну за схемою: P_1-F_1 , F_2-P_2 . Застосовували розріджений спосіб сівби для максимальної реалізації елементів продуктивності. Застосовували методи: селекційний (для одержання нового селекційного матеріалу проведення міжсорткової гібридизації з наступним добром генотипів, створених за участю носіїв пшенично-житних транслокацій 1AL/1RS і 1BL/1RS); польовий (фенологічні спостереження, оцінка стійкості до листових хвороб у F_1 , F_2 батьківських форм); генетичний (визначення закономірностей успадкування стійкості); математично-статистичний (для аналізу результатів дослідження на достовірному рівні) [17].

Селекційний гібридний матеріал був розподілений на групи за використання ПЖТ у схрещуваннях: 1AL.1RS/1AL.1RS; 1BL.1RS/1BL.1RS; 1AL.1RS/1BL.1RS; 1BL.1RS/1AL.1RS.

Для визначення впливу кліматичних чинників (температура повітря, °C і кількість опадів, мм) на інтенсивність ураження патогенами враховували гідротермічний коефіцієнт (ГТК) [14].

Інтенсивність ураження батьківських компонентів основними збудниками хвороб (борошнистою россою, септоріозом листя) визначали за методиками О.В. Бабаянц, Л.Т. Бабаянца [18]. Ступінь фенотипового домінування – за ознаками резистентності, обраховували за формулою В. Griffing. Діапазон, в якому перебуває ступінь домінування (hp), охоплює будь-які значення від $-\infty$ до $+\infty$. Дані групували за класифікацією G.M. Veil, R.E. Atkins [19]. Ступінь та частоту трансгресії кількісних ознак визначали за відомими формулами [20]. Статистичну обробку отриманого цифрового матеріалу виконували за допомогою комп'ютерних програм «Excel 2010» та «Statistica 8.0».

Результати дослідження та обговорення. Метеорологічні умови 2021/22, 2022/23 вегетаційних років були несприятливими для розвитку збудників *Erysiphe graminis* і *Septoria tritici*. У весняно-літній період вегетації (2022 р.) пшениці показники середньомісячних температур зафіксували нижчі

багаторічних на 0,1–1,5 °С, лише у червні вони були вищі на 1,4 °С. За показником вологозабезпечення рік вирізняли посушливим (ГТК = 0,9).

У квітні й травні 2023 р. середню температуру повітря визначили нижчою за середній багаторічний показник на 0,5 та 0,2 °С відповідно, а в червні – перевищувала його на 0,4 °С. Лише у квітні відмічали надмірне вологозабезпечення, перевищення кількості опадів від норми становило 40,0 мм, що сприяло прояву збудників листових хвороб на пшениці озимій. Інтенсивність ураження листя спостерігали у межах 1–20 % з поступовим наростанням. Проте в подальшому впродовж травня–червня відслідковували досить гострий дефіцит опадів (ГТК – 0,46 та 0,67 відповідно), особливо це помітно у червні (лише 39,4 мм) у порівнянні з середньобагаторічними даними 84,8 мм. Подібні погодні умови частково призупинили наростання збудників хвороб листя. Інтенсивність ураження рослин збудниками *Erysiphe graminis* спостерігали у межах 0–30,0 %, *Septoria tritici* – 3–35 %.

У 2022 р. проведено розрахунок ступеня фенотипового домінування (hp) у рослин F₁ за інтенсивністю ураження такими патогенами як *Erysiphe graminis* та *Septoria tritici* за використання штучного комплексного інфекційного фону патогена (ШКІФ) (табл. 1).

За оцінки стійкості F₁ рослин пшениці м'якої озимої спостерігали диференціацію між гібридами у різних групах схрещування сортів носіїв ПЖТ за типами успадкування інтенсивності ураження збудниками *Erysiphe graminis* та *Septoria tritici* від гетерозису (НД позитивного наддомінування) до негативного наддомінування (Д депресії). Найвищий (100 %) прояв ознаки резистентності (гетерозис або наддомінування) виявили у групі схрещування 1AL.1RS/1AL.1RS до *Erysiphe graminis* і *Septoria tritici*. Зниження її спостерігали у – 1AL.1RS/1BL.1RS – 20 %, 1BL.1RS/1BL.1RS – 13,3 %, 1BL.1RS/1AL.1RS – 10 %. Тобто, гібриди у родоводах яких сорти з 1BL.1RS (1BL.RS/1BL.1RS, 1AL.1RS/1BL.1RS, 1BL.1RS/1AL.1RS) транслокацією, суттєво поступалися групі схрещування з 1AL.1RS транслокацією, проте у кожній у групі гібриди проявляли гетерозис (наддомінування) за цими ознаками від 10 до 20 %.

Під час дослідження гібридних популяцій за інтенсивністю ураження та ступенем фенотипового домінування збудником *Erysiphe graminis* встановлено наявність наддомінування (НД) у 67 % комбінацій схрещуван-

ня, часткове від'ємне успадкування (ЧВУ) – у 10 %, проміжне успадкування (ПУ) – 17 % та часткове позитивне домінування (ЧПД) – у 3 % і депресія (Д) – у 3 % (рис. 1).

Імунних до *Septoria tritici* генотипів пшениці озимої не виявлено, проте спостерігали чітку диференціацію за їх стійкістю. Аналізуючи інтенсивність ураження збудником *Septoria tritici* гібридів F₁ пшениці озимої визначено прояв ступеня фенотипового успадкування: гетерозис або позитивне наддомінування у 28 комбінацій схрещування (94 %), майже пропорційно за досліджуваними групами у кількісному вираженні; часткове позитивне домінування – 1 (3 %); негативне наддомінування (депресія) – 1 (3 %) (рис. 2). Негативне наддомінування виявлено у гібридній комбінації Калинова/Колумбія (1BL.1RS/1AL.1RS).

Досліджуючи рослини F₁, встановлено диференціацію за показником ступеня фенотипового домінування стійкості до двох збудників хвороб пшениці озимої, використовуючи інфекційний фон патогенів. Виявили та відібрали цінні генотипи за цією ознакою у різних групах схрещування за використання батьківських компонентів сортів-носіїв ПЖТ.

Для створення генетичного різноманіття пшениці використовували у родоводах джерела стійкості, що характеризуються здатністю ефективно і тривалий час знижувати темпи розвитку хвороби у поєднанні з іншими корисними господарськими ознаками. У селекції пшениці озимої важливим етапом є виділення трансгресивних форм за ознаками стійкості до основних фітопатогенів. Нині у програмах селекції пшениці м'якої озимої є недостатня кількість стійких генотипів з груповою стійкістю до збудників хвороб.

За дослідженням батьківських компонентів та популяцій рослин пшениці підтверджено ступінь позитивної трансгресії за стійкістю до: *Erysiphe graminis*, *Septoria tritici*, у всіх гібридів другого покоління. За проявом розщеплень у популяціях F₂ щодо патогенів виділили форми з різним рівнем інтенсивності ураження, це вказує що у досліджуваній популяції є різноманітні біотипи. У F₂ частку ступеня позитивних трансгресій (Тс) (у порівнянні із кращим батьківським компонентом інтенсивність ураження рослин популяції була нижчою) спостерігали у всіх групах схрещувань за використання ПЖТ. У рослин гібридів другого покоління за стійкістю до *Erysiphe graminis* вона варіювала від 20 до 100 %, за стійкістю до *Septoria tritici* – від 66,7 до 93,3 % (табл. 2).

Таблиця 1 – Інтенсивність ураження та прояв фенотипового домінування стійкості рослин F₁ до патогенів пшениці м'якої озимої за використання ПЖТ та ШКІФ (2022 р.)

Гібридна комбінація	Інтенсивність ураження та ступінь фенотипового домінування патогенів:			
	<i>Erysiphe graminis</i>		<i>Septoria tritici</i>	
	%	hp*	%	hp
1AL.1RS/1AL.1RS				
Золотоколоса/Колумбія	1,0	4,2 / НД*	3,0	5,6 / НД
Колумбія/Золотоколоса	0,5	4,5 / НД	2,0	6,4 / НД
Золотоколоса/Експромт	0,5	6,8 / НД	4,0	8,0 / НД
Експромт/Золотоколоса	0,5	6,8 / НД	5,0	7,0 / НД
Колумбія/Експромт	1,0	12,0 / НД	4,0	3,0 / НД
Експромт/Колумбія	1,0	13,0 / НД	3,0	3,5 / НД
1BL.1RS/1BL.1RS				
Світанок МИР*/Легенда МИР	1,0	5,0 / НД	3,0	7,0 / НД
Легенда МИР/Світанок МИР	1,0	5,0 / НД	5,0	5,7 / НД
Світанок МИР/Калинова	0,5	5,3 / НД	7,0	4,0 / НД
Калинова/Світанок МИР	1,0	5,0 / НД	5,0	6,0 / НД
Калинова/Легенда МИР	10,0	0 / ПУ*	3,0	3,8 / НД
Легенда МИР/Калинова	10,0	-1,0 / ЧВУ*	7,0	2,2 / НД
1AL.1RS/1BL.1RS				
Експромт/Світанок МИР	1,0	31,0 / НД	7,0	11,0 / НД
Експромт/Легенда МИР	10,0	-1,1 / Д*	5,0	9,0 / НД
Експромт/Калинова	4,0	3,9 / НД	3,0	3,4 / НД
Золотоколоса/Легенда МИР	10,0	0 / ПУ	3,0	5,0 / НД
Золотоколоса/Калинова	0,5	0 / ПУ	5,0	11,0 / НД
Золотоколоса/Світанок МИР	1,0	5,0 / НД	5,0	13,0 / НД
Колумбія/Світанок МИР	1,0	28,5 / НД	5,0	3,0 / НД
Колумбія/Легенда МИР	1,0	4,2 / НД	5,0	2,1 / НД
Колумбія/Калинова	6,0	1,3 / НД	10,0	1,1 / НД
1BL.1RS/1AL.1RS				
Калинова/Експромт	1,0	6,4 / НД	5,0	4,3 / НД
Калинова/Колумбія	0,5	4,5 / НД	5,0	-6,0 / Д
Калинова/Золотоколоса	1,0	0 / ПУ	10,0	1,0 / ЧПД
Світанок МИР/Колумбія	0,5	31,0 / НД	10,0	8,5 / НД
Світанок МИР/Золотоколоса	10,0	-1,0 / ЧВУ	10,0	3,0 / НД
Світанок МИР/Експромт	1,0	31,0 / НД	10,0	5,0 / НД
Легенда МИР/Золотоколоса	10,0	0 / ПУ	5,0	4,0 / НД
Легенда МИР/Експромт	10,0	1,0 / ЧПД*	5,0	9,0 / НД
Легенда МИР/Колумбія	10,0	-1,0 / ЧВУ	7,0	1,5 / НД

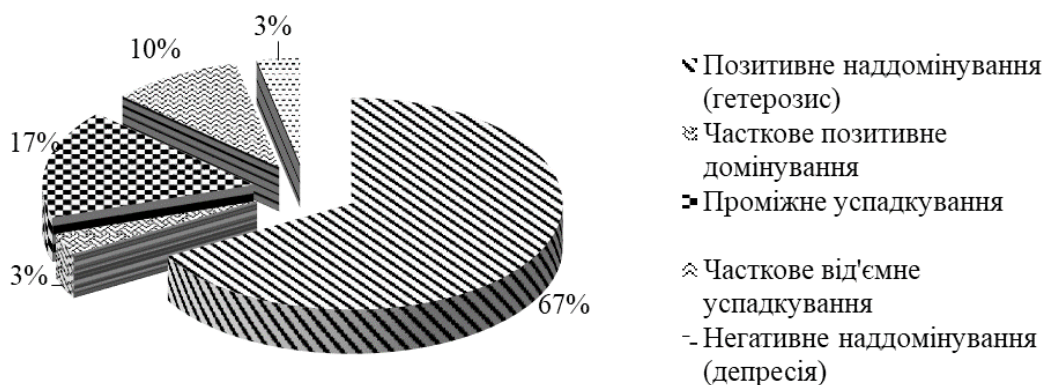


Рис. 1. Розподіл ступеня фенотипового домінування за інтенсивністю ураження збудником *Erysiphe graminis* рослин F_2 пшениці м'якої озимої, створених за участі ПЖТ (2022 р.).

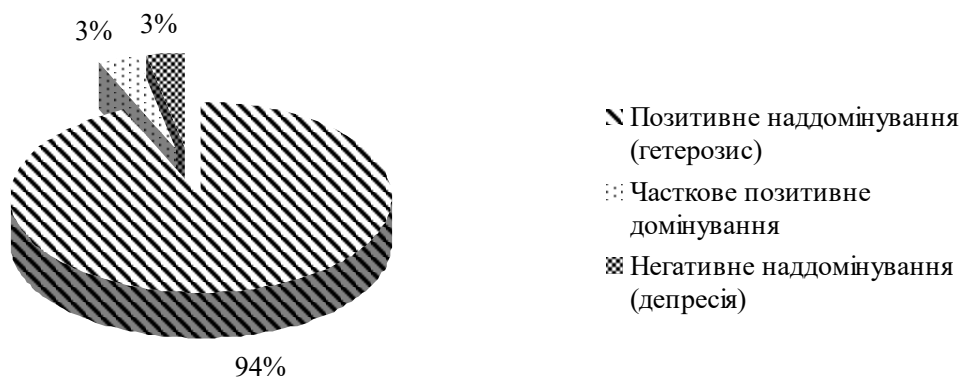


Рис. 2. Розподіл ступеня фенотипового домінування за інтенсивністю ураження збудником *Septoria tritici* рослин F_2 пшениці м'якої озимої, створених за участі ПЖТ (2022 р.).

Слід зазначити, що 100 % частоту трансгресії виявили у популяції F_2 Експромт/Легенда Миронівська за схрещування ПЖТ 1AL.1RS/1BL.1RS за стійкістю до *Erysiphe graminis*, тобто всі рослини генотипу перевищували кращі батьківські форми. Варто виділити популяції із високим ступенем трансгресії від 70 до 80 %, що є цінним у подальшій селекційній роботі, у групах схрещування: 1AL.1RS/1AL.1RS – 66,7 %; 1BL.1RS/1BL.1RS – 16,7%, 1AL.1RS/1BL.1RS – 66,7; 1BL.1RS/1AL.1RS – 44,5 %. Тому потрібно залучати у схрещування за материнську форму сорти-носії ПЖТ 1AL.1RS для ефективного добору резистентних генотипів щодо *Erysiphe graminis*.

Частота трансгресії у популяції F_2 за стійкістю до *Septoria tritici* варіювала від 66,7 до

93,3 %. Найбільш перспективними для добору і створення стійких форм є популяції із високим ступенем трансгресії (80 %) у групах схрещування: 1AL.1RS/1AL.1RS – 83,3 %; 1BL.1RS/1BL.1RS – 83,3%, 1AL.1RS/1BL.1RS – 100 %; 1BL.1RS/1AL.1RS – 88,9 %. Найбільш перспективною є група схрещування 1AL.1RS/1BL.1RS з високим рівнем цієї ознаки.

Значний рівень позитивних трансгресій за стійкістю до двох хвороб листя (*Erysiphe graminis* і *Septoria tritici*) виокремлено у гібридних комбінаціях Експромт/Легенда Миронівська ($T_c = 100,0; 86,6$ %); Світанок Миронівський/Золотоколоса ($T_c = 80,0; 86,7$ %); Світанок Миронівський/Калинова ($T_c = 70,0; 80,0$ %), які виділили у другій, третій та четвертій групах схрещувань (табл. 2).

Таблиця 2 – Ступінь трансгресії (Тс, %) рослин F₂ пшениці озимої за стійкістю до *Erysiphe graminis* та *Septoria tritici* (2023 р.)

Гібридна комбінація	<i>Erysiphe graminis</i>	<i>Septoria tritici</i>
1AL.1RS/1AL.1RS		
Золотоколоса/Колумбія	40,0	66,7
Колумбія/Золотоколоса	80,0	80,0
Золотоколоса/Експромт	61,0	80,0
Експромт/Золотоколоса	80,0	86,7
Колумбія/Експромт	80,0	80,0
Експромт/Колумбія	80,0	80,0
1BL.1RS/1BL.1RS		
Світанок МИР/Легенда МИР	50,0	66,7
Легенда МИР/Світанок МИР	20,0	80,0
Світанок МИР/Калинова	70,0	80,0
Калинова/Світанок МИР	50,0	86,7
Калинова/Легенда МИР	40,0	80,0
Легенда МИР/Калинова	40,0	80,0
1AL.1RS/1BL.1RS		
Експромт/Світанок МИР	80,0	93,3
Експромт/Легенда МИР	100,0**	86,7
Експромт/Калинова	60,0	80,0
Золотоколоса/Легенда МИР	40,0	86,7
Золотоколоса/Калинова	70,0	80,0
Золотоколоса/Світанок МИР	70,0	80,0
Колумбія/Світанок МИР	80,0	93,3
Колумбія/Легенда МИР	40,0	80,0
Колумбія/Калинова	80,0	80,0
1BL.1RS/1AL.1RS		
Калинова/Експромт	40,0	80,0
Калинова/Колумбія	80,0	70,0
Калинова/Золотоколоса	80,0	80,0
Світанок МИР/Колумбія	80,0	86,7
Світанок МИР/Золотоколоса	80,0	86,7
Світанок МИР/Експромт	60,0	80,0
Легенда МИР/Золотоколоса	40,0	80,0
Легенда МИР/Експромт	60,0	86,7
Легенда МИР/Колумбія	40,0	80,0

Примітки: МИР – Миронівська, Миронівський; * – відсутні рослини з максимальним значенням ознаки у гібрида (нижчою часткою інтенсивності ураження) від кращої батьківської форми; ** – всі рослини популяції переважали максимальне значення кращої батьківської форми (інтенсивність ураження була нижчою).

Висновки. Установлено, дослідження щодо двох збудників хвороб (*Erysiphe graminis* і *Septoria tritici*), із використанням інфекційного фону патогенів, гібридів першого покоління пшениці озимої, забезпечили диференціацію за показником ступеня фенотипового домінування. Найвищий (100 %) прояв ознаки резистентності виявили у групі схрещування 1AL.1RS/1AL.1RS. Зниження її спостерігали у 1AL.1RS/1BL.1RS – 20 %, 1BL.1RS/1BL.1RS – 13,3 %, 1BL.1RS/1AL.1RS – 10 %.

Виокремлено гібриди у родоводах яких сорти з 1BL.1RS (1BL.RS/1BL.1RS, 1AL.1RS/1BL.1RS, 1BL.1RS/1AL.1RS) транслокацією, які істотно поступалися групі схрещування з 1AL.1RS транслокацією, проте у кожній групі гібриди проявляли наддомінування за цими ознаками від 10 до 20 %.

Виділено популяції із високим ступенем трансгресії від 70 до 80 %, що є цінним у подальшій селекційній роботі, у групах схрещування: 1AL.1RS/1AL.1RS – 66,7 %; 1BL.1RS/1BL.1RS – 16,7%, 1AL.1RS/1BL.1RS – 66,7 %; 1BL.1RS/1AL.1RS – 44,5 %.

Перспективи подальших досліджень. Виявлення закономірностей успадкування ступеня та частоти трансгресій основних селекційних ознак у гібридних популяціях дає можливість визначити селекційну цінність вихідного матеріалу з подальшим проведенням добору.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Впровадження у виробництва нових, стійких до стресових факторів, високопродуктивних сортів озимої пшениці, створених на основі використання хромосомної інженерії та маркер-допоміжної селекції / В.В. Моргун та ін. Наука та інновації. 2014. 10. № 5. С. 40–48.
2. Рисін А.Л. Особливості створення вихідного матеріалу пшениці м'якої озимої з високим потенціалом продуктивності та якості зерна в Лісостепу України: дис... доктора філософії: 201. Центральне, 2023. 341 с.
3. Лифенко С.П., Нарган Т.П., Наконечний М.Ю. Інтрогресії в геном пшениці м'якої від різних донорів – проблемний, але перспективний напрям селекції. Селекція і насінництво. 2014. Вип. 105. С. 39–50.
4. Бакуменко О.М., Осмаченко О.М., Власенко В.А. Комбінаційна здатність сортів пшениці озимої Крижинка та Смуглянка: монографія. Суми: Мрія, 2019. 194 с.
5. Studying recombination between the 1RS arms from the rye Petkus and Insave involved in the 1BL.1RS and 1AL.1RS translocations

using storage protein loci as genetic markers / N. Kozub et al. Cytol. Genet. 2018. No 52(6). P. 440–447. DOI: 10.3103/S0095452718060063.

6. Ретьман С.В., Кислих Т.М., Шевчук О.В. Динаміка розвитку хвороб листя пшениці озимої. Карантин і захист рослин. 2014. № 10–11. С. 6–9.

7. Нарган Т.П. Виявлення джерел стійкості до листових хвороб пшениці м'якої озимої для використання в селекції. Генетичні ресурси рослин. 2015. № 17. С. 11–18.

8. Демидов О.А., Муха Т.І., Гуменюк О.В. Зимові хвороби посівів пшениці озимої. Пропозиція. 2021. № 11. URL: <https://propozitsiya.com/ua/vplyv-abiotychnyh-chynnykiv-na-rozvytok-hvorob-pshenyuci-ozymoju>

9. Стійкість селекційного матеріалу пшениці м'якої озимої проти листових хвороб на роздільних штучних інфекційних фонах патогенів / Т.І. Муха та ін. Захист рослин: наукові здобутки та перспективи досліджень: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 75-річчю заснування Інституту захисту рослин НААН, 150-річчю від дня народження Поспелова Володимира Петровича, 100-річчю від дня народження Арешнікова Бориса Андрійовича, 90-річчю від дня народження Долина Володимира Гдаліча. Київ, 2022. С. 126–128.

10. Захист посівів пшениці озимої від хвороб та шкідників: методичні рекомендації / О.А. Демидов та ін. Київ: ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ», 2016. 39 с.

11. Селекція пшениці м'якої озимої за використання пшенично-житніх транслокацій в умовах центрального Лісостепу: монографія / В.В. Кириленко та ін. Київ, 2021. С. 68–85.

12. Кириленко В.В., Волощук С.І., Дубовик Н.С., Близнюк Б.В. Ретроспективний аналіз погодних умов у зоні діяльності Миронівського інституту пшениці. Миронівський вісник. 2016. Вип. 2. С. 87–97.

13. Агрокліматична характеристика території створення миронівських сортів пшениці / В.А. Власенко та ін. Селекційна еволюція миронівських пшениць. Миронівка, 2012. С. 13–22.

14. Власенко В.А., Осмачко О.М., Бакуменко О.М. Методичні рекомендації щодо виділення ліній пшениці з груповою стійкістю до хвороб, які є носіями пшенично-житніх транслокацій. Суми, 2020. 154 с.

15. Петренко В.П., Черняєва І.М., Маркова Т.Ю., Рябчун Н.І. Формування продуктивності нових сортів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.) залежно від фітовірусного навантаження. URL: file:///C:/Users/PC/Downloads/stopnsr_2008_1_12.pdf.

16. Методика державної науково-технічної експертизи сортів рослин. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / за ред. С.О. Ткачик. 4-те вид. випр. і доп. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 150 с.

17. Поширеність пшенично-житніх транслокацій IBL/IRS і IAL/IRS у сортів пшениці м'якої озимої української селекції / Н.О. Козуб та ін. Захист і карантин рослин. 2015. Вип. 61. С. 148–155.

18. Бабаянц О.В., Бабаянц Л.Т. Основы селекции и методология оценок устойчивости пшеницы к возбудителям болезней. Одесса, 2014. 401 с.

19. Beil G.M., Atkins R.E. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *Iowa State Journal*. 1965. No 39. 3 p.

20. Мазманішвілі О.С. Математична статистика: навчальний посібник до практичних занять. Харків: НТУ «ХП», 2010. 232 с.

REFERENCES

1. Morhun, V.V., Havryliuk, M.M., Oksom, V.P., Morhun, B.V., Pochynok, V.M. (2014). Vprovadzhennia u vyrobnytstva novykh, stiikykh do stresovykh faktoriv, vysokoproduktyvnykh sortiv ozymoi pshe-nytsi, stvorenykh na osnovi vykorystannia khromosomnoi inzhenerii ta marker-dopomizhnoi selektsii [Introduction into the production of new, stress-resistant, high-yielding varieties of winter wheat, created on the basis of the use of chromosomal engineering and marker-assisted selection]. *Nauka ta innovatsii [Science and innovation]*. no. 10 (5), pp. 40–48.

2. Rysin, A.L. (2023). Osoblyvosti stvorennia vykhidnoho materialu pshe-nytsi miakoi ozymoi z vysokym potentsialom produktyvnosti ta yakosti zerna v Lisostepu Ukrainy: dys... doktora filosofii: 201 [Peculiarities of creating raw material of soft winter wheat with high productivity and grain quality potential in the Forest Steppe of Ukraine: dis. phd: 201]. *Tsentrálne*, 341 p.

3. Lyfenko, S.P., Narhan, T.P., Nakonechnyi, M.Yu. (2014). Introhresii v henom pshe-nytsi miakoi vid riznykh donoriv – problemnyi, ale perspektyvnyi napriam selektsii [Introgression into the common wheat genome from different donors is a problematic but promising direction of breeding]. *Selektsiia i nasinntstvo [Breeding and seed production]*. no. 105, pp. 39–50.

4. Bakumenko, O.M., Osmachenko, O.M., Vlasenko, V.A. (2019). Kombinatsiina zdattist sortiv pshe-nytsi ozymoi Kryzhynka ta Smuhlianka: monohrafiia [The combining ability of Kryzhynka and Smuglyanka winter wheat varieties]. *Sumy, Mria*, 194 p.

5. Kozub, N., Sozinov, I., Karelov, A., Bidnyk, H., Demianova, N., Sozinova, O., Blume, Ya., Sozinov, A. (2018). Studying recombination between the IRS arms from the rye Petkus and Insave involved in the 1BL.1RS and 1AL.1RS translocations using storage protein loci as genetic markers. *Cytol. Genet.* no. 52(6), pp. 440–447. DOI: 10.3103/S0095452718060063

6. Retman, S.V., Kyslykh, T.M., Shevchuk, O.V. (2014). Dynamika rozvytku khvorob lystia pshe-nytsi ozymoi [Dynamics of the development of winter wheat leaf diseases]. *Karantyn i zakhyst roslin [Quarantine and plant protection]*. no. 10–11, pp. 6–9.

7. Narhan, T.P. (2015). Vyiavlennia dzherel stiikosti do lystovykh khvorob pshe-nytsi miakoi ozymoi dlia vykorystannia v selektsii [Identification of sources of resistance to foliar diseases of soft winter wheat for use in breeding]. *Henetychni resursy roslin [Genetic resources of plants]*. no. 17, pp. 11–18.

8. Demydov, O.A., Mukha, T.I., Humeniuk, O.V. (2021). Zymovi khvoroby posiviv pshe-nytsi ozymoi [Winter diseases of winter wheat crops]. *Propozytsiia [Offer]*. no. 11. Available at: <https://propozitsiia.com/ua/vplyv-abiotychnykh-chynnykiv-na-rozvytok-hvorob-pshenytsi-ozymoi/>

9. Mukha, T.I., Murashko, L.A., Humeniuk, O.V., Kyrylenko, V.V., Lisova, H.M. (2022). Stiikist selektsiinoho materialu pshe-nytsi miakoi ozymoi proty lystovykh khvorob na rozdilnykh shtuchnykh infektsiinykh fonakh patoheniv [Resistance of breeding material of soft winter wheat against foliar diseases on separate artificial infectious backgrounds of pathogens]. *Zakhyst roslin: naukovi zdobutky ta perspektyvy doslidzhen: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, prysviachenoj 75-richchii zasnuvannia Instytutu zakhystu roslin NAAN, 150-richchii vid dnia narodzhennia Pospelova Volodymyra Petrovycha, 100-richchii vid dnia narodzhennia Arieshnikova Borysa Andriiovycha, 90-richchii vid dnia narodzhennia Dolina Volodymyra Hdalicha [Plant protection: scientific achievements and research perspectives: materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 75th anniversary of the founding of the Institute of Plant Protection of the NAAS, the 150th anniversary of the birth of Pospelov Volodymyr Petrovych, the 100th anniversary of the birth of Arieshnikov Boris Andriiovych, the 90th anniversary of the birth of Dolin Volodymyr Gdalich]*. Kyiv, IZR NAAN, pp. 126–128.

10. Demydov, O.A., Kovalyshyna, H.M., Mukha, T.I., Murashko, L.A., Zaima, O.A., Suddenko, Yu.M. (2016). Zakhyst posiviv pshe-nytsi ozymoi vid khvorob ta shkidnykiv: metodychni rekomenda-

tsii Protection of winter wheat crops from diseases and pests: methodical recommendations]. Kyiv, TOV «TsP «KOMPRYNТ», 39 p.

11. Kyrylenko, V.V., Dubovyk, N.S., Humeniuk, O.V., Volohdina, H.B., Los, R.M., Dubovyk, D.Iu. (2021). Seleksiia pshenytsi miakoi ozymoi za vykorystannia pshenychno-zhytnikh translokatsii v umovakh tsentralnoho Lisostepu: monohrafiia [Selection of soft winter wheat using wheat-rye translocations in the conditions of the central forest-steppe]. Kyiv, pp. 68–85.

12. Kyrylenko, V.V., Voloshchuk, S.I., Dubovyk, N.S., Blyzniuk, B.V. (2016). Retrospektyvnyi analiz pohodnykh umov u zoni diialnosti Myronivskoho instytutu pshenytsi [Retrospective analysis of weather conditions in the area of activity of the Myroniv Wheat Institute]. Myronivskyi visnyk [Myronivsky herald]. no. 2, pp. 87–97.

13. Vlasenko, V.A., Kochmarskyi, V.S., Koliuchyi, V.T. (2012). Ahroklimatychna kharakterystyka terytorii stvorennia myronivskykh sortiv pshe-nytsi [Agroclimatic characteristics of the territory of creation of Myron wheat varieties]. Seleksiina evoliutsiia myronivskykh pshe-nyts [Breeding evolution of Myron wheats]. Myronivka, pp. 13–22.

14. Vlasenko, V.A., Osmachko, O.M., Bakumenko, O.M. (2020). Metodychni rekomendatsii shcho- do vydilennia linii pshe-nytsi z hrupovoio stiki- stiu do khvorob, yaki ye nosiiami pshe-nychno-zhy- tnikh translokatsii [Methodological recommendations for the selection of wheat lines with group resistance to diseases that are carriers of wheat-rye transloca- tions]. Sumy, 154 p.

15. Petrenkova, V.P., Cherniaieva, I.M., Mar- kova, T.Yu., Riabchun, N.I. Formuvannia produk- tyvnosti novykh sortiv pshe-nytsi miakoi ozymoi (*Triticum aestivum* L.) zalezho vid fitovirusno- ho navantazhennia [Formation of productivity of new varieties of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) depending on phytovirus load]. Available at: file://C:/Users/PC/Downloads/sto- pnsr_2008_1_12.pdf.

16. Tkachyk, S.O. (2015). Metodyka der- zhavnoi naukovo-tekhnichnoi ekspertyzy sortiv roslyn [Methodology of state scientific and tech- nical examination of plant varieties]. Meto- dy vyznachennia pokaznykiv yakosti produkt- sii roslynnytstva [Methods of determining plant production quality indicators]. Vinnytsia, TOV «Nilan-LTD», 150 p.

17. Kozub, N.O., Sozinov, I.O., Karelov, A.V., Bidniak, H.Ia. (2015). Poshyrenist pshe-nychno-zhy- tnikh translokatsii IBL/IRS i IAL/IRS u sortiv pshe- nytsi miakoi ozymoi ukrainskoi seleksii [Prevalence of wheat-rye translocations IBL/IRS and IAL/IRS in soft winter wheat varieties of Ukrainian selection].

Zakhyst i karantyn roslyn [Protection and quarantine of plants]. no. 61, pp. 148–155.

18. Babayanc, O.V., Babayanc, L.T. (2014). Os- novy selekcii i metodologiya ocenok ustojchivosti pshe-nycy k vzbudutelyam boleznej [Fundamentals of selection and methodology for assessing wheat resistance to pathogens]. Odessa, 401 p.

19. Beil, G.M., Atkins, R.E. (1965). Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. Iowa State Journal. no. 39, 3 p.

20. Mazmanishvili, O.S. (2010). Matematychna statystyka: navchalnyi posibnyk do praktychnykh zaniat [Mathematical statistics: a study guide for practical classes]. Kharkiv, NTU «KhPI», 232 p.

The analysis results of F_1 and F_2 *Triticum aestivum* L. on the manifestation of resistance to powdery mildew and septoria leaf blight

Kyrylenko V., Mukha T., Humeniuk O., Suddenko Yu., Murashko L., Shadchyna T., Lisova H., Sabadyn V., Dubovyk N.

The article presents data on the degree and frequency of transgression in terms of main spike productivity in first and second generation hybrids. A study was conducted on plants F_1 and F_2 of different crossing groups using parental components of WRT carriers in hybridization. Every year (2016-2023) the V.M.Remeslo Myronivka Institute of Wheat generates 30 hybrid combinations comprising six varieties of soft winter wheat that act as carriers of wheat-rye translocations (WRT). These include «Eksprompt», «Zolotokolosa», «Columbia» (1AL.IRS) and «Kalynova», «Svitanok Mironivskyi», «Legenda Mironivska» (1BL.IRS). The research was carried out using various methods: selection (to obtain new breeding material for intercrop hybridization with subsequent selection of genotypes created with the participation of carriers of wheat-rye translocations 1AL/IRS and 1BL/IRS); field (phenological observations, assessment of resistance to leaf diseases in F_1 and F_2 parental forms); genetic (determination of patterns of resistance inheritance); mathematical and statistical (to analyze the research results at a reliable level). Hybrid combinations F_1 , F_2 of different crossing groups were analyzed using parental components of PVT carriers in hybridization, where different degrees of phenotypic dominance in resistance to pathogens were found. The highest manifestation of the the heterosis trait (100%) or overdominance was observed in the group of crosses 1AL.IRS/1AL.IRS against *Erysiphe graminis* and *Septoria tritici*. Its decrease was observed in the following crosses: – 1AL.IRS/1BL.IRS – 20%, 1BL.IRS/1BL.IRS – 13.3%, 1BL.IRS/1AL.IRS – 10%. Consequently, the genotypes in the pedigrees of which varieties with 1BL.IRS (1BL.RS/1BL.IRS, 1AL.IRS/1BL.IRS,

IBL.1RS 1AL.1RS) translocation were found to be significantly inferior to hybrids with 1AL.1RS translocation. However, in each crossing group, hybrids demonstrated heterosis or overdominance for these traits with levels ranging from 10 to 20%. The degree of upregulation of positive transgressive forms was found. In the second generation hybrids the degree of resistance to *Erysiphe graminis* ranged from 20 to 100%, while that to *Septoria tritici* varied from 66.7 to 93.3%. The degree of positive transgression for resistance to *Erysiphe graminis*

and *Septoria tritici* in F_2 of different crossing groups, where PZhT blocks were involved, was established by the resistance of wheat plant populations compared to parental components. Patterns identification of inheritance of the degree and frequency of transgression of the main selection traits in hybrid populations allow determining the selection value of the source material with subsequent selection.

Keywords: hybrid, soft winter wheat, wheat-rye translocation, selection, variety, resistance, degree of dominance, transgression.



Copyright: Кириленко В.В. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Кириленко В.В.
Муха Т.І.
Гуменюк О.В.
Судденко Ю.М.
Мурашко Л.А.
Шадчина Т.М.
Лісова Г.М.
Сабадин В.Я.
Дубовик Н.С.

<https://orcid.org/0000-0002-8096-4488>
<https://orcid.org/0000-0002-2628-7324>
<https://orcid.org/0000-0002-1147-088X>
<https://orcid.org/0000-0001-6586-1977>
<https://orcid.org/0000-0002-0438-7682>
<https://orcid.org/0009-0002-1690-7566>
<https://orcid.org/0000-0002-2045-4857>
<https://orcid.org/0000-0002-8397-8973>
<https://orcid.org/0000-0002-1473-9565>