


УДК 633.111:632.4:631.84

Ураження пшениці м'якої ярої листовими хворобами залежно від рівня азотного живлення

Любич В.В. , Полянецька І.О. , Климович Н.М. 

Уманський національний університет садівництва

 Любич В.В. E-mail: LyubichV@gmail.com

Любич В.В., Полянецька І.О., Климович Н.М. Ураження пшениці м'якої ярої листовими хворобами залежно від рівня азотного живлення. «Агробіологія», 2022. № 1. С. 160–167.

Liubych V., Polianetska I., Klymovych N. Infestation of soft spring wheat by leaf diseases depending on nitrogen nutrition. «Agrobiology», 2022. no. 1, pp. 160–167.

Рукопис отримано: 04.05.2022 р.

Прийнято: 19.05.2022 р.

Затверджено до друку: 24.06.2022 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-160-167

Застосування азотних добрив на пшениці м'якій ярій не впливало на стійкість рослин до бурої іржі у фазах кушіння і виходу в трубку. У фазах колосіння і молочної стиглості зерна стійкість зростала. Стійкість рослин до борошнистої роси не змінювалась залежно від рівня азотного живлення. Інтенсивність ураження залежить від фази росту і погодних умов вегетаційного періоду. Найвищу стійкість до бурої листової іржі рослини мають у фазу кушіння. Бура іржа розвивалась у 2014 р. впродовж усього вегетаційного періоду. Найнижча інтенсивність ураження була впродовж кушіння – вихід рослин у трубку, яка не змінювалась від варіанту дослідів – 5,0 %. Поширення бурої листової іржі найменшим було в фазу кушіння – 10 %, у фазу виходу рослин у трубку – 40 %. Стійкість при цьому становила 8 бала. У фазу колосіння інтенсивність ураження зростала у варіантах без добрив і $P_{30}K_{30}$ до 8,0–8,2 % або на 60 % за стійкості 7 бала. Цей показник у варіантах із застосуванням азотних добрив становив 4,1–4,3 % за стійкості 8 бала, проте всі стебла були ураженими (поширення було 100 %). Уражені листки були у середньому ярусі, оскільки стійкість за шкалою Е. Е. Саарі і Ж. М. Прескотт була на рівні 5 бала. Найменшу стійкість до бурої листової іржі рослини мають у фазу молочної стиглості зерна пшениці м'якої ярої. Інтенсивність при цьому зростає до 15,2–18,7 % або в 2,1–4,7 раза порівняно з фазою колосіння. Стійкість найнижча – 6 бала. Уражені всі листки (стійкість за шкалою Е. Е. Саарі і Ж. М. Прескотт на рівні 1 бала).

У 2015 р. бура іржа проявилась у фазу молочної стиглості зерна пшениці м'якої ярої. Проте інтенсивність ураження була незначною – 5,0–6,5 % залежно від варіанту дослідів. Поширення бурої листової іржі знижувалось від 60 % на неудобрених ділянках до 30 % на фосфорно-калійному тлі та до 10 % за внесення азотних добрив. Стійкість рослин була високою – 7–8 бала залежно від варіанту дослідів.

Борошниста роса розвивається упродовж усього вегетаційного періоду обох років досліджень. У 2014 р. інтенсивність ураження найнижча в фазу кушіння – 7,7–8,0 % з поширенням 50 %, стійкість становить 7 бала. У фазу виходу рослин у трубку інтенсивність ураження зростає до 44,1–46,8 % або в 5,8–5,9 раза порівняно з фазою кушіння. Уражувались усі рослини, а стійкість становить 3 бала. У наступні фази росту інтенсивність борошнистої роси зростає. Так, у фазу колосіння цей показник зростає до 65,1–69,2 % або в 8,5–8,7 раза, а в молочну стиглість зерна в 9,5–9,7 раза порівняно з кушінням залежно від удобрення. Стебла пшениці м'якої ярої уражувались усі, а стійкість становить 2 бала.

Ключові слова: бура листовка іржа, борошниста роса, інтенсивність ураження, поширення, стійкість.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Пшениця (*Triticum aestivum* L.) – одна з основних зернових культур не тільки в Україні, а й у всьому світі [1]. Серед усього комплексу агротехнологічних заходів, за умови достатньої забезпеченості рослин вологою, добрива виступають найдієвішим чинником формування врожайності зернових культур [2]. Вони активізують ріст і розвиток рослин, сприяють накопиченню біомаси, формуванню асиміляційного апарату, завдяки цьому збільшують урожайність і покращують якість зерна [3].

Важливим показником оцінювання складової агротехнології є стійкість рослин до несприятливих чинників навколишнього природного середовища [4]. Із них ураження хворобами – основний компонент, від якого залежить рівень продуктивності. Відомо, що застосування добрив може впливати на рівень стійкості рослин до хвороб, який змінюється від селекційно-генетичних особливостей сорту [5].

Погіршення фітосанітарної ситуації може призвести до різкого зниження якісних показників і врожайності пшениці м'якої [6]. Грибкові захворювання є найбільш поширеними і шкідливими серед хвороб зернових культур [7]. Загальна шкода від грибкових захворювань, у тому числі від іржі, внаслідок яких втрачає урожай пшениці м'якої щорічно оцінюється в усьому світі мільярдами доларів [8]. За оцінками експертів Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO), щорічні глобальні втрати їжі від хвороб і шкідників сільськогосподарських культур становлять до 70 млн т [9]. Ураження фітопатогенними грибами є серйозною проблемою для країн Центральної Азії, оскільки сільське господарство розглядається як один з основних факторів економіки, а за даними FAO, цей регіон характеризується більш високим рівнем споживання хліба на душу населення (близько 200 кг на рік). Це скорочує витрати виробництва, що є економічним фактором, який негативно впливає на сталий розвиток сільського господарства [10].

З усіх видів іржі найпоширенішою є буро-листова іржа пшениці (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Erikss). Збудник поширений повсюдно, щорічно знижує врожайність зернових культур на 5–10 %, а епіфітотія у ці роки призводить до втрати його 50–70 % [11]. На думку вчених [12, 13], цей вид іржі завдає найбільших економічних збитків, ніж жовта і стеблова іржа. Цей збудник у найкоротші терміни за сприятливих погодних умов навколишнього природного середовища інтенсивно поширюється, уражує пшеницю та інші рослини роду *Triticum*, *Aegilops*, *Elymus*, *Agropyron* тощо.

Вчені [14] вважають, що ефективним заходом обмеження поширення розвитку бурої листової іржі є створення стійких сортів. Виявлено сорт пшениці, що має два гени стійкості Lr28 і Lr68. Крім цього, постійно проводяться дослідження щодо ідентифікації генів стійкості до основних збудників хвороб [15]. Проте в цих дослідженнях не вивчалось питання розвитку бурої листової іржі залежно від доз азотних добрив. Крім цього, дослідження проводили з озимими формами пшениці м'якої.

Борошниста роса, спричинена облигатним біотрофним грибом *Blumeria graminis* DC. E.O. Speer f. sp. *tritici* Em. Marchal (syn. *Erysiphe graminis* DC), є основною хворобою, що зменшує виробництво пшениці м'якої ярої. Інфікування відбувається за температури від 5 до 30 °C, але волога погода з температурою від 15 до 20 °C є найсприятливішою для швидкого поширення гриба [16]. У польових умовах виявлено сорти пшениці м'якої ярої Gemmeiza-3, Gemmeiza-5, Gemmeiza-7, Sakha-8, Sakha-61, Sakha-93, Giza-160 and Giza-163, які мали високу сприйнятливість, а сорти Misr-2, Sids-13, Gemmeiza-11, Gemmeiza-12, Giza-167, Giza-168 і Giza-171 – стійкість до ураження борошнистою росою. Проте найменшу інтенсивність ураження мали лише сорти Giza-167 і Giza-168 [17]. Слід відзначити, що в цьому дослідженні не вивчали питання формування стійкості рослин пшениці м'якої ярої залежно від удобрення.

Стійкість рослин пшениці до збудників хвороб зазвичай вивчається в селекції, коли поєднують різні генотипи в одному або створюють сорти зі стійкістю до хвороб [18–20]. Крім цього, досліджують формування стійкості різних сортів пшениці. Вплив азотних добрив на ці параметри рослин пшениці вивчено недостатньо. Враховуючи недостатнє вивчення питання щодо впливу різного рівня азотного живлення на розвиток основних грибкових хвороб на пшениці м'якій ярій, дослідження є актуальними.

Мета дослідження – вивчення ураження пшениці м'якої ярої листовими хворобами залежно від рівня азотного живлення.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проводили в умовах ННВВ Уманського НУС упродовж 2014–2015 рр. У досліді пшеницю м'яку яру (сорт Колективна 3) вирощували після ячменю ярого. Дослідження проводили за схемою, що включала варіанти: без добрив (контроль), $P_{30}K_{30}$ – фон, фон + N_{30} , фон + N_{60} , фон + N_{90} , фон + N_{120} . Загальна площа ділянки становила 72 м², облікової – 42 м².

Ґрунт дослідної ділянки чорнозем опідзолений. Вміст гумусу в орному шарі 3,2–3,3 %,

ступінь насичення основами 90–93 %, реакція ґрунтового розчину середньокисла ($\text{pH}_{\text{сол}} = 5,5$), гідролітична кислотність – 1,9–2,3 смоль/кг ґрунту, вміст рухомих сполук фосфору і калію (за методом Чирикова) – 100–120 мг/кг, азот сполук, що лужногідролізуються (за методом Корнфілда) – 100–110 мг/кг ґрунту.

Погодні умови у роки проведення досліджень були сприятливими для росту і продуктивності рослин пшениці м'якої ярої. У 2014 р. за період березень – червень випало 216,3 мм опадів, а в 2015 р. – 246,4 мм. Отже, за кількістю опадів роки були подібними. Температура повітря і відносна його вологість мало змінювались порівняно з середніми значеннями і були сприятливими для росту рослин.

Інтенсивність ураження збудником бурої листової іржі визначали за шкалою Т.Д. Страхова, борошнистої роси – за шкалою А. Bronnmann, стійкість до ураження (ярус, в якому розміщені уражені листки) – за методикою Е.Е. Saari і J. M. Prescott (рис. 1).

Стійкість рослин за інтенсивністю ураження визначали відповідно до шкали:

9 – дуже висока стійкість (відсутність ознак хвороби);

8 – висока стійкість (інтенсивність ураження органів рослин до 5 %);

7 – стійкість (інтенсивність ураження 5–10 %);

6 – стійкість (інтенсивність ураження 10–15 %);

5 – слабка сприйнятливість, гетерогенність (інтенсивність ураження 15–25 %);

4 – сприйнятливість (інтенсивність ураження 25–40 %);

3 – сприйнятливість (інтенсивність ураження 40–65 %);

2 – висока сприйнятливість (інтенсивність ураження 65–90 %);

1 – дуже висока сприйнятливість (інтенсивність ураження 90–100 %).

Математичну обробку даних здійснювали методом дисперсійного аналізу однофакторного польового дослідження.

Результати дослідження та обговорення.

Результати проведених досліджень свідчать, що ураження рослин пшениці м'якої ярої залежить від фази росту (табл. 1). Бурої листової іржі розвивалась у 2014 р. впродовж усього вегетаційного періоду. Найнижча інтенсивність ураження була впродовж кущіння – вихід рослин у трубку, яка не змінювалась від варіанту дослідження – 5,0 %. Поширення бурої листової іржі найменшим було в фазу кущіння – 10 %, у фазу виходу рослин у трубку – 40 %. Стійкість при цьому становила 8 бала.

У фазу колосіння інтенсивність ураження зростала у варіантах без добрив і $\text{P}_{30}\text{K}_{30}$ до 8,0–8,2 % або на 60 % за стійкості 7 бала. Цей показник у варіантах із застосуванням азотних добрив становив 4,1–4,3 % за стійкості 8 бала, проте всі стебла були ураженими (поширення було 100 %). Уражені листки були у середньому ярусі, оскільки стійкість за шкалою Е.Е. Saari і J. M. Prescott була на рівні 5 бала.

Найменшу стійкість до бурої листової іржі рослини мали у фазу молочної стиглості зерна пшениці м'якої ярої. Інтенсивність при цьому зростала до 15,2–18,7 % або в 2,1–4,7 рази порівняно з фазою колосіння. Стійкість була найнижчою – 6 бала. Ураженими були усі листки (стійкість за шкалою Е.Е. Saari і J. M. Prescott була на рівні 1 бала). Поширення бурої листової іржі не змінювалось порівняно з фазою колосіння.

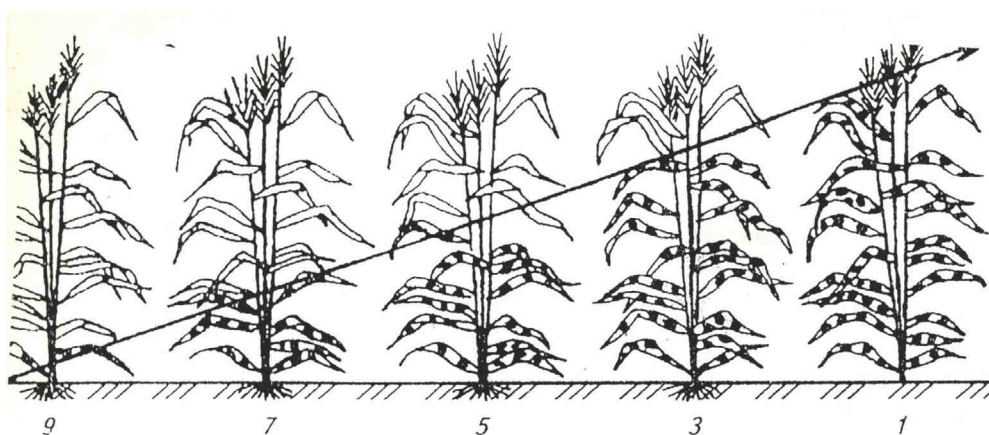


Рис. 1. Стійкість рослин пшениці залежно від яруса розміщення уражених листків за методикою Е. Е. Saari і J. M. Prescott.

Таблиця 1 – Ураження рослин пшениці м'якої ярої бурюю листковою іржею за різних доз азотних добрив, 2014 р.

Варіант досліджу	Показник			
	1	2	3	4
Фаза кущіння				
Без добрив (контроль)	5,0	10	8	–
P ₃₀ K ₃₀ – фон	5,0	10	8	–
Фон + N ₃₀	5,0	10	8	–
Фон + N ₆₀	5,0	10	8	–
Фон + N ₉₀	5,0	10	8	–
Фон + N ₁₂₀	5,0	10	8	–
НІР ₀₅	0,2	1	1	–
Фаза виходу рослин у трубку				
Без добрив (контроль)	5,0	40	8	5
P ₃₀ K ₃₀ – фон	5,0	40	8	5
Фон + N ₃₀	5,0	40	8	5
Фон + N ₆₀	5,0	40	8	5
Фон + N ₉₀	5,0	40	8	5
Фон + N ₁₂₀	5,0	40	8	5
НІР ₀₅	0,2	2	1	1
Фаза колосіння				
Без добрив (контроль)	8,2	100	7	5
P ₃₀ K ₃₀ – фон	8,0	100	7	5
Фон + N ₃₀	4,2	100	8	5
Фон + N ₆₀	4,3	100	8	5
Фон + N ₉₀	4,1	100	8	5
Фон + N ₁₂₀	4,1	100	8	5
НІР ₀₅	0,3	5	1	1
Фаза молочної стиглості зерна				
Без добрив (контроль)	17,5	100	6	1
P ₃₀ K ₃₀ – фон	15,2	100	6	1
Фон + N ₃₀	15,4	100	6	1
Фон + N ₆₀	16,3	100	6	1
Фон + N ₉₀	17,4	100	6	1
Фон + N ₁₂₀	18,7	100	6	1
НІР ₀₅	0,8	5	1	1

Примітка: 1 – інтенсивність ураження, %; 2 – поширення, %; 3 – стійкість, бал;
4 – стійкість за шкалою E. E. Saari і J. M. Prescott, бал.

У 2015 р. бура іржа проявилась у фазу молочної стиглості зерна пшениці м'якої ярої (табл. 2). Проте інтенсивність ураження була незначною – 5,0–6,5 % залежно від варіанту досліджу. Поширення бурюю листковою іржею знижувалось від 60 % на неудобрених ділянках до 30 % на фосфорно-калійному тлі та до 10 % за внесення азотних добрив. Стійкість рослин була високою – 7–8 бала залежно від варіанту досліджу.

Рослини пшениці м'якої ярої найбільше уражувались борошнистою росою (табл. 3).

Борошниста роса розвивалась упродовж усього вегетаційного періоду обох років досліджень. У 2014 р. інтенсивність ураження найнижчою була в фазу кущіння – 7,7–8,0 % з поширенням 50 %, стійкість становила 7 бала. У фазу виходу рослин у трубку інтенсивність ураження зростала до 44,1–46,8 % або в 5,8–5,9 раза порівняно з фазою кущіння. Ураженими були усі рослини, а стійкість становила 3 бала. У наступні фази росту інтенсивність борошнистої роси зростала. Так, у фазу колосіння цей показник зростав до 65,1–69,2 %

або в 8,5–8,7 раза, а в молочну стиглість зерна в 9,5–9,7 раза порівняно з кушінням залежно від удобрення. Стебла пшениці м'якої ярої були уражені всі, а стійкість становила 2 бала.

Слід відзначити, що застосування азотних добрив не впливало на інтенсивність ураження рослин пшениці м'якої ярої борошнистою росою.

Таблиця 2 – Ураження рослин пшениці м'якої ярої бурюю листковою іржею у фазу молочної стиглості зерна за різних доз азотних добрив, 2015 р.

Варіант досліджу	Показник			
	1	2	3	4
Без добрив (контроль)	6,0	60	7	3
P ₃₀ K ₃₀ – фон	6,5	30	7	3
Фон + N ₃₀	5,0	10	8	3
Фон + N ₆₀	5,0	10	8	3
Фон + N ₉₀	5,0	10	8	3
Фон + N ₁₂₀	5,0	10	8	3
НІР ₀₅	0,2	1	1	1

Примітка: 1 – інтенсивність ураження, %; 2 – поширення, %; 3 – стійкість, бал;
4 – стійкість за шкалою Е. Е. Saari і J. M. Prescott, бал.

Таблиця 3 – Ураження рослин пшениці м'якої ярої борошнистою росою за різних доз азотних добрив

Варіант досліджу	Рік проведення досліджень					
	2014			2015		
	1	2	3	1	2	3
Фаза кушіння						
Без добрив (контроль)	7,8	50	7	72,5	60	2
P ₃₀ K ₃₀ – фон	7,7	50	7	70,6	60	2
Фон + N ₃₀	8,0	50	7	73,0	90	2
Фон + N ₆₀	7,9	50	7	73,1	100	2
Фон + N ₉₀	8,0	50	7	72,4	100	2
Фон + N ₁₂₀	7,9	50	7	73,2	100	2
НІР ₀₅	0,4	2	1	3,7	5	1
Фаза виходу рослин у трубку						
Без добрив (контроль)	45,6	100	3	80,4	100	2
P ₃₀ K ₃₀ – фон	44,1	100	3	80,0	100	2
Фон + N ₃₀	46,2	100	3	81,0	100	2
Фон + N ₆₀	46,8	100	3	81,5	100	2
Фон + N ₉₀	46,7	100	3	82,3	100	2
Фон + N ₁₂₀	46,5	100	3	83,4	100	2
НІР ₀₅	2,3	5	1	2,4	5	1
Фаза колосіння						
Без добрив (контроль)	68,3	100	2	85,7	100	2
P ₃₀ K ₃₀ – фон	65,1	100	2	84,1	100	2
Фон + N ₃₀	68,9	100	2	84,9	100	2
Фон + N ₆₀	69,2	100	2	85,8	100	2
Фон + N ₉₀	69,0	100	2	86,2	100	2
Фон + N ₁₂₀	68,8	100	2	86,4	100	2
НІР ₀₅	3,4	5	1	3,5	5	1
Фаза молочної стиглості зерна						
Без добрив (контроль)	75,9	100	2	82,3	100	2
P ₃₀ K ₃₀ – фон	74,2	100	2	81,4	100	2
Фон + N ₃₀	75,3	100	2	82,4	100	2
Фон + N ₆₀	75,8	100	2	82,9	100	2
Фон + N ₉₀	76,1	100	2	82,7	100	2
Фон + N ₁₂₀	76,5	100	2	82,6	100	2
НІР ₀₅	3,8	5	1	4,1	5	1

Примітка: 1 – інтенсивність ураження, %; 2 – поширення, %; 3 – стійкість, бал.

Вища максимальна температура повітря в 2015 р. в квітні (15,5–25,6 °C) сприяла вищій інтенсивності розвитку борошнистої роси. Крім цього, впродовж квітня було 25 діб з температурою $\geq 15,0$ °C. У 2014 р. було 16 діб з температурою 15,4–18,5 °C. Тому в фазу кушіння пшениці м'якої ярої інтенсивність була 70,6–73,2 %, яка була високою впродовж решти фаз росту. Поширення борошнистої роси було максимальним, а стійкість становила 2 бала. Результати досліджень свідчать, що ураження пшениці м'якої ярої бурюю листовою іржею була нижчою порівняно з борошнистою росою.

Враховуючи високе забезпечення чорнозему опідзоленого рухомими сполуками фосфору та калію, а також застосування фосфорно-калійних добрив, азотні добрива достовірно не впливали на інтенсивність і стійкість пшениці м'якої ярої до борошнистої роси. Поліпшення умов азотного живлення на тлі достатнього забезпечення рухомими сполуками фосфору та калію підвищували стійкість пшениці м'якої ярої до бурюю листової іржі.

Висновки. Застосування азотних добрив на пшениці м'якій ярій не впливало на стійкість рослин до бурюю іржі у фазах кушіння і виходу в трубку. У фазах колосіння і молочної стиглості зерна стійкість зростала. Стійкість рослин до борошнистої роси не змінювалась залежно від рівня азотного живлення. Ураження рослин пшениці м'якої ярої залежить від фази росту і погодних умов вегетаційного періоду. Найвищу стійкість до бурюю листової іржі рослини мають у фазу кушіння. Найменшу стійкість до бурюю листової іржі рослини пшениці м'якої ярої мають у фазу молочної стиглості зерна. Інтенсивність при цьому зростає до 15,2–18,7 % або в 2,1–4,7 раза порівняно з фазою колосіння. Стійкість найнижча – 6 бала. Уражені всі листки (стійкість за шкалою Е. Е. Саарі і Ж. М. Прескотт на рівні 1 бала).

Борошниста роса розвивається упродовж усього вегетаційного періоду обох років досліджень. У 2014 р. інтенсивність ураження найнижча в фазу кушіння – 7,7–8,0 % з поширенням 50 %, стійкість становить 7 бала. У фазу виходу рослин у трубку інтенсивність ураження зростає до 44,1–46,8 % або в 5,8–5,9 раза порівняно з фазою кушіння. Уражувались усі рослини, а стійкість становить 3 бала. У наступні фази росту інтенсивність борошнистої роси зростає. Так, у фазу колосіння цей показник зростає до 65,1–69,2 % або в 8,5–8,7 раза, а в молочну стиглість зерна в – 9,5–9,7 раза порівняно з кушінням залежно від удобрення. Стебла пшениці м'якої ярої уражувались усі, а стійкість становить 2 бала.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. The differentiation of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars for resistance to the most harmful fungal pathogens / Kiseleva M. I. et al. *Agricultural biology*. 2016. Vol. 51 (3). P. 299–309.
2. Fischer T., Byerlee D., Edmeades G.O. Copy Yields and Global Food Security: Will Yield Increase Continue to Feed the World? ACIAR. Monograph No. 158. Australian Centre for International Agricultural Research: Canberra. 2014. 634 p.
3. Господаренко Г.М., Любич В.В. Вплив норм і строків застосування азотних добрив на елементи структури врожаю сортів тритикале ярого. *Збірник наукових праць Вінницького ДАУ*. 2015. Вип. 38. С. 25–32.
4. Plant population and fungicide economically reduced winter wheat yield gap in Kansas / Jaenisch B.R. et al. *Agron. J.* 2019. Vol. 111. P. 650–665.
5. Anbessa Y., Juskiw P. Review: Strategies to Increase Nitrogen Use Efficiency of Spring Barley. *Can. J. Plant. Sci.* 2012. Vol. 92. P. 617–625.
6. Effects of Nitrogen Application rate and irrigation regime on growth, yield, and water-Nitrogen use efficiency of drip-irrigated winter wheat in the North China plain / Si Z. et al. *Agric. Water Manag.* 2020. Vol. 321. P. 106–113.
7. Effect of liquid amide nitrogen fertilizer with magnesium and sulphur on spring wheat chlorophyll content, accumulation of nitrogen and yield / Pranci-tiené I. et al. *J. Elem.* 2020. Vol. 25(1). P. 139–152.
8. Genome-wide association study and genetic diversity analysis on nitrogen use efficiency in a Central European winter wheat (*Triticum aestivum* L.) collection / Monostori I. et al. *PLoS ONE*. 2017. Vol. 12(12). P. 235–241.
9. El-Salam M.A., Abd El Lateef E.M., Farrag A.A. Sulphur-nitrogen interactive effects on wheat yield and nutrient concentration. In: 4th International Conference on Agriculture & Horticulture. 2015. Vol. 4(2). P. 2168–2181.
10. Development of wheat lines carrying stem rust resistance gene Sr39 with reduced *Aegilops speltoides* chromatin and simple PCR markers for marker-assisted selection / Mago R. et al. *Theor. Appl. Genet.* 2015. Vol. 119(8). P. 1441–1450.
11. Sulfur dioxide enhance drought tolerance of wheat seedlings through H₂S signaling. *Ecotoxicol. / Li L.H. et al. Environ. Saf.* 2021. Vol. 207. P. 248–255.
12. Kolmer J.A., Oelke L.M. Genetics of leaf rust resistance in the spring wheats Ivan and Knudson spring wheat. *Can. J. Plant Pathol.* 2006. Vol. 28(2). P. 223–229.
13. Lr68: a new gene conferring slow rusting resistance to leaf rust in wheat / Herrera-Foessel S.A. et al. *Theor. Appl. Genet.* 2012. Vol. 124(80). P. 1475–1486.
14. Influence of new sulfur-containing fertilizers on performance of wheat yield / Kurmanbayeva M. et al. *Saudi J Biol Sci.* 2021. Vol. 28(8). P. 4644–4655.
15. El-Orabey W.M., Hamwieh A., Ahmed S.M. Molecular markers and phenotypic characterization of adult plant resistance genes Lr 34, Lr 46, Lr 67 and Lr

68 and their association with partial resistance to leaf rust in wheat. *J. Genetics*. 2019. Vol. 98. P. 1122–1135.

16. Esmail S.M., Draz I.S. Fungal morphogenesis tracking of *Blumeria graminis* f. sp. tritici on leaf freed of epicuticular wax using scanning electron microscopy. *Int. J. Microbiol. Biotechnol.* 2017. Vol. 2. P. 181–188.

17. Powdery mildew susceptibility of spring wheat cultivars as a major constraint on grain yield / Sobhy I. et al. *Annals of Agricultural Sciences*. 2019. Vol. 64(1). P. 39–45.

18. Molecular polymorphism of the wheat leaf rust fungus in Morocco using amplified fragment length polymorphism / Bouftass F. et al. *J. Phytopathol.* 2010. Vol. 158(2). P. 111–116.

19. Validation and identification of molecular markers linked to the leaf rust resistance gene Lr28 in wheat / Bipinraj A. et al. *J. Appl. Genet.* 2011. Vol. 52(2). P. 171–175.

20. Identification of rust resistance genes Lr10 and Sr9a in Pakistani wheat germplasm using PCR based molecular markers / Babar M. et al. *Afr. J. Biotechnol.* 2010. Vol. 9(8). P. 1144–1150.

REFERENCES

1. Kiseleva, M.I., Kolomiets, T.M., Pakholkova, E.V., Zhemchuzhina, N.S., Lubich, V.V. (2016). The differentiation of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars for resistance to the most harmful fungal pathogens. *Agricultural biology*. Vol. 51 (3), pp. 299–309.

2. Fischer, T., Byerlee, D., Edmeades, G.O. (2014). Copy Yields and Global Food Security: Will Yield Increase Continue to Feed the World? ACIAR Monograph No. 158. Australian Centre for International Agricultural Research: Canberra. 634 p.

3. Hospodarenko, H.M., Lyubich, V.V. (2015). Vplyv norm i strokiv zastosuvannya azotnykh dobyv na elementy struktury vrozhayu sortiv trytykale yaro-ho [Influence of norms and terms of nitrogen fertilizers application on crop structure elements of spring triticale varieties]. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho DAU* [Collection of scientific works of Vinnytsia State Agrarian University]. Issue 38, pp. 25–32.

4. Jaenisch, B.R., de Oliveira Silva, A., DeWolf, E., Ruiz-Diaz, D.A., Lollato, R.P. (2019). Plant population and fungicide economically reduced winter wheat yield gap in Kansas. *Agron. J.* Vol. 111, pp. 650–665.

5. Anbessa, Y., Juskiw, P. (2012). Review: Strategies to Increase Nitrogen Use Efficiency of Spring Barley. *Can. J. Plant. Sci.* Vol. 92, pp. 617–625.

6. Si, Z., Zain, M., Mehmood, F., Wang, G., Gao, Y. (2020). Effects of Nitrogen Application rate and irrigation regime on growth, yield, and water-Nitrogen use efficiency of drip-irrigated winter wheat in the North China plain. *Agric. Water Manag.* Vol. 321, pp. 106–113.

7. Pranckietienė, I., Marks, M., Paulauskiene, A., Dromantienė, R., Smalstienė, V., Jodaugienė, D., Vagusevičienė, I. (2020). Effect of liquid amide nitrogen fertilizer with magnesium and sulphur on spring wheat chlorophyll content, accumulation of nitrogen and yield. *J. Elem.* Vol. 25(1), pp. 139–152.

8. Monostori, I., Szira, F., Tondelli, A., Árendás, T., Gierczik, K., Cattivelli, L., Vágúfalvi, A. (2017). Genome-wide association study and genetic diversity analysis on nitrogen use efficiency in a Central European winter wheat (*Triticum aestivum* L.) collection. *PLoS ONE*. Vol. 12(12), pp. 235–241.

9. El-Salam, M.A., Abd El Lateef, E.M., Farrag, A.A. (2015). Sulphur-nitrogen interactive effects on wheat yield and nutrient concentration. In: 4th International Conference on Agriculture & Horticulture. Vol. 4(2), pp. 2168–2181.

10. Mago, R., Zhang, P., Bariana, H.S., Verlin, D.C., Bansal, U.K., Ellis, J.G., Dundas, I.S. (2015). Development of wheat lines carrying stem rust resistance gene Sr39 with reduced *Aegilops speltoides* chromatin and simple PCR markers for marker-assisted selection. *Theor. Appl. Genet.* Vol. 119(8), pp. 1441–1450.

11. Li, L.H., Yi, H.L., Liu, X.P., Qi, H.X. (2021). Sulfur dioxide enhance drought tolerance of wheat seedlings through H₂S signaling. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* Vol. 207, pp. 248–255.

12. Kolmer, J.A., Oelke, L.M. (2006). Genetics of leaf rust resistance in the spring wheats Ivan and Knudson spring wheat. *Can. J. Plant Pathol.* Vol. 28(2), pp. 223–229.

13. Herrera-Foessel, S.A., Singh, R.P., Huerta-Espino, J., Rosewarne, G.M., Peritannan, S.K., Viccar, L., Calvo-Salazar, V., Lan, C., Lagudah, E.S. (2012). Lr68: a new gene conferring slow rusting resistance to leaf rust in wheat. *Theor. Appl. Genet.* Vol. 124(80), pp. 1475–1486.

14. Kurmanbayeva, M., Sekerova, T., Tileubayeva, Z., Kaiyrbekov, T., Kusmangazinov, A., Shapalov, S., Madenova, A., Burkitbayev, M., Bachilova, N. (2021). Influence of new sulfur-containing fertilizers on performance of wheat yield Saudi J Biol Sci. Vol. 28(8), pp. 4644–4655.

15. El-Orabey, W.M., Hamwieh, A., Ahmed, S.M. (2019). Molecular markers and phenotypic characterization of adult plant resistance genes Lr 34, Lr 46, Lr 67 and Lr 68 and their association with partial resistance to leaf rust in wheat. *J. Genetics*. Vol. 98, pp. 1122–1135.

16. Esmail, S.M., Draz, I.S. (2017). Fungal morphogenesis tracking of *Blumeria graminis* f. sp. tritici on leaf freed of epicuticular wax using scanning electron microscopy *Int. J. Microbiol. Biotechnol.* Vol. 2, pp. 181–188.

17. Sobhy, I., Samar, D., Esmail, M., El-Halim, M., Tarek, A.-Z., Essab, El-M. (2019). Powdery mildew susceptibility of spring wheat cultivars as a major constraint on grain yield. *Annals of Agricultural Sciences*. Vol. 64(1), pp. 39–45.

18. Bouftass, F., Labhilili, M., Ezzahiri, B., Ziouti, A. (2010). Molecular polymorphism of the wheat leaf rust fungus in Morocco using amplified fragment length polymorphism. *J. Phytopathol.* Vol. 158(2), pp. 111–116.

19. Bipinraj, A., Honrao, B., Prashar, M., Bhardwaj, S., Rao, S., Tamhankar, S. (2011). Validation and identification of molecular markers linked to the leaf rust resistance gene Lr28 in wheat. *J. Appl. Genet.* Vol. 52(2), pp. 171–175.

20. Babar, M., Mashhadi, A.D., Mehvish, A., Zahra, A.N., Waheed, R., Hasnain, A., Hussain, Sajid-ur-Rahman, N., Ali, M., Khaliq, I., Aziz, A. (2010). Identification of rust resistance genes Lr10 and Sr9a in Pakistani wheat germplasm using PCR based molecular markers. *Afr. J. Biotechnol.* Vol. 9(8), pp. 1144–1150.

Infestation of soft spring wheat by leaf diseases depending on nitrogen nutrition

Liubych V., Polianetska I., Klymovych N.

Infestation of soft spring wheat plants depends on the growth stage and weather conditions of the growing season. Plants have the highest resistance to brown rust in the tillering stage. Brown rust developed in 2014 throughout the growing season. The lowest infestation intensity was during tillering – booting stage, which did not change from the experiment variant – 5.0 %. The lowest spread of brown rust was in the tillering stage – 10 %, in the booting stage – 40 %. The resistance was assessed 8 points. In the earing stage, the infestation intensity increased in no fertilizer variants and P30K30 to 8.0–8.2 % or by 60 % with a resistance of 7 points. This indicator in the variants with nitrogen fertilizers was 4.1–4.3 % with a resistance of 8 points, but all stems were infected (100 % spread). Affected leaves were in the middle layer, as their resistance by E. E. Saari and J. M. Prescott scale was at 5 points. Plants had the least resistance to brown rust in the milk stage of soft spring wheat grain.

The intensity increased to 15.2–18.7 % or 2.1–4.7 times compared to the earing stage. The lowest resistance was assessed 6 points. All leaves were affected (resistance by E. E. Saari and J. M. Prescott scale – 1 point).

In 2015, brown rust appeared in the milk stage of soft spring wheat grain. However, the infestation intensity was insignificant – 5.0–6.5 % depending on the experiment variant. The prevalence of brown rust decreased from 60 % in unfertilized areas to 30 % on phosphorus–potassium background and up to 10 % with nitrogen fertilizers. Plant resistance was high – 7–8 points depending on the experiment variant.

Powdery mildew develops throughout the growing season of both research years. In 2014, the infestation intensity is the lowest in the tillering stage – 7.7–8.0 % with 50 % spread, with the resistance of 7 points. In the booting stage of plants, the infestation intensity increased to 44.1–46.8 % or 5.8–5.9 times compared to the tillering stage. All plants were affected, and the resistance was 3 points. In subsequent stages of growth, the intensity of powdery mildew increased. Thus, in the earing stage this indicator increased to 65.1–69.2 % or 8.5–8.7 times, and in the milk stage – 9.5–9.7 times compared to tillering depending on the fertilizer. The stems of soft spring wheat were all affected, and the resistance was 2 points.

Key words: brown leaf rust, powdery mildew, infestation intensity, spread, resistance.



Copyright: Любич В.В., Полянецька І.О., Климович Н.М. © 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:

Любич В.В.

Полянецька І.О.

Климович Н.М.

<https://orcid.org/0000-0003-4100-9063>

<https://orcid.org/0000-0002-5473-884X>

<https://orcid.org/0000-0002-6373-8534>