

# ВІРУС КАРЛИКОВОСТІ ПШЕНИЦІ

## (Wheat dwarf virus) та його вплив на урожай 2020 р. у деяких областях України

**Мета.** Ідентифікувати вірус, який спричинює симптоми карликовості та невиколошування пшениці озимої (зниження або відсутності колосоутворення), та дослідити його вплив на урожайність рослин. **Методи.** Візуальна діагностика, імуноферментний аналіз в модифікації подвійний сендвіч (DAS-ELISA), полімеразна ланцюгова реакція, біометричні, визначення урожаю та його структури, статистична обробка даних. **Результати.** Проведено дослідження сортів пшениці озимої із Вінницької, Хмельницької, Київської, Чернігівської та Черкаської областей із симптомами карликовості, пожовтіння листків та невиколошування. Методами ІФА та ПЛР доведено, що захворювання спричинене вірусом карликовості пшениці (Wheat dwarf virus). Показано відсутність у досліджуваних зразках вірусу смугастої мозаїки пшениці (Wheat streak mosaic virus), вірусу жовтої карликовості ячменю (Barley yellow dwarf virus), вірусу мозаїки бромусу (Brome mosaic virus) та вірусу веретеноподібної смугастої мозаїки пшениці (Wheat spindle streak mosaic virus). Встановлено, що вірус карликовості пшениці суттєво знижує кількість зерен у колосі (у 3,3 раза), масу зерен із колосу (у 3,4 раза) та масу 1000 зерен (у 1,9–3,3 раза) залежно від ступеня ураженості рослин (від помірно до сильно уражених). **Висновки.** Встановлено циркуляцію вірусу карликовості пшениці в агроценозах п'яти областей України та суттєвий негативний вплив захворювання на урожайність рослин пшениці озимої. Одержані результати свідчать про необхідність постійного моніторингу та тестування рослин на наявність вірусу карликовості пшениці в Україні.

**вірус карликовості пшениці, Wheat dwarf virus, пшениця озима, урожайність**

Вирішальне значення у забезпеченні продовольчої програми

<sup>1,4</sup>**Л.Т. МІЩЕНКО,**  
доктор біологічних наук, професор

<sup>1</sup>**А.А. ДУНІЧ,**  
кандидат біологічних наук

<sup>2</sup>**І.А. МІЩЕНКО,**  
кандидат економічних наук, доцент

<sup>2</sup>**А.В. ДАЩЕНКО,**  
кандидат сільськогосподарських наук

<sup>2</sup>**О.А. БОЙКО,**  
кандидат біологічних наук, доцент

<sup>3</sup>**О.І. СКУФІНСЬКИЙ**

<sup>4</sup>**А.М. КИРИЧЕНКО,**  
кандидат біологічних наук

<sup>5</sup>**Н.О. КОЗУБ,**  
кандидат біологічних наук

<sup>6</sup>**Т.І. МУХА**

<sup>1</sup>ННЦ «Інститут біології та медицини», Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 64/13, м. Київ, 01601, Україна

<sup>2</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна

<sup>3</sup>ПП «Агроторг-Поділля», вул. Столярчука, 7, м. Хмельник, Вінницька обл., 22000, Україна

<sup>4</sup>Інститут мікробіології і вірусології імені Д.К. Заболотного НАН України, вул. Академіка Заболотного, 154, м. Київ, 03143, Україна

<sup>5</sup>Інститут захисту рослин НААН України, вул. Васильківська, 33, м. Київ, 03022, Україна

<sup>6</sup>Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН України, вул. Центральна, 68, с. Центральне, Миронівський район, Київська область, 08853, Україна

e-mail: [lmishchenko@ukr.net](mailto:lmishchenko@ukr.net)

Україні мають зернові культури, з яких основною є пшениця озима, що займає посівну площу понад 6 млн га. Проте її врожайність протягом останніх семи років становить лише 4 т/га, що набагато нижче за генетично-потенційну продуктивність вітчизняних сор-

тів. Навіть за сприятливих для рослинництва умов втрати врожаю пшениці від вірусних хвороб можуть сягати понад 60%. Найменш дослідженим серед вірусних хвороб пшениці в нашій країні є вірус карликовості пшениці.

Вірус карликовості пшениці, ВКП (Wheat dwarf virus, WDV) належить до роду *Mastervirus*, родини Geminiviridae, представляє собою подвійні квазі-ізометричні віріони, які містять кільцевий одноланцюговий ДНК геном, що кодує 4 білки: білок руху (MP; V1), капсидний білок (CP, V2), білки асоційовані з реплікацією (RepA, C1 і Rep, C1:C2) [1]. Для основного представника роду *Mastervirus* — *Maize streak virus* (вірус смугастості кукурудзи), його розміри становлять 38 нм завдовжки і 22 нм у діаметрі.

Вірус має дві некодуючі ділянки: велику та малу (LIR та SIR, відповідно), які містять регулятивні елементи для реплікації та транскрипції вірусу. LIR містить початок для транскрипції, SIR — сигнали поляденілювання та область, до якої приєднується короткий комплементарний праймер для синтезу другого ланцюга [2].

Вперше ВКП описаний Vasce [3] у західній частині колишньої Чехословацької соціалістичної республіки. Вірус зумовлює хворобу карликовості пшениці, яка є однією з найсерйозніших захворювань пшениці у Європі, Азії та Африці [4]. Наявність вірусу підтверджена у багатьох країнах світу: Туреччині [5] та Китаї [6], Ірані [7] та Сирії [8], Північній Африці (Туніс [9], Замбія [10]). Розповсюдження цього вірусу збільшилося останніми роками в Європі. ВКП виявлено у Болгарії [11, 12], Угорщині [13], Франції [14], Румунії [15], Німеччині [16], Польщі [17], Швеції [18], Фінляндії [19], Іспанії [20], Україні [21, 22], Чехії [23], Австрії та Великій Британії [24].

Тільки у 2017 році ВКП з'явився в Естонії [25] та Словенії [26].

Симптоми, які спричиняє ВКП у різних країнах світу, схожі та проявляються у вигляді різного ступеня карликовості рослин, пожовтіння на листках, зменшення колосоутворення та/або невиколошування рослин. Спочатку ізоляти ВКП було розділено на дві групи: пшеничні та ячмінні форми вірусу (WDV-W та WDV-B штами) [27]. Наступні дослідження показали, що WDV-B серологічно схожі до WDV-W, але штами відрізняються за нуклеотидною послідовністю (84% ідентичності) та за розміром геному: 2749—2750 нуклеотидів мають у своєму геномі WDV-W; 2734 нуклеотиди — WDV-B [5]. Пізніше, на основі обстеження польових зразків злаків та послідовностей ДНК різних ізолятів вірусу, Schubert зі співавторами запропонували розділити WDV на три види: WDV, *Barley dwarf virus* (BDV) and *Oat dwarf virus* (ODV) [4]. Muhire та ряд інших науковців [28] припустили, що ODV слід розглядати як окремий вид, а WDV слід розділити на п'ять штамів (іменованих як А — Е) на основі багатьох філогенетичних аналізів його генома, які були схвалені Міжнародним комітетом з таксономії вірусів (International Committee on Taxonomy of Viruses, ICTV). У 2015 році ICTV запропоновано розподілити ізоляти ВКП на штами А — F, причому А та F ізоляти вірусу в основному виділені із ячменю, тоді як В, С, D, Е — із рослин пшениці [29].

WDV передається персистентно, непропагативним шляхом вектором *Psammotettix alienus* Dahlb. (порядок Hemiptera, родина Cicadellidae) на рослини ячменю, пшениці, вівса, жита, тритикале та диких трав родини Poaceae. Вірус не розмножується у комах та не передається яйцями [30]. Дорослі особини другого покоління починають з'являтися наприкінці літа і присутні до пізньої осені. Основне поширення WDV — на полях пшениці озимої зараження відбувається восени, коли дорослі цикадки мігрують у шойно засіяні поля. Захворюваність може варіювати від кількох відсотків до близько 75% [31]. Навіть за низької щільності комах вірус може призвести до значних втрат врожаю. Навесні та на початку літа вторинне розпо-

всюдження відбувається у вигляді шойно вилуплених німф цикадок, які набули вірус із рослин, заражених попередньо восени. Крім того, методи обробки ґрунту змінилися і багато полів пшениці озимої засіваються безпосередньо після збирання пшениці озимої без оранки. Це означає, що ранні сходи рослин пшениці озимої можуть інфікуватися восени і виступати джерелом інфекції наступної весни.

Показано, що WDV може призводити до суттєвих втрат врожаю — до 80% [32]. У Фінляндії вірус призводив до втрат врожаю від 20 до 40%, у окремих випадках — до 100% [19]. У Швеції показано, що втрати від ВКП наближаються до 35 до 90% і що ранні посіви більше уражуються ВКП, ніж поля, засіяні в оптимальні строки. Деякі інші агротехнічні фактори також були пов'язані з більшими втратами врожаю, наприклад, наявність падалиці під час сівби та нерегулярна поява сходів [33]. У Чехії дослідження різних сортів пшениці за механічної інюкаляції ВКП показали, що відбувається зниження урожаю зерна від 87,3 до 100%, зменшення виколошування рослин (у деяких випадках на 100%) та зумовлюється стерильність колосу у певних сортів [34]. Крім того встановлено, що навіть стійкі сорти пшениці за ураження ВКП характеризуються зменшенням зернової урожайності: дуже сприйнятливі сорти — 72%, сприйнятливі — 35, помірно сприйнятливі сорти — 21% [35].

У 2020 р. було багато звернень від фермерських господарств і наукових установ із різних областей України щодо наявності рослин пшениці озимої із симптомами суворої карликовості та невиколошування. Тому *метою роботи* було ідентифікувати вірус, який зумовлює вказані симптоми, та дослідити його вплив на урожай рослин.

**Матеріали та методи.** Агроекологічний моніторинг ураженості посівів пшениці озимої вірусними хворобами проводили на території Вінницької, Хмельницької, Київської, Чернігівської та Черкаської областей методом візуальної діагностики [36, 37, 38]. Ідентифікацію вірусів здійснювали за допомогою твердофазного імуноферментного аналізу (DAS-ELISA) з використанням комерційних тест-систем до вірусів:

- вірусу смугастої мозаїки пшениці (ВСММП) (*Wheat streak mosaic virus*, WSMV);
- вірусу карликовості пшениці (ВКП) (*Wheat dwarf virus*, WDV);
- вірусу жовтої карликовості ячменю (ВЖКЯ) (*Barley yellow dwarf virus*, BYDV);
- вірусу мозаїки бромусу (ВМБ) (*Brome mosaic virus*, BrMV);
- вірусу веретеноподібної смугастої мозаїки пшениці (ВВСММП) (*Wheat spindle streak mosaic virus*, WSSMV) (фірма LOEWE, Німеччина).

Зразки листків здорових рослин також були включені у якості негативного контролю. Позитивні контролю були комерційними (LOEWE, Німеччина). Аналіз проводили у трьох повтореннях. Для постановки реакції зразки рослин (листки) подрібнювали з додаванням 0,1М фосфатно-солевого буфера у співвідношенні 1:2 (м/В). Для звільнення від рослинних решток у гомогенатах проводили центрифугування при 3 тис. об./хв протягом 20 хв з наступним відбором надосаду, який і був використаний для аналізу [39]. Результати реакції реєстрували на рідері Thermo Labsystems OrpSis MR (США) із програмним забезпеченням Dynex Revelation Quicklink за довжин хвиль 405/630 нм [37, 38, 39]. За достовірні приймали значення, що перевищували негативний контроль шонайменше у три рази. Виділення ДНК проводили за допомогою кіта GeneJet PlantRNA Purification Kit (кат. номер K 0801, Thermo Scientific, США) згідно з рекомендаціями виробника. Ампліфікацію проводили з використанням DreamTaq™ Green PCR Master Mix (Thermo Fisher Scientific, США) у термоциклері (Genetic Research Instrumentation LTD, Велика Британія) з олігонуклеотидними праймерами до гена капсидного білка (СР) ВКП завдовжки 783 п.н: WDV-F 5'-ATGGTGACCAACAAGGACTCC-3' та WDV-R 5'-TTACTGAATGCCG ATGGCTTTG -3' [40]. Режим ампліфікації для праймерів ВКП: денатурація тривалістю 3 хв при 95°C, далі 30 циклів (95°C — 30 с, 60°C — 30 с, 72°C — 1 хв), 72°C — 5 хв. Продукти ПЛР були розділені у 1,5% агарозному гелі, у якості барвника застосовува-

ли розчин бромистого етидію в концентрації 0,5 мкг/мл, з ДНК-маркерами CSL-MDNA-100bp (Cleaver Scientific, Велика Британія) та візуалізовані під УФ світлом. Біометричні вимірювання, урожай і його структуру проводили загальноприйнятими методами по Доспехову [41]. Математичну обробку даних виконували з використанням пакета комп'ютерних програм Microsoft Office Excel. Для аналізу урожаю та його структури визначали середні значення ознак та стандартну похибку (10 рослин кожного варіанта). Відмінності між середніми значеннями ознак оцінювали за t-критерієм.

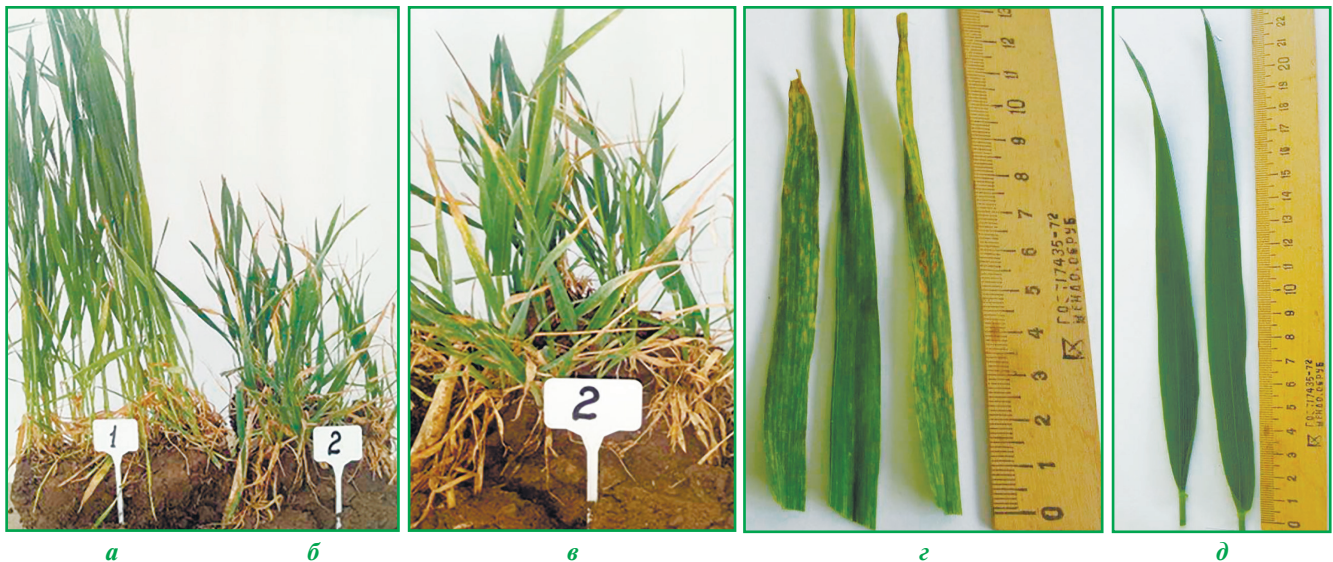
**Результати і обговорення.** У 2020 р. у п'яти областях України

(Вінницька, Хмельницька, Київська, Чернігівська та Черкаська) виявлено рослини пшениці з суворими симптомами карликовості та невиколошування. Окрім карликовості, рослини характеризувалися пожовтінням різного ступеня та штрихуватої смугастості (рис. 1–12).

На рисунку 3 (фото з дрона) добре помітні відмінності карликових рослин пшениці. Спостерігали зеленіші рослини на північному схилі. Рослини південного схилу завдяки добре прогрітому ґрунту були більше заселені векторами (цикадкама *Psammotettix alienus*) і тому рослини пшениці виглядають значно жовтішими (уражені).

Методом ІФА встановлено, що рослини пшениці 13-ти зразків із вказаними симптомами були уражені вірусом карликовості пшениці *Wheat dwarf virus* (рис. 7, 8).

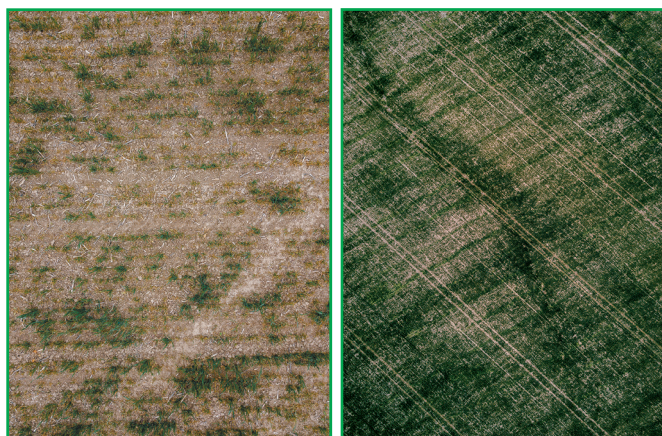
Зразки пшениці із симптомами карликовості були також перевірені на наявність інших вірусів, які циркулюють на території України [42] та можуть викликати подібні симптоми захворювання, а саме: ВСМП, ВЖКЯ, ВМБ, ВВСМП. Результати ІФА показали відсутність усіх перерахованих вірусів у досліджуваних сортах пшениці з симптомами карликовості, штрихуватої смугастості, пожовтіння і невиколошування. Таким чином, встановлено, що вказані симптоми викликає лише ВКП.



**Рис. 1.** Моноліти рослин пшениці Актер із симптомами інфекції, спричиненої WDV: а — здорові рослини; б, в — WDV-інфіковані рослини; з — окремі листки із WDV-інфікованих рослин; д — листки здорових рослин пшениці (19.05.2020 р., Вінницька обл.)



**Рис. 2.** Симптоми інфекції, зумовленої WDV, на рослинах пшениці Матрикс: а — хворі рослини на передньому плані; б, в — WDV-інфіковані рослини та листки з них; з — листки здорових рослин пшениці (19.05.2020 р., Вінницька область)



**а** **б**

**Рис. 3.** Поле з карликовими рослинами пшениці, (Вінницька область, 19.05.2020 р.): **а** — південні схили; **б** — північні схили (фото з дрона)



**а** **б**

**Рис. 4.** Симптоми WDV на рослинах пшениці озимої Д-13, (Київська область, 16.06.2020 р.): **а** — хворі рослини; **б** — окремі листки з хворих рослин

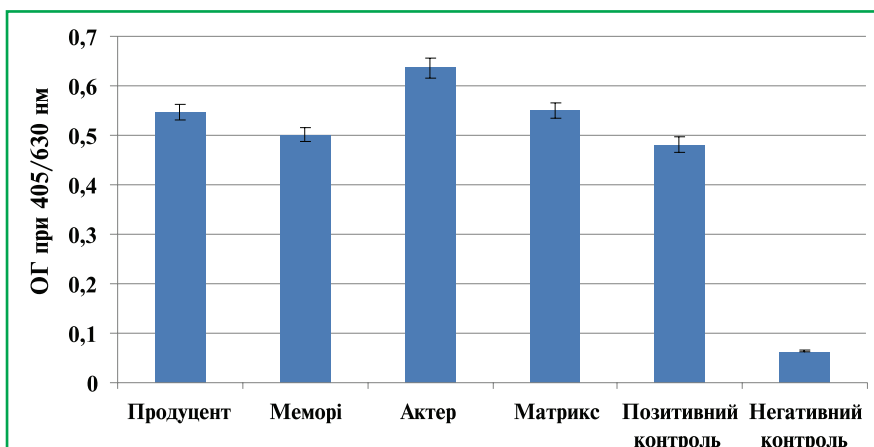


**Рис. 5.** Симптоми WDV на рослинах пшениці ярої Д-35, (Київська область, 22.06.2020 р.)



**а** **б**

**Рис. 6.** Симптоми WDV на рослинах пшениці озимої, (Чернігівська область): **а** — середньоуражені рослини; **б** — сильноуражені, хворі (невиколошування)

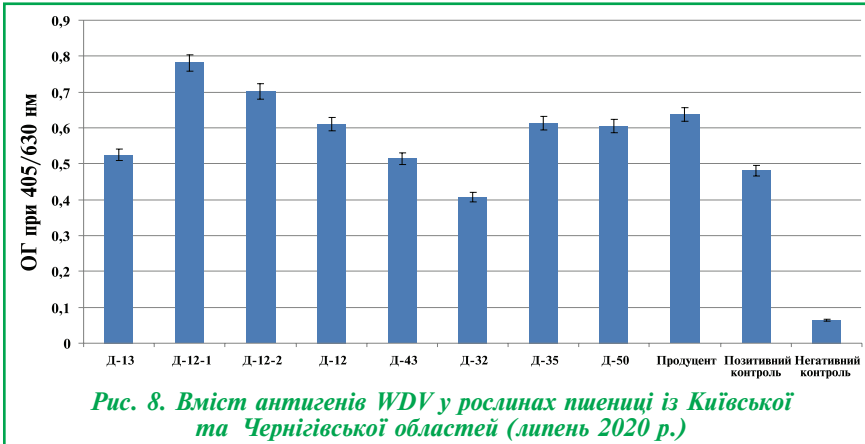


**Рис. 7.** Вміст антигенів WDV у рослинах пшениці із Вінницької та Хмельницької областей (травень — липень 2020 р.)

Результати ІФА підтверджені методом ПЛР, яка показала наявність ампліконів розміром 783 пн, що відповідають гену капсидного білка вірусу карликовості пшениці (рис. 9).

Дослідження засвідчили, що вірус карликовості пшениці має суттєвий негативний вплив на продуктивність рослин і урожай пшениці, адже у багатьох сортів призводить до редукції колосу, або, взагалі, до невиколошування (рис. 10, 11). На рисунку 11 добре помітні габітуси зібраних польових снопів здорових та уражених ВКП рослин пшениці озимої сорту Продуцент із Хмельницької області. Рослини, уражені вірусом карликовості пшениці, мають темний (почорнілий) зовнішній вигляд через заселення їх вторинними грибами, що є характерним для щуплих та ослаблених рослин. Саме на таких рослинах і відбувається заселення грибів за несприятливих чинників довкілля, зокрема погодних умов. Окремі колоси зі здорових та уражених рослин показано на рисунках 12 і 13. Добре помітні почорнілі ВКП-уражені колоси (рис. 13).

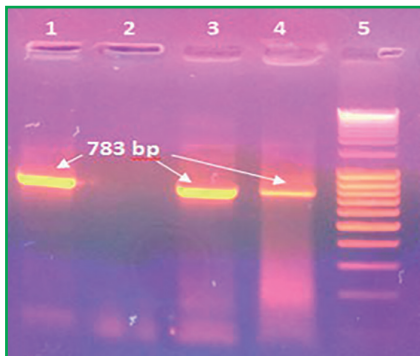
Спостереження за здоровими та ураженими ВКП рослинами показали велику нерівномірність ушкодження рослин цим вірусом у 2020 р., а відтак і вплив на продуктивність рослин. Залежно від сорту, умов вирощування, ступеня ураження рослин ВКП встановлено великі коливання відсотка невиколошування рослин — від понад 50% до 100% на окремих ділянках. У виколошених уражених ВКП рослин фіксували різний ступінь



**Рис. 8.** Вміст антигенів WDV у рослинах пшениці із Київської та Чернігівської областей (липень 2020 р.)

ураження колосу (рис. 13). Колоси виглядали надто слабкими, зерна з них представлені на рисунку 14.

Найважливішу роль у формуванні продуктивності колосу відіграють озерненість колосу та маса



**Рис. 9.** Електрофореграма продуктів ПЛР розміром 783 пн трох українських ізолятів ВКП із застосуванням праймерів до гену СР: 1 — пшениця сорту Актер (Вінницька область); 2 — негативний контроль; 3 — пшениця Д-1 (Київська область); 4 — пшениця сорту Продукент (Хмельницька область); 5 — маркер ДНК CSL-MDNA—100bp (Cleaver Scientific)



**а б**

**Рис. 10.** Вплив WDV на пшеницю озиму сорту Матрикс (Вінницька область, 2020 р.): а — ВКП-інфіковані; б — помірно уражені та здорові рослини

1000 зерен. Багаторічними дослідженнями доведено, що маса 1000 зерен залежить від сортів та умов вирощування, ураження рослин хворобами тощо [37]. В останні роки новітні сорти мають масу 1000 зерен понад 50 г. Для Миронівських сортів стандартом слугує сорт Подолянка, де цей показник становить 43,1—45,5 г.

Інтегральним показником продуктивності колосу служить маса зерна одного колосу [34, 37].

Висота ВКП-інфікованих рослин пшениці сорту Актер (Вінницька область, 2020 р.) є меншою, ніж у здорових рослин, але найбільш суттєвий негативний вплив ( $P < 0,001$ ) вірусу виявлено на такі показники: кількість зерен у колосі (у 3,3 раза менша), маса зерен із колосу (у 3,4 раза) та маса 1000 зерен у 1,9—3,3 раза, залежно від ступеня ураженості рослин (табл.).



**Рис. 11.** Вплив ВКП на рослини пшениці озимої сорту Продукент (Хмельницька область): 5 — ВКП-інфіковані; 6 — здорові у фазі повної стиглості



**Рис. 12.** Здорові колоси пшениці озимої сорту Актер (Вінницька обл., 2020 р.)



**Рис. 13.** Колоси пшениці озимої сорту Актер, інфікованої WDV (Вінницька обл., 2020 р.): а — сильно уражені; б — середньо уражені



**Рис. 14.** Зерна пшениці озимої сорту Актер (Вінницька обл.): а — зі здорових рослин; б, в — з WDV-інфікованих рослин



**Вплив WDV  
на урожай пшениці сорту Актер  
(Вінницька область, 2020 р.)**

| Показник продуктивності       | Варіанти        |   |
|-------------------------------|-----------------|---|
|                               | здорові рослини | інфіковані вірусом  |
| Висота рослини, см            | 63,5 ± 2,5      | 51,4 ± 3,0*   |
| Довжина колоса, см            | 9,8 ± 0,6       | 9,1 ± 0,5   |
| Кількість колосків, шт.       | 24,1 ± 2,1      | 21,2 ± 1,2  |
| Кількість зерен у колосі, шт. | 46,5 ± 2,8      | 14,2 ± 1,5**  |
| Маса зерен із колосу, г       | 2,4 ± 0,4       | 0,7 ± 0,1**   |
| Маса 1000 зерен, г            | 48,9 ± 2,1      | помірно уражені 25,4 ± 1,9**<br>сильно уражені 15,0 ± 1,1** |

**Примітка:** відмінності істотні при \*P < 0,01; \*\* P < 0,001.

Аналогічні результати щодо значного зниження врожайності пшениці за ураження ВКП раніше одержали вчені в країнах Західної Європи [32–35].

Окремі господарства Вінницької області мали значний недобір зерна пшениці. На полях пшениці сорту Актер, де було вперше виявлено уражені ВКП рослини в середині травня 2020 р., було зібрано лише по 2,5 т/га зерна пшениці. З решти сортів одержали від 4 до 5 т/га, залежно від поширення вірусу та ступеня ураження рослин на полях даним вірусом. За відсутності ураження ВКП сорту Колонія його урожайність становила 6,0 т/га. Для порівняння: у Черкаській обл. на окремих неуражених полях пшениці сорту Патрас було зібрано по 8 т/га зерна. Такий урожай сорту Патрас одержали і на полях Чернігівської обл. Урожайність сорту Берегиня у Чернігівській області становила 10,1 т/га. З наведених даних чітко видно, до яких значних збитків призводить ураження рослин ВКП.

Даних щодо впливу ВКП на урожай пшениці у нашій країні ми не зустрічали. У 2009 р. вірус карликовості пшениці виділено із рослин пшениці озимої Київської та Одеської областей і проведено філогенетичний аналіз трьох його ізолятів, які належали до різних груп [21]. У 2011 р. ВКП виявлено на рослинах ячменю і пшениці озимих Одеської області та на диких злаках у Одеській та Херсонській областях [22]. Проте не були детально представлені симптоми ураження рослин пшениці та ячменю вірусом карликовості пшениці та не пока-

зани фактичні результати вірусологічних досліджень. Однак пізніше, впродовж останніх майже десяти років інформації про виявлення ВКП на території України не було. Важливим і цікавим виявився факт появи вірусу карликовості пшениці у 2020 р. відразу аж у п'яти областях України, хоча раніше він траплявся переважно лише в країнах Західної Європи (Франції, Чехії, Словенії, Швеції, Фінляндії, Болгарії, Угорщині, Румунії, Польщі, Іспанії, Австрії, Великій Британії та нещодавно в Естонії), в Азії та Африці. Причиною поширення цього вірусу в Україні, вірогідно, стало інтенсивне розмноження векторів-цикадок, що може бути пов'язане зі змінами клімату.

Отже, описана нами раніше періодична мінливість вірусів (ВСМП чи ВЖКЯ) [38], а також поява мало описаного у нашій країні ВКП, очевидно, тісно пов'язана зі змінами клімату, як регіональними, так і глобальними.

**ВИСНОВКИ**

Результати проведеного агро-екологічного моніторингу ураженості посівів пшениці різних сортів у п'яти областях України сезону 2020 р. виявили рослини із симптомами значної затримки росту, пожовтіння, штрихуватої смугастості. У цих рослин виявлено антигени вірусу карликовості пшениці. Результати фітовірусологічних досліджень показали, що 13 проаналізованих сортів та ліній пшениці озимої та ярої не містять антигенів вірусу смугастої мозаїки пшениці, вірусу жовтої карликовості ячменю, вірусу мозаїки бромусу та вірусу веретеноподібної смугастої мозаїки пшениці. Встановлено значне зниження (у понад два рази) врожайності пшениці озимої сорту Актер (Вінницька обл.) за ураження вірусом. Аналіз елементів продуктивності показав, що у рослин, уражених ВКП, істотно знижується кількість зерен з колоса та маса зернівки. Вірус карликовості пшениці може знищити урожай на 100% на деяких ділянках полів. Зниження врожаю залежить від кількості уражених рослин (поширеність) та ступеня ураження рослин пшениці. Одержані результати свідчать про необхідність постійного моніторингу та тестування рослин на наявність вірусу карликовості пшениці в Україні.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Gutierrez C. Strategies for geminivirus DNA replication and cell cycle interference. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 2002. Vol. 60. P. 219–230.
2. Kammann M., Schalk H. J., Matzeit V., Schaefer S., Schell J., Gronenborn B. DNA replication of wheat dwarf virus, a geminivirus, requires two cis-acting signals. *Virology*. 1991. Vol. 184. P. 786–790.
3. Vacke J. Wheat dwarf virus disease. *Biol. Plant. Praha*. 1961. Vol. 3. P. 228–233.
4. Schubert J., Habekus A., Kazmaier K., Jeske H. 2007. Surveying cereal-infecting geminiviruses in Germany—diagnostics and direct sequencing using rolling circle amplification. *Virus Res*. 2007. Vol. 127. P. 61–70.
5. Koklu G., Ramsell N., Kvarnheden A. The complete genome sequence for a Turkish isolate of Wheat dwarf virus (WDV) from barley confirms the presence of two distinct WDV strains. *Virus Genes*. 2007. Vol. 34 (3). P. 359–366.
6. Xie J., Wang X., Liu Y., Peng Y., Zhou G. First report of the occurrence of WDV in wheat in China. *Plant Dis*. 2007. Vol. 91. P. 111.
7. Behjatnia S., Afsharifar A., Tahan V., Motlagh M.A., Gandomani O.E., Niazi A., Izadpanah K. Widespread occurrence and molecular characterization of Wheat dwarf virus in Iran. *Aust. Plant Pathol.* 2011. Vol. 40. P. 12–19.
8. Ekzayez A.M., Kumari S.G., Ismail I. First report of Wheat dwarf virus and its vector (*Psammotettix provincialis*) affecting wheat and barley crops in Syria. *Plant Dis*. 2011. Vol. 95. P. 76.
9. Najar A., Othman F.B., Boudhir H., Makkouk K.M., Zarouk R., Bessai R., Kumari S.G. Viral diseases of cultivated legume and cereal crops in Tunisia. *Phytopathol. Mediterr.* 2000. Vol. 39. P. 423–432.
10. KAPOORIA R.G., NDUNGURU J. 2004. Occurrence of viruses in irrigated wheat in Zambia. *EPPO Bulletin*. 2004. Vol. 34. P. 413–419.
11. Stephanov J., Dimov A. Bolestta vdjudjavanje po spenitsata Bulgaria. *Rasteniev Nauki*. 1981. Vol. 18. P. 1274–128.
12. Tóbiás I., Kiss B., Bakardjeva N., Palkovics L. The nucleotide sequence of barley strain of of Wheat Dwarf Virus isolated in Bulgaria. *Cereal Res. Commun.* 2009. Vol. 37. P. 237–242.
13. Bisztray G., Gáborjányi R., Vacke J. Isolation and characterization of wheat dwarf virus found for the first time in Hungary. *J. of Plant Dis. Prot.* 1989. Vol. 96. P. 449–454.
14. Lindsten K., Lindsten B. Occurrence and transmission of Wheat dwarf virus (WDV) in France. In: *A.N.P.P. Third Int. Conf. on Pests in Agriculture. Montpellier, France*. 1993. P. 41–48.
15. Jilaveanu A., Vacke J. Isolation and identification of wheat dwarf virus (WDV) in Romania. *Probleme de Protectia Plantelor*. 1995. Vol. 23. P. 51–62.
16. Huth W. Viruses of Graminae in Germany — a short overview. *J. Plant Dis. Protect.* 2000. Vol. 107. P. 406–414.
17. Jeżewska M. First report of Wheat dwarf virus occurring in Poland. *Phytopathologica Polonica*. 2011. Vol. 21. P. 93–100.
18. Kvarnheden A., Lindblad M., Lindsten K. et al. Genetic diversity of Wheat dwarf virus. *Arch. Virol.* 2002. Vol. 147. P. 205–216.
19. Lemmetty A., Huusela-Veistola E. First report of WDV in winter wheat in Finland. *Plant Dis*. 2005. Vol. 89. P. 912.
20. Achon M.A., Serrano L., Ratti C., Rubies-Autonell C. First detection of Wheat dwarf virus in barley in Spain associated with an outbreak of Barley Yellow Dwarf. *Plant Dis*. 2006. Vol. 90. P. 970.
21. Tóbiás I., Shevchenko O., Kiss B., Bysov A., Snihur H., Polischuk V., Salánki K., Palkovics L.

Comparison of the nucleotide sequences of wheat dwarf virus (WDV) isolates from Hungary and Ukraine. *Pol J Microbiol.* 2011. Vol. 60(2). P. 125—31.

22. Гуляєва І.І., Шевченко О.В., Снігур Г.О., Бісов А.С., Мілкус Б.Н. Поширення вірусу карликовості пшениці на півдні України. *Мікробіологія та біотехнологія.* 2011. № 3. С. 71—77.

23. Kundu J.K., Gadiou S., Cervena G. Discrimination and genetic diversity of Wheat dwarf virus in the Czech Republic. *Virus Genes.* 2009. Vol. 38 (3). P. 468—474.

24. Schubert J., Habekuss A., Wu B., Thieme T., Wang X. Analysis of complete genomes of isolates of the Wheat dwarf virus from new geographical locations and descriptions of their defective forms. *Virus Genes.* 2014. Vol. 48 (1). P. 133—139.

25. Sömera M., Truve E., Sooväli P. First Report of Wheat dwarf virus in Winter Wheat in Estonia. *Disease notes.* 2019. Vol.103 (7): <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-18-2059-PDN>

26. Marn M.V., Plesko I. M. First Report of the Occurrence of Wheat dwarf virus Infecting Wheat in Slovenia. *Plant Disease.* 2017. Vol. 101(7). P. 1336.

27. Lindsten K., Vacke J. A possible barley adapted strain of Wheat dwarf virus (WDV). *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica.* 1991. Vol. 26. P. 175—180.

28. Muhire B., Martin D.P., Brown J.K., Navas-Castillo J., Moriones E., Zerbini F.M., Rivera-Bustamante R., Malathi V.G., Briddon R.W., Varsani A. A genome-wide pairwise-identity-based proposal for the classification of viruses in the genus *Mastrevirus* (family *Geminiviridae*). *Arch. Virol.* 2013. Vol. 158. P. 1411—1424.

29. Wu B., Shang X., Schubert J., Habekuss A., Elena S.F., Wang X. Global-scale computational analysis of genomic sequences reveals the recombination pattern and coevolution dynamics of cereal-infecting geminiviruses. *Scientific Reports.* 2015. Vol. 5. P. 8153.

30. Ng J.C.K., Falk B.W. Virus-vector interactions mediating nonpersistent and semipersistent transmission of plant viruses. *Annu. Rev. Phytopathol.* 2006. Vol. 44. P. 183—212.

31. Fohrer F., Lebrun I., Lapierre H. Acquisitions recentes sur le virus du nanisme du ble. *Phytoma.* 1992. Vol. 443. P. 18—20.

32. Lindbland M., Sandgren M., Sigvald R. Epidemiology and control of wheat dwarf. In: Proc. VIIth Int. Plant Virus Epidemiology Symp. *Aguadulce (Almeria), Spain.* 1999. P. 114.

33. Lindbland M., Waern P. Correlation of wheat dwarf incidence to winter wheat cultivation practices. *Agriculture, Ecosystems & Environment.* 2002. Vol. 92, Is. 2—3. P. 115—122.

34. Širlová L., Vacke J., Chaloupková M. Reaction of selected winter wheat varieties to autumnal infection with Wheat dwarf virus. *Plant Protect. Sci.* 2005. Vol. 41. P. 1—7.

35. Vacke J., Cibulka R. Response of selected winter wheat varieties to wheat dwarf virus infection at an early growth stage. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding.* 2000. Vol. 36. P. 1—4.

36. Пересыпкин В.Ф. Атлас болезней полевых культур: научное издание. Киев: Урожай, 1987. 144 с.

37. Міщенко Л.Т. Вірусні хвороби пшениці озимої: наукове видання. Київ: Фітосоціоцентр, 2009. 352 с.

38. Mishchenko L.T., Dunich A.A., Mishchenko I.A., Petrenkova V.P., Mukha T.I. Monitoring of economically important wheat viruses under weather conditions change in Ukraine and investigation of seed transmission of Wheat streak mosaic virus. *Bulgarian Journal of Agricultural Science.* 2018. 24(4): 660—669.

39. Crowther J.R. ELISA. Theory and practice. N.Y.: Humana Press. 1995. 223 p.

40. Zhang P., Liu Y., Liu W., Massart S., Wang X. Simultaneous detection of wheat dwarf virus, northern cereal mosaic virus, barley yellow stripe mosaic virus and rice black-streaked dwarf virus in wheat by multiplex RT-PCR. *Journal of Virological Methods.* 2014. Vol. 249. P. 170—174.

41. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.

42. Міщенко Л.Т., Дуніч А.А., Антіпов О.І., Гринчук К.В. Смугаста мозаїка пшениці та жовта карликовість ячменю в Лісо-степу і Степу України. *Карантин і захист рослин.* 2014. №2. С. 4—8.

<sup>1,4</sup>Міщенко Л., <sup>1</sup>Дуніч А., <sup>2</sup>Міщенко І., <sup>2</sup>Дашченко А., <sup>2</sup>Бойко О., <sup>3</sup>Скуфінський О., <sup>4</sup>Кириченко А., <sup>5</sup>Козуб Н., <sup>6</sup>Муха Т.

<sup>1</sup>Учебно-научний центр «Інститут біології і медицини», Київський національний університет імені Тараса Шевченка, ул. Владимирская, 64/13, г. Киев, 01601, Украина;

<sup>2</sup>Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборона, 15, г. Киев, 03041, Украина; <sup>3</sup>ЧП «Агроторг-Подилля», ул. Столярчука, 7, г. Хмельник, Винницька обл., 22000, Украина;

<sup>4</sup>Інститут мікробіології і вірусології імені Д.К. Заболотного НАН України, ул. Академіка Заболотного, 154, г. Киев, 03143, Украина;

<sup>5</sup>Інститут захисту рослин НААН України, ул. Васильківська, 33, г. Киев, 03022, Украина; <sup>6</sup>Міроновський інститут пшениці імені В.Н. Ремесла НААН України, ул. Центральна, 68, с. Центральне, Міроновський район, Київська область, 08853, Украина e-mail: [lmishchenko@ukr.net](mailto:lmishchenko@ukr.net)

### Вірус карликовості пшениці (Wheat dwarf virus) і його вплив на урожай 2020 г. в деяких областях України

**Цель.** Идентифицировать вирус, который вызывает симптомы карликовости и отсутствие выколашивания (снижение или отсутствие образования колосьев), исследовать его влияние на урожайность растений. **Методы.** Визуальная диагностика, иммуноферментный анализ в модификации двойной сэндвич (DAS-ELISA), полимеразная цепная реакция, биометрические, определения урожая и его структуры, статистическая обработка данных. **Результаты.** Проведены исследования сортов пшеницы озимой из Винницкой, Хмельницкой, Киевской, Черниговской и Черкасской областей с симптомами карликовости, пожелтения листьев и отсутствия выколашивания. Методами ИФА и ПЦР доказано, что заболевание вызвал вирус карликовости пшеницы (Wheat dwarf virus). Показано отсутствие в исследуемых образцах вируса полосатой мозаики пшеницы (Wheat streak mosaic virus), вируса желтой карликовости ячменя (Barley yellow dwarf virus), вируса мозаики бромуса (Brome mosaic virus) и вируса веретеновидной полосатой мозаики пшеницы (Wheat spindle streak mosaic virus). Установлено, что вирус карликовости пшеницы существенно снижает количество зерен в колосе (в 3,3 раза), массу зерен с колоса (в 3,4 раза) и массу

1000 зерен (в 1,9—3,3 раза) в зависимости от степени пораженности растений, от умеренно до сильно пораженных. **Выводы.** Установлена циркуляция вируса карликовости пшеницы в агроценозах пяти областей Украины и существенное негативное влияние заболевания на урожайность растений пшеницы озимой. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости постоянного мониторинга и тестирования растений на наличие вируса карликовости пшеницы в Украине.

**вірус карликовості пшениці, Wheat dwarf virus, пшеница озима, урожайність**

<sup>1,4</sup>Mishchenko L., <sup>1</sup>Dunich A., <sup>2</sup>Mishchenko I., <sup>2</sup>Dashchenko A., <sup>2</sup>Boiko O., <sup>3</sup>Skufinsky O., <sup>4</sup>Kyrychenko A., <sup>5</sup>Kozub N., <sup>6</sup>Mukha T.

<sup>1</sup>Educational and Scientific Centre «Institute of Biology and Medicine», Taras Shevchenko National University of Kyiv, 64/13, Volodymyrska Str., Kyiv, 01601, Ukraine;

<sup>2</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15, Heroiv Oborony Str., Kyiv, 03041, Ukraine;

<sup>3</sup>PP «Agrotorg-Podillya», 7, Stolyarchuka Str., Khmilnyk, Vinnytsia region, 22000, Ukraine;

<sup>4</sup>Danylo Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of NAS of Ukraine, 154, Acad. Zabolotnoho Str., Kyiv, 03143, Ukraine;

<sup>5</sup>Institute of Plant Protection NAAS, 33, Vasylykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine;

<sup>6</sup>The V.M. Nemeslo Myronivka Institute of wheat of NAAS OF Ukraine, street Central, 68, Tsentralne village, Myronivskyi district, Kyiv region, 08853, Ukraine

e-mail: [lmishchenko@ukr.net](mailto:lmishchenko@ukr.net)

### Wheat dwarf virus and its impact on the 2020 harvest in some regions of Ukraine

**Goal.** Identify the virus that causes symptoms of dwarfism and non-earing of winter wheat (reduced or no ear formation), and investigate its effect on plant yields. **Methods.** Visual diagnostics, enzyme-linked immunosorbent assay in double sandwich modification (DAS-ELISA), polymerase chain reaction, biometric, determination of yield and its structure, statistical data processing. **Results.** A study of winter wheat varieties from Vinnytsia, Khmelnytsky, Kyiv, Chernihiv and Cherkasy regions with symptoms of dwarfism, yellowing of leaves and non-earing. ELISA and PCR have shown that the disease is caused by Wheat dwarf virus. The absence of Wheat streak mosaic virus, Barley yellow dwarf virus, Brome mosaic virus and Wheat spindle mosaic virus (Wheat streak mosaic virus) was shown in the studied samples. It was found that the dwarf wheat virus significantly reduces the number of grains in the ear (3.3 times), the weight of grains from the ear (3.4 times) and the weight of 1000 grains (1.9—3.3 times) depending on the degree of damage plants (from moderate to severely affected). **Conclusions.** The circulation of dwarf wheat virus in agroecosystems of five regions of Ukraine and a significant negative impact of the disease on the yield of winter wheat plants have been established. The obtained results indicate the need for constant monitoring and testing of plants for the presence of wheat dwarf virus in Ukraine.

**wheat dwarf virus, winter wheat, yield**

Надійшла 19.01.2021 р.