

УДК 633.16:504.38:632.4(477.42)

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.123.18>

ВПЛИВ АБІОТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА РОЗВИТОК ГРИБНИХ ХВОРОБ СОРГО В ПОЛІССІ УКРАЇНИ

Столяр С.Г. – к.с.-г.н., ст. викладач кафедри захисту рослин,
Поліський національний університет

Ключевич М.М. – д.с.-г.н., професор, завідувач кафедри захисту рослин,
Поліський національний університет

Підвищення температури на планеті серйозно впливає на екосистеми. Загострюються проблеми, що стоять перед сільгоспвиробниками, виснажуються водні та земельні ресурси, страждає продовольча безпека країни. Тому зміна клімату залишається одним із найважливіших викликів та загроз для розвитку сільського господарства й людства загалом. Основною метою нашого експерименту було встановлення впливу гідротермічних умов на розвиток гельмінтоспоріозу, пірикуляріозу та корневих гнилей сорго. Польові дослідження проводили впродовж 2018–2021 рр. в умовах навчально-дослідного поля Поліського національного університету. Обліки розвитку хвороб у посівах сорго здійснювали за загальноприйнятою методикою. Облікова площа – 50 м², повторність дослідів – чотириразова. Під час моніторингу фітосанітарного стану посівів сорго з'ясовано, що домінували в агроценозах мікози: гельмінтоспоріоз (*Helminthosporium turcicum* Pass.), пірикуляріоз (*Magnaporthe grisea* (T. T. Hebert) M. E. Barr), звичайна коренева гниль (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker) і фузаріозна коренева гниль (гриби роду *Fusarium* sp.), розвиток і шкідливість яких змінювалась залежно від року проведення обліків. Аналіз погодних умов упродовж вегетації сорго в 2018–2021 рр. показав, що температурний режим та кількість опадів значно варіювались і забезпечили отримання достовірних даних впливу гідротермічних умов на ураження рослин збудниками хвороб. Виявлено відмінність впливу цього фактора на ураженість культури мікозами. Встановлено, що різкі коливання температури повітря та кількості опадів зумовлювали стресовий стан у рослин сорго і, як наслідок, посилювали сприйнятливість їх до ураження фітопатогенами. За результатами кореляційно-регресійного аналізу з'ясовано, що рівень ГТК впливає на розвиток гельмінтоспоріозу, пірикуляріозу і корневих гнилей. Встановлено тісний експоненціальний зв'язок між ГТК та розвитком гельмінтоспоріозу; залежність розвитку пірикуляріозу та корневих гнилей від цього показника краще описується квадратичною функцією. Отже, проведений кореляційно-регресійний аналіз показує, що ГТК суттєво впливає на розвиток мікозів сорго.

Ключові слова: сорго, грибні хвороби, розвиток, температура повітря, опади, ГТК.

Stoliar S.H., Kliuchevych M.M. Abiotic factors influence on development fungals diseases of sorgo in Polesia, Ukraine

Rising temperatures on the planet are seriously affecting ecosystems. Problems facing farmers are exacerbated, water and land resources are depleted, the country's food security suffers. Climate change remains one of the most important challenges and threats to the agriculture and human development. The main purpose of our experiment was to establish the effect of hydrothermal conditions on the development of helminthiasporiosis, pyriculariosis and sorghum root rot. Field research was conducted in 2018–2021 in the educational and research field of Polissia National University. Recording of the development of diseases in sorghum crops was carried out according to the generally accepted method. The calculated area is 50 m², the experiment is repeated four times. During the monitoring of the phytosanitary condition of sorghum crops, it was found that mycoses dominated in agroecosystems: *Helminthosporium turcicum* Pass., *Pyriculariosis* (*Magnaporthe grisea* (T. T. Hebert) M. E. Barr), common root rot (*Saporo*) and *Saporo* root rot (*Bipokin*). *fusarium* root rot (fungi of the genus *Fusarium* sp.), the development and harmfulness of which varied depending on the year of registration. The analysis of the weather conditions during the sorghum vegetation in 2018–2021 showed that the temperature regime and the amount of precipitation varied significantly and as a result provided reliable data on the impact of hydrothermal conditions on plant pathogens. The difference of influence of this factor on the crop affected by mycoses is revealed. It was found that sharp fluctuations in air

temperature and precipitation caused stress in sorghum plants and, as a consequence, increased their susceptibility to phytopathogens. Correlation-regression analysis showed that the level of SCC affects the development of helminthiasporiosis, pyriculariosis and root rot. A close exponential relationship has been established between SCC and the development of helminthiasporiosis; the dependence of the development of pyriculariosis and root rot on this indicator is better described by the quadratic function. Therefore, the correlation-regression analysis shows that SCC significantly affects the development of sorghum mycoses.

Key words: sorghum, fungal diseases, development, air temperature, precipitation, SCC.

Постановка проблеми. Підвищення температури на планеті та зміна кліматичних умов серйозно впливають на екосистеми. Загострюються проблеми, що стоять перед сільгоспвиробниками, виснажуються водні та земельні ресурси, страждає продовольча безпека країни [1].

Глобальне потепління призводить до зміни структури посівних площ у господарствах, створює сприятливі умови для розвитку одних культур і загрози іншим. Тому в Поліссі України нині поширення набуває вирощування такої посухостійких культур, як сорго, за допомогою якого можна забезпечити зерновий баланс у країні та задоволення потреб населення.

Посівні площі сорго в Поліссі стрімко зростають, оскільки культура є посухотривалою, невибагливою до родючості ґрунту та має високу продуктивність. Однак реалізувати максимальний потенціал продуктивності культури стримує розвиток у посівах мікозів, які є причиною втрати зерна від 15 до 32% [5; 7]. Рівень втрат залежить від стійкості сортів чи гібридів до ураження хворобами, ґрунтово-кліматичних умов та агротехніки вирощування [6].

Абіотичні фактори відіграють важливу роль у поширенні хвороб та їх розвитку. Впливаючи на збудника, вони стимулюють або пригнічують його, а в рослин-господарів підвищують сприйнятливість чи стійкість. Однак їх дія не визначається цільністю популяції організмів [2].

Отже, поглиблене вивчення цього питання є важливим, оскільки під впливом цих факторів формується рівень стійкості та витривалості рослин до збудників хвороб упродовж періоду вегетації та визначається інтенсивність патологічного процесу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Глобальні кліматичні зміни в найближчі роки значно впливатимуть на рівень розвитку економіки країни, до чого необхідно буде адаптуватися.

За час спостережень зазначено періоди потепління та похолодання клімату, виявлені квазіциклічні коливання аналізованих параметрів. Спостереження показують, що, можливо, відбувається глобальне потепління клімату, яке з 70-х років ХХ ст. помітно прискорилося. Нині помітна позитивна динаміка зміни середньої річної температури повітря протягом приблизно 100 років. Перше десятиліття ХХІ століття стало рекордно теплим за всі 160 років спостережень [3; 4].

Метеорологічні умови відіграють провідну роль на кожному етапі розвитку хвороб рослин (збереження збудника інфекції, його поширення, зараження, перебіг захворювання тощо). Домінуючими серед них є температура і вологість повітря, опади і роса, менш важливим – світло [4].

Температура повітря впливає на здатність патогенів до зараження, репродуктивної здатності і на прояв захисних властивостей рослини-господаря. Спори багатьох грибів проростають у широкому діапазоні температур (від 1 до 35–40°C), проте саме показник її в межах 15–25 °С є оптимальним для більшості збудників [2; 7].

Гельмінтоспориоз сорго (*Helminthosporium turcicum* Pass.) є однією із найпоширеніших та шкідливих хвороб сорго, розвитку якої сприятимуть достатнє або надлишкове зволоження та підвищені температури повітря. Температура повітря в межах від 20 до 25°C та збереження вологості листя до 48 годин є оптимальними умовами для життєдіяльності патогена [8].

Зарубіжні вчені зазначають, що збудник пірикуляріозу (*Magnaporthe grisea* (T.T. Hebert) M.E. Barr) може розвиватися за широкого діапазону температур від 15 до 35°C й вологості повітря в межах 77–82% [9]. Засуха та надмірне застосування азотних добрив збільшують сприйнятливість сорго до хвороби, оскільки рослини знаходяться в ослабленому стані з низькими захисними властивостями [8].

Розвиток кореневих гнилей на сорго залежить від етіології збудників, для яких оптимальні умови щодо поширення та шкідливості є різними. Так, амплітуда температури для ураження рослин фузаріозною кореневою гниллю (гриби роду *Fusarium* sp.) знаходиться в межах 3–35°C (оптимальна в межах від 15 до 22°C) з вологістю ґрунту не менше 40%. Ослаблені рослини інтенсивніше уражаються звичайною кореневою гниллю (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker), шкідливість якої зростає за умов посухи [8].

У зв'язку із суттєвими змінами температурного режиму та кількості опадів питання вивчення впливу абіотичних факторів на розвиток мікозів сорго в Поліссі є актуальним.

Постановка завдання. Мета дослідження – визначити вплив абіотичних факторів на розвиток мікозів сорго. Експеримент проведено згідно з тематичним планом досліджень Поліського університету: «Агроекологічне обґрунтування сталого виробництва сорго в Поліссі України», «Наукові основи обґрунтування систем захисту сорго зернового від шкідливих організмів у Поліссі України».

Польові дослідження проводили в умовах навчально дослідного поля Поліського національного університету впродовж 2018–2021 рр. Технологія вирощування сорго загальноприйнята для зони Полісся. Ґрунти – сірі лісові легкоуглинкові. Попередник – кормові боби.

Облікова площа – 50 м², повторність дослідів – чотириразова. Обліки розвитку хвороб у посівах сорго здійснювали за загальноприйнятою методикою [10].

Розвиток хвороб визначали за формулою 1 [10]:

$$R = \frac{\sum(a \times b) \times 100}{N \times K}, \quad (1)$$

де R – інтенсивність розвитку хвороби (бал або процент);

$\sum(a \times b)$ – сума добутків кількості рослин на відповідний бал або процент ураження;

N – загальна кількість облікових рослин;

K – найвищий бал шкали.

Гідротермічний коефіцієнт визначали за формулою 2 [10]:

$$ГТК = \frac{\sum O \times 10}{\sum T}, \quad (2)$$

де O – кількість опадів за вегетаційний період, мм;

T – сума температур (понад 10°C) за цей же період, °C.

Статистичну обробку отриманих експериментальних даних проводили, використовуючи методи дисперсійного та кореляційного аналізу та прикладні комп'ютерні програми.

Виклад основного матеріалу дослідження. Під час моніторингу фітосанітарного стану посівів сорго з'ясовано, що домінували в агроценозах мікози: гелмінтоспоріоз (*Helminthosporium turcicum* Pass.), пірикуляріоз (*Magnaporthe grisea* (T.T. Hebert) M.E. Barr), звичайна коренева гниль (*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker) і фузаріозна коренева гниль (гриби роду *Fusarium sp.*), розвиток і шкідливість яких змінювались залежно від року проведення обліків.

Провівши аналіз погодних умов упродовж вегетації сорго в 2018–2021 рр., зазначимо, що температурний режим та кількість опадів значно варіювались, що забезпечило отримання достовірних даних впливу гідротермічних умов на ураження рослин збудниками хвороб.

Зазначимо, що температура повітря й кількість опадів у досліджувані роки неодноразово перевищували межу абсолютних значень.

Підвищені середньодобові температурами та помірне зволоження – так можна охарактеризувати погодні умови 2018 р. Травень виявився дуже посушливим (ГТК = 0,7), липень був нестійким за зволоженням (ГТК = 0,8). Своєю чергою в червні та серпні спостерігалось оптимальне зволоження (ГТК = 1,6 і 1,5 відповідно). У цей час в агроценозах сорго розвивались *Helminthosporium turcicum* (16,5%), *Bipolaris sorokiniana* (10,5%), гриби роду *Fusarium sp.* (12,3%), *Magnaporthe grisea* (4,9%), *Sorosporium reilianum* (Kuhn) Mc. Alpine f. *sorghii* Geschele (1,7%), *Cercospora sorghi* Eli. et Ev. (3,5%).

Гідротермічні умови періоду вегетації 2019 р. найсприятливіші для розвитку хвороб сорго. ГДК становив 2,3 та 2,2 відповідно. Однак температура повітря знаходилася в межах норми. Тому *Helminthosporium turcicum* (20,4%), *Magnaporthe grisea* (8,3%), *Cercospora sorghi* (6,7%) мали найбільше поширення та розвиток, а найменший – *Sorosporium reilianum* і *Ascochyta sorghi* Sacc. (2,3 і 3,7% відповідно). Недостатнє вологозабезпечення помічено в червні (35,8 мм) та серпні (32,9 мм), де ГДК склав 0,7 в обох місяцях відповідно, що стало причиною розвитку *Bipolaris sorokiniana* (15,2%) в посівах сорго.

Надлишкове зволоження було зафіксоване майже упродовж усього періоду вегетації сорго у 2020 р., за винятком першої та другої декади липня та серпня. Надмірна кількість опадів була у травні, ГТК на рівні 2,3, що сприяло розвитку *Helminthosporium turcicum* (7,9%) та *Magnaporthe grisea* (5,2%), тоді як перша половина липня та серпня були дуже посушливими та спостерігалось підвищення середньодобових температур. Дефіцит вологи становив 53 мм у липні та 28 мм у серпні, ГТК=0,5; 0,7 відповідно. Максимального розвитку в посівах сорго досягли кореневі гнилі (9,3%).

Погодні умови 2021 р. характеризуються строкатістю: холодні дні змінювались на теплі, зatoryжні дощові з посушливими періодами. Травень був перезволоженим ГТК на рівні 1,6, що призвело до раннього ураження рослин збудниками хвороб *Helminthosporium turcicum* та *Magnaporthe grisea*, тоді як у червні та липні зафіксоване недостатнє зволоження, дефіцит опадів становить 27 мм та 47 мм відповідно. ГТК у ці місяці не перевищував 0,8, а в посівах інтенсивно почали розвиватися *Bipolaris sorokiniana* та гриби роду *Fusarium sp.* Серпень характеризувався помірним зволоженням, ГТК становив 1,3.

Для визначення ступеня впливу гідротермічного коефіцієнта на інтенсивність розвитку грибних хвороб сорго провели кореляційно-регресійний аналіз для встановлення зв'язку між цими показниками.

Оцінюючи лінійний зв'язку, слід зазначити, що найбільш тісним він є між ГТК пірикуляріозом і гелмінтоспоріозом. Про це свідчить найбільше значення

коефіцієнта парної кореляції (табл. 1). Водночас вплив ГТК на розвиток кореневих гнилей є також вагомим, оскільки фактичні значення t -критерію Стьюдента більші за табличні. Табличні значення критерію визначаються, виходячи з обсягу вибірки ($n = 24$) та ступенів вільності ($\alpha = 0,05$).

Таблиця 1
Вплив рівня ГТК на розвиток гельмінтоспориозу, пірикуляріозу та кореневих гнилей, 2018–2021 рр.

Хвороба	Парний коефіцієнт кореляції	Значення t -критерію Стьюдента	
		фактичне	табличне
Гельмінтоспориоз	0,42	3,34	2,09
Пірикуляріоз	0,74	5,99	2,10
Кореневі гнилі	0,27	2,52	2,09

Отже, виходячи із даних табл. 2, із ймовірністю 0,95 можна стверджувати, що між рівнем ГТК та розвитком гельмінтоспориозу, пірикуляріозу та кореневих гнилей існує тісний лінійний зв'язок. Це означає, що збільшення рівня ГТК зумовлює інтенсивність розвитку хвороб.

Водночас значення фактичних рівнів t -критерію Стьюдента наближені до табличних, тому доцільним є здійснення оцінки нелінійного взаємозв'язку між виділеними показниками на базі індексів кореляції.

Таблиця 2
Оцінка нелінійного зв'язку між ГТК та розвитком гельмінтоспориозу, 2018–2021 рр.

Тип залежності	Рівняння	Індекс кореляції	Фактичне значення t -критерію Стьюдента
Лінійна	$y = 7,06 + 1,94x$	0,42	3,34
Степенева	$y = 8,47x^{1,17}$	0,35	2,98
Логарифмічна	$y = 1,69 + 1,17 \ln(x)$	0,30	2,68
Квадратична	$y = 6,93 + 2,26x - 0,09x^2$	0,42	3,34
Експоненціальна	$y = 5,26e^{0,25x}$	0,43	3,38

Таблиця 3
Оцінка нелінійного зв'язку між ГТК та розвитком пірикуляріозу, 2018–2021 рр.

Тип залежності	Рівняння	Індекс кореляції	Фактичне значення t -критерію Стьюдента
Лінійна	$y = 1,57 + 1,82x$	0,74	5,99
Степенева	$y = 2,79x^{0,39}$	0,43	3,39
Логарифмічна	$y = 4,00 + 1,18 \ln(x)$	0,61	4,64
Квадратична	$y = 1,68 + 1,56x + 0,07x^2$	0,74	6,01
Експоненціальна	$y = 1,35e^{0,50x}$	0,43	3,39

З даних табл. 3 можна зробити висновок про існування тісного експоненціального зв'язку між ГТК та розвитком гельмінтоспоріозу (саме цій функції відповідає найбільше значення індексу кореляції). Отримане експоненціальне рівняння свідчить про те, що чим більше значення ГТК, тим інтенсивніший розвиток хвороби.

Що стосується пірикуляріозу, то залежність його розвитку від ГТК найкраще описується квадратичною функцією (табл. 3). Результати аналізу отриманої регресійної моделі вказують на те, що зростання ГТК зумовлює стрімкий розвиток хвороби. Зокрема, збільшення ГТК на 1 призводить до посилення розвитку пірикуляріозу на 1,8.

У процесі аналізу взаємозв'язку між ГТК і розвитком корневих гнилей ця залежність найкраще описується квадратичною функцією (табл. 4). При цьому прискорення розвитку хвороби починається від ГТК на рівні 0,9.

Таблиця 4

Оцінка нелінійного зв'язку між ГТК та розвитком корневих гнилей, 2018–2021 рр.

Тип залежності	Рівняння	Індекс кореляції	Фактичне значення <i>t</i> -критерію Стьюдента
Лінійна	$y = 7,12 + 0,85x$	0,27	2,52
Степенева	$y = 7,27x^{0,016}$	0,09	1,44
Логарифмічна	$y = 8,02 + 1,13\ln(x)$	0,05	1,05
Квадратична	$y = 7,53 - 0,15x + 0,27x^2$	0,28	2,60
Експоненціальна	$y = 6,42e^{0,012x}$	0,26	2,50

Підсумовуючи результати проведеного кореляційно-регресійного аналізу, зазначимо, що рівень ГТК суттєво впливає на розвиток мікозів сорго.

Висновки. Абіотичні фактори (температура повітря та кількість опадів) мають вагомий вплив на розвиток мікозів сорго в Поліссі України. За результатами кореляційно-регресійного аналізу з'ясовано, що рівень ГТК впливає на розвиток гельмінтоспоріозу, пірикуляріозу та корневих гнилей. Встановлено тісний експоненціальний зв'язок між рівнем ГТК та розвитком гельмінтоспоріозу, залежність розвитку пірикуляріозу та корневих гнилей від ГТК краще описується квадратичною функцією.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження будуть спрямовані на вивчення особливостей розвитку мікозів сорго залежно від зміни погодних умов у Поліссі України та встановлення ефективних заходів обмеження поширення та шкідливості хвороб.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Hammer C.L., Mc Lean G., Champan Scott, Zheng B. Crop desing for specific adaptation in variable dryland production environments. *Crop and Pasture Sci.* 2014. № 7. P. 614–626.
2. Environ B. Morphological, Physiological and Biochemical Impact of Ink Industry Effluent on Germination of Maize, Barley and Soghum. *Contam. And Toxicol.* 2015. № 5. P. 687–693.
3. Minimassom P. Nikiema. Sorghum mutation breeding for tolerance to water deficit under climat change. *Journal of Plant Breeding and Crop Science.* 2019. Vol. 12(3). P. 192–199. doi: 10.5897/JPBCS2020.0886.

4. Performance of Grain Sorghum and Forage of the Genus *Brachiaria* in Integrated Agricultural Production Systems / S. Oliveira, K. Aparecida Costa, E. Severiano, A. Da Silva, M. Dias, G. Oliveira, João Victor Costa. *Agronomy*. 2020. Vol. 10. 1714. P. 1– doi: 10.3390/agronomy10111714.

5. Столяр С.Г., Бардін Я.Б. Сорго – культура великих можливостей. *Трофологія (вчення про закономірності живлення біоти та правильного харчування людей) – новітній міждисциплінарний напрям в Україні* : матеріали I Всеукраїнської науково-освітньо-практичної конференції, м. Житомир, 25–26 квітня 2019 р. Житомир : Житомирський національний агроекологічний університет. 2019. С. 93–96.

6. Столяр С.Г., Ключевич М.М. Домінуючі мікози *Sorghum bicolor* в Поліссі України. International scientific and practical conference «Challenges, threats and developments in biology, agriculture, ecology, geography, geology and chemistry» : conference proceedings, July 2–3, 2021. Lublin : «Baltija Publishing», 2021. P. 236–240.

7. Холістична методологія сталого розвитку фітоценозів територіальних громад в Україні *Стійкий розвиток сільських територій у контексті реалізації державної екологічної політики та енергозбереження* : колективна монографія / С.М. Вигера, М.М. Ключевич, С.Г. Столяр, Р. М. Палагеча; за заг. ред. Т.О. Чайки. Полтава : ПП «Астрая». 2021. С. 124–134.

8. Christopher R. Little, Ramasamy Peruma The Biology and Control of Sorghum Diseases, 2019. Pp. 297–346. DOI:10.2134/agronmonogr58.c14.

9. Das IK, Rajendrakumar P (2016) Disease resistance in sorghum. In: *Breeding sorghum for diverse end uses*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, New York, NY. Pp 23–67.

10. Облік шкідників і хвороб сільськогосподарських культур / В.П. Омелюта, І.В. Григорович, В.С. Чабан та ін.; за ред. В.П. Омелюти. Київ : Урожай, 1986. 288 с.