

в тканиях рослин, а також по показателям функціонування хлоропластов листяв.

Ключевые слова: методи определения, потенциальная продуктивность, урожайность, прогнозирование, показатели.

Одержано редколлегією 08.04.19

DOI: 10.35205/0558-1125-2019-74-83-90

УДК 519.85:632.914:634.725

ПРОГНОЗ ВРОЖАЮ АГРУСУ (*RIBES UVA-CRIPPA* L.) НА ОСНОВІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД РОЗВИТКУ СФЕРОТЕКИ

О.Г. ПОЛГОРОДНИК, кандидат с.-г. наук

О.Ф. ДЕНИСЮК, провідний інженер

Інститут садівництва (ІС) НААН України,

03027, Київ-27, вул. Садова-23, e-mail: onbt@ukr.net

*Представлено математичну модель прогнозу врожаю агрусу, що ґрунтується на узагальненні впливу розвитку сферотеки (*Sphaerotheca morsuvae* Berk. et. Curt.) на нього, в залежності від схем застосування біологічних препаратів і факторів навколишнього середовища (температура повітря, опади), періодів вегетації та сортових особливостей.*

Ключові слова: метеорологічні фактори, біологічні препарати, агрус, сферотека, врожай, факторний аналіз.

Обґрунтування, мета і завдання досліджень. Розвиток ягідництва в певній мірі ускладнюється комплексом хвороб, які справляють значний негативний вплив на продуктивність рослин. Тому, однією з головних умов збільшення виробництва екологічно чистої продукції галузі є застосування систем інтегрованого захисту рослин від хвороб з урахуванням екологічних і економічних вимог [1, 2].

Серед багатьох хвороб агрусу в Україні найбільш небезпечною є сферотека (*Sphaerotheca morsuvae* Berk. et. Curt.). У сприятливі для патогену роки вона може викликати зниження врожаю до 50-75 %. До того ж сильний розвиток хвороби спричинює втрати врожаю наступного року до 80 % [3].

Станом на 2018 р. у «Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні» для чорної смородини зареєстровано лише 3 фунгіциди, малини – тільки 2 (розсадники), а для агрусу немає [4]. Враховуючи біологічні особливості збудників хвороб, а також досвід вчених усього світу, стає зрозумілим, що для пригнічення розвитку основних хвороб та збереження врожаю цього не достатньо, особливо на сприйнятливих сортах [5, 6].

Останніми роками все частіше ставиться питання про необхідність біологі-

зації захисних заходів, що сприяє зниженню загрози виникнення епіфітотії та отриманню екологічно чистої продукції [7, 8].

Для біологічного захисту рослин необхідні організми, які мають високу поліфункціональну антагоністичну активність, різні екологічні характеристики та ефективні життєві стратегії, конкурентоздатність в екологічних системах.

Найповніше цим вимогам відповідають мікроорганізми-антагоністи: гриби роду *Trichoderma* spp., бактерії родів *Bacillus* spp. і *Pseudomonas* spp. Наразі, на основі цих мікроорганізмів створено біопрепарати – Триходермін, Бактофіт, Алірін Б, Гаупсин, Ризоплан, Фитоп і інші, які застосовують для захисту рослин від грибних і бактеріальних хвороб, а також нематод [9, 10].

Беруче до уваги зазначене, в основу нашої роботи покладено аналіз розвитку сферотеки протягом вегетаційного періоду на різних за стійкістю сортах агрусу під дією біофунгіцидів і факторів навколишнього середовища. В результаті розроблено математичну модель прогнозу розвитку хвороби, що дасть змогу в подальшому приймати об'єктивні рішення стосовно систем інтегрованого захисту насаджень агрусу, з обмеженим негативним впливом захисних заходів на довкілля.

Методика. Дослідження проводили у насадженнях агрусу Інституту садівництва НААН України, на протязі 2016-2018 рр. у польових умовах на двох сортах агрусу – Сварог і Тясмин. Для вивчення поширення та розвитку основних хвороб на агрусі проводили обстеження рослин, починаючи з фази розпускання бруньок і до кінця вегетаційного періоду. Одночасно проводили щоденні спостереження за метеорологічними умовами та фенофазами досліджуваних рослин.

Для визначення ефективності екологічно безпечних засобів захисту агрусу від хвороб використовували препарати: Триходермін, який містить спори та міцелій гриба-антагоніста *Trichoderma lignorum*, Планриз – включає ризосферні бактерії *Pseudomonas fluorescens* AP-33, Петафаг – біологічний фунгіцид, у якому містяться віріони п'яти штамів бактеріальних вірусів і Гаупсин – препарат інсектицидні і фунгіцидної дії, що включає два штами бактерій *Pseudomonas aureofaciens*. Всі чотири препарати містять виявлені в процесі виробничого культивування біологічно активні речовини.

У весняно-літній період обприскували кущі агрусу, що вивчались 1 %-м розчином біологічних препаратів, згідно схеми, з початку розпускання бруньок і до початку листопаду, з інтервалом 7-14 днів залежно від умов погоди та прогнозу розвитку хвороб. Ефективність дії дослідних препаратів визначали в період максимального розвитку хвороб на листі і плодах. Схема садіння агрусу 3×1 м, система утримання ґрунту – чорний пар.

Ураження листя і ягід хворобами та їх розвиток встановлювали за загальноприйнятою шкалою [11]. Статистичну обробку результатів досліджень проводили за методикою Б.А.Доспехова [12], застосовуючи пакет комп'ютерних програм.

Результати. У процесі спостереження за розвитком сферотеки було виявлено, що перші ознаки хвороби у дослідних насадженнях з'явилися на початку другої декади травня, а масового розвитку вона досягла в кінці червня. Аналіз погоди (за даними метеорологічного поста ІС НААН) показав, що порівняно кращі умови для початку поширення сферотеки були у 2016 році – середньодобова температура повітря у травні становила 16,1 °С, протягом місяця випало 103,0 мм опадів, що призвело до швидкого дозрівання сумкоспор і зараження рослин (рис. 1).

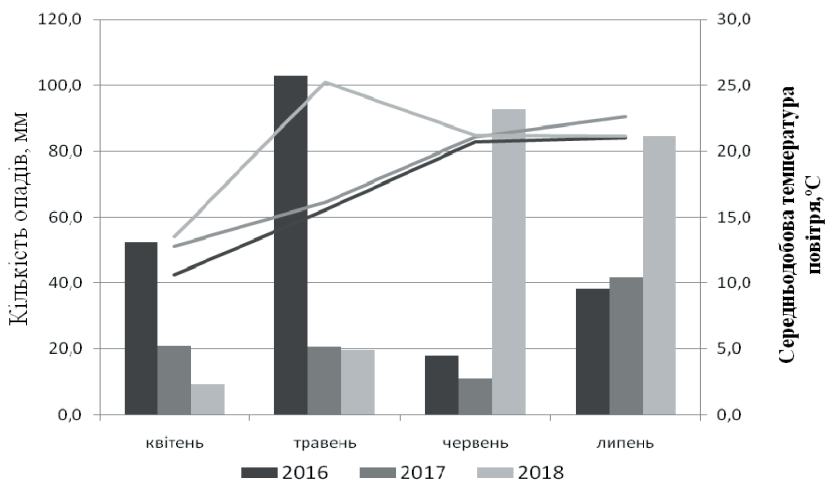


Рис. 1. Характеристика метеорологічних факторів (Інститут садівництва, 2016-2018 рр.)

У 2017 і 2018 рр. ці показники були іншими – 15,4 і 19,6 °C та 20,7 і 25,2 мм відповідно. Червень за всі роки вивчення був теплим (20,7-21,2 °C), однак достатня кількість опадів випала тільки у 2018 р. – 92,6 мм. Водночас у 2016 і 2017 роках їх було недостатньо – 18,2 і 10,9 мм.

Менш сприятливим для розвитку хвороби видався 2017 р., який характеризувався трохи вищою середньодобовою температурою повітря – 10,6-20,7 °C, що в середньому на 0,2-2,1 °C перевищувала показники попередніх років. Сума опадів з травня по червень склала 31,6 мм, або на 106,5 мм менше за середні багаторічні дані.

За допомогою дисперсійного багатofакторного аналізу встановлено, що найнижчий урожай був у 2016 р. – 1,66-1,90, найвищий – в 2017 р. (1,99-2,25 кг/куща) (табл. 1).

1. Урожайність насаджень агрусу за період досліджень, (Інститут садівництва НААН України, 2016-2018 рр.)

Варіанти	Урожайність, кг/куща						НІР ₀₅ (С)
	2016		2017		2018		
	Сварог	Тясмин	Сварог	Тясмин	Сварог	Тясмин	
Контроль (без обприскувань)	1,66	1,90	1,99	2,25	1,75	1,91	0,03
Триходермін	1,92	2,07	2,14	2,47	2,22	2,10	
Планриз	2,00	2,13	2,17	2,51	2,23	2,17	
Пентафаг	1,96	2,10	2,10	2,52	2,15	2,13	
Гаупсин	2,10	2,20	2,23	2,57	2,38	2,30	
НІР ₀₅ (В)	0,02		0,02		0,02		-
НІР ₀₅ (А)	0,05						-

Примітка: А – сезонні періоди росту (роки); В – сортові особливості; С – схеми захисту.

Встановлено, що сорт Сварог більш чутливий до умов росту і розвитку рослин, його врожайність за період досліджень (2016-2018 рр.) коливалась у межах 1,66-1,99, тоді як Тясмина - 1,90-2,25 кг/кущ. Найкращі умови росту і захисту насаджень забезпечував біопрепарат Гаупсин. При його застосуванні урожайність ягід з куща становила в межах 2,29-2,47, а Триходерміну, Планриз у і Пентафагу 2,12-2,16 кг ягід з куща.

Факторний аналіз показав, що цей же показник у межах 30,0-34,0 % визначається як схемами захисту, так і сезонними періодами росту і розвитку насаджень (рис. 2).

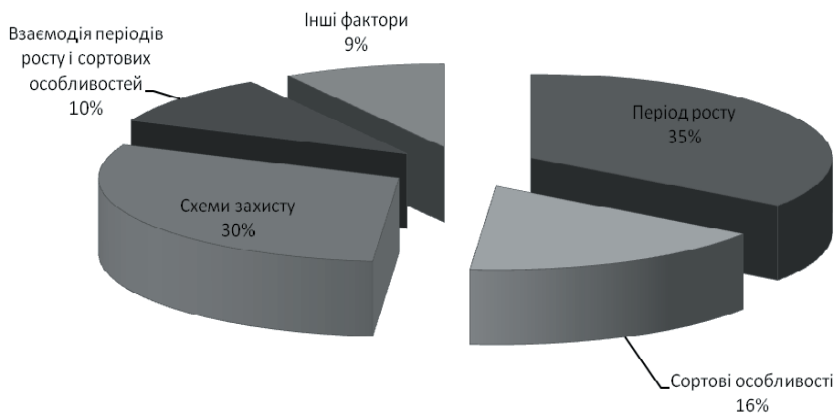


Рис. 2. Фактори та їх частки що визначають урожайність агрусу

Сортові особливості визначають 17,0 % урожайності, але в сприятливі сезонні періоди цей вплив зростає до 27,0 %.

Важливим аспектом досліджень було встановити вплив різних рівнів розвитку хвороби на урожайність насаджень агрусу. За критерії було взято кількісні показники розвитку сферотеки та ураження нею пагонів і ягід. Було встановлено що врожайність в насадженнях агрусу за період досліджень у повторах варіювала в межах 0,50-2,58 кг ягід з куща (табл. 2).

2. Продуктивність агрусу на фоні ураження насаджень сферотекою (Інститут садівництва НААН України, 2016-2018 рр.)

Показники	Середнє	Мінімум	Максимум	Варіабельність	Інтервали (95,0 %)		
					найменший	найбільший	
Середня маса ягоди, г	5,41±0,084	4,00	6,80	15,9	5,24	5,74	
Урожай з куща, кг	2,02±0,046	0,50	2,58	23,5	1,93	2,11	
Урожай, т/га	6,72±0,154	1,67	8,61	24,6	6,42	7,02	
Плоди	уражено, %	21,44±2,242	0	100,0	107,7	17,05	25,84
	розвиток хвороби, %	11,06±1,331	0	50,0	123,8	8,46	13,67
Пагони	уражено, %	23,93±2,725	0	100,0	117,2	18,59	29,27
	розвиток хвороби, %	8,18±1,131	0	50,00	142,3	5,97	10,40

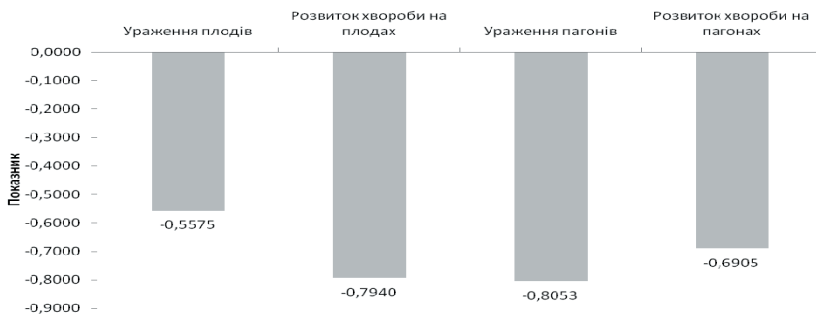


Рис. 3. Зв'язок між показниками ураження рослин агрусу сферотекою та врожайністю (з куща)

Ураження пагонів і плодів з різним ступенем розвитку хвороби може досягати до 100,0 %. Розвиток сферотеки на ягодах і пагонах рослин спостерігали в межах 50,0 %.

Кореляційний аналіз показав, що на протязі періоду спостереження виявлено високу ступінь прямого лінійного взаємозв'язку між урожаєм і показниками хвороби (рис. 3). Найбільшу кореляцію встановлено між кількістю уражених пагонів ($r = -0,8053$) і розвитком сферотеки на плодах ($r = -0,7940$).

На базі результатів досліджень було побудовано прогностичну модель урожайності (1), яка представляє собою лінійне рівняння регресії, аргументами якого є кількість уражених пагонів і розвиток хвороби на ягодах.

$$P = 2,3408 - 0,0113 \times Y - 0,0056 \times E \quad (1)$$

де, P – врожай агрусу з куща, кг; ($R = 0,7987$)

Y – кількість уражених пагонів, %;

E – розвиток хвороби на плодах, %

Слід також відмітити, що обліки ураження рослин сферотекою для прогностичної моделі варто проводити в межах третьої декади травня та першої половини червня.

На основі створеної моделі побудовано графік залежності врожайності від ураження пагонів і розвитку хвороби на плодах агрусу (рис. 4).

Встановлено, що зростання ураження пагонів знижує врожайність насаджень на 0,113, а розвиток хвороби на ягодах на 0,056 кг на кожні 10 % ураження. Отже, якщо ураження плодів не виявлено, то посилення ураження пагонів від 0 до 100 % знижує врожайність з куща на 1,130 кг (-48,3 %), з 2,341 до 1,211 кг. При наявності ж ще й розвитку хвороби на плодах на рівні 50 %, врожайність знижується ще на 0,280 кг з куща (-12 %) і в цілому не перевищуватиме 0,931 кг з куща ягід. При 100 %-го ураження плодів і пагонів цей показник не буде вище 0,651 кг ягід з куща.

Висновки. В умовах правобережної частини Західного Лісостепу України середня врожайність агрусу, за умов природного зволоження, становить $6,72 \pm 0,15$, при максимумі 8,61 т/га. Середні показники ураження сферотекою насаджень агрусу спостерігаються в межах 21,4-23,9 %, розвиток хвороби на рівні 8,1-11,0 %.

Домінуючими факторами, що визначають рівень урожайності агрусу, є розвиток сферотеки в залежності від схем застосування біологічних препа-

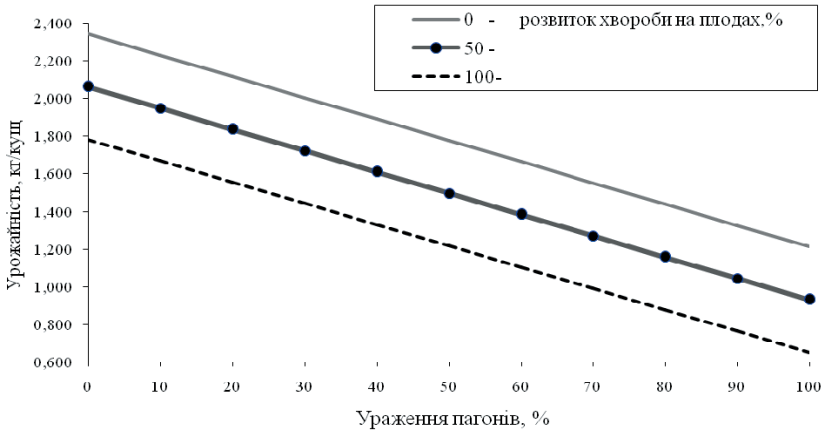


Рис. 4. Графік залежності врожайності агрусу від ураження та розвитку сферотеки

ратів (30 %) і чинників навколишнього середовища (34 %). Вплив сортових особливостей культури та їх прояв залежно від умов погоди в період вегетації коливається в межах 17,0 -27,0 %.

Обліки ураження рослин сферотекою для прогнозної моделі слід проводити в межах третьої декади травня та першої половини червня.

Розроблена номограма розвитку хвороби дозволяє завчасно оцінити стан насаджень агрусу, щодо перебігу інфекційного процесу і визначитися з необхідністю проведення захисних заходів.

Список використаної літератури

1. Гадзало Я.М. Інтегрований захист ягідних насаджень від шкідників у північно-західному Лісостепу і Поліссі України. Львів: Світ, 1999. 183 с.
2. Повышение эффективности защиты садов и ягодников от вредителей и болезней в Нечерноземье / О.З. Метлицкий, А.С. Зейналов, И.А. Ундрцова, С.Е. Головин, К.В. Метлицкая. *Садоводство и виноградарство*. 2005. № 5. С. 20-22.
3. Кошевникова Е.Ю. Фитосанитарное состояние насаждений крыжовника во ВНИИС им. И.В. Мичурина. *Плодоводство и ягодоводство России: сб. науч. работ*. Т. 11. Рос. акад. с.-х. наук. М., 2004. С. 167-175.
4. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Київ: Юнівест Медіа, 2018. 1040 с.
5. Довідник по захисту садів від шкідників і хвороб. За ред. О.С. Матвієвсько-го. К.: Урожай, 1990. 255 с.
6. Шестопал З.А., Файфер Д.Г., Шестопал Г.С. Довідник з інтегрованого захисту плодово-ягідних культур від шкідників і хвороб. Львів, 1999. 236 с.
7. Франк Р.И., Сазонова Л.А., Удальева С.Г. Биологические средства защиты растений на защите урожая. *Средства защиты растений*. 2005. С. 18-22.

8. Агроекологічні системи інтегрованого захисту плодкових і ягідних культур від шкідників і хвороб. Рекомендації. К.: КТ «Забеліна-Фільковська Т.С. і компанія Київська нотна фабрика», 2016. 152 с.
9. Галимзянова Н. Ф., Кузина Е.В. Влияние *Pseudomonas aureofaciens* ИБ-51 на комплексы микромицетов ризосферы пшеницы. *Микология и фитопатология*. 2012. № 5. С. 334-339.
10. Леляк А. А. Антагонистический потенциал бактерий рода *Bacillus* и препарата на их основе в отношении возбудителей корневых гнилей растений. *Защита растений в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур*: матер. межд. научно-практ. конф., пос. Краснообск (Новосибирская обл.). 2013. С. 207-209.
11. Методики випробування і застосування пестицидів / Під ред. С.О. Трибеля. К.: Світ, 2001. 447 с.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 3-е, доп. и перераб. М.: Колос, 1973. 336 с.

GOOSEBERRY (*RIBES UVA-CRIPPA* L.) YIELD PREDICTION ON THE BASIS OF THE MATHEMATICAL MODELLING DEPENDING ON THE SPHAEROTHECA DEVELOPMENT

O.G. POLGORODNIK, PhD

O. F. DENYSYUK, Leading Engineer

Institute of Horticulture, NAAS of Ukraine,

03027, Kyiv-27, 23, Sadova st.,

e-mail: onbt@ukr.net

In the recent years the problem of the protective measures in horticulture biologization necessity is set more and more often. It contributes to the reduction of the epiphytotic threat emergence and to the environmentally pure products obtaining. Taking into consideration the abovementioned, the basis of our work is the analysis of the Sphaerotheca development during the vegetation period on the gooseberry cultivars of different resistance under the influence of biofungicides and environmental factors. As a result, the mathematical model of the disease development prediction has been developed, which will enable to make objective decisions in the future regarding the gooseberry plantations integrated protection systems with their limited negative effect on the environment.

The average gooseberry yield has appeared to be 6.72 ± 0.15 t/ha with the 8.61 t/ha conditions of the Right-Bank Lisosteppe of Ukraine and of the natural moisture.

Besides, the average indexes of the plantations damage by Sphaerotheca are observed in the range of 21.4-23.9 %, disease development at a level of 8.1-11.0 %.

The Sphaerotheca development is considered the dominant factor determining the gooseberry yield level depending on the environmental factors (34.0 %) and the schemes of application of the biological preparations application (30.0 %). The influence of the crop varietal peculiarities and their display depending on the weather conditions during the vegetation period fluctuates from 17.0 to 27.0 %.

The important research aspect was to determine the impact of different disease

levels on the orchards yield. The regression correlation analysis has showed that the correlation between the yield and disease indicators fluctuate from -0.5575 to -0.8053. This means that the gooseberry shrubs damage with *Sphaerotheca* can reduce significantly the yield. The greatest correlation between the affected shoots number and disease development on the fruits and shoots is -0.8053 and -0.7940 respectively.

On the basis of the research results, a predictive yield model has been created, that is a linear equation, the arguments of which are the affected shoots number and the disease development on the berries. The determination coefficient at a level of 64.0% indicates the rather significant reliability of this equation.

On the basis of the created model, the nomograms yield were constructed depending on the shoots damage and the disease development on the fruits of gooseberry. The rise of the shoots affections has proved to reduce the plantations yield by 0.113, and the disease development by 0.056 kg on each 10 % of the affection.

The developed nomoprogram of the disease development makes it possible to estimate in advance the gooseberry plantations concerning infectious process and determine the necessity protective measures.

Key words: mathematical models, meteorological factors, yield, factor analysis, gooseberry, *Sphaerotheca*, biological preparations.

ПРОГНОЗ УРОЖАЯ КРЫЖОВНИКА (*RIBES UVA-CRIPPA* L.) НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗВИТИЯ СФЕРОТЕКИ

О.Г. ПОЛГОРОДНИК, кандидат с.-х. наук

А.Ф. ДЕНИСЮК, ведущий инженер

Институт садоводства НААН Украины,

03027, Киев-27, ул. Садовая, 23,

e-mail: onbt@ukr.net

*Представлена математическая модель прогноза урожая ягод крыжовника, в основе которой лежит обобщение влияния развития сферотеки (*Sphaerotheca morsuvae* Berk. et. Curt.) на него, в зависимости от схем применения биологических препаратов и факторов окружающей среды (температура воздуха, осадки), периодов вегетации и сортовых особенностей.*

Ключевые слова: метеорологические факторы, биологические препараты, крыжовник, сферотека, урожай, факторный анализ.

Одержано редколлегією 16.10.18