

**ОЦІНКА РІВНЯ МОНОЕКСПАНСІЇ ТА АСОЦІАЦІЇ
ВІРУСНИХ ІНФЕКЦІЙ У НАСАДЖЕННЯХ
КІСТОЧКОВИХ КУЛЬТУР УКРАЇНИ ЗА ДАНИМИ
МОНІТОРИНГОВИХ ОБСТЕЖЕНЬ**

Тряпичина Н.В.

Інститут садівництва УААН,
вул. Садова, 23, Новосілки, Київ-27, 03027, Україна
E-mail: tryapic@justice.com

Запропоновано статистичну модель для оцінки рівня асоціації між вірусами рослин при мультивірусному інфікуванні, рівня моноекспансії вірусів рослин при моноінфікуванні. Проаналізовано успішність розповсюдження вірусів у насадженнях кісточкових культур України.

Ключові слова: віруси кісточкових культур, моніторинг, моновірусне інфікування, мультивірусне інфікування, статистична модель.

Згідно з нормативними документами Європейської організації з карантину та захисту рослин (ЄОКЗР) [1-3], моніторингові спостереження за фітосанітарним станом насаджень плодових культур є важливою складовою у комплексі заходів, які спрямовані на боротьбу із шкодочинними для рослин організмами. Актуальність таких обстежень полягає, насамперед, у тому, що вони дають можливість оцінювати локальні зони ризику для різних культур та виявляти тенденції розвитку і змін фітовірусологічної ситуації як у різних типах насаджень, так і в різних зонах садівництва.

Як впливає з експериментальних даних відділу вірусології, оздоровлення та розмноження плодових та ягідних культур Інституту садівництва УААН, який займається системними моніторинговими обстеженнями насаджень плодових та ягідних культур України з 2004-го року, майже в усіх типах насаджень із різною частотою спостерігається явище комплексного ураження різними комбінаціями вірусів плодових культур, у тому числі і кісточкових [4-7]. Це створює певні проблеми при інтерпретації моніторингових даних, адже добре відомо, що при механічному розповсюдженні вірусів комплексна вірусна інфекція може значним чином його прискорити [8]. У цьому контексті окремий

інтерес представляє природне розповсюдження вірусів за рахунок векторних переносників, пилюку, насіння тощо, характерне для вірусів, що вражають насадження кісточкових культур, оскільки при інтерпретації даних моніторингових обстежень виникає проблема достовірної оцінки ролі таких явищ як моно- та мультівірусне інфікування для поширення того чи іншого вірусу. Такий аналіз є важливою складовою при розробці заходів з корекції фітосанітарного стану, зокрема насаджень кісточкових культур, який є більш динамічним і менш передбачуваним на відміну від стану насаджень зерняткових культур.

Є декілька зручних підходів для оцінки асоціації між вірусними інфекціями. Найпростіший з них – використання коефіцієнтів кореляції. Один з найбільш вживаних у таких випадках – коефіцієнт Спірмена для рангової кореляції, непараметричний еквівалент коефіцієнту кореляції Пірсона [9]. Рівень локальної асоціації для двох вірусів можна також оцінювати з використанням просторового аналізу індексів відстані (Spatial Analysis by Distance Indices – Sadie) [10]. Зручним методом оцінки парної асоціації вірусів або екологічного синергізму є також коефіцієнт Жакарда [9]. Але жоден з цих підходів не дає можливості оцінити загальну тенденцію до асоціації того чи іншого вірусу з іншими вірусами у випадках, коли треба проаналізувати дані інфікування господаря цим вірусом у декількох комбінаціях з іншими і визначити загальну тенденцію при його розповсюдженні. Саме така проблема часто виникає при інтерпретації даних моніторингових обстежень.

Оцінка варіантів асоціації між різними вірусними інфекціями є також необхідною для розуміння екології патогену, етіології захворювання, яке він викликає, та для можливості застосування своєчасних заходів з контролю економічних наслідків таких явищ.

Дана робота є спробою створення статистичної моделі з оцінки рівня асоціації між різними вірусними інфекціями та рівня моноекспансії вірусів у насадженнях кісточкових порід, а також їх впливу на поширення вірусів з метою систематизації даних щодо розповсюдження у вітчизняних насадженнях кісточкових порід таких патогенів, як вірус шарки сливи (ВШС), вірус карликовості сливи (ВКС), вірус некротичної кільцевої плямистості (ВНКП) та вірус скручування листя черешні (ВСЛЧ).

Матеріали і методи. У роботі використано дані системних моніторингових обстежень маточних та колекційних насаджень

кісточкових культур, зокрема вишні, черешні, абрикоса, персика, сливи та аличі в господарствах 10-ти областей України (Вінницької, Дніпропетровської, Донецької, Закарпатської, Запорізької, Київської, Кримської, Одеської, Черкаської, Чернівецької).

Ідентифікацію вірусів у рослинному матеріалі проводили виключно з використанням сертифікованих специфічних поліклональних антитіл, застосовуючи класичний варіант непрямого імуоферментного методу (DAS-Double Antibody Sandwich) [11].

Оцінка моновірусного та мультивірусного інфікування.

Нехай загальна кількість перевірених на наявність i -го вірусу зразків кожного господаря дорівнює N_k , де $k=1,2,\dots,n_k$. Нехай також загальна кількість зразків кожного господаря, інфікованих i -тим вірусом складає N_{ik} .

Введемо показники Nm_{ik} та Na_{ik} , що відображають кількість перевірених зразків, які виявилися інфікованими відповідно одним (моноінфекція) або декількома вірусами (асоційована інфекція). Тоді поширеність i -го вірусу або частота його трапляння, що спостерігається ($F_{ik} \text{ obs}$) у господаря k можна описати наступною формулою:

$$F_{ik} \text{ obs} = (Nm_{ik} + Na_{ik}) / N_k \quad (1)$$

Цей показник, який є результатом моніторингових спостережень можна розглядати як статистичну ймовірність інфікування i -тим вірусом господаря k . Відповідно статистична ймовірність того, що серед інфікованих зразків цього господаря існують моноінфіковані зразки ($Fm_{ik} \text{ obs}$) та зразки з асоційованою інфекцією ($Fa_{ik} \text{ obs}$) або частоту трапляння таких зразків серед інфікованих, можна описати наступними формулами:

$$Fm_{ik} \text{ obs} = Nm_{ik} / N_{ik} \quad (2)$$

$$Fa_{ik} \text{ obs} = Na_{ik} / N_{ik} \quad (3)$$

Показники, розраховані за формулами 2 та 3 є емпіричними і відображають реальний фітовірусологічний стан в насадженнях певної культури. Але при оцінці моніторингових даних важливо знати, наскільки емпіричні дані відповідають теоретично очікуванним. Теоретичну, або очікувану ймовірність моноінфікування та асоційованого вірусного інфікування можна розрахувати, виходячи з припущення про незалежне інфікування господарів різними

вірусами.

З точки зору теорії ймовірностей інфікування господаря k i -тим вірусом та неінфікування кожним іншим вірусом є незалежними сумісними випадковими подіями. Ймовірність сумісної появи декількох випадкових подій дорівнює їх добутку. Зокрема, вірогідність того, що відібрані зразки будуть інфікованими лише одним вірусом (p_{ik}) має наступний вираз:

$$p_{ik} = F_{ik} \prod_{j \neq i} (1 - F_{jk}) \quad (4)$$

При цьому було враховано емпіричну ймовірність інфікування господаря k вірусом i ($F_{ik, \text{obs}}$) та умовні ймовірності неінфікування кожним іншим вірусом ($j \neq i$). Оскільки сума ймовірностей повної групи випадкових подій дорівнює одиниці, другий множник у цій формулі таким чином описує умовну вірогідність існування зразків, які не будуть інфікованими жодним j -тим вірусом ($j \neq i$), яку можна розглядати, як очікувану вірогідність моноінфікованих зразків:

$$pm_{ik} = \prod_{j \neq i} (1 - F_{jk}) \quad (5)$$

Тоді умовна вірогідність або очікування появи зразків з асоційованим типом інфікування, як протилежна подія, дорівнюватиме:

$$pa_{ik} = 1 - \prod_{j \neq i} (1 - F_{jk}) \quad (6)$$

Формули 5 та 6 описують теоретичну ймовірність появи зразків у виборці з моновірусною інфекцією та асоційованою інфекцією.

Виходячи із гіпотези, на якій побудовано наші розрахунки, про незалежне інфікування кожним вірусом, тобто про відсутність асоціацій між вірусами при інфікуванні, як кількість моноінфікованих рослин, так і кількість рослин з асоційованою вірусною інфекцією, будуть підкорятися нормальному розподілу. Для моноінфікованих зразків – із випробуванням Fm_{ik} та вірогідністю pm_{ik} , для зразків з асоційованою інфекцією відповідно – із випробуванням Fa_{ik} та вірогідністю pa_{ik} .

Тоді індекс асоціації вірусів (Ia_k) можна представити як різницю між відношенням кількості зразків, інфікованих i -тим вірусом у комплексі з одним або декількома вірусами до загальної кількості зразків, інфікованих i -тим вірусом (Na_{ik}/ N_{ik}) та

вірогідністю асоційованої інфікованості (pa_{ik}):

$$Ia_k = Na_{ik} / N_{ik} - pa_{ik}, \quad (7)$$

або

$$Ia_k = Fa_{ik} \text{ obs} - pa_{ik}, \quad (8)$$

Індекс моноекспансії (Ime_k), відповідно, можна представити як різницю між відношенням кількості зразків моноінфікованих і-тим вірусом до загальної кількості зразків, інфікованих і-тим вірусом (Nm_{ik} / N_{ik}) та вірогідністю моноінфікованості pm_{ik} :

$$Ime_k = Nm_{ik} / N_{ik} - pm_{ik}, \quad (9)$$

або

$$Ime_k = Fm_{ik} \text{ obs} - pm_{ik} \quad (10)$$

Індекс асоціації (Ia_k) та індекс моноекспансії (Ime_k) вірусів може приймати значення від -1 до +1, віддзеркалюючи відповідно негативну або позитивну асоціацію між вірусами чи негативну або позитивну тенденцію вірусів до моноекспансії. Можна також тепер увести класифікацію рівнів асоціації та моноекспансії відповідно до значень запропонованих індексів за загальноприйнятою математичною класифікацією (табл. 1).

Таблиця 1. Класифікація рівнів асоціації та моноекспансії вірусів

Значення індексів асоціації вірусів (Ia_k) та моноекспансії вірусів (Ime_k)	Рівень асоціації та рівень моноекспансії вірусів
$> \pm 0,91$	дуже сильний
$\pm 0,71-0,90$	сильний
$\pm 0,51-0,70$	помірний
$\pm 0,21-0,50$	слабкий
$< \pm 0,20$	дуже слабкий

Така класифікація носить досить умовний характер, адже відбиває лише статистичний аспект взаємозв'язків. Реальний зміст сили таких взаємозв'язків може бути відкорегованим емпіричними спостереженнями.

Оцінка ефективності стратегії розповсюдження вірусів. Оскільки індекс асоціації (Ia_k) та індекс моноекспансії (Ime_k)

вірусів може приймати як позитивні, так і негативні значення, представляється доцільним оцінка векторної суми цих показників для можливості порівняльної оцінки ефективності стратегії розповсюдження вірусів. Зокрема, для обрахування векторної суми цих показників було застосовано загальні правила векторної алгебри для колінеарних одно- та різнонаправлених векторів, яке полягає в звичайному розкритті дужок, як при операціях із числами [14].

Результати та їх обговорення. Для оцінки розповсюдження чотирьох вірусів у насадженнях кісточкових культур розраховано та проаналізовано індекси асоціації вірусів та індекси моноекспансії вірусів для шести культур.

Індекс асоціації вірусу. Частота, з якою два або більше вірусів зустрічаються у одній тій самій екологічній ніші (такій, як певна культура) відбиває їх біологічні властивості і може віддзеркалювати привабливість (атрактивність) цього господаря або її відсутність для спільного існування вірусів.

Асоціація між вірусами на рівні певної культури може існувати принаймні в декількох випадках:

1) два або декілька вірусів одночасно обирають однакові фактори існування чи навпаки їх уникають;

2) два або декілька вірусів поширюються в однаковий спосіб або спрощують проникнення до господаря один одному;

3) два або декілька вірусів мають між собою певну спорідненість;

4) наявність спільного векторного переносника для двох або декількох вірусів;

5) наслідки непрямих ефектів, наприклад, сприяння поширенню вірусів умов зовнішнього середовища.

У багатьох випадках природу таких взаємовідносин між вірусами в конкретній екологічній ніші визначає декілька механізмів одночасно.

Як видно з табл. 2, з 20-ти розрахованих індексів асоціації вірусів (I_{as_k}) лише 5 мали від'ємне значення (25 %). За силою виявлених зв'язків 16 індексів (80 %) можна віднести до розряду дуже слабких ($< \pm 0,20$), 3 індекси (15 %) – до розряду слабких ($\pm 0,21-0,50$). Найвищим серед розрахованих виявився індекс асоціації вірусу шарки сливи для аличі (0,899). За шкалою оцінювання індексу асоціації вірусів такий показник може свідчи-

ти про сильний синергічний зв'язок у насадженнях аличі вірусу шарки сливи, зокрема з вірусом НКП, оскільки серед усіх виявлених випадків комплексного інфікування аличі 77,8 % складають зразки з асоційованим інфікуванням саме у комплексі ВШС та ВНКП. Але у більшості проаналізованих випадків мова скоріше може йти про антагоністичні взаємовідносини між вірусами.

Таблиця 2. Оцінка мультивірусного інфікування насаджень кісточкових культур

Культура	Індекс асоціації вірусу (I_{as_k})			
	ВСЛЧ	ВШС	ВКС	ВНКП
Алича	–	0,889	0,114	0,160
Абрикос	–	-0,080	0,041	-0,026
Слива	–	0,006	0,430	-0,029
Персик	–	0,362	0,345	0,101
Вишня	0,167	0,101	0,164	0,161
Черешня	-0,074	0,121	-0,094	0,003

За усередненими значеннями індексу асоціації (з урахуванням усіх культур) лідирує вірус ВШС (0,233), проміжне місце посів вірус ВКС (0,167), замикають перелік віруси НКП (0,062) та СЛЧ (0,047). Тобто, серед чотирьох оцінених у такий спосіб вірусів, тенденція до асоціації при розповсюдженні в насадженнях кісточкових культур максимально виражена у вірусу шарки сливи.

Індекс моноекспансії вірусу. Дисоціація вірусів або тяжіння до моноекспансії може бути результатом явищ, протилежних за значенням вищеперерахованим явищам, які сприяють асоціації вірусів, а також наслідком прямого змагання за ресурси господаря та системно набутою резистентністю господаря [15].

Розраховані індекси моноекспансії підтвердили попередні висновки, зроблені за аналізу індексів асоціації вірусів щодо переважання антагоністичних та дісоціативних тенденцій у взаємовідносинах між вірусами в насадженнях кісточкових культур.

З 20-ти розрахованих індексів моноекспансії лише 3 (15 %) мали від'ємне значення. За силою виявлену дісоціацію вірусів можна оцінити як дуже слабку у 25 % випадків, ще у 30 % випадків її можна оцінити як слабку, 20 % розрахованих індексів характеризують помірні зв'язки і, нарешті, в розряд сильних зв'язків

потрапляють 25 % проаналізованих випадків (табл. 3).

Таблиця 3. Оцінка моновірусного інфікування насаджень різних кісточкових культур

Культура	Індекс моноекспансії вірусу (I_{me_k})			
	ВСЛЧ	ВШС	ВКС	ВНКП
Алича	–	-0,030	0,644	0,599
Абрикос	–	0,853	0,741	0,799
Слива	–	0,737	0,281	0,751
Персик	–	-0,004	-0,021	0,257
Вишня	0,129	0,581	0,354	0,309
Черешня	0,019	0,406	0,553	0,458

Виражена тенденція вірусної інфекції до моноекспансії не завжди урівноважується відсутністю тенденції цього вірусу до асоційованого інфікування, або, іншими словами, не завжди співвідношення між індексом асоціації вірусів та індексом моноекспансії вірусу носить альтернативний характер. Найвиразнішим такий тип альтернативного збалансування спостерігається для вірусу шарки сливи в насадженнях кісточкових культур сливової групи. Як видно з розрахунків, вірус шарки сливи при інфікуванні обирає або виражену тактику асоціації з іншими вірусами (на аличі та персику) або тактику чітко вираженої моноекспансії (на абрикосі та сливі). За ураження черешні та вишні для вірусу шарки сливи переважають дисоціативні тенденції.

Сьогодні відомі 6 штамів цього вірусу, які різняться за рівнем агресивності. Саме епідемічний прогноз розповсюдження вірусу шарки сливи пов'язують із штамом PPV-M (Marcus), який вперше було виявлено на персику в Італії [16]. Цей штам найкраще передається попелицями. Оскільки вірус шарки сливи в нашій роботі було ідентифіковано з використанням поліклональних анти-тіл, ми станом на сьогодні не можемо говорити про присутність конкретного штаму чи штамів у вітчизняних кісточкових насадженнях сливової групи. Щодо штаму, який вражає насадження вишні та черешні (PPV-C), то відомо, що його природними господарями можуть бути тільки вишня та черешня, обидва ізоляти майже ідентичні і мають лише деякі відмінності в нуклеотидній послідовності некодуючих регіонів [17]. Цей штам розповсюджується також із використанням векторних переносни-

ків, але меншою мірою, ніж штам PPV-M, у порівнянні з яким він є значно менш агресивним.

Для вірусу карликовості сливи найвиразнішою тенденція до дисоціації вірусів виявилася в насадженнях абрикоса, аличі та черешні, для вірусу некротичної кільцевої плямистості – в насадженнях аличі та сливи. У вірусу скручування листя черешні обидві тенденції, як для вишні, так і для черешні, є дуже слабкими.

Слід зазначити, що для всіх культур та вірусів не виявлено достовірної кореляції між індексом асоціації вірусу чи індексом моноекспансії вірусу з одного боку та його поширеністю в перевірених насадженнях ($F_{ik\text{ obs}}$). Іншими словами, в жодному з проаналізованих випадків збільшення спеціалізації вірусу у бік моноінфікування або у бік комплексного інфікування не дало йому переваг у поширенні в насадженнях кісточкових культур.

Оцінка ефективності стратегії розповсюдження вірусів. Щодо векторної суми індексів асоціації та моноекспансії вірусу (табл. 4), яка за біологічним змістом віддзеркалює рівень спеціалізації механізмів розповсюдження конкретного вірусу в насадженнях кісточкових культур, то виявлено достовірну негативну кореляцію цього показника з рівнем розповсюдження вірусів шарки сливи, некротичної кільцевої плямистості та вірусу карликовості сливи (табл. 5).

Таблиця 4. Векторна сума індексів асоціації та моноекспансії вірусів у насадженнях кісточкових культур

Культура	Векторна сума індексів асоціації та моноекспансії вірусів			
	ВСЛЧ	ВШС	ВКС	ВНКП
Алича	–	0,859	0,758	0,759
Абрикос	–	0,733	0,781	0,773
Слива	–	0,743	0,711	0,751
Персик	–	0,358	0,324	0,358
Вишня	0,296	0,682	0,518	0,470
Черешня	-0,055	0,527	0,459	0,461

Результати розрахунків показують, що для всіх цих вірусів більш успішний рівень розповсюдження в насадженнях спостерігається за умови найнижчої векторної суми двох індексів. Чим нижчою є спеціалізація вірусу, чим менш альтернативний

характер вона має, тим успішніше поширюються ці віруси в насадженнях кісточкових.

Таблиця 5. Коефіцієнти кореляції Пірсона між векторною сумою індексів моноекспансії та асоціації вірусів і рівнем розповсюдження цих вірусів у насадженнях кісточкових культур

Вірус	Коефіцієнт кореляції Пірсона	Рівень достовірності (p-value)
ВШС	-0,831	0,040
ВКС	-0,954	0,003
НКП	-0,947	0,004

Таким чином, підсумовуючи спостереження, можна відмітити, що вузька спеціалізація кожного з 3-х проаналізованих вірусів або до моноінфікування, або до комплексного інфікування кісточкових культур не надає йому переваг при розповсюдженні. Відомо, що співіснування декількох вірусів в одному і тому ж господарі обов'язково супроводжується змінами рівня їх вірулентності, в тому числі і у бік зниження, що робить ці штами менш конкурентоспроможними при поширенні. Крім того, таке співіснування певним чином може сприяти генетичній неоднорідності самих вірусів за рахунок обміну генетичним матеріалом між різними патогенами та їх лініями [18-20].

Як несприятливі для розповсюдження вірусів можна оцінити випадок альтернативного співвідношеннями між індексами моноекспансії та асоціації вірусів (наприклад, співвідношення між індексами вірусу ВШС на аличі, сливі та абрикосі) та випадок, коли обидва індекси є досить високими (співвідношення між індексами вірусу карликовості сливи для аличі та сливи). Тому, з точки зору фітовірусологічного прогнозу, ці два варіанти є найменш загрозливими.

З цих міркувань випливає важливий висновок щодо оцінки реального змісту сили взаємозв'язків, що описуються індексами моноекспансії та асоціації, представлених у табл. 1. Саме з найнижчою за такою шкалою оцінкою рівня моноекспансії та асоціації, «дуже слабким» рівнем, можуть бути пов'язані небезпечні прогнози щодо розповсюдження того чи іншого вірусу в насадженнях кісточкових культур, а такі показники складають більш, ніж половину від усіх розрахованих. Серед культур, у

насадженнях яких розповсюдження вірусів викликає сьогодні найбільше занепокоєння – персик, вишня, черешня та, певною мірою, слива. Найбільш благополучними можна вважати тенденції розвитку фітовірусологічної ситуації в насадженнях таких культур, як алича та абрикос.

Отже, розроблено статистичну модель, яка дозволяє оцінити відхилення від нульової гіпотези про незалежне і випадкове вірусне інфікування рослинних господарів.

Використання статистичної моделі на прикладі даних про рівень інфікованості насаджень шести кісточкових культур чотирма рослинними вірусами, які передаються природним шляхом, дозволило оцінити тенденції розвитку фітовірусологічної ситуації в насадженнях цих культур.

Оцінено реальний зміст сили взаємозв'язків, що описуються індексами моноекспансії та асоціації вірусів.

1. OEPP/EPPO Certification schemes. No. 1. Virus-free or virus-tested fruit trees and rootstocks. Part I. Basic scheme and its elaboration //Bulletin OEPP/EPPO Bulletin. – 1991. – № 21. – P. 267-277.

2. OEPP/EPPO Recommendations made by EPPO Council in 1981: certification of virus-tested fruit trees, scions and rootstocks //EPPO Technical Documents. – 1992. – № 13. – P. 42-43.

3. OEPP/EPPO Certification schemes. No. 1. Virus-free or virus-tested fruit trees and rootstocks. Part IV. Technical appendices and table of contents //Bulletin OEPP/EPPO Bulletin. – 1992. – № 22. – P. 277-283.

4. Новые сведения о распространении вирусов косточковых культур в Украине /С.О. Васюта, В.М. Удовиченко, Н.В. Тряпицина [и др.] //Міжнар. конф. «Біоресурси та віруси» (Київ, 10-13 вересня 2007 р.): тез. доп. – К., 2007. – С. 167.

5. Virus diseases of fruit crops in Ukraine /Udovychenko V.M., Tryapitsyna N.V., Vasyuta S.O. [et al.] //10th International Plant Virus Epidemiology Symposium [«Controlling epidemics of emerging and established plant virus diseases – the way forward»] (15-19 October 2007, ICRISAT Patancheru 502324, AP, India). – 2007. – P. 111.

6. Васюта С.О. Діагностика вірусів кісточкових культур методом імуноферментного аналізу /С.О. Васюта, Н.В. Тряпицина //Садівництво: міжвідомч. темат. наук. зб. – 2007. – Вип. 60. – С. 264-275.

7. Фітовірусологічний моніторинг стану насаджень кісточкових культур України /П.В. Кондратенко, Н.В. Тряпицина, С.О. Васюта [та ін.] //Вісник аграрної науки. – 2009. – № 6. – С. 22-26.

8. Технология производства безвирусного посадочного материала

плодовых, ягодных культур и винограда /под ред. Г.В. Семчишиной. – М.: Союзплодопитомник, 1989. – P. 167.

9. Ludwig J.A.. Statistical ecology: a primer on methods and computing //J.A. Ludwig, J.F. Reynolds //Wiley-Interscience Publications. – New York, 1988. – P. 337.

10. Perry J.N. Spatial association for counts of two species /J.N. Perry //Acta Jutlandica. – 1997. – № 72. – P. 149-169.

11. Clark M.F. Characteristics of the microplate method of the enzyme – linked immunosorbent assay for the detection of plant virus /M.F. Clark, A.N. Adams //J. Gen. Virol. – 1977. – Vol. 34, № 3. – P. 475-483.

12. Тряпичина Н.В. Оцінка рівня асоціації між вірусами при мультівірусному інфікуванні насаджень вишні та черешні /Тряпичина Н.В. //С.-г. мікробіол.: міжвідомч. темат. наук. зб. – Чернігів: ЦНТЕІ, 2008. – Вип. 8. – С. 160-167.

13. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей /Б.В. Гнеденко. – М.: Наука, 1965. – 400 с.

14. Александров П.С. Курс аналитической геометрии и линейной алгебры /П.С. Александров. – М.: Наука, 1979. – 512 с.

15. Sticher L. Systemic acquired resistance /L. Sticher, B. Mauch-Mani, J.P. Metraux //Annual Review of Phytopathology. – 1997. – № 35. – P. 235-270.

16. Production and characterization of a monoclonal antibody specific to the M serotype of plum pox potyvirus /D. Boscia, H. Zeramdini, M. Cambra [et al.] //European J. of Plant Pathol. – 1997. – № 103. – P. 477-480.

17. The complete nucleotide sequence of Plum pox virus isolates from sweet (PPV-SwC) and sour (PPV-SoC) cherry and their taxonomic relationships within the species /A. Fanigliulo, S. Comes, E. Maiss [et al.] //Arch. of Virol. – 2003. – № 143. – P. 2137-2153.

18. The rate and character of spontaneous mutation in an RNA virus /J.M. Malpica, A. Fraile, I. Moreno [et al.] //Genetics. – 2002. – № 162. – P. 1505-1511.

19. Garcia-Arenal F. Variation and evolution of plant virus populations /F. Garcia-Arenal, A. Fraile, J. M. Malpica //Int. Microbiol. – 2003. – № 6. – P. 225-232.

20. Alizon S. Decreased overall virulence in coinfecting hosts leads to the persistence of virulent parasites /S. Alizon //Am. Nat. – 2008. – № 172. – P. 67-79.

ОЦЕНКА УРОВНЯ МОНОЭКСПАНСИИ И АССОЦИИИ ВИРУСНЫХ ИНФЕКЦИЙ В НАСАЖДЕНИЯХ КОСТОЧКОВЫХ КУЛЬТУР УКРАИНЫ ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГОВЫХ ОБСЛЕДОВАНИЙ

Тряпицына Н.В.

Институт садоводства УААН, г. Киев

Предложены статистические модели для оценки уровня ассоциации между вирусами при мультивирусном инфицировании, уровня моноэкспансии при моноинфицировании вирусами растений. Проанализирована успешность распространения вирусов в насаждениях косточковых культур Украины.

Ключевые слова: вирусы косточковых культур, мониторинг, моновирусное инфицирование, мультивирусное инфицирование, статистическая модель.

EVALUATION OF LEVEL OF VIRUS INFECTION MONOEXPANSION AND ASSOCIATION IN STONE CROPS IN UKRAINE ACCORDING TO THE MONITORING INVESTIGATIONS

Tryapitsyna N.V.

Institute of Horticulture, UAAS, Kyiv

The statistical models for estimation of association level between viruses at multipathogen infection and monoexpansion level at monopathogen infection by plant viruses are offered. Virus spreading in stone fruit crops in Ukraine was analyzed.

Key words: monitoring, monopathogen infection, multipathogen infection, statistical model, stone fruit crops viruses.