

pean standards. Cement production has more to do with economic feasibility, the ecological environment and human health are not always taken into account. Certain conclusions are made. Some ways to reduce air and environmental pollution are suggested.

Keywords: minerals, alternative fuel, clinker, portland cement, portland cement clinker.

УДК 632.4:582.55/56

Здобувач В.П. Ковальчук¹ –
Ботанічний сад ім. акад. О.В. Фоміна

КОРОТКОТЕРМІНОВЕ ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ БОРОШНИСТОЇ РОСИ АЗАЛІЇ (*ERYSIPHE AZALEA* U. BRAUN) В УМОВАХ УРБАНІЗОВАНИХ ЕКОСИСТЕМАХ МЕГАПОЛІСУ

Обґрунтовано основні параметри, які потрібно враховувати у прогнозуванні дати появи збудника борошністої роси азалії. До них належать кількість днів зі середньодобовою температурою понад +10 °С до перших ознак хвороби та сума температури за цей період або кількість днів із середньодобовою температурою від початку розпускання бруньок до перших ознак хвороби та сумою температури за цей період. Розроблено математичні моделі, які пов'язують дату появи хвороби з кожним із наведених параметрів, що зменшує похибку прогнозу цього складного процесу.

Ключові слова: борошніста роса азалії, прогнозування появи, мегаполіс.

Вступ. Борошніста роса азалії (*Erysiphe azalea* (U. Braun) U. Braun & S. Takam) є найпоширенішою хворобою рослин роду *Rhododendron* L., що вирощуються у ботанічних садах та використовуються для озеленення міст Лісостепою України. Одним з основних шляхів захисту рослин від борошністої роси є використання відповідних синтетичних або біологічних фунгіцидів. Ефективність дії фунгіцидів на розвиток фітопатогенів залежить від своєчасної першої оброблення, яка має бути здійснена у період ураження лише 0,5-1,0 % поверхні листків [4]. Визначити оптимальний термін для обприскування рослин фунгіцидами від борошністої роси в умовах урбанізованих екосистемах мегаполісу є досить складною проблемою. Особливо актуальна ця проблема у ботанічних садах, дендраріях і парках міста, на території яких регулярно присутні люди. Поряд із цим, візуальний огляд рослин з метою визначення прояву хвороби, зважаючи на "очаговість" її поширення, не є ефективним. Отже, розроблення методики прогнозування дати появи борошністої роси азалії є актуальним науково-практичним завданням, вирішення якого дасть змогу унеможливити масове ураження рослин, покращувати їх фітосанітарний стан та декоративність за мінімального обсягу обробок.

Матеріал і методи. Дослідження здійснювали впродовж 2004-2006 рр. та 2011-2013 рр. на ділянках Ботанічного саду імені академіка О.В. Фоміна Київського національного університету імені Тараса Шевченка, розташованого в зоні Північного Лісостепу.

За розвитком борошністої роси *Erysiphe azalea* U. Braun. вели спостереження впродовж вегетації рослин роду *Rhododendron* L., враховуючи розвиток хвороби та її поширення за кількістю уражених рослин. Поширення хвороби (P, %) визначали за формулою

$$P = (n / N) \times 100,$$

де: n – кількість уражених хворобою рослин, шт.; N – загальна кількість облікованих рослин, шт. Для визначення інтенсивності розвитку хвороби (R, %) використовували формулу

$$R = (\sum n \times b / N \times 5) \times 100,$$

де: n – кількість уражених хворобою рослин, шт.; N – загальна кількість облікованих рослин, шт.; b – відповідний бал ураження; $\sum n \times b$ – сума добутків кількості рослин на відповідний бал ураження; 5 – найвищий бал ураження 5-бальної шкали.

Прогнозування розвитку борошністої роси азалії проводили за методикою І.Я. Плякова та ін. [8]. Математичну обробку даних здійснювали дисперсійним методом за Б.А. Доспеховим [5].

Результати досліджень. Прогноз розвитку хвороб у захисті рослин ґрунтується на теоретичних уявленнях про динаміку популяцій шкідливих організмів з урахуванням закономірностей процесу розвитку. Існує два основних види закономірностей: якісні (еволюційні) і кількісні (динамічні). Використання цих закономірностей під час прогнозування епіфітотій хвороб узгоджується з теорією стійкості Ремі Тома, яка базується на дослідженні розвитку біологічних систем. Тому епіфітотії кваліфікуються як закономірний автохвильовий циклічний процес розвитку і функціонування у просторі і часі, який відбувається синхронно з циклами навколишнього середовища [10].

Однією із складних проблем прогнозування хвороб рослин є те, що розгляд динаміки прояву захворювання потребує ретельного дослідження взаємодії щонайменше двох популяцій: рослини-господаря і збудника з урахуванням особливостей метеорологічних показників [3, 9-11]. На рослину-господаря та збудника впливають чинники, що взаємодіють між собою, внаслідок чого можуть утворюватися ефекти як синергізму, так і антагонізму. Серед таких чинників провідними є метеорологічні показники, які зумовлюють сприятливість або несприятливість рослини-господаря до збудника, рівень патогенності гриба, темпи сезонного розвитку самої рослини-господаря, її окремих фаз розвитку та тривалість інкубаційного періоду збудника на певному виді, сорті, формі рослин [11]. З наведеного випливає, що в основу прогнозування хвороби можуть бути покладені прояви дії зв'язків між показниками, їх тенденцією та чинниками, що на них впливають.

У табл. 1 наведено метеорологічні показники температури та опадів у районі проведення наших спостережень за розвитком борошністої роси азалії. Аналіз багаторічних метеорологічних даних свідчить, що середня багаторічна температура становила +17,2 °С. За вегетаційний період найвища температура спостерігалась у 2012 р. (+18,37 °С), а найнижча – у 2004 р. (+15,83 °С). Найбільше опадів випало у 2014 р. (75 мм), а найменше – у 2005 р. (46,67 мм).

Прогноз первинних осередків захворювання рослин збудником борошністої роси та сезонний прогноз, наприклад оідіуму винограду (*Uncinula necator* Burtl.) [8] ґрунтується на сумі активних температур. Для цього з моменту розпускання бруньок додають середньодобову температуру повітря. Сума 237 °С

¹ Наук. керівник: заст. директора з наукової роботи С.В. Ретьман, д-р с.-г. наук – Інститут захисту рослин НААН

збігається з першими ознаками прояву хвороби внаслідок зараження рослин міцелієм, що перезимував. Потім вираховують середню температуру за наступні чотири дні (після суми 237 °С) і за середньою температурою визначають тривалість інкубаційного періоду в днях, установлюючи закінчення генерації гриба. Інкубаційний період за температури +10 °С триває 8-10 днів; за +14 °С – 5,5-6 днів; за +20 °С – 3,5-4 дні; за +22...24 °С – 4 дні; за +26 °С – 4,5 днів.

Табл. 1. Метеорологічні показники за роки спостережень (2004-2006 рр. та 2011-2013 рр.)

Рік	Показники	Місяць						За вегетацію
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	
2004	температура, °С	13,2	17,7	20,5	20,1	14,2	9,3	15,83
	опаді, мм	53	7	112	130	79	31	68,68
2005	температура, °С	10,4	16,5	17,3	21,4	20,0	16,3	17,98
	опаді, мм	41	40	77	29	86	7	46,67
2006	температура, °С	9,7	14,4	18,4	20,9	19,9	15,4	16,45
	опаді, мм	29	131	119	68	54	35	72,67
2011	температура, °С	10,2	16,7	21,1	21,7	19,3	15,8	17,47
	опаді, мм	23	27	134	152	51	19	67,67
2012	температура, °С	11,8	18,1	20,0	23,7	20,4	16,2	18,37
	опаді, мм	82	43	92	36	116	33	67,0
2013	температура, °С	10,3	18,9	21,6	20,8	19,9	12,4	17,32
	опаді, мм	34	42	90	20	51	213	75,0
Середнє багаторічне	температура, °С	10,9	17,1	19,8	21,5	18,9	14,8	17,2
	опаді, мм	43,7	48,3	104,0	72,5	72,8	56,3	66,3

Із багаторічних спостережень і літературних джерел відомо, що вологість опосередковано впливає на розвиток більшості борошнисторосляних грибів [1, 2]. Але зазвичай під час догляду за рододендронами в період вегетації їх постійно обприскують водою у першій половині дня. Це нівелює вплив вологості повітря та опадів на розвиток борошнистої роси. Тому для розрахунку прогнозу з'явлення перших ознак хвороби та її розвитку ми використовували лише показники добової суми температури.

За даними Н.В. Алейнікової [1], гриб *Uncinula necator* в умовах західного передгірного Криму впродовж вегетації утворює 12 поколінь. А, наприклад, збудник борошнистої роси ячменю (*Blumeria graminis f. sp. hordei* DC Marchal) за період вегетації може сформувати від 10 до 20 генерацій [6, 7].

Беручи до уваги наведені дані утворення генерацій інших борошнисторосляних грибів, ми зробили розрахунки поколінь грибом *Erysiphe azaleae* в умовах Ботанічного саду імені академіка О.В. Фоміна. Встановлено, що розпускання бруньок, найбільш сприятливого до зараження збудником борошнистої роси азалії рододендрона японського (*Rhododendron japonicum* (A. Gray) Suring.), може відбуватися у досить широкому діапазоні – від 17.04. 2005 р. до 10.05.2006 р. Дату переходу середньодобової температури +10 °С спостерігаємо у квітні, але найбільш ранній перехід температурного режиму через цей рівень зафіксовано 08.04.2004 р., а найбільш пізній – 30.04.2006 р. З огляду на це, кількість інкубаційних періодів (генерацій) гриба та дати прояву перших ознак за-

раження рослин рододендрона японського збудником також кожного року були іншими. Раннє проявлення зараження рододендрона японського грибом спостерігали 04.05.2013 р., а пізнє – 03.06. 2006 р. Усього за рік утворювалося від 8 (2004, 2006 рр.) до 15 (2012 р.) генерацій (табл. 2).

Табл. 2. Кількість інкубаційних періодів (генерацій) борошнистої роси азалії на *Rhododendron japonicum* (A. Gray) Suring. в Ботанічному саду імені академіка О.В. Фоміна (2004-2006 рр. та 2011-2013 рр.)

Рік	Дата переходу середньодобової температури +10 °С	Дата розпускання бруньок	Прояв первинного зараження	Кількість інкубаційних періодів					Всього за рік
				V	VI	VII	VIII	IX	
2004	8.04	20.04	11.05	1	3	3	1	0	8
2005	9.04	17.04	14.05	1	2	4	3	1	11
2006	30.04	10.05	3.06	0	2	3	2	1	8
2011	23.04	02.05	26.05	0	3	4	3	1	11
2012	14.04	23.04	8.05	2	3	5	3	2	15
2013	16.04	21.04	4.05	2	3	3	3	1	12

Порівнюючи отримані нами дані з прогнозованими даними, врахувавши за методикою [8], було помічено значні відмінності між ними. Перед нами постало питання про встановлення середніх дат накопичення необхідної кількості днів до прояву збудника на рослинах. Отримані результати були зведені за трирічними періодами спостереження. З наведених у табл. 3 даних видно, що за період 2004-2006 рр. дати накопичення температури і днів, необхідних для початку візуального прояву хвороби, зафіксовано на початку 1-ї декади травня, а середня тривалість їх становила 16-27 днів. За період 2011-2013 рр. накопичення температури відбувалось значно раніше, а кількість днів до їх накопичення була меншою – 18-23. Це пояснюємо зміною температурного режиму за досліджуваній період, а саме – помітним його підвищенням.

Табл. 3. Дати накопичення середньодобової температури від розпускання бруньок *Rhododendron japonicum* (A. Gray) Suring. до прогнозованої дати проявлення збудника в Ботанічному саду імені академіка О.В. Фоміна (2004-2006 рр. та 2011-2013 рр.)

Роки	Дати накопичення середньодобової температури			Кількість днів до накопичення середньодобової температури		
	середні	ранні	пізні	середня	найменша	найбільша
2004-2006	25.04	07.05	5.06	21,7 ^{±3,2}	16	27
2011-2013	16.05	04.05	26.05	18,7 ^{±2,4}	18	23

З даних табл. 3 випливає, що візуальний прояв зараження рослин борошнистою росю азалії можна очікувати вже на початку травня. Враховуючи, що прогнозування початку прояву ознак ураження рододендронів збудником борошнистої роси азалії ніхто не проводив (як у нас, так і за кордоном), а також те, що такий прогноз необхідний для планування заходів захисту рослин, ми вирішили зробити аналіз прояву зв'язків між показниками чинників, що впливають на процес зараження рослин грибом.

З аналізу даних наших досліджень випливає, що максимальна поширеність і розвиток гриба залежить від дати появи перших ознак хвороби. Статис-

тичний аналіз даних багаторічних досліджень показує, що існує зв'язок між кількістю днів зі середньодобовою температурою понад +10 °С до перших ознак хвороби та сумою температури за цей період ($R^2 = 0,92$) (рис. 1).

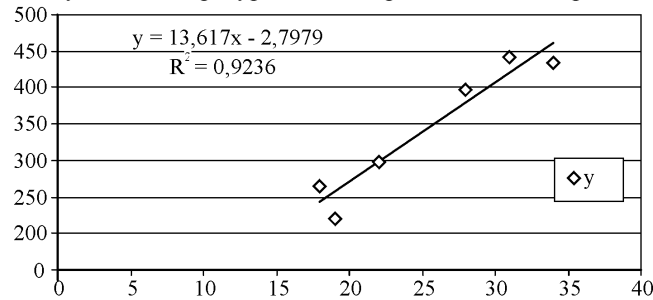


Рис. 1. Взаємозв'язок між кількістю днів зі середньодобовою температурою понад +10 °С до перших ознак хвороби та сумою температури за цей період: вісь абсцис (X) – кількість днів від +10 °С та до перших ознак хвороби; вісь ординат (Y) – сума температури до прояву хвороби (2004-2006 рр., 2011-2013 рр.)

Визначення залежності між датами початку розпускання бруньок рододендрона японського та проявом початку розвитку гриба показало, що кореляційний зв'язок між ними помітно вищий ($R^2 = 0,96$), ніж у попередньому варіанті (рис. 2). На нашу думку, це може бути пов'язано з тим, що чим довший лаг-період між датою початку прояву ураження рослин і датою, з якою починається відлік, тим більше трапляється днів із зменшенням температури нижче +10 °С. Наприклад, у 2011 р. від дати переходу середньодобової температури понад +10 °С (23.04) до дати прояву хвороби спостерігали зниження середньодобової температури нижче наведеного мінімуму впродовж двох днів (7-8.05) та заморозок до -1 °С (09.05.2011 р.). Тому для визначення дати появи ознак хвороби на рододендроні японському потрібно брати відлік суми середньодобової температури від початку розпускання бруньок цього виду.

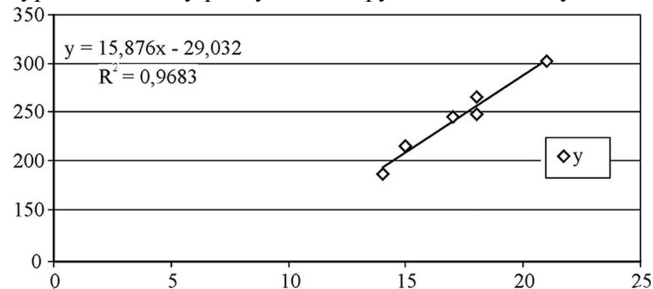


Рис. 2. Взаємозв'язок між кількістю днів зі середньодобовою температурою від початку розпускання бруньок до перших ознак хвороби та сумою температури за цей період: вісь абсцис (X) – кількість днів від розпускання бруньок та до перших ознак хвороби; вісь ординат (Y) – сума температури до прояву хвороби (2004-2006 рр., 2011-2013 рр.)

З огляду на те, що плоді тіла, як відомо, більш стійкі до дії фунгіцидів, тому необхідно спланувати всі оброблення від борошнистої роси до початку ут-

ворення плодів тіл з метою не допущення їх утворення. Із вивчення залежності між кількістю днів від дати переходу середньодобової температури +10 °С та датою утворення плодів тіл випливає, що між ними утворюється дуже низький кореляційний зв'язок ($R^2 = 0,26$) (рис. 3).

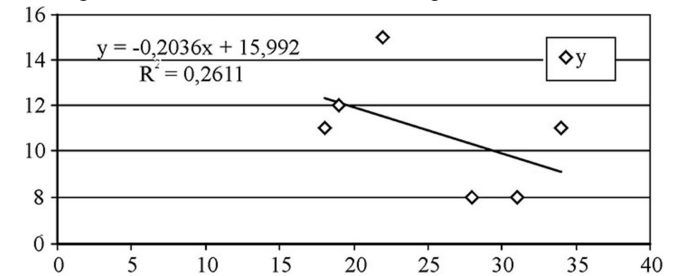


Рис. 3. Залежність між кількістю днів від дати переходу середньодобової температури +10 °С до проявлення перших ознак хвороби та кількістю генерацій за сезон: вісь абсцис (X) – кількість днів від +10 °С та до перших ознак хвороби; вісь ординат (Y) – кількість утворених генерацій (2004-2006 рр., 2011-2013 рр.)

Залежність між кількістю днів від дати розпускання бруньок рододендрона японського та датою утворення плодів тіл проявляє помірний кореляційний зв'язок ($R^2 = 0,62$) (рис. 4).

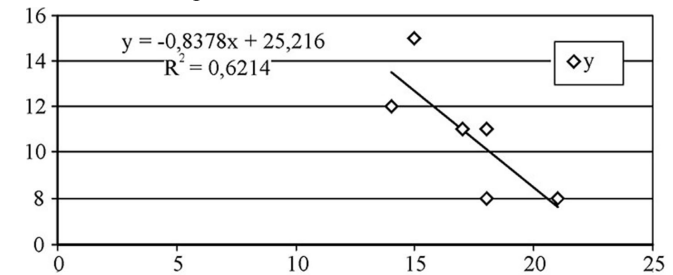


Рис. 4. Залежність між кількістю днів від дати розпускання бруньок до проявлення перших ознак хвороби та кількістю генерацій за сезон: вісь абсцис (X) – кількість днів від розпускання бруньок до перших ознак хвороби; вісь ординат (Y) – кількість утворених поколінь (2004-2006 рр., 2011-2013 рр.)

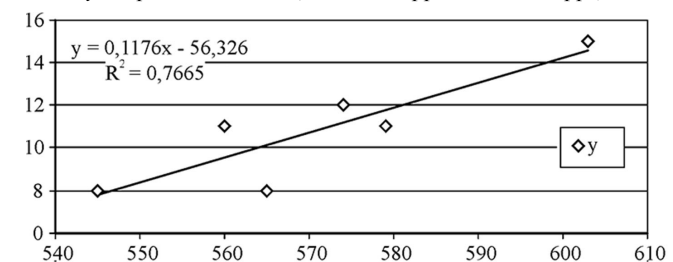


Рис. 5. Залежність кількості генерацій гриба від суми середньодобової температури від початку проявлення хвороби до початку утворення плодів тіл гриба: вісь абсцис (X) – сума середньодобової температури від початку прояву хвороби до утворення плодів тіл; Y – кількість генерацій гриба (2004-2006 рр., 2011-2013 рр.)

Це ще раз підтверджує, що чим менший лаг-період між подією, що має відбутися, і датою-орієнтиром для підрахунків, тим достовірнішим буде прогноз. Встановлена нами закономірність у прогнозі початку прояву хвороби і початку утворення плодкових тіл узгоджується із відомими закономірностями прогнозування погоди – на найближчі дні прогнози погоди більш достовірні, ніж на сім діб, на 30 діб і на рік.

Ми виявили, залежність кількості утворених генерацій грибом від суми середньодобової температури, що накопичилася від початку прояву хвороби до утворення плодкових тіл ($R^2 = 0,76$) (рис. 5).

Висновки. Результати аналізу показують, що за даними середньодобової позитивної температури, що накопичується від початку розпускання бруньок рододендрона японського можна досить достовірно прогнозувати початок прояву перших ознак хвороби, кількість генерацій збудника борошнистої роси азалії та початок утворення плодкових тіл цього гриба. Із статистичного аналізу даних багаторічних досліджень випливає, що тенденцію до збільшення кількості генерацій гриба спостерігаємо за більш високого показника середньодобової температури за його вегетацію ($R^2 = 0,76$).

Створені нами на основі кореляційного аналізу прогностичні моделі дають змогу визначити початок проявлення хвороби та кількість генерацій в точному сезоні:

$$Y_1 = 15,876 X - 29,032,$$

де: Y_1 – початок проявлення хвороби; X – сума середньодобової позитивної температури від початку розпускання бруньок до прояву хвороби.

$$Y_2 = -0,8378 X + 25,216,$$

де: Y_2 – кількість поколінь; X – кількість днів від початку розпускання бруньок рододендрона японського.

Література

1. Алейникова Н.В. Краткосрочный прогноз развития оидиума в условиях предгорного Крыма / Н.В. Алейникова // Интегрированная защита садов и виноградников : матер. Междунар. науч.-практ. конф. (8-13 сентября 2008 г.). – Одесса, 2008. – С. 62-68.
2. Білик М.О. Практикум з фітосанітарного моніторингу і прогнозу / М.О. Білик, А.В. Кулешов. – Харків : Вид-во Харків. НУ, 2006. – 228 с.
3. Гентош Д.Т. Короткостроковий прогноз сезонного поширення та розвитку кореневих гнилей гороху за допомогою математичного моделювання / Д.Т. Гентош, В.А. Глим'язний, О.В. Башта, Н.М. Волощук // Карантин і захист рослин. – 2010. – № 10. – С. 19-22.
4. Дорожкин В.М. Болезни картофеля / В.М. Дорожкин, С.И. Бельская. – Минск : Изд-во "Наука и техника", 1979. – 248.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М. : Изд-во "Колос", 1978. – 416 с.
6. Лісовий М.П. Генетична детермінованість стійкості і сприйнятливості рослин / М.П. Лісовий, І.М. Лісова // Захист і карантин рослин. – 2007. – Вип. 53. – С. 231-241.
7. Лісовий М.П. Рекомбінації властивостей вірулентності збудника борошнистої роси ячменю при статевому процесі / М.П. Лісовий, Ю.М. Кононенко // Захист і карантин рослин : матер. міжвід. темат. наук. зб., 2007. – К. : Вид-во "Спроба". – С. 309-319.
8. Поляков И.Я. Прогноз развития вредителей и болезней сельскохозяйственных растений (с практикумом) / И.Я. Поляков, М.П. Персов, В.А. Смирнов. – Л. : Изд-во "Колос". Ленинградское отделение, 1984. – 318 с.

9. Степанов К.М. Прогноз болезней сельскохозяйственных растений. – Изд. 2-ое, [перераб. и доп.] / К.М. Степанов, А.Е. Чумаков. – Л. : Изд-во "Колос". Ленинградское отделение, 1972. – 271 с.

10. Туренко В.П. Прогноз поширеності та розвитку плямистостей насінневої люцерни у Східному Лісостепу України / В.П. Туренко // Интегрированный захист рослин на початку XXI століття. Матер. Міжнар. наук.-практ. конф. – К. : Вид-во 2004. – С. 106-110.

11. Туренко В.П. Грибні хвороби насінневої люцерни, прогноз їх розвитку та заходи захисту у Східному Лісостепу і Степу України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра с.-г. наук / В.П. Туренко. – К. : Вид-во НАУ, 2006. – 39 с.

Ковальчук В.П. Краткосрочное прогнозирование развития мучнистой росы азалии (*Erysiphe azalea* U. Braun) в условиях урбанизированных экосистемах мегаполиса

Обоснованы основные параметры, которые следует учитывать при прогнозировании даты появления возбудителя мучнистой росы азалии. К ним относятся количество дней со среднесуточной температурой более +10°C до появления первых признаков болезни и суммы температуры за этот период или количество дней со среднесуточной температурой от начала роспуска почек до первого проявления болезни и суммой температуры за этот период. Разработанные математические модели, которые связывают дату появления болезни с каждым приведенным параметром, уменьшают ошибку прогноза этого сложного процесса.

Ключевые слова: мучнистая роса азалии, прогнозирование появления, мегаполис.

Kovalchuk V.P. Short-term forecasting of azalea powdery mildew development (*Erysiphe azalea* U. Braun) under conditions of urbanized metropolis ecosystems

The main parameters that should be considered when predicting the date of appearance of azalea powdery mildew pathogen have been substantiated. They include the number of days with average daily temperature over +10 °C until the onset of the disease and accumulated temperatures during this period or the number of days with average daily temperature from the breaking of buds until the onset of the disease and accumulated temperature during this period. The devised mathematical methods that attribute the date of the onset of disease to every given parameter reduce a forecast error of this complex process.

Keywords: azalea powdery mildew, forecasting of appearance, metropolis.

УДК 582.724.1

**Викл. І.І. Миколайко – УДПУ ім. Павла Тичини;
проф. В.П. Шлапак, д-р с.-г. наук – Уманський НУ садівництво**

HIPPOPHAE RHAMNOIDES L. У ФІЛОГЕНЕТИЧНІЙ СИСТЕМІ РОСЛИННОГО СВІТУ

Висвітлено питання положення *Hippophae rhamnoides* L. у філогенетичних системах у межах родини *Elaeagnaceae* L. на основі літературних джерел. Встановлено, що родину *Elaeagnaceae* у філогенетичному аспекті вивчено недостатньо. Досліджено особливості класифікації роду *Hippophae* L. протягом 1753-2009 років. Немає єдиної точки зору при систематиці роду *Hippophae* L. і найбільш поширеного виду цього роду – *Hippophae rhamnoides* L. У межах виду виділяють систематичні одиниці – підвиди і географічні раси. Альтернативна думка полягає у визнанні поліморфного виду *Hippophae rhamnoides* L., представленого в різних частинах свого масштабного ареалу екологічними категоріями – кліматипами, популяціями і екотипами. Проаналізовано історичні підходи до вивчення роду. Відзначено актуальність таксономічного і систематичного вивчення *Hippophae rhamnoides* L.

Ключові слова: систематика, родина *Elaeagnaceae* L., рід *Hippophae* L., вид *Hippophae rhamnoides* L., підвиди.