

КСЕНОМОНІТОРИНГОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМАРІВ ЗА ДИРОФІЛЯРІОЗУ

Полюхович Василь Іванович

аспірант

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Україна

ORCID: 0009-0006-4128-9922

vasiapoluhovich.vet@gmail.com

Дирофіляріоз – це зоонозне трансмісивне захворювання, яке спричиняється нематодами *Dirofilaria repens* і *Dirofilaria immitis*. У зв'язку із кліматичними змінами захворювання активно розповсюджується з ендемічних південноєвропейських регіонів на схід та захід континенту включаючи Україну. Наявність філярій на території можна контролювати шляхом ксеномоніторингу – виявлення паразитів серед кровосисних членистоногих. У результаті дослідження видового складу комарів на території Хмельницької і Вінницької областей було встановлено, що домінуючими видами є *Aedes* spp., *Culex* spp. і *Anopheles* spp. Порівнюючи різноманіття видів, чисельність і розподіл комарів серед приміських і міських досліджених територій, виявлено у 4,5 рази вищу концентрацію комарів у міських районах. Шляхом молекулярного скринінгу виявлено, що комарі виду *Aedes* spp. і *Culex* spp. є потенційними векторами для передачі *D. repens* і *D. immitis*, зокрема в Україні. Представлені результати вказують на наявність ризику зараження дирофіляріозом у Хмельницькій та Вінницькій областях. Серед комарів також виявлено коінвазії *D. repens* і *D. immitis*, що підкреслює важливість моніторингу та профілактичних заходів для запобігання захворюванням серед тварин та людей.

У зв'язку з періодичним виявленням *D. immitis* у собак на території України, важливо звернути увагу на поширення цього паразита. Водночас, температурні умови та географічне розташування грають важливу роль у розподілі та поширенні захворювання.

Дослідженнями встановлено можливе існування резервуарів захворювання. Здійснюючи моніторинг комарів можна вчасно виявляти території з високим ризиком зараження дирофіляріозом і вживати ефективні заходи контролю та профілактики. Це особливо важливо в контексті змін клімату та розширення ареалу потенційних комарів-переносників, що може призвести до розширення ареалів поширення захворювання. Таким чином, ксеномоніторинг комарів є ключовим елементом стратегії контролю дирофіляріозу та забезпечує ефективний моніторинг та управління цією векторно-залежною інвазією.

Ключові слова: дирофіляріоз, нематоли, комарі, ксеномоніторинг, молекулярний аналіз, ПЛР.

DOI <https://doi.org/10.32782/bsnau.vet.2024.1.8>

Вступ. Дирофіляріоз – це зоонозне трансмісивне захворювання, яке спричиняється нематодами *Dirofilaria repens* і *Dirofilaria immitis*. Протягом останніх двох десятиліть дирофіляріоз тварин і людини, спричинений *Dirofilaria repens* широко поширився і регулярно діагностується практично у всіх європейських країнах (Simón et al., 2012; Salamatin et al., 2013, Capelli et al., 2018). У зв'язку із кліматичними змінами захворювання активно розповсюджується з ендемічних південноєвропейських регіонів на схід та захід континенту включаючи країни, такі як Україна, Польща, Чехія, Австрія, Угорщина та Словаччина (Genchi & Kramer, 2020). На сьогодні дирофіляріоз у людей розглядається як емерджентне захворювання в деяких регіонах (Simón et al., 2012).

Дослідженнями встановлено, що більше 70 видів комарів, які належать до родів *Culex*, *Aedes*, *Anopheles*, *Mansonia*, *Coquillettidia*, *Psorophora* і *Culiseta* можуть відігравати роль у передачі дирофіляріозу (Bockova et al., 2015). Деякі види комарів (*Culex*, *Aedes*, *Ochlerotatus*, *Anopheles*, *Coquillettidia*, *Armigeres*, *Mansonia* та *Psorophora*) були визнані як компетентні вектори (Aonuma et al., 2009). В Україні реєструється 62 види комарів, віднесених до 7 родів (Шеремет, 1998). Проте здатність різних видів комарів до передачі збудника може відрізнятися в залежності від географічних умов та інших факторів. Крім того, інвазія *D. repens* і *D. immitis*

може мати сезонний характер в різних районах. У помірній зоні передача обмежується найтеплішими місяцями року, коли активність комарів досягає свого піку.

Попередні дослідження молекулярного ксеномоніторингу виявили наявність принаймні трьох філяріодних нематод (*D. immitis*, *D. repens* і *Setaria tundra*) у кількох видів комарів у Європі, які переважно належать до родів *Aedes*, *Anopheles*, *Coquillettidia*, *Culex*, *Culiseta* та *Ochlerotatus* (Cancrini et al., 2006; Latrofa et al., 2012; Czajka et al., 2014; Bockova et al., 2015; Zित्रа et al., 2015; Kemenesi et al., 2015; Sulesko et al., 2016; Ionika et al., 2017; Tahir et al., 2017). *D. repens* є домінуючим видом філярій в Європі, однак випадки ураження *D. immitis*, також регулярно спостерігаються, особливо як автохтонні інвазії серед собак (Jacsó et al., 2009; Cielecka et al., 2012; Bajer et al., 2023).

Наявність філярій на території можна контролювати шляхом ксеномоніторингу – виявлення паразитів серед кровосисних членистоногих (Masny et al., 2016). До переваг даного методу в епізоотологічних дослідженнях можна віднести простоту збору матеріалу, нешкідливість для хребетних господарів і здатність ідентифікувати компетентних векторів (Cancrini et al. 2006; Ferreira et al., 2015). Однак встановлено, що у популяції комарів личинки філярій можна виявити як у компетентних, так і в некомпетентних векторах (Erickson et al., 2009). Щоб встановити компетентні види переносників *D. repens*,

можна досліджувати ділянки тіла комара, де паразит досягає інвазійної стадії (Cancrini et al., 2006). Дослідження методом ПЛР є найбільш точними і придатними для ветеринарної діагностики та розрізнення близькоспоріднених видів, і широко використовуються для ксеномоніторингу комарів на філярії (Latrofa et al. 2012; Vosková et al., 2013; Thanchomnang et al., 2013).

Поширення дирофіляріозу з ендемічних регіонів на нові території напряму залежить від присутності мікрофіляремічних господарів, компетентних векторів, а також сприятливих екологічних факторів для розвитку личинкових стадій до інвазійних у комарах (Sassnau et al., 2014; Masny et al., 2016). Таким чином, важливо провести комплексне дослідження для оцінки цих ключових факторів. Метою дослідження було проведення ксеномоніторингу комарів з метою встановлення поширеності *D. repens* і *D. immitis* серед популяцій комарів.

Матеріали і методи досліджень. Комарів для досліджень збирали протягом 2022-2023 років на території Вінницької і Хмельницької областей протягом вечірніх годин. Комарів збирали 2-3 рази на місяць з травня по жовтень за загально прийнятими методами.

Село Мукша Китайгородська Хмельницької області (48.673244253453674, 26.622072279928332) знаходиться в межах вологого континентального клімату із теплим літом. Клімат помірно континентальний з м'якою зимою (середня температура січня -5°C) і теплим, вологим (середня температура липня $+19^{\circ}\text{C}$) літом. Кількість опадів, 70 % яких припадає на теплий період, становить 500–640 мм на рік. Рівень наповнення річок водою в області становить лише 20 % від необхідного стандарту (Томчишина і ін., 1998).

Село Велика Слобідка Хмельницької області (48.57415016893395, 26.716890392185984) знаходиться в межах вологого континентального клімату із теплим літом у так званому «теплому Поділлі», тут весна настає на 2 тижні раніше. Село лежить на березі річки Мукша і Дністер на відстані 15 кілометрів від автодороги Т 2325 від Кам'янця-Подільського (Томчишина і ін., 1998).

Місто Вінниця, Вишенське озеро (49.215066, 28.424914) розташоване в помірному кліматичному поясі. Для міста властиве тривале неспекотне, досить вологе літо та порівняно коротка м'яка зима. Середня температура січня $-5,8^{\circ}\text{C}$, липня $+18,3^{\circ}\text{C}$. Річна кількість опадів 638 мм. Через несприятливі кліматичні явища на території міста спостерігаються хуртовини (від 6 до 20 днів на рік), тумани в холодний період року (37 – 60 днів), грози з градом (3–5 днів). Тривалість світлового дня коливається від 8 до 16,5 годин.

Село Микулинці Вінницької області (49.259024563354274, 28.153761603204142). Клімат області – помірно континентальний, середня температура січня: -5°C , середня температура липня: $+20^{\circ}\text{C}$; річна кількість опадів: 520–590 мм, з них 80 % випадають в теплий період. В селі протікає річка Згар. Площа становить 0,246 квадратних кілометрів.

Зібрані зразки транспортували у лабораторію і зберігали при -18°C . Комарів морфологічно ідентифікували за загальноприйнятими методиками (Becker et al., 2010).

Для проведення молекулярних досліджень і виділення ДНК комарів було розділено на 75 пулів, що склалися із 50 особин одного виду, зібраних в одному місці. ДНК для молекулярного аналізу екстрагували з цілих комарів шляхом гомогенізації всього пулу за допомогою ступки для подрібнення в 500 мкл фосфатно-сольового розчину. Екстраговану ДНК виділяли за допомогою комерційного набору DNeasy® Blood and Tissue Kit (QIAGEN, Німеччина), як зазначено в інструкціях виробника.

Полімеразно-ланцюгову реакцію обох видів дирофілярій проводили з використанням праймерів послідовностей субдиниці гена цитохромоксидази (COI), специфічної для *D. immitis* Dilm COI-F1 (5'-AGT GTA GAG GGT CAG CCT GAG TTA-3') та Dilm COI-R1 (5'-ACA GGC ACT GAC AAT ACC AAT-3') і DiRe COI-F1 (5'-AGT GTT GAT GGT CAA CCT GAA TTA- 3') і DiRe COI-R1 (5'-GCC AAA ACA GGA ACA GAT AAA ACT-3') для *D. repens* (Rishniw et al. 2006). Усі зразки досліджували окремо на *D. repens* та *D. immitis*. ПЛР проводили в таких циклічних умовах: первинна денатурація при 95°C протягом 5 хв, потім 40 циклів денатурації при 95°C протягом 45 с, відпал при 61°C протягом 1 хв та елонгація при 72°C протягом 1 хв, з подальшою остаточною елонгацією при 72°C протягом 7 хв і етапом витримки при 4°C .

Амплікони візуалізували за допомогою барвника Midori Green (Nippon Genetics Europe GmbH, Німеччина) після електрофорезу в 1 % агарозних гелях. Вибрані амплікони були очищені та секвеновані в обох напрямках компанією SEQme (Чехія). Вирівнювання послідовностей ДНК проводили за допомогою програми Geneious Prime.

Результати досліджень. При вивченні видового складу комарів було встановлено, що в даному регіоні зустрічаються три види: домінантним видом є *Aedes* spp. – 45,1 %, *Culex* spp. – 37,5 %, *Anopheles* spp. – 17,4 %. Порівнюючи різноманіття видів, чисельність і розподіл комарів серед приміських і міських досліджених територій, ми спостерігали у 4,5 рази вищу концентрацію комарів у міських районах. Так на територіях Мукши Китайгородської і міста Вінниця спостерігалася вища концентрація комарів. В загальному щільність видів *Aedes* spp., *Culex* spp. і *Anopheles* spp. була у 3,3 та 5,2 та 6,7 разів більшою, ніж у приміському середовищі.

Три тисячі сімсот п'ятдесят комарів було досліджено на наявність *D. repens* і *D. immitis*. З 75 пулів було 6 проб (8 %) позитивних на ДНК *Dirofilaria* spp., що склалися з комарів *Aedes* spp. і *Culex* spp. ДНК *D. repens* була підтверджена в усіх 6 позитивних пулах (8 %), з них 4 пули (5,3 %) також були позитивними на *D. immitis* (табл. 1).

Для остаточної ідентифікації ДНК позитивні зразки обох видів філярій були підтверджені прямим секвенуванням продукту ПЛР, яке показало 98–100 % гомологію з послідовністю *D. repens*, і 96–99 % з *D. immitis*.

Наше дослідження було зосереджено на молекулярному скринінгу на *Dirofilaria* spp. ДНК комарів, що надало результати щодо потенційних переносників *D. repens* і *D. immitis* в Україні. Дослідженнями встановлено території з потенційно зараженими комарами *Aedes* spp. і

Виявлення ДНК *Dirofilaria* spp. серед комарів на території Хмельницької та Вінницької областей

Рід комарів	Кількість	Кількість пулів	<i>D. repens</i>	<i>D. immitis</i>	<i>D. repens/ D. immitis</i>
<i>Aedes</i> spp.	1693	34	4	2	2
<i>Culex</i> spp.	1406	28	2	2	2
<i>Anopheles</i> spp.	651	13	0	0	0

Culex spp., що становить ризик передачі дирофіліаріозу та можливе існування резервуарів захворювання.

Обговорення. Молекулярний ксеномоніторинг, виявлення ДНК або РНК патогену у резервуарних господарях є індикатором циркуляції захворювань і загрози здоров'ю людини і тварин. Даний підхід був розроблений після значних досягнень у лабораторних і молекулярних методах протягом останніх двадцяти років і може грати важливу роль у епізоотологічних дослідженнях за трансмісивних захворювань. На сьогоднішній день у літературі немає доступних даних щодо моніторингу популяцій комарів на дирофіліаріоз на території України. Нами вперше було проведено дослідження на території Хмельницької і Вінницької областей, де спостерігались випадки захворювання серед собак. У попередніх дослідженнях встановлено, що поширеність *D. repens* серед собак в Україні складає 18,9 %. Коінвазія *D. repens* і *D. immitis* була виявлена у двох собак. У 2019 році нами було досліджено 155 собак із Західної України та виявлено відносно низьку поширеність *D. repens* (3,9%) (Alsarraf et al, 2021). Проте значно вищу поширеність спостерігали серед власників собак із Київської області, де інвазування *D. repens* було виявлено у 26,1% (Hamel et al., 2013). До прикладу, у Словаччині поширеність *D. repens* серед собак складає 10 %, а в ендемічних районах досягає рівня 30 % (Vocková et al., 2015).

З точки зору ветеринарної медицини, *D. immitis* є більш важливим як збудник серцево-легеневої форми захворювання. Дирофіліаріоз спричинений *D. immitis* є ендемічним в Україні, і хоча фактична поширеність серед собак не вивчена зареєстровано ряд повідомлень про його виявлення серед собак (Vajer et al., 2023). Так, *D. immitis* була ідентифікована серед 23 собак із Києва (4%) (Hamel et al., 2013). Дирофіліаріоз спричинений *D. immitis* також нещодавно був виявлений у двох собак, переселених з України до Польщі в результаті переміщення біженців. Одна із собак в анамнезі раніше хворіла на дирофіліаріоз. Також було зареєстровано ряд випадків зараження людей (Salamatin et al., 2013; Rossi et al., 2015). Таким чином, загальна поширеність *D. immitis* є досить високою і корелює з поширеністю зареєстрованою в інших ендемічних країнах (Genchi et al., 2020).

Одним із ключових факторів поширення дирофіліаріозу є температура навколишнього середовища, яка впливає не лише на географічний розподіл переносників, але й на кінцеву тривалість розвитку паразита всередині комара та швидкість поширення захворювання. Усі ендемічні території, а також зони підвищеної захворюваності собак зосереджені в теплій кліматичній зоні, де, окрім сприятливих умов для розвитку паразитів, є й сприятливі

умови для розвитку та виживання переносників (Vocková et al., 2013). Нижча частота захворювань у холодніших північних регіонах, ймовірно, пов'язана з менш придатними умовами та відсутністю відповідних переносників. Деякі види комарів виявляють невелику специфічність для певних територій, а також, залежно від місцевих факторів середовища, змінюється щільність їх популяції.

Відповідно до ряду європейських досліджень, виявлення одного інвазованого комара *Dirofilaria* spp. потребувало аналізу десятків тисяч комарів, що ускладнює моніторинг дирофіліаріозу за допомогою ПЛР-ксеномоніторингу з економічної точки зору. В теперішній час дані дослідження про ксеномоніторинг комарів на *D. repens* у Європі представлені у Австрії, з Чеської Республіки (Rudolf et al., 2014), Німеччини, Угорщини, Італії, Польщі та Словаччини, але результати не можуть бути кількісно порівняні. За результатами публікацій, відоме лише єдине дослідження про ПЛР-ксеномоніторинг, який був проведений для ідентифікації компетентних векторів для *D. repens* у Європі (Cancrini et al., 2006). Тому необхідні подальші дослідження, які розкриють особливості і потенційні загрози поширення даного зоонозу.

Розповсюдження дирофіліаріозу є результатом кліматичних змін, які впливають на територію України. За останнє двадцятиліття кожен рік в Україні був теплішим, ніж середньостатистичні показники за довготривалий період, і 2020 рік став найспекотнішим роком у Європі та Україні, перевищивши на 2,8°C середній показник 1961-1990 рр.

Збільшення кількості автохтонних інфекцій у собак і людей пов'язане з умовами, які сприяють виживанню переносників і розповсюдженню видів комарів, що раніше не були типові для певної місцевості. Незважаючи на заходи з інформування власників собак щодо поточної ситуації і загрози ураження дирофіліаріозом, профілактичні заходи залишаються безуспішними.

Висновки. Ксеномоніторинг комарів є важливим і необхідним інструментом для визначення розповсюдження дирофіліаріозу та ідентифікації його векторів у природних середовищах. Цей метод дозволяє виявляти інвазованих комарів та визначати рівень ризику передачі інвазії людям і тваринам. Здійснюючи моніторинг комарів можна вчасно виявляти території з високим ризиком зараження дирофіліаріозом і вживати ефективні заходи контролю та профілактики. Це особливо важливо в контексті змін клімату та розширення ареалу потенційних резервуарних господарів, що може призвести до збільшення поширення захворювання. Таким чином, ксеномоніторинг комарів є ключовим елементом стратегій контролю дирофіліаріозу.

Бібліографічні посилання:

1. Aonuma, H., Yoshimura, A., Perera, N., Shinzawa, N., Bando, H., Oshiro, S., Nelson, B., Fukumoto, S., & Kanuka, H. (2009). Loop-mediated isothermal amplification applied to filarial parasites detection in the mosquito vectors: *Dirofilaria immitis* as a study model. *Parasites & vectors*, 2(1), 15. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-2-15>
2. Bajer, A., Alsarraf, M., Topolnytska, M. et al. Vector-borne parasites in dogs from Ukraine translocated to Poland following Russian invasion in 2022. *Parasites Vectors* 16, 430 (2023). <https://doi.org/10.1186/s13071-023-06042-2>
3. Becker N, Petric D, Zgomba M, Boase C, Madon M, Dahl CH, Kaiser A (2010) *Mosquitoes and their control*, 2nd edn. Springer, Heidelberg.
4. Bocková, E., Iglódyová, A., & Kočíšová, A. (2015). Potential mosquito (Diptera:Culicidae) vector of *Dirofilaria repens* and *Dirofilaria immitis* in urban areas of Eastern Slovakia. *Parasitology research*, 114(12), 4487–4492. <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4692-8>
5. Cancrini, G., Magi, M., Gabrielli, S., Arispici, M., Tolari, F., Dell'Omodarme, M., & Prati, M. C. (2006). Natural vectors of dirofilariasis in rural and urban areas of the Tuscan region, central Italy. *Journal of medical entomology*, 43(3), 574–579. [https://doi.org/10.1603/0022-2585\(2006\)43\[574:nvmdir\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1603/0022-2585(2006)43[574:nvmdir]2.0.co;2)
6. Capelli, G., Genchi, C., Baneth, G., Bourdeau, P., Brianti, E., Cardoso, L., Danesi, P., Fuehrer, H. P., Giannelli, A., Ionică, A. M., Maia, C., Modrý, D., Montarsi, F., Krücken, J., Papadopoulos, E., Petric, D., Pfeffer, M., Savić, S., Otranto, D., Poppert, S., ... Silaghi, C. (2018). Recent advances on *Dirofilaria repens* in dogs and humans in Europe. *Parasites & vectors*, 11(1), 663. <https://doi.org/10.1186/s13071-018-3205-x>
7. Cielecka, D., Żarnowska-Prymek, H., Masny, A., Salamatin, R., Wesołowska, M., & Gołab, E. (2012). Human dirofilariasis in Poland: the first cases of autochthonous infections with *Dirofilaria repens*. *Annals of agricultural and environmental medicine : AAEM*, 19(3), 445–450.
8. Czajka, C., Becker, N., Jöst, H., Poppert, S., Schmidt-Chanasit, J., Krüger, A., & Tannich, E. (2014). Stable transmission of *Dirofilaria repens* nematodes, northern Germany. *Emerging infectious diseases*, 20(2), 328–331. <https://doi.org/10.3201/eid2002.131003>
9. Erickson, S. M., Fischer, K., Weil, G. J., Christensen, B. M., & Fischer, P. U. (2009). Distribution of *Brugia malayi* larvae and DNA in vector and non-vector mosquitoes: implications for molecular diagnostics. *Parasites & vectors*, 2(1), 56. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-2-56>
10. Ferreira, C. A., de Pinho Mixão, V., Novo, M. T., Calado, M. M., Gonçalves, L. A., Belo, S. M., & de Almeida, A. P. (2015). First molecular identification of mosquito vectors of *Dirofilaria immitis* in continental Portugal. *Parasites & vectors*, 8, 139. <https://doi.org/10.1186/s13071-015-0760-2>
11. Genchi, C., & Kramer, L. H. (2020). The prevalence of *Dirofilaria immitis* and *D. repens* in the Old World. *Veterinary parasitology*, 280, 108995. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2019.108995>
12. Ionică, A. M., Zitra, C., Wimmer, V., Leitner, N., Votýpka, J., Modrý, D., Mihalca, A. D., & Fuehrer, H. P. (2017). Mosquitoes in the Danube Delta: searching for vectors of filarioid helminths and avian malaria. *Parasites & vectors*, 10(1), 324. <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2264-8>
13. Jacsó, O., Mándoki, M., Majoros, G., Pétsch, M., Mortarino, M., Genchi, C. and Fok, É.. "First autochthonous *Dirofilaria immitis* (Leidy, 1856) infection in a dog in Hungary" *Helminthologia*, vol.46, no.3, 2009, pp.159-161. <https://doi.org/10.2478/s11687-009-0030-y>
14. Kemenesi, G., Kurucz, K., Kepner, A., Dallos, B., Oldal, M., Herczeg, R., Vajdovics, P., Bányai, K., & Jakab, F. (2015). Circulation of *Dirofilaria repens*, *Setaria tundra*, and *Onchocercidae* species in Hungary during the period 2011-2013. *Veterinary parasitology*, 214(1-2), 108–113. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.09.010>
15. Latrofa, M. S., Montarsi, F., Ciocchetta, S., Annoscia, G., Dantas-Torres, F., Ravagnan, S., Capelli, G., & Otranto, D. (2012). Molecular xenomonitoring of *Dirofilaria immitis* and *Dirofilaria repens* in mosquitoes from north-eastern Italy by real-time PCR coupled with melting curve analysis. *Parasites & vectors*, 5, 76. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-5-76>
16. Masny, A., Salamatin, R., Rozej-Bielicka, W., & Golab, E. (2016). Is molecular xenomonitoring of mosquitoes for *Dirofilaria repens* suitable for dirofilariasis surveillance in endemic regions?. *Parasitology research*, 115(2), 511–525. <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4767-6>
17. Rishniw, M., Barr, S. C., Simpson, K. W., Frongillo, M. F., Franz, M., & Dominguez Alpizar, J. L. (2006). Discrimination between six species of canine microfilariae by a single polymerase chain reaction. *Veterinary parasitology*, 135(3-4), 303–314. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2005.10.013>
18. Romanenko, T., Hunchenko, N., Kharkhun, T., Kardupel, L., Honcharenko, L., & Higgs, S. (2021). Surveillance of Mosquitoes (Diptera, Culicidae) in Kyiv, Ukraine Between 2013 and 2017. *Vector borne and zoonotic diseases (Larchmont, N.Y.)*, 21(3), 200–207. <https://doi.org/10.1089/vbz.2020.2666>
19. Rossi, A., Peix, Á., Pavlikovskaya, T., Sagach, O., Nikolaenko, S., Chizh, N., Kartashev, V., Simón, F., & Siles-Lucas, M. (2015). Genetic diversity of *Dirofilaria* spp. isolated from subcutaneous and ocular lesions of human patients in Ukraine. *Acta tropica*, 142, 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2014.10.021>
20. Rusev, I. T., Zakusylo, V. M., Vynnyk, V. D. & Radkov, D. V. Faunistychni kompleksi krovosysnykh komariv u urbanizovanykh biotsenozakh mista Odesy ta yikh rol u tsyrkuliatsii arbovirusiv. [Faunal complexes of blood-sucking mosquitoes in urbanized biocenoses of the city of Odessa and their role in the circulation of arboviruses]. *Veterynarna medytsyna*. 2012. Vyp. 96. S. 195-197. http://nbuv.gov.ua/UJRN/vetmed_2012_96_77 [in Ukrainian]
21. Salamatin, R. V., Pavlikovska, T. M., Sagach, O. S., Nikolayenko, S. M., Korniyushin, V. V., Kharchenko, V. O., Masny, A., Cielecka, D., Konieczna-Salamatin, J., Conn, D. B., & Golab, E. (2013). Human dirofilariasis due to *Dirofilaria repens* in Ukraine, an emergent zoonosis: epidemiological report of 1465 cases. *Acta parasitologica*, 58(4), 592–598. <https://doi.org/10.2478/s11686-013-0187-x>

22. Sassnau, R., Kohn, M., Demeler, J., Kohn, B., Müller, E., Krücken, J., & von Samson-Himmelstjerna, G. (2013). Is *Dirofilaria repens* endemic in the Havelland district in Brandenburg, Germany?. *Vector borne and zoonotic diseases* (Larchmont, N.Y.), 13(12), 888–891. <https://doi.org/10.1089/vbz.2012.1293>
23. Sheremet, V.P. Krovosysni komari Ukrainy. Navch. posibnyk dlya studentiv biolohichnoho fakul'tetu. [Blood-sucking mosquitoes of Ukraine. Education a guide for students of the Faculty of Biology] K.: RVTS. «Kyivskyy universytet». 1998. 34 s. [in Ukrainian]
24. Simón, F., Siles-Lucas, M., Morchón, R., González-Miguel, J., Mellado, I., Carretón, E., & Montoya-Alonso, J. A. (2012). Human and animal dirofilariasis: the emergence of a zoonotic mosaic. *Clinical microbiology reviews*, 25(3), 507–544. <https://doi.org/10.1128/CMR.00012-12>
25. Şuleşco, T., von Thien, H., Toderas, L., Toderas, I., Lühken, R., & Tannich, E. (2016). Circulation of *Dirofilaria repens* and *Dirofilaria immitis* in Moldova. *Parasites & vectors*, 9(1), 627. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1916-4>
26. Tahir, D., Bittar, F., Barré-Cardi, H., Sow, D., Dahmani, M., Mediannikov, O., Raoult, D., Davoust, B., & Parola, P. (2017). Molecular survey of *Dirofilaria immitis* and *Dirofilaria repens* by new real-time TaqMan® PCR assay in dogs and mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Corsica (France). *Veterinary parasitology*, 235, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2017.01.002>
27. Thanchomnang, T., Intapan, P. M., Tantrawatpan, C., Lulitanond, V., Chungpivat, S., Taweethavonsawat, P., Kaewkong, W., Sanpool, O., Janwan, P., Choochote, W., & Maleewong, W. (2013). Rapid detection and identification of *Wuchereria bancrofti*, *Brugia malayi*, *B. pahangi*, and *Dirofilaria immitis* in mosquito vectors and blood samples by high resolution melting real-time PCR. *The Korean journal of parasitology*, 51(6), 645–650. <https://doi.org/10.3347/kjp.2013.51.6.645>
28. Tomchyshyna, N. I. & Kovalenko, S. L. Kamyans-Podil'skyi rayon (1923—1998 rr.): [Information guide. Kamyans-Podil'skyi region (1992-1998)]. *Informatsiynyy dovidnyk. Kam'yanets'-Podil's'kyi*, 1998. S. 29 [in Ukrainian]
29. Wikipedia Vinnytsia URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Vinnytsia#Climate>
30. Younes, L., Barré-Cardi, H., Bedjaoui, S., Ayhan, N., Varloud, M., Mediannikov, O., Otranto, D., & Davoust, B. (2021). *Dirofilaria immitis* and *Dirofilaria repens* in mosquitoes from Corsica Island, France. *Parasites & vectors*, 14(1), 427. <https://doi.org/10.1186/s13071-021-04931-y>
31. Zittra, C., Kocziha, Z., Pinyei, S., Harl, J., Kieser, K., Laciny, A., Eigner, B., Silbermayr, K., Duscher, G. G., Fok, É., & Fuehrer, H. P. (2015). Screening blood-fed mosquitoes for the diagnosis of filarioid helminths and avian malaria. *Parasites & vectors*, 8, 16. <https://doi.org/10.1186/s13071-015-0637-4>

Poliukhovych V. I., Graduate student, Podillia State University, Kamianets-Podil'skyi, Ukraine
Xenomonitoring studies of mosquitoes for dirofilariosis

*Dirofilariosis is a zoonotic vector-borne disease caused by nematodes *Dirofilaria repens* and *Dirofilaria immitis*. Due to climatic changes, the disease is actively spreading from endemic Southern European regions to the east and west of the continent, including Ukraine. The presence of filariae in an area can be monitored through xenomonitoring – the detection of parasites among blood-sucking arthropods. Research on the species composition of mosquitoes in the Khmelnytskyi and Vinnytsia regions revealed that dominant species include *Aedes* spp., *Culex* spp., and *Anopheles* spp. Comparing the diversity of species, abundance, and distribution of mosquitoes among suburban and urban areas, a 4.5 times higher concentration of mosquitoes was found in urban areas. Molecular screening revealed that mosquitoes of the *Aedes* spp. and *Culex* spp. species are potential vectors for transmitting *D. repens* and *D. immitis*, particularly in Ukraine. These findings indicate a risk of dirofilariosis infection in the Khmelnytskyi and Vinnytsia regions. Coinfections of *D. repens* and *D. immitis* were also found among mosquitoes, underscoring the importance of monitoring and preventive measures to prevent diseases among animals and humans.*

*Given the periodic detection of *D. immitis* in dogs in Ukraine, it is important to focus on the spread of this parasite. Meanwhile, temperature conditions and geographical location play a crucial role in the distribution and spread of the disease.*

Studies have identified possible reservoirs of the disease. By monitoring mosquitoes, areas with a high risk of dirofilariosis infection can be promptly identified, and effective control and prevention measures can be implemented. This is particularly important in the context of climate change and the expansion of the range of potential vector mosquitoes, which may lead to the expansion of the disease's distribution areas. Thus, xenomonitoring of mosquitoes is a key element of dirofilariosis control strategies, ensuring effective monitoring and management of this vector-borne invasion.

Key words: heartworm disease, nematodes, mosquitoes, xenomonitoring, molecular analysis, PCR.