

ВПЛИВ ГУМІНОВИХ ТА ФУЛЬВОВИХ КИСЛОТ НА ЖИВІ ОРГАНІЗМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

О.Ф. Рильський¹, Ю.Ю. Петруша¹, К.О. Домбровський¹, С.Г. Охріменко²

¹Запорізький національний університет (м. Запоріжжя, Україна)

e-mail: rylsky@ukr.net; ORCID: 0000-0002-9631-1828

e-mail: Yulia.ZNU@ukr.net; ORCID: 0000-0003-3041-2877

e-mail: dombrov1717@ukr.net; ORCID: 0000-0001-6965-6989

²Національний заповідник «Хортиця» (м. Запоріжжя, Україна)

e-mail: svet-lana2006@ukr.net; ORCID: 0000-0002-5117-5236

Аналіз сучасної і попередньої літератури про вплив гумінових і фульвових кислот на організми різних таксономічних рівнів (рослини, тварини, мікроорганізми) доводить, що ці речовини здійснюють вплив від молекулярно-структурного рівня до безосереднього організменного рівня. Велика кількість наукових праць опубліковано дослідженню впливу на рослини та тварини, при значно меншій кількості робіт, присвяченій дії гумінових речовин на стан здоров'я організму людини. Гумінові та фульвові кислоти і препарати на їх основі широко застосовуються в рослинництві для підвищення стійкості рослин до несприятливих чинників навколишнього середовища, підвищення врожайності культур, відновлення родючості ґрунтів, покращання харчової цінності продукції та її екологічної чистоти. У тваринництві застосування біологічно активних гумінових і фульвових препаратів сприяє прискоренню росту тварин, підвищенню стійкості до токсинів у кормах та стресових умов середовища, зниженню захворюваності, поліпшенню продуктивності тварин. Очевидним є те, що в майбутньому більшість робіт необхідно присвячувати дослідженню механізмів впливу гумінових і фульвових кислот на здоров'я людини, як найважливішого розділу екології людини. Вагомим підтвердженням такому висновку може бути той факт, що серед жителів Полісся (Волинська, Житомирська, Київська та Рівненська обл.) зустрічається найбільша кількість довгожителів (яким за 100 років), а відомо, що жителі цього регіону України п'ють колодязну й річкову воду з підвищеною концентрацією гумінових речовин. Окрім того, гумінові та фульвові кислоти проявляють виражену антиоксидантну, гепатопротекторну, імуномодельовальну, фунгіцидну, антитоксичну, протизапальну, противірусну, антимутагенну та інші типи біологічної активності, що робить їх особливим синтоном для створення на їх базі ефективних екологічно безпечних препаратів комплексної біологічної дії.

Ключові слова: гумусові речовини, рослинництво, тваринництво, здоров'я людини, екологія людини.

ВСТУП

Гумінові кислоти (ГК) є унікальними об'єктами для вирішення важливих завдань різного плану. Висока реакційна здатність гумінових кислот обумовлена наявністю в складі їх макромолекул великої кількості функціональних груп, зокрема, карбоксильних і гідроксильних. Препарати ГК є перспективними для застосування в сільському господарстві, медицині, ветеринарії та технічних напрямках [1; 2].

Гумінові кислоти представляють собою найбільш велику групу гумінових речо-

вин (ГР), до їх складу входить карбон (50–62%), гідроген (2,8–6,6), кисень (30–40), нітроген (3,5–6%) і зольні елементи. Молекули мають високу фізіологічну активність та з катіонами Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} утворюють солі, які називаються гумати. Фульвові кислоти (ФК) – специфічні гумінові речовини, утворюють фульвати, їх елементний склад трохи відрізняється від складу ГК. Вони містять карбон (41–49%), гідроген (4–5), нітроген (2–4) та кисень (44–49%). Гумінові кислоти належать до складу сапропелі, їх вміст становить 7–40% на органічну речовину сапропелю, кількість фульвових кислот менша, від 1% до 6% [3; 4].

Значний внесок у вивчення гумусових речовин внесли вітчизняні та зарубіжні вчені: І.В. Тюрин, М.М. Кононова, С.С. Драгунов, Л.Н. Александрова, Л.А. Христева, Л.Р. Пивоваров, А.Є. Пшеничний, І.І. Ярчук, А.І. Горова, Д.С. Орлов, І.В. Пермінова, дослідники зарубіжних країн, у т. ч. В. Фляйг (Німеччина), Ф. Дюшофур (Франція), Т. Хаясі (Японія), М. Шнітцер (Канада), Ф. Стівенсон (США), М.Х.Б. Хейс (Англія) та ін. [3].

Гумусові речовини утворюються переважно у ґрунтового покриві і внаслідок процесу зовнішнього вологообміну надходять у поверхневі води, проникають у глибокі шари ґрунту та в ґрунтові води. Встановлено, що ГК поверхневих вод басейну Дніпра за своїм складом подібні до ГК ґрунтових вод [5]. В Україні 70% населення забезпечуються питною водою саме з Дніпра, з них 85% «п'ють» поверхневі води. Відповідно, гумінові речовини протягом життя в тій чи іншій кількості поступають до організму людини, особливо за вживання води з колодязів населених пунктів Волинської, Житомирської, Київської та Рівненської обл. [6].

Тому **метою нашої роботи** було проведення узагальнення щодо впливу гумінових та фульвових кислот на організм людини, тварин та рослин і перспективи їхнього застосування в різних галузях сільського господарства, медицини й ветеринарії.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Робота є оглядовою, базується на аналізі публікацій щодо впливу гумінових і фульвових кислот, а також їх солей (гуматів, фульватів), на фізіологічні й біохімічні функції організму людини, рослин і тварин, а також узагальнення можливості застосування цих речовин у різних галузях господарства та медицини.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Гумінові кислоти здатні виконувати такі значущі функції: акумулятивну функцію (накопичення елементів живлення й

енергетичного матеріалу для подальшого споживання рослинами, тваринами й мікроорганізмами за рахунок утворення ГК у водних розчинах низки нерозчинних органо-мінеральних сполук, які мають високу поглинальну здатність і можливість закріплюватись у ґрунті про запас як джерело поживних речовин для майбутніх поколінь рослин); регуляторну функцію; протекторну функцію (завдяки здатності зв'язувати токсичні елементи в малорухливі або важкодисоційовані сполуки, зокрема, нейтралізувати несприятливий вплив пестицидів, надмірних доз мінеральних добрив, важких металів (ВМ) і деяких радіоактивних ізотопів на культурні рослини) [7].

Вивченням та застосуванням гумінових речовин у сільському господарстві України займаються цілі наукові школи, які, зокрема, розробляють технології отримання біологічно активних гумінових препаратів та технологічні схеми їхнього застосування у рослинництві й тваринництві, в т. ч. скотарстві, свинарстві, вівчарстві, птахівництві, страусівництві, дрібному тваринництві; вивчають механізми біологічної дії гумінових речовин [8].

Гумінові добрива природного походження здатні підвищувати стійкість рослин до різних несприятливих чинників навколишнього середовища (заморозків, посухи, поганого освітлення, дії пестицидів), відновлювати родючість ґрунту, підвищувати врожайність культур (збільшується вміст сухих речовин, білків, вітамінів, жирів), покращувати харчову цінність продукції та її екологічну чистоту (зменшується вміст нітратів, залишків засобів захисту рослин та ВМ), знижувати витрати на одержання врожаю, поліпшуючи рентабельність сільськогосподарського виробництва.

Гумати добре розчинні у воді і мають фізіологічно активні властивості, в малих дозах стимулюють ріст і розвиток рослин, а у великих — пригнічують. У рослинництві найпоширеніші гумати калію. Це пов'язано з впливом калію на транспірацію та водний баланс рослин за рахунок регулювання поглинання вологи з ґрунту через кореневу систему, що підвищує посу-

хостійкість рослин. Натрієві гумати переважно використовують як кормові добавки в тваринництві та рослинництві [9].

Гумусові речовини впливають на рослину прямо або опосередковано. Непрямий ефект пов'язаний із поліпшенням водно-фізичних властивостей ґрунту, активізацією мікрофлори, впливом на міграцію поживних елементів, підвищенням коефіцієнта використання мінеральних добрив, зв'язуванням токсичних агентів (пестицидів, ВМ та ін.). Під впливом гумусових речовин змінюється проникність клітинних мембран, підвищується активність багатьох ферментів та швидкість фізіологічних та біохімічних процесів, стимулюються процеси дихання, синтезу білків і вуглеводів, зростає концентрація хлорофілу і аскорбінової кислоти [9–11]. Відмічено позитивний вплив на мінеральне живлення рослин, водообмін, збільшення вмісту хлорофілу та продуктивність фотосинтезу. Все це в кінцевому підсумку зумовлює посилення росту, підвищення врожаю, прискорення дозрівання і поліпшення якості продукції. Застосування гуматів у технологіях захисту сільськогосподарських культур дає змогу підвищити стійкість рослин проти збудників хвороб [9].

Замочування насіння з гуматом прискорює їх схожість, підвищує стійкість до механічних пошкоджень, знищує інфекції, що знаходяться на зовнішній оболонці насіння. Рослини швидко нарощують листовий апарат, розвиток їх прискорюється, а життєздатність підвищується. Крім того, препарат сприяє розвитку потужної кореневої системи, збільшуючи, її здатність вбирати вологу, корисні мікроелементи та краще закріпитися в ґрунті [12].

Останнім часом одержано важливі результати щодо перспектив використання біологічно активних речовин гумінової природи як добавок до кормів у птахівництві. Ці речовини під час надходження до організму птиці проявляють адаптогенну, регулювальну та імуномодельовальну дію. Органічні кислоти гумінових препаратів допомагають травним ферментам розщеплювати корм у шлунково-кишковому тракті

(ШКТ) та покращувати перетравлення білка і засвоєння кальцію, а також мікроелементів і поживних речовин корму [13].

Використання гуматів призводить до прискорення росту тварин, зниження захворюваності, підвищення стійкості їх організму до несприятливих умов середовища, а також до залишкових токсинів у кормах. Наслідком є підвищення продуктивності тварин [14].

Згідно з дослідженнями вчених [15], гумінові кислоти, покращуючи травлення та засвоєння кормів, оптимізують стан шлунково-кишкового тракту тварин. Заміна антибіотиків (що додаються в корми як стимулятори зростання) на гумінові кислоти покращує показники продуктивності та стану тварин. Додавання гумінових кислот у корм тварин сприяє підвищенню надоїв та жирності молока молочних корів. Також збільшується вага молодняку в момент відлучення від молочного харчування і відбувається швидке нарощування маси у молочних корів. Загалом, гумінові кислоти посилюють опір тварин стресовим чинникам, наприклад, перегріву. Поліпшуючи імунну функцію тварин, гумінові кислоти здатні значною мірою знижувати частоту діареї та інших розладів травлення, а також покращувати захист тварин від патогенів.

Комплекс гумінових і фульвових кислот має високу біодоступність. ГК прискорюють обмінні та окиснювально-відновлювальні процеси, активно зв'язують вільні радикали. Поліпшується газообмін у тканинах, збільшується швидкість вільнорадикального окиснення. Прискорення процесів метаболізму насамперед позначається на зміні показників крові. Гумінові кислоти стимулюють кровотворну функцію, внаслідок чого збільшується кількість формених елементів крові (еритроцитів, лейкоцитів), підвищується рівень гемоглобіну. Спостерігається збільшення вмісту в крові Т- і В-лімфоцитів, бактеріцидної і лізоцимної активності крові і фагоцитарної активності нейтрофілів. Окрім того, ГК пригнічують ріст патогенних бактерій у шлунково-кишковому тракті, поліпшують перетравлення білка і засвоєння кальцію, мікроелементів,

поживних речовин, утворюють плівку на слизовій оболонці шлунково-кишкового тракту, що захищає організм від інфекцій і токсинів. Дію гумінових кислот можливо пояснити високими адсорбційними властивостями, що сприяють знешкодженню токсинів у шлунково-кишковому тракті, поліпшенню травлення і засвоєнню кормів, які не тільки доповнюють раціон тварин елементами живлення, а й є активаторами обмінних процесів, комплексно й позитивно впливаючи на весь організм [16].

Фульвові кислоти мають здатність вступати в реакцію з мінералами і розбивають їх на частинки іонного розміру, утворюючи фульвати — найменші з можливих форм мінералів. Низька молекулярна маса забезпечує проникність фульвових кислот через клітинну мембрану, що дає можливість доставляти мікроелементи та інші поживні речовини прямо всередину клітини. Доставивши до клітини мінерали та поживні речовини, фульвові кислоти віддають їх, після чого зв'язують ВМ, і виводять їх з клітини.

Фульвові кислоти мають бактерицидну дію на умовно патогенну мікрофлору — кишкову паличку, золотистий стафілокок, протей, синьогнійну паличку та ін. До того ж, ФК не пригнічують корисну мікрофлору і не викликають резистентність (стійкість) патогенних мікроорганізмів. Загалом, введення комплексу гумінових та супутніх їм фульвових кислот до раціону тварин стимулює приріст живої маси, продуктивність, підвищує захисні сили організму і забезпечує отримання нормативної продукції на фоні забруднення навколишнього середовища важкими металами [16].

Дослідження на здорових добровольцях показують, що перорально застосовані гумінові кислоти збільшують сумарну концентрацію попередньо існуючої мікробіоти товстої кишки від 20% до 30% без змін у різноманітності бактерій окремого мікробіому і можуть бути серйозною альтернативою пробіотикам [17].

Експериментальні розробки з дослідження і застосування препаратів гумінової кислоти здійснювалися в медицині й

ветеринарії ще з 1967 р. Було встановлено норми згодовування й рекомендовано лікувальні дози препаратів, які виявляють свої позитивні властивості й можуть використовуватися як терапевтичні засоби для лікування різних захворювань органів ШКТ та порушень обміну речовин, пов'язаних із кишковими інфекціями. Передусім це зумовлено антибактеріальною й протівірусною дією гумінових кислот, а також їхнім в'язучим, антирезорбтивним і протизапальним характером. Обволікаючи слизову оболонку кишківника тварин, вони зменшують або повністю запобігають всмоктуванню токсичних продуктів обміну після інфекції, а також нівелюють наслідки згодовування неякісних кормів без будь-яких побічних ефектів на організм тварин. Під час терапії кишкових захворювань спостерігається зниження патологічної імпульсації з периферичних нервових закінчень кишківника й відновлення нормальної перистальтики та тонуусу. Під їхньою дією відновлюється кишковий імунітет у тварин, схильних до стресів. А під легким дубильним впливом ущільнюється слизова кишківника, зменшується її проникність і надлишкове виділення тканинної рідини в просвіт. Це безпосередньо впливає на профілактику зневоднення організму. До того ж, знижується ризик захворювань ШКТ і підвищується засвоюваність компонентів корму, що дає можливість для повноцінного росту й розвитку здорового поголів'я тварин і птиці [18].

Накопичено великий матеріал щодо впливу препаратів із гуміновими кислотами на імунний статус тварин. Гумінові кислоти через самостійні рецептори (Пеєрові пляшки), які знаходяться в стінці кишківника, стимулюють імунну систему організму для захисту від чужорідних впливів. Під впливом гуматів підсилюється фагоцитарна функція лейкоцитів, додатково стимулюються захисні сили організму, а це зменшує падіж і підвищує збереження молодняку.

Під час запальних процесів у шлунку й кишківнику, викликаних патогенною мікрофлорою, перспективною альтерна-

тивною антибіотикам і пробіотикам у стабілізації кишкової мікрофлори вважаються препарати гумінових кислот. Вони не менш успішно нейтралізують патогенну мікрофлору, під час одночасного придушення запалення й блокади місць налипання патогенних збудників у слизовій кишківника. Встановлено, що гумінові кислоти зв'язують патогенні кишкові палички в середньому на 94%, а ендотоксини на 82%. Зв'язані гуміновою кислотою бактерії й токсини виводяться з організму природним шляхом. Найбільш ефективним у терапії тварин вважається антивірусна дія гумінових кислот, оскільки в одужанні додатково задіяно імуномодулювальний вплив препарату на організм господаря [18; 19].

Висока біологічна активність препаратів із гуміновими кислотами проявляється і щодо грибкових захворювань. Зокрема, відзначено їх фунгіцидну дію проти *Candida albicans*, що населяють ШКТ тварин і людини. Препарати гумінових кислот складають конкуренцію загальноприйнятим мінеральним адсорбентам (активоване вугілля, глина, бентоніт, цеоліт та ін.). За рахунок своїх хімічних властивостей вони допомагають зв'язувати мікотоксини, катіони важких металів, проявляють адсорбційні властивості до нітритів, нітратів, інсектицидів та інших шкідливих речовин, що потрапляють у шлунково-кишковий тракт тварин. До того ж, ГК проходять між ворсинками епітелію кишківника й створюють захисну плівку з найтонших частинок, які захищають тканини епітелію й лімфатичних вузлів. Адсорбційний ефект від ГК посилюється їхньою здатністю проникати в тонкий відділ кишечника без змін і проявляти свої властивості щодо токсинів у потрібному місці: токсичні речовини фіксуються, сповільнюється їх всмоктування й прискорюється вихід з організму з фекаліями. Порівняно з антибіотиками, механізм гумінокислотної терапії проявляється досить повільно, впродовж 24–72 год [18].

Гумінові кислоти мають чітко виражену гепатопротекторну функцію. Вона реалізується за рахунок дезінтоксикаційних і

антиоксидантних властивостей, здатності бути індукторами мікросомальних ферментів, впливати на метаболічні процеси й підвищувати біосинтез поліамінів, що беруть участь у формуванні структури рибосом і процесах біосинтезу білка в гепатоцитах — клітинах печінки. Синтез поліамінів має безпосереднє відношення до процесів проліферації гепатоцитів і регенерації печінки. Кормові добавки з гуміновими кислотами безпосередньо впливають на відновлення головного фільтра організму й підвищують вихід товарної печінки від 30%.

Гумінові кислоти здійснюють важливий та позитивний вплив на репродуктивну функцію тварин і птиці. Досвід застосування кормових добавок із гуміновими кислотами показує, що у птиці підвищується несучість і товарні якості яйця (зниження бою й насічок, збільшення товщини шкаралупи, підвищення насиченості кольору жовтка та однорідності коричневого кольору яйця), а заплідненість зростає на 1,5–2,5%. Збільшуються терміни і якість репродуктивного використання: у курей несучок на 2–4 тижні, корів на 1 лактацію, у свиней довголіття свиноматок продовжується на 1–2 опороси за підвищення багатоплідності на 5–7% [18].

Отже, гумінові кислоти набули широкого використання в тваринництві, птахівництві та рибництві. Нові дослідження щодо ефективності їхнього використання і дозування у кролівництві актуальні донині. Показано ефективність ГК для зниження токсичності на організм кролів охратоксину-А. Під час застосування препарату на основі гумінової кислоти встановлено більший приріст у кролів новозеландської білої породи та вищий коефіцієнт конверсії корму [20]. Результати досліджень свідчать про можливість використання добавки ГК для інтенсифікації росту та мінералізації кісткової тканини кролів [21]. Виявлено ефективність застосування гумінових кислот для кращого всмоктування мінералів у кишківнику мишей [20].

Гумінові кислоти завдяки своїй високій молекулярній масі та різноманітності

функціональних груп, можуть хелатувати багато важких металів. Авторами було вивчено профілактичний ефект ГК на рівень тиреоїдних гормонів та гістопатологічний стан щитоподібної залози у курей-несучок в умовах отруєння свинцем. Отруєння свинцем не впливало на концентрації трийодтироніну або тироксину, проте на 167% збільшувало концентрацію тиреостимулювального гормону. Додаток ГК знижувала підвищений у результаті отруєння свинцем рівень тиреостимулювального гормону до нормального рівня. У несучок, які отримували свинець, відмічені дегенеративні зміни в епітеліальних клітинах щитоподібної залози. У міжфолікулярному просторі були присутні клітини сполучної тканини, відзначено значну кількість колоїду з частково атрофованими фолікулами. При паралельному введенні до раціону ГК ці гістопатологічні симптоми були менш вираженими. Зроблено висновок, що ГК пом'якшують вплив отруєння свинцем на функцію та структуру щитоподібної залози, можливо, за рахунок зниження його засвоєння залозою за рахунок хелатування, а також за рахунок протизапального ефекту ГК [22].

Під час вивчення впливу гумату натрію (0,1% розчин) на фізіологічні функції організму були проведені численні дослідження на різних видах лабораторних тварин (білі миші, білі щури, кролики, морські свинки, жаби) із терміном спостереження до 6 міс. Морфологічний склад крові (кількість еритроцитів, лейкоцитів і вміст гемоглобіну) зберігався на рівні фізіологічної норми з деякою тенденцією до збільшення кількості еритроцитів і гемоглобіну. Гумат натрію, що застосовується в цій концентрації, не надає побічного впливу на серцево-судинну систему. Судинозвужувальний ефект практично нівелюється в організмі розведеним у крові тварин при курсовому введенні. Під час гістоморфологічних досліджень не виявлено шкідливого впливу препарату на тканини таких життєвоважливих органів, як серце, печінка, легені, нирки, надниркові залози та щитоподібна залоза при тривалому введенні. За паренте-

рального введення у дозах, що багаторазово перевищують терапевтичну, препарат не викликає тератогенної та ембріотоксичної дії. Гумат натрію не має алергійних властивостей (при перевірці загальної та місцевої алергічних реакцій), не викликає підвищення температури (апірогенний). Під час визначення гострої токсичності гумату натрію було встановлено рівень LD_{50} , що дорівнює 0,536 г на кг маси, що свідчить про практичну нешкідливість препарату. Гумат натрію за введення отруйних доз строфантину і стрихніну покращує провідність серцевого м'язу та знижує рівень пригнічення гальмівних процесів у ЦНС. Ці дані свідчать про наявність антитоксичних властивостей гумату натрію. Гумат натрію впливає на обмінні процеси у тканинах: знижує активність каталази та підвищує одночасно активність пероксидази крові. Зазначається тенденція до зниження активності лужної фосфатази. Гумат натрію має донорно-акцепторні властивості та сприяє активації окисно-відновних процесів у клітинах рослин, має позитивний вплив на термодинамічний стан організму [23].

Гумат натрію за профілактичного введення підвищує резистентність організму в умовах кисневого голодування (перебування в барокамері та в замкнутому просторі) та полегшує перебіг і результат експериментально викликаних захворювань (фенілгідразінова анемія, серотонінова виразка шлунка, токсичний гепатит). Результати цих експериментів свідчать про багатопротічний вплив гумату натрію на різні системи організму та за механізмом дії характеризують його як адаптоген. Механізм дії гумату натрію пов'язаний із впливом його на системи, що підвищують загальну резистентність організму та антитоксичну функцію печінки. Фізіологічні, біохімічні та гістохімічні дослідження встановили, що за введення гумату натрію підвищення активності фагоцитозу, лізоциму, збільшення кількості глікогену, глютамінової кислоти, сульфгідрильних груп цистеїну в гепатоцитах та нормалізуючий вплив на активність аланінамінотрансферази та

аспартатамінотрансферази, церулоплазміну в сироватці крові [23].

Під впливом фульво- та гумінових кислот підвищується ефективність процесу окисного фосфорилування у дослідях *in vitro* на мітохондріях печінки щура. На лабораторних тваринах, яким упродовж 24 днів згодовували гомогенат торфугру або виділені з нього гумінові кислоти, показано зниження холестерину в крові, ліпідів, глюкози, збільшення глобулінів, гемоглобіну та кількості еритроцитів. Гумінові та фульвокислоти *in vitro* скорочують протромбіновий час плазми людини. Показано здатність гумінових кислот стимулювати деякі функції нейтрофілів людини [24–26].

Біостимулювальний ефект гумінових кислот у складі торфугру показаний на щурах із лапаротомією, яких протягом кількох днів опускали у торф'яну жижу. В результаті істотно зменшувалася кількість спайок, що утворюються. Для прискорення загоєння ранової поверхні застосовували спеціально розроблений гумат [27]. Препарати, приготовані з додаванням гумінових кислот, застосовуються під час лікування ревматичних і гінекологічних захворювань. Комплекс гумінова кислота–залізо підвищує засвоєння заліза та дає можливість одним лікарським засобом проводити у ветеринарній практиці терапію тонкокишкового залізодефіцитного синдрому. Для лікування діареї у ветеринарії запропоновано препарат на основі гумату натрію. Гумати рекомендовані для лікування метаболічних порушень у травній системі, де відсутні побічні ефекти та відбувається повне виведення препарату з організму, що особливо цінно у педіатричній клініці [28].

В експериментах виявлена антибактеріальна, протизапальна, антиоксидантна, гепатопротекторна, протівірусна активність ГК. Досліди *in vivo* та *in vitro* показали, що гумати виявляють антиоксидантну активність. Це пояснюється структурними особливостями ГК — насамперед наявністю великої кількості хіноїдних груп, які є каталізаторами окиснювально-відновних

реакцій [4]. З'являється дедалі більше наукових публікацій щодо вивчення антиоксидантних та адсорбційних властивостей гумінових кислот, підкреслюючи їх користь при інтоксикаціях [29].

Протизапальна активність ГК вивчена на моделях гострого і хронічного запалення. Можливий механізм протизапальної дії пояснюється здатністю ГК знижувати генерацію кисневих радикалів і зменшувати споживання кисню активованими фагоцитами. На сьогодні досліджено і вивчено протівірусну активність ГК. Механізм протівірусної дії ГК пояснюють здатністю їх полімерних молекул перешкоджати адсорбції вірусу на клітинній мембрані [4].

Фульвокислоти запобігають прогресуванню ранової інфекції та стимулюють імунну функцію. Імуномодулювальна властивість фульвових кислот впливає на окислювально-відновний стан і на здоров'я кишківника. Вчені здійснюють подальше дослідження фармакологічних властивостей гумусових кислот із метою розробки на їх основі лікарських препаратів. Велику увагу приділяють вивченню впливу гумусових кислот на імунологічну реактивність організму і поліпшення обмінних процесів, а також розробку високоєфективних біостимуляторів та імуномодуляторів — засобів підвищення загальної резистентності організму [4].

Науковцями доведено, що гумат натрію, лігногумат натрію, лігногумат калію в концентраціях 10–1000 мг/л та препарат «Гумізол» (10–100 мг/л) не проявляють мутагенних ефектів в *Allium*-тесті. В культурі периферичної крові людини гумат натрію в концентрації 500 мкг/мл проявляє мутагенний ефект, а у концентраціях 10 мкг/л, 50 мкг/л та 100 мкг/л не впливає на рівень спонтанного мутагенезу. Ці речовини виявляють антимутагенні властивості щодо цитогенетичних ефектів діоксидину, тіофосфаміду та мітоміцину С в *Allium*-тесті. Антимутагенний ефект становить 40–70%. Також досліджувані препарати зменшують рівень радіаційно-індукованого мутагенезу в концентрації 100 мг/л після опромінення (доза 5, 10, 20 Гр) в

рослинній тест-системі. Антимутагенний ефект становить 28–53%. Гумат натрію (1 мкг/мл) проявляє радіопротекторні властивості в первинній культурі міогенних клітин новонароджених щурів [30].

У літературі повідомляється, що гумати блокують або зменшують вироблення гормонів, що викликають стрес, а також знімають набряки від запалення суглобів, оскільки зв'язуються з колагеновими волокнами, допомагаючи відновлювати пошкоджені сухожилля та кістки. При цьому міцність сухожилля збільшується на 75% [31].

На думку багатьох авторів, введення до складу поживних середовищ природних речовин, які є в ґрунтах і воді, здатне стимулювати ріст мікобактерій. Зокрема, вказується, що додавання гумінових речовин і фульвокислот дає змогу прискорити появу перших колоній мікобактерій різних видів, а також стимулює їх ріст і розмноження. Досліджено вплив різних концентрацій гумінових речовин і фульвокислот на інтенсивність росту *M. avium* на поживному середовищі Мордовського з рН 6,5 і 6,7. Встановлено, що додавання гумінових речовин пришвидшує появу перших колоній мікроорганізму, стимулює їх ріст і розмноження. Найбільш обґрунтованим є внесення до складу середовища гумінових речовин і фульвокислот у концентрації 0,05% [32].

ВИСНОВКИ

Гумінові й фульвові кислоти та їх солі посідають особливе місце серед біологічно

активних речовин. Наведена вище інформація свідчить про те, що ГК та ФК проявляють широкий спектр біологічної дії, що визначає великий інтерес до гумінових речовин останнім часом. На їх основі створені різноманітні препарати для сільськогосподарства, ветеринарії та біологічно активні добавки, що застосовуються в медичній практиці. Застосування ГК і ФК у тваринництві та рослинництві збільшує частку екологічно чистої продукції, що позитивно впливає на стан здоров'я людини, гармонійні зв'язки населення та природи, та, загалом, дає можливість покращити екологічну безпеку держави.

Невелика кількість робіт, що присвячена впливу гумінових речовин на організм людини та її здоров'я, вказує перспективний шлях для майбутніх досліджень в області екології людини, в т. ч. щодо з'ясування ролі гумінових та фульвових кислот у процесах старіння й довголіття.

Найважливішим завданням подальших досліджень має бути вивчення впливу гумінових та фульвових кислот на здоров'я людини, та створення препаратів на основі гумінових речовин або лікувальних питних вод із різною концентрацією цих сполук. Оскільки відомо, що концентрація гумінових і фульвових кислот у природних водах України знижується від Полісся до Приазов'я і Причорномор'я, то встановлення кореляції між якістю здоров'я людини й довголіття та концентрацією гумінових речовин у питній воді є важливим аспектом екології людини.

ЛІТЕРАТУРА

- Єфімова І.В., Смирнова О.В., Бессарабов В.І., Семенова Р.Г. Зміна структури гумінових кислот як спосіб регулювання антиоксидантних властивостей. *Фізико-органічна хімія, фармакологія та фармацевтична технологія біологічно активних речовин*: зб. наук. пр. Київ: КНУТД, 2019. Вип. 2. Т. 1. С. 29–39.
- Олійник Л.П., Бернатська Н.Л., Реутський В.В., Комаренська З.М. Вивчення взаємодії гумінових кислот з іонами металів. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. Сер.: Хімія, технологія речовин та їх застосування. 2018. № 886. С. 41–46.
- Артем'єва К.С. Ефективність нових комплексних органічно-мінеральних добрив на чорноземі типово-му в умовах Лівобережного Лісостепу України: дис. ... канд. с.г наук: 06.01.04. Харків, 2018. 208 с.
- Струс О.Є. Теоретичне та експериментальне обґрунтування комплексного використання сапропелів для створення лікарських, ветеринарних та косметичних засобів: дис. ... д-ра фарм. наук: 15.00.01. Львів, 2021. 512 с.
- Осадча Н.М. Полідисперсність гумусових речовин поверхневих вод басейну Дніпра. *Наукові праці УкрНДІГМІ*. 2010. Вип. 259. С. 145–170.
- Васильчик Т.А., Афанасьєв С.А. Гумусовые вещества в бассейне трансграничных участков рек Припяти и Днепра. *Природничий альманах*. 2004. Вип. 7. С. 29–34.

7. Горова А.І., Лисицька С.М., Скворцова Т.В. Екологічні аспекти відновлення гумусного стану та екологічних функцій агроландшафтів територій, порушених гірничою діяльністю. *Український гірничий форум*: зб. матер. (м. Дніпро, 1–2 жовт. 2015 р.). Дніпро, 2015. Т. 3. С. 187–191.
8. Досягнення та перспективи застосування гумінових речовин у сільському господарстві: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 95-річчю Дніпровського державного аграрно-економічного університету (ДДАЕУ) та 110-річчю від дня народження проф. Л.А. Христевої (м. Дніпро, 19–20 жовт. 2017 р.) / за ред. Л.М. Степченко. Дніпро, 2017. 164 с.
9. Козаренко Д.О. Застосування гуматів — перспективний метод зменшення хімічного навантаження на агроценози. *Карантин і захист рослин*. 2013. № 8. С. 14–16.
10. Юрченко С.О., Баган А.В., Шакалій С.М. Вплив стимуляторів росту на укорінення лаванди вузьколістої для садово-паркового вирощування. *Аграрні інновації*. 2022. № 15. С. 73–77.
11. Коломієць Ю.В., Григорюк І.П., Буценко Л.М. Індукуючий вплив біодобрив на продуктивність рослин томатів і формування мікробіоти ризосфери. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 1. С. 75–82. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2017.221013>.
12. Зінкевич А.Р., Буденкова Н.М. Розробка технології вилучення гумінових кислот з торфу і бурого вугілля. *Студентський вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2016. № 1. С. 108–111.
13. Гунчак А.В., Степченко Л.М., Ратич І.Б., Стефанишин О.М. Ефективність використання сполук гумінової природи в раціонах перепілок. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2017. № 2(44). С. 53–57.
14. Kucukersan S., Kucukersan K., Colpan I. et al. The effects of humic acid on egg production and egg traits of laying hen. *Vet. Med.* 2005. Vol. 50(9). P. 406–410.
15. Thomassen V.P. and Faust R.H. The use of a processed humic acid product as a feed supplement in dairy production in the Netherlands. Conference Paper IFOAM; IFOAM 2000, the world grows organic international scientific conference. Basle, 2000. P. 339.
16. Склярів П. Використання препарату VITAPOL® пульвіс для профілактики післяродової патології корів і підвищення життєздатності новонароджених телят. *Проблеми репродуктології тварин. Шляхи вирішення*: зб. матеріалів конф. з ветеринарної медицини (м. Київ, 20 жовт. 2022 р.). Київ, 2022. С. 4–6.
17. Swidsinski A., Dörffel Y., Loening-Baucke V. et al. Impact of humic acids on the colonic microbiome in healthy volunteers. *World J Gastroenterol*. 2017. Vol. 23(5). P. 885–890. DOI: <https://doi.org/10.3748/wjg.v23.i5.885>.
18. Андросович І.І. REASIL реальна сила гумінових кислот для тварин і птиці. *Тваринництво сьогодні*. 2019. № 1. С. 71–75.
19. Laub R. Laub developing humate with anti-HIV, HSV, HPV and other antiviral activity. *Antiviral Drug and Vaccine Development Information*. 2000. Vol. 12. № 2.
20. Корнійчук Ю.В., Грушанська Н.Г., Костенко В.М. Профілактика порушень обміну мінеральних речовин у лактуючих кролиць. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.С. Гжицького. Сер.: Ветеринарні науки*. 2020. Т. 22, № 97. С. 147–156.
21. Rybalka M.A., Stepchenko L.M., Shuleshko O.O. and Zhorina L.V. The impact of humic acid additives on mineral metabolism of rabbits in the postnatal period of ontogenesis. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2020. Vol. 11(2). P. 289–293. DOI: <https://doi.org/10.15421/022043>.
22. Sahin A., Iskender H., Terim Kapakin K.A. et al. The effect of humic acid substances on the thyroid function and structure in lead poisoning. *Braz. J. Poultry Sci.* 2016. Vol. 18(4). P. 649–653. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0266>.
23. Лотош Т.Д. Гумат натрия из торфа как фактор повышения неспецифической резистентности организма: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13. Одесса, 1985. 202 с.
24. Bernacchi F., Ponzanelli I., Barale R. and Bertelli F. In-vivo and In-vitro mutagenicity studies on natural humic acid (HA). ATTI-Associazione Genetica: Italiana Conference Paper (Alghero, Italy, October 1991). *Alghero*, Italy, 1991. Vol. 37. P. 49–50.
25. Gau R.J., Yang H.L., Suen J.L. and Lu F.J. Induction of oxidative stress by humic acid through increasing intracellular iron; a possible mechanism leading to atherothrombotic vascular disorder in blackfoot disease. *Biochem Biophys Res Commun*. 2001. Vol. 283(4). P. 743–749.
26. Schneider J., Weis R., Manner C. et al. Inhibition of HIV-1 in cell culture by synthetic humate analogues derived from hydroquinone; mechanism of inhibition. *Virology*. 1996. Vol. 218(2). P. 389–395.
27. Kreutz B. and Schliekewew W. Effects of Implanted bovine calcium hydroxyapatite with humate. *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 1992. Vol. 111(5). P. 259–264.
28. Chirase N.K., Greene L.W., McCollum F.T. et al. Effect of Bovipro on performance and serum metabolites concentrations of beef steers. *Western Section, American Society of Animal Science Proceedings*. 2000. Vol. 51. P. 415–418.
29. Janka V., Stupák M., Vidová Ugurbaş M. et al. Therapeutic efficiency of humic acids in intoxications. *Life*. 2023. Vol. 13(4). P. 971. DOI: <https://doi.org/10.3390/life13040971>.
30. Шкарупа В.М. Гумінові речовини як модифікатори мутаційного процесу: дис. ... д-р біол. наук: 03.00.15. Київ, 2020. 484 с.
31. Effects of humic acid on animals and humans. An overview of literature and a review of current research. URL: https://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiBybL1vISAaxWxJhAIHXGJAE4ChAWegQIDxAB&url=https%3A%2F%2Fwww.vetservis.sk%2Fmedia%2Fobject%2F433%2FEffects_of_humic_acid_on_

animals_and_humans.pdf&usg=AOvVaw1pIzYg5IKI4mV9Z6z83_3P&opi=89978449.

32. Ткаченко О.А., Єфімова О.О. Вплив гумінових і

фульвокислот на інтенсивність росту *M. Avium* на живильному середовищі Мордовського. *Науково-технічний бюлетень*. 2012. Т. 13. № 3–4. С. 1–4.

REFERENCES

1. Yefimova, I.V., Smyrnova, O.V., Bessarabov, V.I. & Semenova, R.H. (2019). Zmina struktury huminovykh kyslot yak sposib rehulivuvannya antyoksydantnykh vlastyvoستي [Changing the structure of humic acids as a way of regulating antioxidant properties]. *Fizyko-orhanichna khimiia, farmakolohiia ta farmatsevtichna tekhnolohiia biolohichno aktyvnykh rechovyn: zbirnyk naukovykh prats — Physical and organic chemistry, pharmacology and pharmaceutical technology of biologically active substances: collection of scientific works, 2 (1)*, 29–39 [in Ukrainian].
2. Oliinyk, L.P., Bernatska, N.L., Reutskyi, V.V. & Komarenska, Z.M. (2018). Vychennia vzaiemodii huminovykh kyslot z ionamy metaliv [Study of the interaction of humic acids with metal ions]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politehnika». Seriya: Khimiia, tekhnolohiia rechovyn ta yikh zastosuvannia — Bulletin of the Lviv Polytechnic National University. Series: Chemistry, technology of substances and their application, 886*, 41–46 [in Ukrainian].
3. Artemieva, K.S. (2018). Efektyvnist novykh kompleksnykh orhano-mineralnykh dobyrv na chornozemi typovomu v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Effectiveness of new complex organo-mineral fertilizers on typical chernozem in the conditions of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine]. *Candidate's thesis*. Kharkiv [in Ukrainian].
4. Strus, O.Ye. (2021). Teoretychne ta eksperymentalne obruntuvannia kompleksnoho vykorystannia sapropeliv dlia stvorennia likarskykh, veterynarnykh ta kosmetychnykh zasobiv [Theoretical and experimental substantiation of the complex use of sapropels for the creation of medicinal, veterinary and cosmetic products]. *Doctor's thesis*. Lviv [in Ukrainian].
5. Osadcha, N.M. (2010). Polidispersnist humusovykh rechovyn poverkhnevnykh vod baseinu Dnipra [Polydispersity of humic substances of surface waters of the Dnipro basin]. *Naukovi pratsi UkrNDHMI — Scientific works of UHMI, 259*, 145–170 [in Ukrainian].
6. Vasylchuk, T.A. & Afanasiev, S.A. (2004). Humusove veshchestva v basseine transhranychnykh uchastkov rek Prypiaty i Dnepra [Humic substances in the basin of the transboundary sections of the Pripjat and Dnieper rivers]. *Pryrodnychiy almanakh — Natural almanac, 7*, 29–34 [in Ukrainian].
7. Horova, A.I., Lysytska, S.M. & Skvortsova, T.V. (2015). Ekolohichni aspekty vidnovlennia humusnoho stanu ta ekolohichnykh funktsii ahrotlandshaftiv terytorii, porushennykh hirnychoiu diialnistiu [Ecological aspects of restoration of the humus state and ecological functions of agro-landscapes of territories disturbed by mining activities]. *Ukrainskyi hirnychy forum: zbirnyk materialiv [Ukrainian mining forum: collection of materials]*. (pp. 187–191). Dnipro [in Ukrainian].
8. Stepchenko L.M. (Ed.) (2017). *Dosiahnennia ta perspektyvy zastosuvannia huminovykh rechovyn u silskomu hospodarstvi: materialy Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii, prysviachenoj 95-richchiu Dniprovskoho derzhavnoho ahrarno-ekonomichnoho universytetu (DDAEU) ta 110-richchiu vid dnia narodzhennia prof. L.A. Khrystievoj [Achievements and prospects of the use of humic substances in agriculture: materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 95th anniversary of the Dnipro State Agrarian and Economic University (DDAEU) and the 110th anniversary of the birth of prof. L.A. Hristeva]*. Dnipro [in Ukrainian].
9. Kozarenko, D.O. (2013). Zastosuvannia humativ — perspektyvnyi metod zmenshennia khimichnoho navantazhennia na ahrotsenozy [The use of humates is a promising method of reducing the chemical load on agrocenoses]. *Karantyn i zakhyst roslin — Quarantine and plant protection, 8*, 14–16 [in Ukrainian].
10. Yurchenko, S.O., Bahan, A.V. & Shakalii, S.M. (2022). Vplyv stymuliatoriv rostu na ukorinennia lavandy vuzkolistoi dlia sadovo-parkovoho vyroshchuvannia [The effect of growth stimulants on the rooting of narrow-leaved lavender for horticultural cultivation]. *Ahrarni innovatsii — Agrarian innovations, 15*, 73–77 [in Ukrainian].
11. Kolomiets, Yu.V., Hryhoriuk, I.P. & Butsenko, L.M. (2017). Indukuiuchy vplyv biodobryv na produktyvnist roslin tomativ i formuvannia mikrobioty ryzosfery [The inducing effect of biofertilizers on the productivity of tomato plants and the formation of rhizosphere microbiota]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal, 1*, 75–82. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2017.221013> [in Ukrainian].
12. Zinkevych, A.R. & Budenkova, N.M. (2016). Rozrobka tekhnolohii vyluchennia huminovykh kyslot z torfu i buroho vuhillia [Development of technology for extracting humic acids from peat and lignite]. *Studentskyi visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia — Student Bulletin of the National University of Water Management and Nature Management, 1*, 108–111 [in Ukrainian].
13. Hunchak, A.V., Stepchenko, L.M., Ratykh, I.B. & Stefanyshyn, O.M. (2017). Efektyvnist vykorystannia spoluk huminovoiv pryrody v ratsionakh perepilok [The effectiveness of the use of compounds of humic nature in quail diets]. *Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnoho ahrarno-ekonomichnoho universytetu — Bulletin of the Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University, 2 (44)*, 53–57 [in Ukrainian].
14. Kucukersan, S., Kucukersan, K., Colpan, I. et al. (2005). The effects of humic acid on egg production and egg traits of laying hen. *Vet. Med., 50 (9)*, 406–410 [in English].
15. Thomassen, B.P. & Faust, R.H. (2000). The use of a processed humic acid product as a feed supplement in dairy production in the Netherlands. *Conference Paper IFOAM; IFOAM 2000, the world grows organic*

- international scientific conference* (p. 339). Basle [in English].
16. Skliarov, P. (2022). Vykorystannia preparatu VITAPOL® pulvic dlia profilaktyky pisljarodovoi patolohii koriv i pidvyshchennia zhyttiezdatnosti novonarodzhennykh teliat [The use of the drug VITAPOL® pulvic for the prevention of postpartum pathology in cows and increasing the viability of newborn calves]. *Problemy reproductolohii tvaryny. Shliakhy vyrishennia: zbirnyk materialiv konferentsii z veterynarnoi medytsyny [Problems of animal reproduction. Solutions: collection of materials of conferences on veterinary medicine]*. (pp. 4–6). Kyiv [in Ukrainian].
 17. Swidsinski, A., Dörrfel, Y., Loening-Baucke, V. et al. (2017). Impact of humic acids on the colonic microbiome in healthy volunteers. *World J Gastroenterol*, 23 (5), 885–890. DOI: <https://doi.org/10.3748/wjg.v23.i5.885> [in English].
 18. Androsovych, I.I. (2019). REASIL realna syla huminovykh kyslot dlia tvaryny i ptysi [REASIL is the real power of humic acids for animals and poultry]. *Tvarynystvo sohodni — Animal husbandry today*, 1, 71–75 [in Ukrainian].
 19. Laub, R. (2000). Laub developing humate with anti-HIV, HSV, HPV and other antiviral activity. *Antiviral Drug and Vaccine Development Information*, 12 (2) [in English].
 20. Kornichuk, Yu.V., Hrushanska, N.H. & Kostenko, V.M. (2020). Profilaktyka porushen obminu mineralnykh rehovyn u laktuyuchykh krolyts [Prevention of mineral metabolism disorders in lactating rabbits]. *Naukovyi visnyk LNUVMB imeni S.Z. Gzhitskoho. Seriya: Veterynarni nauky — Scientific Bulletin of the LNUVMB named after S.Z. Gzhitskyi. Series: Veterinary Sciences*, 22 (97), 147–156 [in Ukrainian].
 21. Rybalka, M.A., Stepchenko, L.M., Shuleshko, O.O. & Zhorina, L.V. (2020). The impact of humic acid additives on mineral metabolism of rabbits in the postnatal period of ontogenesis. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 11 (2), 289–293. DOI: <https://doi.org/10.15421/022043> [in English].
 22. Sahin, A., Iskender, H., Terim Kapakin, K.A. et al. (2016). The effect of humic acid substances on the thyroid function and structure in lead poisoning. *Braz. J. Poultry Sci.*, 18 (4), 649–653. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0266> [in English].
 23. Lotosh, T.D. (1985). Humat natriya yz torfa kak faktor povysheniya nespetsyshcheskoi rezystentnosti orhanyzma [Sodium humate from peat as a factor in increasing the non-specific resistance of the body]. *Candidate's thesis*. Odessa [in Ukrainian].
 24. Bernacchi, F., Ponzanelli, I., Barale, R. & Bertelli, F. (1991). In-vivo and In-vitro mutagenicity studies on natural humic acid (HA.) *ATTI-Associazione Genetica: Italiana Conference Paper*, 37, 49–50 [in English].
 25. Gau, R.J., Yang, H.L., Suen, J.L. & Lu, F.J. (2001). Induction of oxidative stress by humic acid through increasing intracellular iron; a possible mechanism leading to atherothrombotic vascular disorder in blackfoot disease. *Biochem Biophys Res Commun.*, 283 (4), 743–749 [in English].
 26. Schneider, J., Weis, R., Manner, C. et al. (1996). Inhibition of HIV-1 in cell culture by synthetic humate analogues derived from hydroquinone; mechanism of inhibition. *Virology*, 218 (2), 389–395 [in English].
 27. Kreutz, B. & Schlikekewey, W. (1992). Effects of Implanted bovine calcium hydroxyapatite with humate. *Arch. Orthop. Trauma Surg.*, 111 (5), 259–264 [in English].
 28. Chirase, N.K., Greene, L.W., McCollum, F.T. et al. (2000). Effect of Bovipro on performance and serum metabolites concentrations of beef steers. *Western Section, American Society of Animal Science Proceedings*, 51, 415–418 [in English].
 29. Janka, V., Stupák, M., Vidová Uğurbaş, M. et al. (2023). Therapeutic efficiency of humic acids in intoxications. *Life*, 13 (4), 971. DOI: <https://doi.org/10.3390/life13040971> [in English].
 30. Shkarupa, V.M. (2020). Huminovi rehovynny yak modyfikatory mutatsiynoho protsesu [Humic substances as modifiers of the mutation process]. *Doctor's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].
 31. Effects of humic acid on animals and humans. An overview of literature and a review of current research. (n.d.). URL: https://www.google.com.ua/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiBybL1vISAAxWXJhAIHXGJAJQE4ChAWe gQIDxAB&url=https%3A%2F%2Fwww.vetservis.sk%2Fmedia%2Fobject%2F4333%2Feffects_of_humic_acid_on_animals_and_humans.pdf&usg=AOvVaw1pIzYg5IKI4mv9Z6z83_3P&opi=89978449 [in English].
 32. Tkachenko, O.A. & Yefimova, O.O. (2012). Vplyv huminovykh i fulvokyslot na intensyvniost rostu *M. avium* na zhyvylnomu seredovyshchi Mordovskoho [The influence of humic and fulvic acids on the intensity of growth of *M. avium* on Mordovsky's nutrient medium]. *Naukovo-tehnichnyi biuleten — Scientific and technical bulletin*, 13 (3–4), 1–4 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 21.05.2023