



DOI: 10.5281/zenodo.18474930

UDC: 579.2:551.583

LOCUL ȘI ROLUL MICROORGANISMELOR ÎNTR-UN CLIMAT GLOBAL ÎN SCHIMBARE

THE PLACE AND ROLE OF MICROORGANISMS IN A CHANGING GLOBAL CLIMATE

Victoria Timofti*Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „Nicolae Testemițanu”, Republica Moldova*

Rezumat

Introducere. De-a lungul istoriei Pământului, microorganismele au schimbat clima și au fost modificate de climă. Pe măsură ce experimentăm impactul fără precedent al schimbărilor climatice asupra mediului, microorganismele vor răspunde, se vor adapta și vor evolua în mediul înconjurător. Deoarece au timp de viață scurt, o vor face cu o viteză mai mare decât majoritatea celorlalte organisme. Acest lucru face microbii sentințele ideale pentru înțelegerea efectelor schimbărilor climatice asupra sistemelor biologice și a ciclurilor biogeochimice globale pe care microbii le mediază.

Material și metode. A fost realizat un studiu descriptiv de sinteză narativă a literaturii. Pentru a identifica studiile de cercetare legate de microorganisme și schimbările climatice, sursele bibliografice au fost căutate de la 1 ianuarie 2017 până la 31 decembrie 2023, în bibliotecă digitală PubMed. Au fost identificate 1023 de articole, după excluderea dublărilor, și necorespunderea criteriilor de includere au fost incluse în analiză 22 de articole.

Rezultate. Pământul se încălzește și multe aspecte ale vieții de pe pământ se schimbă odată cu schimbarea climei. Creșterea temperaturii globale are un impact multifactorial asupra organismelor vii, inclusiv asupra microbilor. Fiind unul dintre cele mai longevive organisme de pe Pământ, microorganismele sunt cele care au supraviețuit și au stăpânit arta adaptării la mediul în schimbare al planetei. Cu toate acestea, modul în care microbii vor răspunde la clima actuală determinată de activitățile antropice și, la rândul lor, modul în care acest lucru va avea impact asupra sănătății și bunăstării umane, rămâne necunoscut. Schimbările climatice au impact asupra bolilor infecțioase, creșterea temperaturii oceanelor duce la creșterea infecțiilor umane și distrugerea coralilor. Bolile transmise prin apă sunt susceptibile să apară mai frecvent odată cu schimbările în curs ale condițiilor meteorologice și climatice.

Concluzii. Acțiunile proactive și eficiente ale sistemelor de sănătate, în colaborare cu sectoarele care determină sănătatea, pot crește reziliența pe măsură ce clima continuă să se schimbe. Alfabetizarea științifică poate ajuta la combaterea schimbărilor climatice iar sustenabilitatea este cheia supraviețuirii umane pe planetă.

Cuvinte-cheie: schimbarea climei, sănătatea umană, microorganisme, siguranța alimentară, maladii transmise prin vectori, maladii hidrice

Summary

Introduction. Throughout Earth's history, microorganisms have changed the climate and been changed by the climate. As we experience the unprecedented impact of climate change on the environment, microorganisms will respond, adapt and evolve in the environment. Because they have short lifespans, they will do so at a faster rate than most other organisms. This makes microbes ideal sentinels for understanding the effects of climate change on biological systems and the global biogeochemical cycles that microbes mediate.

Material and methods. A descriptive study of narrative synthesis of the literature was carried out. To identify research studies related to microorganisms and climate change, bibliographic sources were searched from January 1, 2017 to December 31, 2023, in the PubMed digital library. 1023 articles were identified, after exclusion of duplicates, and failure to meet the inclusion criteria, 22 articles were included in the analysis.

Results. The earth is warming and many aspects of life on earth are changing with climate change. Rising global temperatures have a multifactorial impact on living organisms, including microbes. As one of the longest-lived organisms on Earth, microorganisms are the ones that have survived and mastered the art of adapting to the planet's changing environment. However, how microbes will respond to the current climate driven by anthropogenic activities, and in turn how this will impact human health and well-being, remains unknown. Climate change is impacting infectious diseases, rising ocean temperatures are leading to increased human infections and coral destruction. Waterborne diseases are likely to occur more frequently with ongoing changes in weather and climate conditions.

Conclusions. Proactive and effective actions by health systems, in collaboration with health-determining sectors, can increase resilience as the climate continues to change. Scientific literacy can help combat climate change and sustainability is key to human survival on the planet.

Keywords: climate change, human health, microorganisms, food safety, vector-borne diseases, waterborne diseases

Introducere

Vremea extremă și evenimentele climatice, cum ar fi valurile de căldură, cicloanele și inundațiile, sunt o expresie a variabilității climatice. Aceste evenimente și evenimente influențate de schimbările climatice, cum ar fi incendiile de pădure, continuă să provoace morbiditate și mortalitate

umană semnificativă și să afecteze negativ sănătatea mintală și bunăstarea. Schimbările pe termen lung ale balanței energetice ale Pământului cresc frecvența și intensitatea multor evenimente extreme și probabilitatea unor evenimente compuse, tendințele proiectate să se accelereze în anumite scenarii de emisii de gaze cu efect de seră [1]. Vara anului

2023 a fost cea mai caldă vară înregistrată, iar 2024 este de așteptat să doboare acel record [2].

Schimbările climatice sunt printre cele mai presante amenințări cu care se confruntă toată viața de pe Pământ, inclusiv microorganismele. Atenuarea efectelor sale necesită o înțelegere aprofundată a factorilor care contribuie la variabilitatea climei și a celor care o pot remedia. Ca atare, microorganismele, cele mai abundente organisme de pe Pământ, trebuie recunoscute ca fiind esențiale pentru realizarea unui viitor durabil din punct de vedere ecologic, iar ignorarea lor riscă soarta umanității [3, 4].

Microorganismele sunt factori majori ai ciclurilor elementare (cum ar fi carbonul, azotul și fosforul), producătorii și consumatorii importanți de gaze cu efect de seră și agenți patogeni relevanți ai oamenilor, animalelor și plantelor [5]. Microbii includ viruși, bacterii, arhee, ciuperci, alge și protozoare și se găsesc în toate zonele planetei, inclusiv în ecosistemele terestre, urbane, atmosferice, subterane și acvatice. Deși mici, contribuțiile microbilor la clima planetei sunt importante din cauza numărului lor absolut [6].

Riscul apariției bolilor transmisibile sensibile la climă (cum ar fi tuberculoza, bolile diareice, tusea convulsivă, rujeola, meningita, hepatita), bolile parazitare și cele provocate de vectori (inclusiv malaria, leishmanioza, febra Dengue, febra galbenă); bolile netransmisibile (cum ar fi bolile cardiovasculare, mai multe tipuri de cancer (efect secundar), bolile de rinichi, bolile digestive, inclusiv ulcerul peptic, ciroza hepatică, pancreatita, boala inflamatorie a intestinului) sunt estimate să crească la toate nivelurile de încălzire fără adaptare suplimentară [7].

În prezent, cel mai studiat efect al schimbărilor climatice asupra microorganismelor se referă la creșterea numărului de agenți patogeni de origine animală și vegetală ca urmare a expansiunii geografice a numeroși vectori marini și terestri, în principal din cauza încălzirii globale [8].

Trei componente sunt esențiale pentru majoritatea bolilor infecțioase: un factor cauzal (poate fi „agent patogen”), o gazdă (sau vector) și mediul de transmitere. Condițiile climatice și meteorologice adecvate sunt necesare pentru supraviețuirea, reproducerea, distribuția și transmiterea agenților cauzali ai bolilor, a vectorilor și a gazdelor. Prin urmare, schimbările climatice sau condițiile meteorologice pot influența dezvoltarea bolilor infecțioase prin acțiunea asupra agenților patogeni, a vectorilor, a gazdelor și mediului lor de viață [9].

Schimbările climatice globale, prin creșterea temperaturilor și modificarea precipitațiilor, afectează direct și indirect epidemiologia bolilor infecțioase, cu implicații semnificative pentru sănătatea umană și animală [3]. Scopul cercetării a fost de a identifica locul și rolul microorganismelor în morbiditatea umană în contextul schimbărilor climatice.

Material și metode

A fost realizat un studiu descriptiv de sinteză narativă a literaturii. Pentru a identifica studiile de cercetare legate de microorganisme și schimbările climatice, au fost căutate de la 1 ianuarie 2017 până la 31 decembrie 2023, în bibliotecă digitală *PubMed*.

Au fost căutate cuvintele-cheie care corespund lexiconului de termeni și descriptori medicali – MeSH, al Bibliotecii Naționale de Medicină din SUA.

Cuvinte-cheie utilizate: „schimbarea climei”/„climate change”; „încălzirea globală”/„global warming”; „evenimente climatice extreme”/„extreme weather events”; „temperaturi extreme”/„extreme temperatures”; „val de căldură”/„wave of heat”; „stres termic”/„heat stress”; „microorganisme”/„microorganisms”; „microbiom”/„microbiome”; „siguranța alimentară”/„food safety”; „inundații”/„floods”; „infecții transmise prin apă”/„waterborne infections”; „bolile transmise prin vectori”/„vector-borne diseases”; „sol”/„the water”; „sol”/„food products”; „sol”/„the soil”.

Pentru concretiza domeniul de căutare au fost utilizați operatorii booleani – AND și OR. Pentru creșterea eficienței activității de interogare a bazelor de date au fost utilizate metacaracterele .ti și .ab. Pentru căutarea inclusiv și a pluralului unor termeni a fost utilizat metacarakterul \$.

Criteriile de includere au fost următoarele:

- să se refere la microorganisme, sănătatea umană și la schimbările climatice în unul sau mai multe dintre domeniile definite de *Lancet Countdown for Health and Climate Change 2018*: impactul schimbărilor climatice, expunerea și vulnerabilitatea; adaptare, planificare și reziliență pentru sănătate; activitatea microorganismelor în condiții climatice noi;
- anul publicării trebuie să fie începând cu 2017;
- limba engleză;
- text deplin [9].

Au fost excluse rezumatele întâlnirilor, comentariile, rapoartele de caz, știrile și scrisorile.

Au fost analizate referințele articolelor eligibile pentru orice studii relevante și corespundere cu criteriile de includere. Sursele bibliografice au fost extrase și incluse în baza de revizuire din Excel.

Au fost identificate 1023 de articole, după excluderea dublărilor, și necorespunderea criteriilor de includere au fost incluse în analiză 22 de articole (fig. 1).

Lista referințelor utilizate a fost elaborată utilizând aplicația specializată – *Mendeley*.

Rezultate și discuții

Efectul principal al schimbărilor climatice asupra microbiotei este legat de modificările biodiversității din diferite regiuni ale planetei, în principal din cauza variațiilor de temperatură [10]. După cum a declarat directorul general al Organizației Mondiale a Sănătății în 2008: „Schimbările climatice vor afecta, în moduri profund adverse, unii dintre cei mai importanți determinanți ai sănătății: hrana, aerul, apa” [11].

Interrelația dintre schimbările climatice și bolile transmise prin vectori

Creșterea temperaturilor și schimbarea tiparelor meteorologice modifică răspândirea bolilor transmisibile, în special cele transmise prin vectori, cu implicații semnificative pentru sănătatea umană și punând o presiune suplimentară asupra sistemelor medicale [12].

Schimbările climatice au un impact complex asupra

sănătății publice prin influența sa asupra distribuției, activității și abundenței vectorilor patogeni. Schimbările climatice globale au generat modificări semnificative în distribuția, abundența și activitatea vectorilor care transmit diverși patogeni către oameni și animale. Aceste modificări climatice au influențat ciclurile de viață ale vectorilor, comportamentul lor de căutare a gazdelor și potențialul lor de transmitere a bolilor, accentuând riscurile pentru sănătatea publică.

Schimbările climatice au dus la extinderea ariei geografice a vectorilor precum țânțarii, căpușele și flebotominele, ceea ce, la rândul său, a dus la creșterea incidenței unor boli infecțioase cum ar fi malaria, febra Dengue, boala Lyme și viroza West Nile. Studiile indică faptul că temperaturile mai ridicate și schimbările în precipitații afectează ciclurile de viață ale vectorilor și comportamentul lor, ceea ce crește riscul de transmitere a bolilor infecțioase. Încălzirea climatică poate duce, de asemenea, la apariția și creșterea relevanței vibriozei non-holerice la oameni [13, 14].

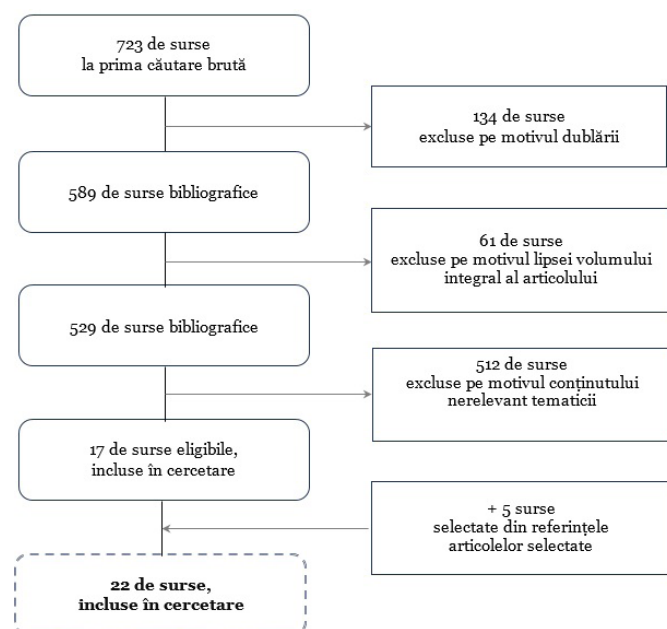


Figura 1. Schema de selectare a surselor bibliografice.

Multipli factori determină incidența bolilor infecțioase sensibile la climă. Factorii de mediu, cum ar fi utilizarea terenurilor și efectele legate de schimbările climatice asupra ecosistemelor, pot crea, pot crește sau pot reduce habitate adecvate pentru vectori, ceea ce poate duce la răspândirea geografică sau contracția bolilor asociate. Temperatura și precipitațiile sunt determinanții cheie ai locului în care țânțarii și căpușele sunt active, iar temperatura afectează, de asemenea, rata de replicare a agenților patogeni pe care îi răspândesc, cum ar fi virusul Dengue [6]. Un studiu recent în Iran a stabilit că temperatura are efect asupra supraviețuirii țânțarilor, în special la valori de peste 30°C. Prin urmare, încălzirea globală poate determina țânțarii să-și extindă raza de acțiune și bolile pe care le răspândesc [13], temperaturile, acum mai ridicate, din lunile de iarnă extind perioadele active ale căpușelor și reduc rata mortalității acestora. Flebotominele sunt răspândite în întreaga lume,

inclusiv în Asia, America de Sud și Australia. În plus, schimbările climatice probabil vor afecta distribuția acestora prin creșterea și introducerea de noi habitate adecvate. La rândul său, răspândirea nisipului va crește răspândirea bolilor pe care le poartă și poate duce la identificarea bolilor virale emergente, așa cum se observă cu virusul Dashli [15]. Numărul de *Hyalomma* spp. detectat la pacienții din Spitalul Universitar San Pedro (La Rioja, Spania) aproape s-a dublat dacă comparăm anii 2009-2014 cu 2015-2020 [7]. Datorită temperaturilor mai calde susținute la latitudini mai mari, schimbările climatice au extins aria geografică a anumitor microorganisme patogene. Evenimentele meteorologice extreme legate de schimbările climatice mai frecvente creează circumstanțe în care microorganismele patogene existente înfloresc și apar infecții noi.

Dermatologii trebuie să cunoască faptul că schimbările climatice vor spori povara și distribuția geografică a bolilor infecțioase, dintre care multe au semne cutanate și pot fi întâlnite în practica lor obișnuită [16].

Tala Al-Ramahi, Șef Ofițer de strategie *Reaching the Last Mile* a declarat: „Criza climatică are potențialul de a inversa decenii de progres în sănătatea și dezvoltarea globală. Este nevoie urgent de investiții mai mari în cercetare pentru a sprijini dezvoltarea intervențiilor în timp util și bazate pe dovezi și pentru a permite să anticipăm și să atenuăm cele mai grave consecințe ale schimbărilor climatice asupra sănătății umane” [12].

Impactul condițiilor climatice asupra infecțiilor transmise prin apă

Schimbările climatice globale au provocat modificări semnificative în sistemele hidrologice ale planetei, influențând în mod direct disponibilitatea, calitatea și distribuția resurselor de apă dulce. Aceste modificări au adesea consecințe profunde asupra sănătății umane, prin intermediul amplificării riscului de infecții transmise prin apă.

În ultimele decenii, cercetările au demonstrat o creștere a incidenței bolilor cauzate de patogeni a căror transmitere este strâns legată de calitatea apei, precum *Vibrio cholerae*, rotavirusuri și protozoarele din genul *Cryptosporidium* și *Giardia*.

Inundațiile pot contamina sursele de apă potabilă cu agenți patogeni din sistemele de canalizare și surse agricole. Aceasta duce la creșterea cazurilor de boli diareice, hepatita A și alte infecții transmise prin apă. Secetele pot reduce disponibilitatea apei curate, forțând oamenii să folosească surse de apă contaminate, ceea ce duce la creșterea riscului de boli infecțioase [11].

Vibrien non-holerici apare în mod natural în apa de mare, dar poate prolifera semnificativ în apele de mică adâncime la temperaturi ridicate. Temperaturile ridicate favorizează proliferarea bacteriilor patogene în apa de suprafață. Microorganisme precum *Vibrio cholerae*, agentul cauzal al holerei, se dezvoltă mai bine în ape mai calde. Bacteriile din genul *Vibrio*, inclusiv *Vibrio vulnificus* și *Vibrio parahaemolyticus*, sunt mai frecvente în apele calde și pot provoca infecții severe [1].

În cazul *Legionellei*, schimbările climatice ar putea duce

la o creștere temporară sau pe termen lung a incidenței legionelozei datorită combinației de vreme caldă și umedă. Temperaturile mai ridicate în apa rece prin conducte sau temperaturile mai scăzute în apa caldă prin conducte pot crea, de asemenea, condiții care să conducă la concentrații mai mari de *Legionella* [17].

În contextul schimbărilor climatice, microbiomul solului își accentuează influența asupra sănătății umane

Microbiomul solului reprezintă un ecosistem complex de microorganisme, inclusiv bacterii, fungi, virusuri și alte microorganisme, care interacționează în mod dinamic cu factorii abiotici și biotici ai solului pentru a influența sănătatea solului și funcțiile ecosistemice. Microbii din sol reglează subtil emisiile de gaze cu efect de seră și suferă modificări profunde din cauza întreținerii proaste a solului, microbiomul solului influențează procesele de digestie umană, producția de minerale și vitamine, sănătatea mintală și stimularea dispoziției [18].

Sănătatea umană și animală este influențată de microbiomul solului prin intermediul produselor alimentare și apei. Microorganismele prezente în sol pot juca un rol important în degradarea compușilor chimici, inclusiv pesticidelor și contaminanților industriali, contribuind astfel asupra calității resurselor de apă și a produselor alimentare. Schimbările în temperatură și umiditate ale solului pot favoriza anumite bacterii din sol, inclusiv pe cele rezistente la antibiotice. Aceste bacterii pot fi transferate la oameni prin contact direct cu solul, apa contaminată sau produsele alimentare [19].

Schimbările climatice pot accentua fenomenul de eroziune a solului, eliberând particule de praf (care pot conține microorganisme patogene și toxine) în mediul ambiant. Inhalarea acestor particule poate cauza probleme respiratorii și alte afecțiuni de sănătate. Bacteriile și fungii din sol pot deveni aeropurtați în condiții de secetă sau în timpul furtunilor de praf, contribuind la răspândirea bolilor infecțioase.

Siguranța alimentelor influențată de schimbările climatice

Riscurile pentru siguranța alimentelor cauzate de schimbările climatice vor agrava și mai mult riscurile pentru sănătate, prin creșterea contaminării culturilor cu micotoxine (agenți care pot cauza cancerul) și contaminarea fructelor de mare în perioada înfloririi algelor dăunătoare și contaminanților chimici prezenți în apă [20]. Temperaturile mai ridicate favorizează creșterea și înmulțirea agenților patogeni, care pot însămânța produsele alimentare, cum ar fi *Salmonella*, *Campylobacter*, *Escherichia coli* și *Listeria monocytogenes*. Aceste bacterii se dezvoltă mai rapid în condiții cu temperaturi ridicate ale aerului, crescând riscul de contaminare a alimentelor. Consumul de alimente însămânțate cu microorganisme precum *E. coli*/coliforme fecale, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio*ul *holerei* și tifoidă pot duce la absența pe termen scurt și pe termen lung de la serviciu și școală, spitalizare sau chiar deces. Alți contaminanți precum *Clostridium Perfringens*, virusul hepatitei și *Chlorpyrifos* pot afecta o întreagă familie [21].

În perioadele de secetă, resursele de apă devin limitate,

iar fermierii pot fi nevoiți să folosească apă de calitate inferioară pentru irigații, care poate fi contaminată cu agenți patogeni, astfel însămânțând culturile cu microorganisme. Temperaturile mai ridicate și schimbările în precipitații pot extinde aria de distribuție a paraziților și vectorilor, cum ar fi insectele care transmit boli la plante și animale. Acest lucru poate crește riscul de contaminare a produselor alimentare [19].

Alergiile și legătura cu microbiomul

Stresul termic, inclusiv seceta, poate modifica structura microbiomului atât în mediul natural, cât și în corpul uman. Aceasta poate duce la disbioză și poate afecta negativ răspunsurile imunitare, crescând riscul de alergii, în special în ultimul timp, când concentrația de polen, alergenii bacterieni și alte substanțe alergice este în creștere continuă în concordanță cu fenomenul schimbărilor climatice [22].

Un studiu retrospectiv privind abundența și sezonabilitatea polenului alergen a fost publicat în numărul din 2019 al *The Lancet Planetary Health*. Cercetătorii au analizat seturi de date globale care conțin date despre durata și intensitatea sezonului polenului pentru 17 locații de pe mai multe continente din emisfera nordică. Studiul a constatat o creștere a încărcăturii anuale de polen pentru 12 dintre locații, precum și o creștere semnificativă a duratei sezonului de polen pentru 11 din cele 17 locații. Creșterile anuale ale temperaturilor maxime au fost asociate semnificativ cu o creștere a încărcăturii cu polen, demonstrând o legătură între cele două fenomene [11].

Efectele pozitive ale microorganismelor

Spre deosebire de agenții patogeni care compromit sănătatea, multe microorganisme pot promova sănătatea. Bruna Trindade de Carvalho și coautorii au conceput o tulpină de *Saccharomyces boulardii* care susține producția de acid acetic chiar și în medii cu glucoză scăzută, ceea ce autorii au sugerat că ar putea permite „acțiune extinsă a probioticelor în intervalele de post”. Această caracteristică ar fi benefică pentru utilizarea în formulări probiotice care susțin sănătatea gastrointestinală. Când examina rolul probioticelor în animale, Qian Zhu, et al. a constatat că adăugarea de probiotice sau sibiote (care sunt amestecuri de probiotice și prebiotice) la purceii nou înțărcați a fost corelată cu o abundență mai mare de bacterii benefice în intestine [2].

Concluzii

Variabilitatea și schimbările climatice dăunează sănătății umane, afectând în primul rând pe cei mai vulnerabili și se estimează că riscurile pentru sănătate asociate cu aceste schimbări vor crește odată cu încălzirea suplimentară. Deoarece riscurile pentru sănătate asociate climei sunt surse actuale de răni, boli și decese, încorporarea explicită a schimbărilor climatice în politicile și programele din sistemele de sănătate și în ministerele și departamentele responsabile pentru factorii de sănătate, cum ar fi apa și agricultura, ar putea evita unele boli și decese proiectate. De asemenea, sistemele de sănătate vor continua să aibă nevoie să gestioneze creșterea sarcinii rezultatelor pe sănătate asociate schimbărilor climatice. Acțiunile proactive

și eficiente ale sistemelor de sănătate, în colaborare cu sectoarele care determină sănătatea, pot crește reziliența pe măsură ce clima continuă să se schimbe, dar este nevoie de finanțare substanțială suplimentară. Un climat care se încălzește a provocat exacerbarea bolilor transmisibile și

netransmisibile, au modificat dramatic profilul antigenelor la care este expus organismul uman, bombardând sistemul imunitar și, potențial, copleșindu-i capacitatea de toleranță specifică antigenului.

Bibliografie

1. Ebi KL, Vanos J, Baldwin JW et al. Extreme weather and climate change: population health and health system implications. *Annu Rev Public Health*. 2021;42:293-315. doi:10.1146/annurev-publhealth-012420-105026
2. Esper J, Torbenson M, Büntgen U. 2023 summer warmth unparalleled over the past 2,000 years. *Nature*. 2024. doi:10.1038/s41586-024-07512-y
3. Croitoru C, Caliga I. Boli neurologice bacteriene influențate de încălzirea globală. *One Health & Risk Management*. 2024(ianuarie);5:83-88.
4. Hutchins DA, Jansson JK, Remais JV, Rich VI, Singh BK, Trivedi P. Climate change microbiology - problems and perspectives. *Nat Rev Microbiol*. 2019;17(6):391-396. doi:10.1038/s41579-019-0178-5
5. Cotelea V. Cunoștințe și practici de utilizare a antibioticelor de către pacienții cu infecții respiratorii acute. *One Health & Risk Management*. 2023;5(1):27-33. doi:10.38045/ohrm.2024.1.04
6. Ebi KL, Hess JJ. Health risks due to climate change: inequity in causes and consequences. *Health Affairs*. 2020;39(12):2056-2062. doi:10.1377/hlthaff.2020.01125
7. Messaoudene F, Boukraa S, Boubidi SC, Guerzou A, Ouahabi A. Human Cutaneous Leishmaniasis in North Africa and Its Threats to Public Health: A Statistical Study Focused on Djelfa (Algeria). *Microorganisms*. 2023;11(10):2608. doi:10.3390/microorganisms11102608
8. FAQ: Microbes and climate change: report on an american academy of microbiology and american geophysical union colloquium. Washington (DC): American Society for Microbiology. 2017.
9. Portillo A, Palomar AM, Santibáñez P, Oteo JA. Epidemiological Aspects of Crimean-Congo Hemorrhagic Fever in Western Europe: What about the Future? *Microorganisms*. 2021;9(3):649. doi:10.3390/microorganisms9030649
10. Ibáñez A, Garrido-Chamorro S, Barreiro C. Microorganisms and climate change: a not so invisible effect. *Microbiology Research*. 2023;14(3):918-947. doi:10.3390/microbiolres14030064
11. Ray C, Ming X. Climate change and human health: a review of allergies, autoimmunity and the microbiome. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(13):4814. doi:10.3390/ijerph17134814
12. Klepac P, Hsieh JL, Ducker CL, et al. Climate change, malaria and neglected tropical diseases: a scoping review. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. 2024;0:1-18.
13. Jakob Z, Crump L, et al. Climate change and One Health. *FEMS Microbiology Letters*. 2018;365(11):fny085. doi:10.1093/femsle/fny085
14. Olagunju EA, Olagunju AS, Teibo JO. The need to implement one health approach in controlling vector-borne diseases in Nigeria. *One Health & Risk Management*. 2023;4(1):20-26. doi:10.38045/ohrm.2023.1.02
15. Paquette SJ, Simon AY, Xiii A, Kobinger GP, Shahhosseini N. Medically significant vector-borne viral diseases in Iran. *Microorganisms*. 2023;11(12):3006. doi:10.3390/microorganisms11123006
16. Coates SJ, Norton SA. The effects of climate change on infectious diseases with cutaneous manifestations. *Int J Womens Dermatol*. 2021;7(1):8-16. doi:10.1016/j.ijwd.2020.07.005
17. Dupke S, Buchholz U, Fastner J, Förster C, Frank C, Lewin A, Rickerts V, Selinka HC. Impact of climate change on waterborne infections and intoxications. *J Health Monit*. 2023;8(Suppl 3):62-77. doi:10.25646/11402
18. Mattoo R, Mallikarjuna S. Soil microbiome influences human health in the context of climate change. *Future Microbiol*. 2023 Aug;18:845-859. doi:10.2217/fmb-2023-0098
19. Tapu L, Ferdohleb A, Spinei L, Borrego CM. Cunoștințe, atitudini și practici privind rezistența antimicrobiană în țările cu venituri mici și mijlocii: sinteza narativă. *One Health & Risk Management*. 2024(ianuarie);5:47-53.
20. Nag R. A methodological framework for ranking communicable and non-communicable diseases due to climate change – A focus on Ireland. *Sci Total Environ*. 2023;880:163296. doi:10.1016/j.scitotenv.2023.163296
21. Botha NN, Ansah EW, Segbedzi CE, Darkwa S. Public health concerns for food contamination in Ghana: A scoping review. *PLoS One*. 2023;18(8):e0288685. doi:10.1371/journal.pone.0288685
22. Ming X, Ray C. Recognizing the Effect of ecosystem disruption on human health and neurodevelopment. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(24):4908. doi:10.3390/ijerph16244908

Recepționat – 18.07.2024, acceptat pentru publicare – 14.08.2024

Autor corespondent: Victoria Timofti, e-mail: victoriaticofti1@gmail.com

Declarația de conflict de interese: Autorul declară lipsa conflictului de interese.

Citare: Timofti V. Locul și rolul microorganismelor într-un climat global în schimbare [The place and role of microorganisms in a changing global climate]. *Arta Medica*. 2026;98(1):47-51.