

**ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ КИП'ЯТІННЯ НА БІОЛОГІЧНІ
ВЛАСТИВОСТІ ВОДОПРОВІДНОЇ ВОДИ ЗАСОБАМИ
ФІТОТЕСТУВАННЯ**

Я.О. ПАСТУШЕНКО, магістр екології, кафедра географії та екології,
О.П. КУНДЕЛЬЧУК, к.б.н., доцент кафедри географії та екології,
С.К. СЕМЕНЮК, к.б.н., доцент кафедри географії та екології,
М.М. СИДОРОВИЧ, д.пед.н., професор кафедри біології людини та імунології
Херсонський державний університет
E-mail: okundelchuk@gmail.com

***Анотація.** Дозиметричний контроль виявив достовірне зниження фонового рівня іонізуючого випромінювання від водопровідної води після її кип'ятіння в різних побутових приладах. Оскільки відомо, що природні дози іонізуючого випромінювання є необхідними для нормального функціонування живих організмів, було висунуто припущення про можливий несприятливий вплив процесу кип'ятіння на біологічні властивості води.*

*Для підтвердження або спростування означеного припущення насіння ячменя (*Hordeum vulgare*) пророщували на водопровідній воді, яка пройшла кип'ятіння в одному з побутових приладів (мікрохвильова піч, електричний чайник, звичайний чайник), і вимірювали довжину коренів і епикотилів у 4-денних проростків. На підставі отриманих даних розраховували середні значення відповідних показників. Кількісні дані були отримані на репрезентативних об'ємах вибірок і є статистично достовірними з вірогідністю 0,05.*

Проведені дослідження виявили позитивний вплив кип'ятіння водопровідної води на середню довжину коренів проростків. При цьому величина ефекту залежала від типу приладу, в якому проводили кип'ятіння води. Кип'ятіння дистильованої води також сприяло росту коренів проростків. Можливою причиною покращення ростових якостей води стало видалення або руйнування в процесі кип'ятіння газів і розчинних речовин, несприятливих для розвитку рослинного організму.

***Ключові слова:** біологічні властивості води, кип'ятіння води, проростки ячменю, фітотестування.*

Актуальність. Згідно з літературними даними, невеликі природні дози іонізуючого випромінювання є необхідними для нормального функціонування живих організмів. Нестача такого випромінювання призводить до того, що організми повільно ростуть [8-9]; у їх ДНК відбувається прискорене накопичення пошкоджень [5].

Проведений нами в попередніх роботах дозиметричний контроль водопровідної води, яка пройшла кип'ятіння в різних побутових приладах, показав статистично достовірне зниження фоновому рівня іонізуючого випромінювання від води, яка підлягала кип'ятінню, порівняно з контролем [3]. Тому, метою дослідження, що презентується, стало визначення впливу процесу кип'ятіння на біологічні властивості води. Вказаний вплив вимірювали за біометричними показниками фітотестів.

Матеріали і методи дослідження. Насіння ячменю звичайного (*Hordeum vulgare*) пророщували в чашках Петрі на некип'яченій водопровідній воді (контроль), і на водопровідній воді, яка пройшла кип'ятіння в різних побутових приладах (в металевому чайнику на газовій плиті, в електричному чайнику «Tefal», в мікрохвильовій печі «Saturn»). У експериментальних варіантах використовували воду, остужену до кімнатної температури.

На четверту добу пророщування вимірювали максимальну довжину коренів і епикотилів проростків. На підставі отриманих даних розраховували середні значення довжини коренів і епикотилів. Кількісні дані отримані на репрезентативних об'ємах вибірок були статистично достовірними з $p = 0,05$.

Результати дослідження. Результати пророщування насіння ячменю на водопровідній воді, яка піддавалася і не піддавалася кип'ятінню, наведені в таблиці 1. Отримані в ході експериментального дослідження дані свідчать про те, що кип'ятіння води позитивно вплинуло на ріст коренів і епикотилів проростків ячменю. І якщо для епикотилів відмінності в порівнянні з контролем виявилися статистично незначущими, то для коренів в усіх експериментальних варіантах пророщування на кип'яченій воді було виявлено статистично достовірне збільшення середньої довжини коренів порівняно з некип'яченою водою (контроль). Так, середня довжина коренів при пророщуванні насіння ячменю на воді, кип'яченій на газовій плиті, склала $40,0 \pm 4,1$ мм, на воді,

1. Вплив процесу кип'ятіння на ростові властивості водопровідної води в фітотесті проростаюче насіння ячменю.

Тип обробки водопровідної води:	Довжина коренів, мм	Довжина епикотилу, мм
Вода не кип'ячена (контроль)	$25,7 \pm 4,9$ мм	$25,0 \pm 3,3$ мм
Вода, кип'ячена на газовій плиті	$40,0 \pm 4,1$ мм*	$29,3 \pm 4,1$ мм
Вода, кип'ячена в електрочайнику	$33,6 \pm 4,6$ мм*	$28,9 \pm 5,5$ мм
Вода, кип'ячена в мікрохвильовій печі	$32,4 \pm 3,5$ мм*	$26,2 \pm 3,2$ мм

Примітка: * - дані достовірно відрізняються від відповідних контрольних значень.

кип'яченій в електрочайнику, - $33,6 \pm 4,6$ мм і на воді, кип'яченій в мікрохвильовій печі, - $32,4 \pm 3,5$ мм, проти $25,7 \pm 4,9$ мм в контролі.

Отже, пророщення насіння на: (i) кип'яченій водопровідній воді, яка була одержана різними способами, спроможне стимулювати його ростові процеси під час пророщення; (ii) вказаний феномен спостерігається стосовно росту кореню при всіх способах обробки води; (iii) найбільшій стимуляції росту кореню сприяло кип'ятіння води на газовій плиті.

У другій серії експериментів (таблиця 2) для виявлення можливого впливу речовин, розчинених у водопровідній воді, на її біологічні властивості,

2. Порівняння ростових властивостей водопровідної і дистильованої води і впливу процесу кип'ятіння на ростові властивості дистильованої води в фітотесті проростаюче насіння ячменю.

Тип обробки водопровідної води; рівень очищення:	Довжина коренів, мм:
Вода водопровідна, не кип'ячена (контроль)	$9,35 \pm 0,79$ мм
Вода дистильована, не кип'ячена (I)	$16,10 \pm 3,33$ мм*
Вода дистильована, кип'ячена на газовій плиті (II)	$22,20 \pm 4,22$ мм**

Примітка: * - дані достовірно відрізняються для насіння, пророщеного на водопровідній і дистильованій воді; ** - дані достовірно відрізняються для насіння, пророщеного на дистильованій некип'яченій воді і дистильованій кип'яченій на газовій плиті воді. NB: контрольні показники в першій і другій серіях експериментів відрізняються через проведення досліджень в різні пори року.

був проведений порівняльний аналіз ростових ефектів водопровідної неочищеної води та водопровідної води, що пройшла дистилляцію (т.т. зазнала глибокого очищення). Отримані дані свідчать про те, що дистильована вода стимулює ріст коренів проростків ячменю порівняно некип'яченою

водопровідною водою: при пророщуванні насіння ячменю на дистильованій воді середня довжина коренів проростків склала $16,1 \pm 3,33$ мм, тоді як при пророщуванні на водопровідній некип'яченій воді - $9,35 \pm 0,79$ мм.

Наступним етапом дослідження стало з'ясування впливу рівня очищення води кип'ятінням на ростові параметри фітотесту. Таблиця 2 також містить його результати. Вони свідчать, що кип'ятіння дистильованої води на газовій плиті, сприяло поліпшенню її ростових якостей: у проростків, вирощених на такій воді, середня довжина коренів більш, ніж у 2 рази перевищувала контрольні значення. Водночас дистильована вода, яка не піддається такій обробці, стимулює менший, хоча і достовірний, ріст кореню проростка.

Отже, рівень очищення водопровідної води визначає відповідний ступінь її стимуляції ростових процесів в корені проростків ячменю.

Обговорення отриманих результатів. Результати пророщування насіння ячменю на водопровідній воді, що пройшла процедуру кип'ятіння, виявилися діаметрально протилежними очікуваним. Найменші середні значення довжини коренів були виявлені для насіння, пророщеного на воді, яка не проходила кип'ятіння. При цьому, позитивний ростовий ефект торкнувся всіх варіантів води, які піддавалися термічній обробці. Можна припустити, що в процесі кип'ятіння відбулося руйнування і/або видалення речовин, які знаходилися в розчиненому вигляді в некип'яченій воді (дегазація або випадання в осад).

У водопровідній воді можуть бути присутніми як природні домішки неорганічних і органічних речовин і газів, так і речовини-дезінфектанти і продукти дезінфікування питної води. Відомо, що у високих концентраціях речовини-дезінфектанти здатні пригнічувати ріст рослин, а в низьких концентраціях - іноді навіть стимулювати їх зростання [7]. Таким чином, однією з причин посилення ростових процесів у проростків ячменю при пророщування насіння на кип'яченій водопровідній воді може бути часткове або повне руйнування речовин, що використовуються в процесі дезінфікування водопровідної води.

Крім того, в процесі знезараження в воді накопичуються побічні продукти дезинфікування, які також є токсичними для рослин. Згідно з літературними даними, в процесі кип'ятіння водопровідної води відбувається часткове руйнування побічних продуктів дезинфікування водопровідної води [10, 13-14], що також могло сприяти посиленню ростових процесів у проростків ячменю, які пророщувалися на кип'яченій воді. Зокрема, слід відмітити, що найбільш чутливими до процедури нагрівання води є ацетонітрили - одні з найбільш токсичних побічних продуктів дезинфікування водопровідної води.

Дослідниками було проведене порівняння ефективності видалення побічних продуктів дезинфікування водопровідної води при її кип'ятінні різними способами. Так, Carrasco-Turigas G. з колегами (2013) [6] було встановлено зниження концентрації побічних продуктів дезинфікування водопровідної води після її кип'ятіння в електрочайнику - в 7-8 разів, в мікрохвильовій печі - в 4-5 разів, в каструлі - в 4 рази [6].

Shi W. з колегами (2017) [12] було показано, що в звичайних, чітко не контролюємих умовах кип'ятіння, відбувається більш значне зменшення вмісту побічних продуктів дезинфікування води при її кип'ятінні в електрочайнику в порівнянні з кип'ятінням в мікрохвильовій печі. Авторами роботи було висловлено припущення, що виявлений ефект може бути пов'язаний з більш низькою температурою кипіння і меншою тривалістю нагрівання води в мікрохвильовій печі до моменту закипання в порівнянні з електрочайником. Дійсно, подальша стандартизація умов кип'ятіння авторами дослідження показала навіть більш високу ефективність мікрохвильової печі, а не електрочайника, в видаленні побічних продуктів дезинфікування водопровідної води [12].

У проведеному нами дослідженні тривалість і температура кипіння води жорстко не контролювалися. Цілком можливо, що виявлені відмінності у величині ріст-стимулюючого ефекту води, закипілої на газовій плиті, в електрочайнику і в мікрохвильовій печі, можуть бути пов'язані з відмінностями в тривалості нагрівання і кипіння води в різних приладах.

Слід зазначити, що необхідно розрізняти токсичний ефект, який проявляється в пригніченні росту проростків, і мутагенний ефект, який можна виявити на цитологічних препаратах (накопичення мікроядер, відривів хромосом, хромосомних мостів і т.н.) або за допомогою ряду інших методик (кометний тест і т.н.) і який може не супроводжуватися токсичними реакціями інгібування росту проростків. Відомо, що продукти руйнування токсичних речовин часто виявляються ще більш небезпечними, ніж вихідні речовини. Так, в роботі, проведеній Shen L. з колегами (2003) [11], було встановлено, що кип'ячена водопровідна вода є більш генотоксичною, ніж вихідна водопровідна вода [11]. Таким чином, виявлений нами ріст-стимулюючий ефект кип'яченої води не означає відсутності у такої води генотоксичних властивостей.

Ми припустили, що виявлений ріст-стимулюючий ефект кип'яченої води може бути пов'язаний з тепловим руйнуванням побічних продуктів дезинфікування водопровідної води, які є токсичними не тільки для людини і тварин, а й для рослин, і які здатні пригнічувати ростові процеси. Тому, для нівелювання ефекту хімічного складу водопровідної води на її ростові характеристики до і після кип'ятіння, в подальшій серії експериментів для пророщування насіння модельної рослини нами була використана дистильована, а не водопровідна вода.

Отримані нами дані свідчать про те, що водопровідна вода, використана в даному дослідженні, пригнічує ріст коренів проростків ячменю в порівнянні з дистильованою водою, що може бути пов'язано з присутністю в водопровідній воді в розчиненому вигляді речовин, токсичних для рослин. Таким чином, поліпшення ростових властивостей водопровідної води після її кип'ятіння, встановлене в попередньому дослідженні, може бути пов'язано з частковим або повним видаленням токсичних речовин в процесі кип'ятіння водопровідної води.

Крім того, позитивна ріст-стимулююча дія кип'яченої води може бути пов'язана з тим, що видалення розчинених речовин з води в процесі її кип'ятіння, сприяє формуванню в воді льодо-подібних структур. Вважають, що така структурована вода має позитивний вплив на живі організми, оскільки в

клітинах крім рідкої води значні кількості води пов'язані з макромолекулами клітини з утворенням льодо-подібних тривимірних структур. При попаданні в клітини не структурованої води, організму доводиться витратити додаткову енергію на її структурування.

Відомо, що завдяки формуванню водневих зв'язків, в рідкій воді присутні кластери розмірами 1-2 нм, що складаються з великої кількості молекул води. При цьому в воді виявлено присутність кластерів двох типів: в одних кластерах молекули пов'язані одна з одною як в льоду, а в інших кластерах - зв'язки порушені, завдяки чому кластери є більш щільними [2].

Присутність у воді розчинених речовин, перешкоджає формуванню тривимірної льодо-подібної структури води. Добре відомий метод боротьби з ожеледицею: посипання льоду сіллю (NaCl) призводить до його танення, тобто до руйнування тривимірної структури води внаслідок впровадження іонів натрію і хлору в її кристалічну ґратку. Таким чином, процес кип'ятіння не тільки дозволяє частково або повністю вивести з води розчинені в ній речовини, але також сприяє набуттю водою після її охолодження біологічно оптимальної льодо-подібної структури.

Однак, повністю пояснити ріст-стимулюючий ефект кип'яченої води тільки видаленням токсичних для рослин розчинених мінеральних і органічних речовин і відповідною оптимізацією структури води - не можна, оскільки кип'ячена дистильована вода, також, як і кип'ячена водопровідна вода, набуває здатності стимулювати ріст проростків в порівнянні з не кип'яченою дистильованою водою.

Відомо, що в дистильованій воді в розчиненому стані присутні деякі атмосферні гази: вуглекислий газ, азот, кисень. В процесі кип'ятіння з дистильованої води видаляється розчинений в ній вуглекислий газ, що супроводжується підвищенням значень рН дистильованої води з 5,4 - 6,6 до рН = 7,0. Таким чином, зниженням рівня кислотності води цілком можна пояснити ріст-стимулюючий ефект процесу кип'ятіння дистильованої води.

Крім того, дослідження впливу розчинених газів (зокрема, кисню і азоту) на структуру рідкої води, свідчать про їх значну роль у просторовій організації

молекул води [2]. Вочевидь, видалення в процесі кип'ятіння розчинених в дистильованій воді газів здатне вплинути на структуру води і, відповідно, на її біологічні властивості.

Вище було зазначено, що в рідкій воді виявлено формування кластерів двох типів. Причиною цього феномена є існування у молекул води двох протонних спінових ізомерів: орто-ізомерів, у яких протони мають односпрямовані спіни, і пара-ізомерів, у яких спіни протонів протилежно спрямовані. Відомо, що протилежно спрямовані спіни дають більш стабільний стан молекули; молекули з такими спінами мають менший запас енергії.

Було встановлено, що пара-ізомери входять в основному в структуру правильних тетраедричних кластерів, оскільки здатні при вбудовуванні в кластер скидати надлишок енергії. Тоді як орто-ізомери - переважають в кластерах з порушеними водневими зв'язками (тому що мають надлишок енергії через паралельно спрямовані спіни в атомах водню) [1]. Таким чином, в менш щільних добре структурованих тетраедричних кластерах - енергія нижче, а в більш щільних, погано структурованих кластерах - енергія вище.

Досить ймовірною причиною біологічно позитивного ефекту кип'ятіння води є не тільки зменшення вмісту у воді токсичних для проростків речовин, але і придбання водою більш сприятливої з біологічної точки зору структури. І, хоча звичайні термодинамічні методи свідчать про те, що за кінетичною енергією кип'ячена вода не відрізняється від не кип'яченої води - дані дозиметрії показали зниження рівня фонового іонізуючого випромінювання від закипілої води і, таким чином підтвердили менший запас енергії системи, що може опосередковано свідчити про придбання молекулами води впорядкованої тетраедричної структури, сприятливої для живих організмів.

Проведені дослідження [4], показали, що чим краще структурована вода - тим більше вона містить мономерних молекул води, доступних для живих клітин. Відомо, що водні канали клітин (аквапори) пропускають тільки мономери води. У рідкої води мономерна вода накопичується в каналах / порожнинах льодоподібних структур. Саме ця вода і заходить через аквапори в клітини зі швидкістю 3×10^9 молекул води за секунду. При цьому клітини не

потребують додаткової витрати енергії для роз'єднання димерів і полімерів води на мономери [4].

В цілому, результати проведених нами досліджень і аналіз літературних даних свідчать про те, що, вочевидь, основною причиною ріст-стимулюючого ефекту кип'ятіння води є видалення з неї розчинених речовин і газів, що в свою чергу може сприяти формуванню в структурі води льодо-подібних утворень, в мікропорожнинах яких циркулюють мономери води доступні для аквапор живих організмів.

Список використаних джерел

1. Захаров С. Д. Орто/пара спин-изомерия молекул H_2O как ведущий фактор формирования в воде двух структурных мотивов. *Биофизика*. С.Д. Захаров. – 2013. Т. 58. Вып. 5. – С. 904–909.
2. Захаров С. Д., Мосягина И. В. Кластерная структура воды (обзор). *Физический институт им. П.Н. Лебедева, РАН Москва*. 2011. С. 1–24.
3. Пастушенко Я. О., Кундельчук О. П., Семенюк С. К. Дослідження іонізуючої дії електромагнітного випромінювання мікрохвильової печі на питну воду. 2018. *Научный взгляд в будущее*. Выпуск № 10. Т. 3. С. 80 – 88.
4. Першин С. М. Квантовые отличия орто и пара спиновых изомеров H_2O как физическая основа аномальных свойств воды. *Наноструктуры. Математическая физика и моделирование*. 2012. Т. 7, № 2. С. 103–120.
5. Carbone M. C., Pinto M., Antonelli F., Balata M. Effects of deprivation of background environmental radiation on cultured human cells. *Il Nuovo Cimento B*. 2010. Vol. 125. P. 469–477.
6. Carrasco-Turigas G., Villanueva C. M., Goni F., Rantakokko P., Nieuwenhuijsen M. J. The effect of different boiling and filtering devices on the concentration of disinfection by-products in tap water. *J. Environ. Public Health*. 2013. Vol. 959480. doi: 10.1155/2013/959480.
7. Carrillo A., Puente M. E., Bashan Y. Application of diluted chlorine dioxide to radish and lettuce nurseries insignificantly reduced plant development. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 1996. Vol. 35(1). P. 57-66.
8. Conter A., Dupouy D., Planel H. Demonstration of a biological effect of natural ionizing radiations. *Int. J. Radiat. Biol. Relat. Stud. Phys. Chem. Med.* 1983. Vol. 43. P. 421–432.
9. Kawanishi M., Okuyama K., Shiraishi K., Matsuda Y., Taniguchi R., Shiomi N., Yonezawa M., Yagi T. Growth retardation of *Paramecium* and mouse cells by shielding them from background radiation. *J. Radiat. Res.* 2012. Vol. 53. P. 404–410.
10. Rahman M. D., Driscoll T., Clements M., Armstrong B. K., Cowie C. T. Effects of tap water processing on the concentration of disinfection by-products. *J. Water Health*. 2011. Vol. 9(3). P. 507-514. doi: 10.2166/wh.2011.155.

11. Shen L., Wu J. Y., Lin G. F., Shen J. H., Westendorf J., Huehnerfuss H. The mutagenic potentials of tap water samples in Shanghai. *Chemosphere*. 2003. Vol. 52(9). P. 1641-1646.
12. Shi W., Wang L., Chen B. Kinetics, mechanisms, and influencing factors on the treatment of haloacetonitriles (HANs) in water by two household heating devices. *Chemosphere*. 2017. Vol. 172. P. 278-285. doi: 10.1016/j.chemosphere.2017.01.017.
13. Wu W. W., Benjamin M. M., Korshin G. V. Effects of thermal treatment on halogenated disinfection by-products in drinking water. *Water Res.* 2001. Vol. 35(15). P. 3545-3550.
14. Zhang X. L., Yang H. W., Wang X. M., Karanfil T., Xie Y. F. Trihalomethane hydrolysis in drinking water at elevated temperatures. *Water Res.* 2015. Vol. 78. P. 18-27. doi: 10.1016/j.watres.2015.03.027.

References

1. Zakharov, S. D. (2013). Ortho/pair spin-isomerism of H₂O molecules as a leading factor in the formation of two structural motifs in water. *Biophysics*, 58(5), 904–909 (in Russian).
2. Zakharov S. D., Mosyagina I. V. (2011). Cluster structure of water (review). Physical Institute. PN Lebedev, RAS, Moscow. 1–24 (in Russian).
3. Pastushenko Ya. O., Kundelchuk O. P., Semenyuk S. K. (2018). Investigation of the ionizing effect of electromagnetic radiation of a microwave oven on drinking water. *Scientific look into the future*. 3(10), 80–88 (in Ukrainian).
4. Pershin S. M. (2012). Quantum differences of ortho and pair of spin isomers H₂O as the physical basis of the anomalous properties of water. *Nanostructures. Mathematical physics and modeling*. 7 (2), 103–120 (in Russian).
5. Carbone M. C., Pinto M., Antonelli F., Balata M. (2010). Effects of deprivation of background environmental radiation on cultured human cells. *Il Nuovo Cimento B*. 125, 469–477.
6. Carrasco-Turigas G., Villanueva C. M., Goni F., Rantakokko P., Nieuwenhuijsen M. J. (2013). The effect of different boiling and filtering devices on the concentration of disinfection by-products in tap water. *J. Environ. Public Health*. 959480.
7. Carrillo A., Puente M. E., Bashan Y. (1996). Application of diluted chlorine dioxide to radish and lettuce nurseries insignificantly reduced plant development. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 35(1), 57-66.
8. Conter A., Dupouy D., Planel H. (1983). Demonstration of a biological effect of natural ionizing radiations. *Int. J. Radiat. Biol. Relat. Stud. Phys. Chem. Med.* 43, 421–432.
9. Kawanishi M., Okuyama K., Shiraishi K., Matsuda Y., Taniguchi R., Shiomi N., Yonezawa M., Yagi T. (2012). Growth retardation of *Paramecium* and mouse cells by shielding them from background radiation. *J. Radiat. Res.* 53, 404–410.

10. Rahman M. D., Driscoll T., Clements M., Armstrong B. K., Cowie C. T. (2011). Effects of tap water processing on the concentration of disinfection by-products. *J. Water Health*. 9(3), 507-514.
11. Shen L., Wu J. Y., Lin G. F., Shen J. H., Westendorf J., Huehnerfuss H. (2003). The mutagenic potentials of tap water samples in Shanghai. *Chemosphere*. 52(9), 1641-1646.
12. Shi W., Wang L., Chen B. (2017). Kinetics, mechanisms, and influencing factors on the treatment of haloacetonitriles (HANs) in water by two household heating devices. *Chemosphere*. 172, 278-285.
13. Wu W. W., Benjamin M. M., Korshin G. V. (2001). Effects of thermal treatment on halogenated disinfection by-products in drinking water. *Water Res.* Vol. 35(15), 3545-3550.
14. Zhang X. L., Yang H. W., Wang X. M., Karanfil T., Xie Y. F. (2015). Trihalomethane hydrolysis in drinking water at elevated temperatures. *Water Res.* 78, 18-27.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КИПЯЧЕНИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ МЕТОДОМ ФИТОТЕСТИРОВАНИЯ

**О. Пастушенко, О.П. Кундельчук, С.К. Семенюк, М.М. Сидорович
Херсонский государственный университет**

Аннотация. Дозиметрический контроль выявил достоверное снижение фонового уровня ионизирующего излучения от водопроводной воды после её кипячения в различных бытовых приборах. Поскольку известно, что природные дозы ионизирующего излучения необходимы для нормального функционирования живых организмов, было выдвинуто предположение о возможном неблагоприятном влиянии процесса кипячения на биологические свойства воды.

Для подтверждения или опровержения указанного предположения семена ячменя (*Hordeum vulgare*) проращивали на водопроводной воде, которая прошла кипячения в одном из бытовых приборов (микроволновая печь, электрический чайник, обычный чайник), и измеряли длину корней и эпикотилей у 4-дневных проростков. На основании полученных данных рассчитывали средние значения соответствующих показателей. Количественные данные были получены на репрезентативных объёмах выборок и являются статистически достоверными с вероятностью 0,05.

Проведенные исследования выявили положительное влияние кипячения водопроводной воды на среднюю длину корней проростков. При этом величина эффекта зависела от типа прибора, в котором проводили кипячения воды. Кипячение дистиллированной воды также способствовало росту корней проростков. Возможной причиной улучшения ростовых качеств воды стало удаление или разрушение в процессе кипячения газов и растворимых веществ, неблагоприятных для развития растительного организма

Ключевые слова: биологические свойства воды, кипячение воды, проростки ячменя, фитотестирование.

DETERMINATION OF THE EFFECT OF BOILING ON THE BIOLOGICAL PROPERTIES OF TAP WATER BY MEANS OF PHYTOTESTING

Ya.O. Pastushenko, O.P. Kundelchuk, S.K. Semenyuk, M.M. Sidorovich
Kherson State University

***Abstract.** Dosimetric control revealed a significant decrease in the background level of ionizing radiation from tap water after boiling it in various household appliances. As natural doses of ionizing radiation are known to be necessary for the normal functioning of living organisms, it has been suggested that the boiling process may have an adverse effect on the biological properties of water.*

*To confirm or refute the indicated assumption, the seeds of barley (*Hordeum vulgare*) were germinated on tap water, which was boiled in one of the household appliances (microwave oven, electric kettle, ordinary kettle), and measured the length of the roots and epicotyls in 4-day seedlings. Based on the data obtained, the average values of the respective indicators were calculated. Quantitative data were obtained on representative sample sizes and are statistically significant with a probability of 0.05.*

Studies have shown a positive effect of boiled tap water on the average length of seedling roots. The magnitude of the effect depended on the type of device in which the boiling water was carried out. Boiled distilled water also promoted seedling root growth. Possible cause for improvement of growth qualities of water was removal or destruction in the process of boiling of gases and soluble substances which are unfavorable for the development of the plant organism.

***Keywords:** biological properties of water, boiled water, barley seedlings, phytotesting.*