https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj06-02-059
DOI: 10.30888/2663-5712.2020-06-02-059

УДК 504.064

STUDY OF INFLUENCE ON LIVING ORGANISMS OF RADIO WAVES FROM HOUSEHOLD APPLIANCES USING PHYTOTESTING

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НА ЖИВІ ОРГАНІЗМИ РАДІОХВИЛЬОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ВІД ПОБУТОВИХ ПРИЛАДІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ФІТОТЕСТУВАННЯ

Kundelchuk O.P. / Кундельчук О.П.
c.b.s., as. prof. / к.б.н., доц.
Yantsen A.O. / Янцен А.О.
stud./студ.
Kherson State University, Kherson, University str., 27, 73000
Херсонський державний університет, Херсон, вул. Університетська 27, 73000

Анотація. ***Вступ.*** *Під час роботи побутових електроприладів в якості побічного продукту генеруються радіохвилі, безпечний рівень яких лімітується санітарно-гігієнічними нормативами. Проте, біологічним ефектом можуть володіти і підпорогові рівні радіохвильового випромінювання, що за умови тривалого впливу може мати негативні наслідки для здоров`я людини. Тому, актуальною є верифікація діючих нормативів і визначення просторових меж дії біологічно ефективного радіохвильового випромінювання від побутових електроприладів методами біотестування.*

Матеріали і методи*. Насіння модельної рослини ячменю звичайного (Hordeum vulgare) пророщували в чашках Петрі на різній відстані від монітора комп'ютера, побутового тепловентилятора або настільної лампи. Показники електричної та магнітної індукції радіохвильового випромінювання від означених приладів визначали за допомогою приладу «KKMoon GM 3120». На 4 добу пророщування вимірювали довжину коренів і епікотилів проростків. Дані отримані на репрезентативних об'ємах вибірок і є статистично достовірними з вірогідністю 0,05.*

Результати дослідження. *В результаті проведених досліджень було встановлено, що: а) електромагнітне поле від побутових приладів, показник електричної індукції якого не перевищує гігієнічні нормативи (10-21 В/м; 0 мкТл), сприяє достовірній стимуляції ростових процесів у коренів, але не у епікотилів проростків ячменю; б) електромагнітне поле, показник електричної індукції якого значно перевищує гігієнічні нормативи (160-300 В/м; 0 мкТл), сприяє достовірній стимуляції ростових процесів як у коренів, так і у епікотилів проростків ячменю; в) електромагнітне поле від побутових приладів, показник магнітної індукції якого перевищує гігієнічні нормативи (0 В/м; 0,33-0,54 мкТл), призводить до достовірної стимуляції ростових процесів в коренях проростків ячменю; г) одночасне перевищення гігієнічних нормативів як за показниками магнітної (до 0,64 мкТл), так і електричної індукції (до 70 В/м) сприяє подальшому посиленню ростової відповіді коренів, але не епікотилів проростків модельних рослин; д) надслабке електромагнітне поле від побутових приладів, на відстані, на якій прилад «KKMoon» вже не реєструє показники електричної індукції, призводить до залежного від рівня освітленості гальмування ростових процесів у проростків ячменю, що свідчить: про більш високу чутливість живих організмів до дії електромагнітних полів, порівняно з фізичними приладами; про різноспрямований ростовий вплив електричних полів різної інтенсивності; про підвищення чутливості ростових процесів організмів до техногенних електромагнітних полів в присутності видимого світла.*

Висновки*. Проведені дослідження виявили біологічні ефекти радіохвильового випромінювання, рівень якого не перевищує діючих нормативів для побутових приладів, встановили невідповідність технічних характеристик протестованих приладів необхідним рівням екологічної безпеки для споживачів і показали можливість використання ростового*

фітотесту для виявлення екологічно безпечних відстаней між електричними побутовими приладами і користувачами.

Ключові слова: *радіохвильове випромінювання, побутові електроприлади, ростовий фітотест, проростки ячменю Hordeum vulgare.*

Вступ.

Сучасна людина щодня піддається впливу техногенного електромагнітного випромінювання радіохвильового діапазону, яке виникає як побічний продукт під час роботи побутових і промислових електроприладів, електротранспорту, ліній електропередач, тощо. Оскільки в процесі функціонування живі клітини генерують власні надслабкі радіохвилі, зовнішнє змінне електромагнітне поле відповідного частотного діапазону спроможне впливати на роботу клітин. Результати такого впливу залежать як від параметрів радіохвильового випромінювання (інтенсивності, частоти, тривалості дії), так і від видової чутливості і онтогенетичної стадії розвитку організмів [1, 5, 12].

Через небезпеку впливу техногенних радіохвиль на організм людини були розроблені санітарно-гігієнічні нормативи, якими передбачені гранично допустимі рівні показників електричної та магнітної індукції електромагнітного випромінювання в залежності від частоти і тривалості дії поля [3-4**].** Зазвичай, нормативні показники для несприятливих чинників розраховуються, виходячи з рівня пошкодження організму відповідними факторами середовища. При цьому не завжди враховується той факт, що низькі дози більшості фізичних факторів, які ще не мають пошкоджуючої дії, спроможні регуляторно впливати на функціонування клітин живих організмів, що, за умови тривалої дії означених факторів, може становити потенційну небезпеку для організмів.

Тому, сьогодні актуальними є дослідження біологічних ефектів радіохвильового випромінювання, рівень якого не перевищує діючі нормативи, але є достатнім для розвитку відповіді біологічних систем. Серед модельних організмів, які використовуються для біотестування впливу техногенних чинників, важливу роль відіграють рослини, і, зокрема, ростові фітотести на проростання насіння і ріст проростків модельних рослин. Означені тест-системи є зручними у використанні і високо інформативними, оскільки рослини є високочутливими до дії фізичних і хімічних факторів середовища. Крім того, дані, отримані на рослинних тест-системах добре екстраполюються на ніші модельні системи, зокрема, на організми тварин і людини.

У зв’язку з вище викладеним, метою нашого дослідження було адаптувати класичний ростовий фітотест для можливості оцінки біологічної дії радіохвильового випромінювання від побутових приладів і наступної розробки рекомендацій щодо безпечних відстаней місцезнаходження людини відносно означених приладів.

Матеріали та методи.

За допомогою тестера електромагнітного поля «KKMoon GM3120», який реєструє електромагнітне випромінювання в діапазоні частот 5 Гц - 3500 МГц, були проведені заміри показників електричної та магнітної індукції на різній відстані: а) від монітора комп'ютера, включеного в мережу і який знаходився в режимі «робота» або «вимкнено»; б) від працюючого побутового

тепловентилятора «Ufessa»; в) від настільної лампи, включеної в мережу і яка знаходилася в режимі «вимкнено». Зазвичай гігієнічні нормативи радіохвильового випромінювання встановлюються для кожного діапазону частот окремо [3-4]. Однак, оскільки дисплей приладу «KKMoon GM3120» не відображає частотний розподіл радіохвильового випромінювання, яке тестується, в якості нормативів були прийняті дані, запрограмовані в приладі: 40 В/м для показника індукції електричного поля і 0,4 мкТл для показника індукції магнітного поля.

Для встановлення впливу на живі організми електромагнітних полів, що генеруються означеними приладами, насіння ячменю (*Hordeum vulgare*) пророщували в чашках Петрі на різній відстані від приладів при температурі +24°С і світловому режимі 12 год світло / 12 год темрява або 24 год темрява. Експозиція чашок Петрі: а) перед монітором комп'ютера становила не менше 12 год на добу; б) перед тепловентилятором - не менше 9 год в світлий час доби; в) перед настільною лампою – протягом 4-х діб експерименту.

На 4 добу пророщування вимірювали довжину коренів і епікотилів проростків. Кількісні дані отримані на репрезентативних об’ємах вибірок і є статистично достовірними з вірогідністю 0,05.

Результати дослідження.

Проведені заміри показників індукції електромагнітного поля показали перевищення гігієнічних нормативів за електричною складовою (160-300 В/м при нормативі 40 В/м) на відстані 0,25 м від монітору комп’ютера (в робочій зоні розташування клавіатури). При цьому ростовий фітотест виявив статистично достовірне збільшення середньої довжини як коренів, так і епікотилів проростків модельних рослин (табл. 1).

Таблиця 1.

Вплив віддаленості від монітора комп'ютера на ростові показники проростків ячменю.

Відстань до монітора	Індукція електрич-ного поля, В/м:	Довжина коренів, мм ± Sx·tst	Довжина епікотилів, мм ± Sx·tst
1,5 м	0 В/м	40,24 ± 3,03	33,92 ± 3,25
0,75 м	10-21 В/м	45,03 ± 3,15*	35,63 ± 4,43
0,25 м	160-300 В/м	46,44 ± 3,68*	39,57 ± 3,36*

** - дані достовірно відрізняються від значень для відстані 1,5 м до монітора комп'ютера. Світловий режим пророщування: 12 год світло / 12 год темрява.*

На відстані 0,75 м від монітору комп’ютера показники електричної індукції поля істотно знизилися і не перевищували діючі нормативи (10-21 В/м при нормативі 40 В/м), при цьому для коренів проростків було виявлене достовірне збільшення середньої довжини. Таким чином, електромагнітне випромінювання, показники електричної індукції якого не перевищують діючі нормативи, є біологічно активним і за умов тривалого впливу може мати негативні наслідки для здоров`я людей.

Вимірювання показників індукції електромагнітного поля від бокової стінки працюючого побутового тепловентилятора на відстані 0,5 м виявило

перевищення нормативів за магнітною складовою поля (до 0,54 мкТл при нормативі 0,4 мкТл), при нульових показниках індукції електричного поля. При цьому ростовий фітотест показав достовірне збільшення середньої довжини коренів проростків, але – відсутність ростової відповіді епікотилів (табл. 2).

Таблиця 2.

Вплив підвищених рівнів індукції магнітного і електричного полів від працюючого побутового тепловентилятора на ростові показники проростків ячменю.

Розташування і відстань до тепло-вентилятора, м:	Індукція магнітного (мкТл) і електрич-ного (В/м) полів:	Довжина коренів, мм ± Sx·tst	Довжина епікотилів, мм ± Sx·tst
передня стінка, 1 м	0 мкТл; 0 В/м	60,43 ± 3,06	45,28 ± 2,24
бокова стінка, 0,5 м	0,33-0,54 мкТл; 0 В/м	65,32 ± 4,02*	46,02 ± 2,47
задня стінка, 0,5 м	0,25-0,64 мкТл; 60-70 В/м	72,05 ± 5,31**	46,51 ± 4,45

** - дані достовірно відрізняються від ростових параметрів, отриманих під час вирощування насіння при контрольних значеннях показників індукції електричного і магнітного полів (0 мкТл; 0 В/м).*

*** - дані достовірно відрізняються від ростових параметрів, отриманих під час вирощування насіння при показниках індукції магнітного поля 0,33-0,54 мкТл і нульових значеннях індукції електричного поля. Світловий режим пророщування: 24 год темрява.*

Біля задньої стінки тепловентилятора на відстані 0,5 м прилад показав перевищення гігієнічних нормативів як за електричною (60-70 В/м), так і за магнітною (до 0,64 мкТл) складовою поля, що супроводжувалося збільшенням швидкості росту коренів проростків порівняно з умовами перевищення гігієнічного рівня лише за магнітною складовою поля. При цьому ростові параметри епікотилів проростків залишалися не змінними.

Вимірювання показників електромагнітного поля біля підставки непрацюючої настільної лампи, включеної в мережу, показало високий рівень індукції електричного поля (58-64 В/м). Однак, вже на відстані 0,12 м від лампи показники індукції електричного поля становили 3-9 В/м, а на відстані 0,3 м - були нульовими (як і на відстані 1,0 м і 2,0 м). За результатами ростового фітотесту при режимі вирощування 12 год світло / 12 год темрява і корені, і епікотилі проростків ячменю показали чутливість до електричної складової поля непрацюючої і включеної в мережу настільної лампи: на відстані 0,3-1,0 м від лампи дане поле здійснювало гальмуючий вплив на ріст проростків, тоді як прилад вже на відстані 0,12 м від лампи дане поле не реєстрував, що свідчить про більш високу чутливість рослин до електричної складової електромагнітного поля порівняно з використаним в роботі фізичним приладом (табл. 3).

Аналіз літературних даних показав, що чутливість організмів до техногенних електромагнітних полів підвищується в присутності видимого світла. Проведені нами дослідження підтвердили даний феномен: при

вирощуванні в умовах постійної темряви вже на відстані 1,0 м від лампи середня довжина коренів стабілізувалася; тоді як вирощування проростків при режимі 12 год світло / 12 год темрява і на відстані 1,0 м від лампи все ще показало пригнічення росту, в порівнянні з більш віддаленими від лампи проростками (1,5 м і 2,0 м) (табл. 4).

Таблиця 3.

Вплив віддаленості від непрацюючої включеної в електричну мережу настільної лампи на ростові показники проростків ячменю, вирощуваних в умовах 12 год світло / 12 год темрява.

Віддаленість від лампи:	Довжина коренів, мм ± Sx·tst	Довжина епікотилів, мм ± Sx·tst
0,3 м	28,80 ± 4,04	45,73 ± 3,73
1,0 м	37,80 ± 3,73*	44,63 ± 3,59
1,5 м	45,26 ± 4,57♦	52,11 ± 4,57*
2,0 м	46,96 ± 4,66	50,44 ± 4,04

** - дані достовірно відрізняються від значень для відстані 0,3 м від лампи;*

♦ - дані достовірно відрізняються від значень для відстані 1,0 м від лампи.

Крім того, при режимі вирощування в постійній темряві епікотилі проростків ячменю взагалі не показали чутливості до електричної складової поля, що створюється непрацюючою настільною лампою, включеною в мережу. Тоді як вирощування в умовах 12 год світло / 12 год темрява дозволило виявити ріст-гальмуючий ефект включеної в мережу непрацюючої настільної лампи і на розвиток епікотилів.

Таблиця 4.

Вплив віддаленості від непрацюючої включеної в електричну мережу настільної лампи на ростові показники проростків ячменю, вирощуваних в умовах постійної темряви.

Віддаленість від лампи:	Довжина коренів, мм ± Sx·tst	Довжина епікотилів, мм ± Sx·tst
0,3 м	43,92 ± 4,39	48,59 ± 3,54
1,0 м	53,56 ± 4,72*	48,52 ± 3,32
1,5 м	51,87 ± 4,51	50,03 ± 3,40
2,0 м	53,76 ± 4,79	47,35 ± 4,12

** - дані достовірно відрізняються від значень для відстані 0,3 м.*

Слід відзначити, що при режимі вирощування 12 год світло / 12 год темрява середня довжина коренів проростків на відстані 2,0 м від лампи була достовірно менше, ніж при режимі вирощування в постійній темряві: 46,96 ± 4,66 мм і 53,76 ± 4,79 мм, відповідно. Таким чином, електромагнітне поле, створюване видимим світлом, пригнічує ростові процеси в коренях. Посилення ріст-гальмуючого ефекту при наближенні проростків до непрацюючої включеної в мережу настільній лампі, свідчить про те, що поле, створюване цією лампою, здійснює синергетичний з видимим світлом ефект на ріст проростків.

Таким чином, результати проведених експериментів, свідчать про те, що електромагнітне поле від побутових приладів володіє біологічною дією, яка сильніше проявляється в присутності видимого світла, і що хронічна експозиція споживачів на полях даного типу потенційно може вплинути на функціонування організму людини.

Обговорення отриманих результатів.

Відомо, що рослини є високочутливими до електромагнітного випромінювання радіохвильового діапазону [6, 8-9]. Серед природних джерел радіохвильового випромінювання для рослин найбільш важливим є радіохвильове випромінювання Сонця [2], яке кожного ранку надходить до поверхні Землі раніше, ніж світлові промені (через високу проникну здатність радіохвиль і їх менше розсіювання порівняно із світловими хвилями). Регуляторний вплив такого випромінювання сприяє активації біологічних процесів у рослин до початку світлового дня, що створює адаптивні переваги рослинам, зокрема, в процесі конкуренції за світло.

Крім того, отримані Beaubois E. з колегами (2007) дані показали, що радіохвильове випромінювання, параметри якого відповідають випромінюванню від мобільного телефону, спроможне викликати передачу сигналів і активувати у рослин томату експресію генів, які забезпечують раньову відповідь клітин рослини [7]. Результати цього дослідження свідчать про те, що електромагнітне випромінювання радіохвильового діапазону може використовуватися рослинами для системної передачі сигналів, зокрема, про травмування рослини.

Таким чином, природне радіохвильове випромінювання спроможне регуляторно впливати на рослинний організм, через активацію або гальмування певних біологічних процесів. При цьому характер відповіді рослини залежить від видової приналежності рослини, від частотного діапазону радіохвильового випромінювання, його інтенсивності і тривалості надходження електромагнітного сигналу [8, 10-11].

Одним з найважливіших принципів біотестування є підхід, згідно якого будь яке відхилення в біології модельного організму (як у бік гальмування процесів, так і у бік стимуляції процесів) є свідченням стресового впливу чинника, який контролюється. Зокрема, стимуляція процесів розглядається як один з етапів розвитку стресової реакції будь-якого організму (чи організму тварини, чи - рослини).

Таким чином, виявлена нами ростова відповідь модельних рослин на присутність підвищених рівнів електричної або магнітної складової техногенного електромагнітного поля свідчить про наявність біологічного впливу означених рівнів випромінювання і про можливість використання простого у застосуванні ростового фітотесту для виявлення просторових меж потенційно небезпечного впливу підвищеного рівня електромагнітного випромінювання від побутових приладів і комп'ютерної техніки.

Тривала неконтрольована дія регуляторного чинника може мати непередбачувані наслідки для функціонування живого організму, що повинно бути врахованим зокрема, з огляду на щоденну багатогодинну роботу багатьох

людей за персональними комп'ютерами, на тривалу роботу побутових тепловентиляторів взимку і т.н. Крім того, важливим результатом проведеного дослідження є встановлення того факту, що потенційну небезпеку для здоров'я людини може становити навіть прилад, який не працює, але залишається включеним в розетку (зокрема, комп'ютер, настільна лампа). Розташування таких приладів біля ліжка може становити загрозу для здоров'я людини, оскільки протягом 7-8 годин нічного сну вона підлягає впливу підвищених рівнів радіохвильового випромінювання.

На підставі результатів проведених досліджень, нами пропонується використовувати тест «проростаюче насіння рослин» для виявлення просторових меж присутності біологічно ефективного радіохвильового випромінювання від побутових приладів і комп`ютерної техніки. При цьому достовірне відхилення ростових параметрів модельних рослин в присутності електричних приладів в порівнянні з контрольними варіантами буде свідчити про наявність фонового радіохвильового випромінювання, інтенсивність якого, потенційно, може виявитися небезпечною для людини.

Висновки. В результаті проведених досліджень було встановлено, що: а) електромагнітне поле від побутових приладів, показник електричної індукції якого не перевищує гігієнічні нормативи (10-21 В/м; 0 мкТл), сприяє достовірній стимуляції ростових процесів у коренів, але не у епікотилів проростків ячменю; б) електромагнітне поле, показник електричної індукції якого значно перевищує гігієнічні нормативи (160-300 В/м; 0 мкТл), сприяє достовірній стимуляції ростових процесів як у коренів, так і у епікотилів проростків ячменю; в) електромагнітне поле від побутових приладів, показник магнітної індукції якого перевищує гігієнічні нормативи (0 В/м; 0,33-0,54 мкТл), призводить до достовірної стимуляції ростових процесів в коренях проростків ячменю; г) одночасне перевищення гігієнічних нормативів як за показниками магнітної (до 0,64 мкТл), так і електричної індукції (до 70 В/м) сприяє подальшому посиленню ростової відповіді коренів, але не епікотилів проростків модельних рослин; д) надслабке електромагнітне поле від побутових приладів, на відстані, на якій прилад «ККMoon» вже не реєструє показники електричної індукції, призводить до залежного від рівня освітленості гальмування ростових процесів у проростків ячменю, що свідчить: про більш високу чутливість живих організмів до дії електромагнітних полів, порівняно з фізичними приладами; про різноспрямований ростовий вплив електричних полів різної інтенсивності; про підвищення чутливості ростових процесів організмів до техногенних електромагнітних полів в присутності видимого світла.

Проведені дослідження виявили біологічні ефекти радіохвильового випромінювання, рівень якого не перевищує діючих нормативів для побутових приладів, встановили невідповідність технічних характеристик протестованих приладів необхідним рівням екологічної безпеки для споживачів і показали можливість використання ростового фітотесту для виявлення екологічно безпечних відстаней між електричними побутовими приладами і користувачами.

Література:

1. Богатина Н.И., Шейкина Н.В. Влияние амплитуды и частоты комбинированного магнитного поля на гравитропическую реакцию растений и низкочастотное электромагнитное излучение, генерируемое ими в процессе роста // Сборник избранных трудов V Международного конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине». http://www.biophys.ru/archive/congress2009/pro-p23.pdf.

2. Излучение Солнца, электронный ресурс. Режим доступу: http://geoman.ru/books/ item/f00/s00/z0000101/st024.shtml.

3. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ). Санитарные правила и нормы. (http://www.vashdom.ru/sanpin/224_218055-96/).

4. СанПін 3.3.6.096–2002 «Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів».

5. Тирас Х.П., Петрова О.Н., Мякишева С.Н., Асланиди К.Б. Биологические эффекты слабых магнитных полей: сравнительный анализ // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12 (часть 7). – С. 1442 - 1451.

6. Balmori A. Electromagnetic pollution from phone masts. Effects on wildlife // Pathophysiology. – 2009. – Vol. 16(2-3). – P. 191 - 199. doi: 10.1016/j.pathophys.2009.01.007.

7. Beaubois E., Girard S., Lallechere S., Davies E., Paladian F., Bonnet P., Ledoigt G., Vian A. Intercellular communication in plants: evidence for two rapidly transmitted systemic signals generated in response to electromagnetic field stimulation in tomato // Plant Cell Environ. – 2007. – Vol. 30(7). – P. 834 - 844.

8. Halgamuge M.N. Review: Weak radiofrequency radiation exposure from mobile phone radiation on plants // Electromagn. Biol. Med. – 2017. – Vol. 36(2). – P. 213 - 235. doi: 10.1080/15368378.2016.1220389.

9. Khan M.D., Ali S., Azizullah A., Shuijin Z. Use of various biomarkers to explore the effects of GSM and GSM-like radiations on flowering plants // Environ. Sci. Pollut. Res. Int. – 2018. – Vol. 25(25). – P. 24611 - 24628. doi: 10.1007/s11356-018-2734-3.

10. Tkalec M., Malaric K., Pevalek-Kozlina B. Influence of 400, 900, and 1900 MHz electromagnetic fields on *Lemna minor* growth and peroxidase activity // Bioelectromagnetics. – 2005. – Vol. 26(3). – P. 185 - 193.

11. Vian A., Davies E., Gendraud M., Bonnet P. Plant Responses to High Frequency Electromagnetic Fields // Biomed. Res. Int. – 2016. – Vol. 2016:1830262. doi: 10.1155/2016/1830262.

12. Yost M.G., Liburdy R.P. Time-varying and static magnetic fields act in combination to alter calcium signal transduction in the lymphocyte // FEBS Lett. – 1992. – Vol. 296(2). – P. 117 - 122.

References:

1. Bogatina, N.I., Sheikina, N.V. (2009). Influence of the amplitude and frequency of the combined magnetic field on the gravitropic response of plants and low-frequency electromagnetic radiation generated by them in the process of growth. *Collection of selected works of the V International Congress "Weak and superweak fields and radiation in biology and medicine*".

http://www.biophys.ru/archive/congress2009/pro-p23.pdf.

2. Radiation of the Sun, electronic resource. Access mode: http://geoman.ru/books/item/f00/s00/z0000101/st024.shtml.

3. SanPiN 2.2.4 / 2.1.8.055-96. Electromagnetic radiation of the radio frequency range (EMR RF). Sanitary rules and regulations. (http:// www.vashdom.ru/sanpin/224_218055-96/).

4. SanPin 3.3.6.096–2002. State sanitary norms and rules for robots with electric magnetic fields.

5. Tiras, Kh.P., Petrova, O.N., Myakisheva, S.N., Aslanidi, K.B. (2014). Biological effects of weak magnetic fields: a comparative analysis. *Fundamental research*. 12(7), pp. 1442-1451.

6. Balmori, A. (2009). Electromagnetic pollution from phone masts. Effects on wildlife. *Pathophysiology*. 16(2-3), pp. 191-199.

7. Beaubois, E., Girard, S., Lallechere, S., Davies, E., Paladian, F., Bonnet, P., Ledoigt, G., Vian A. (2007). Intercellular communication in plants: evidence for two rapidly transmitted systemic signals generated in response to electromagnetic field stimulation in tomato. *Plant Cell Environ*. 30(7), pp. 834-844.

8. Halgamuge, M.N. (2017). Review: Weak radiofrequency radiation exposure from mobile phone radiation on plants. *Electromagn. Biol. Med*. 36(2), pp. 213-235.

9. Khan, M.D., Ali, S., Azizullah, A., Shuijin, Z. (2018). Use of various biomarkers to explore the effects of GSM and GSM-like radiations on flowering plants. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int*. 25(25). pp. 24611-24628.

10. Tkalec, M., Malaric, K., Pevalek-Kozlina, B. (2005). Influence of 400, 900, and 1900 MHz electromagnetic fields on *Lemna minor* growth and peroxidase activity. *Bioelectromagnetics.* 26(3), pp. 185-193.

11. Vian, A., Davies, E., Gendraud, M., Bonnet, P. (2016). Plant Responses to High Frequency Electromagnetic Fields. *Biomed. Res. Int*. 2016:1830262.

12. Yost, M.G., Liburdy, R.P. (1992). Time-varying and static magnetic fields act in combination to alter calcium signal transduction in the lymphocyte. *FEBS Lett*. 296(2), pp. 117-122.

Abstract. ***Introduction***. *During the operation of household appliances, radio waves are generated as a by-product, the safe level of which is limited by sanitary and hygienic standards. However, subthreshold levels of radio waves also can have biological effect that under the condition of long influence can have negative consequences for human health. Therefore, it is important to verify the current standards and determine the spatial boundaries of biologically effective radio radiation from household appliances by biotesting methods.*

Materials and methods. *The seeds of the model plant of barley (Hordeum vulgare) were germinated in Petri dishes at different distances from a computer monitor, household fan heater or table lamp. Indicators of electrical and magnetic induction of radio wave radiation from the specified household appliances were determined using the device "KKMoon GM 3120". On the 4th day germination, the length of the roots and epicotyls of seedlings was measured. Data are obtained from representative sample sizes and are statistically significant with a probability of 0.05.*

Results of the research. *As a result of research it was found that: a) electromagnetic field from household appliances, the index of electrical induction of which does not exceed hygienic standards (10-21 V/m; 0 μT), contributes to the stimulation of growth processes in the roots, but not in the epicotyls of barley seedlings; b) the electromagnetic field, the index of electrical induction of which significantly exceeds hygienic standards (160-300 V/m; 0 μT), contributes to the stimulation of growth processes in both roots and epicotyls of barley seedlings; c) electromagnetic field from household appliances, the index of magnetic induction of which exceeds hygienic standards (0 V/m; 0,33-0,54 μT), leads to stimulation of growth processes in the roots of barley seedlings; d) the simultaneous excess of hygienic standards both for magnetic induction index (up to 0,64 μT) and electrical induction index (up to 70 V/m) contributes to the further strengthening of the root growth, but not the epicotyls of model plants; e) ultra-weak electromagnetic field from household*

appliances, at a distance at which the device "KKMoon" no longer registers the indicators of electrical induction, leads to light-dependent inhibition of growth processes in barley seedlings, which indicates: the higher sensitivity of living organisms to electromagnetic fields, compared with physical devices; about the multidirectional influence of the electric fields of different intensity onto seedlings growth; about increasing the sensitivity of growth processes of organisms to man-made electromagnetic fields in the presence of visible light.

Conclusions. *Studies have revealed biological effects of radio wave radiation, the level of which does not exceed the current standard for household appliances, established the non-compliance of technical characteristics of tested devices with the required levels of environmental safety for consumers and showed the possibility of using phytotest to identify environmentally safe distances between household appliances and its users.*

Keywords*: radio-wave radiation, household appliances, growth phytotest, barley seedlings Hordeum vulgare.*

Стаття відправлена: 06.01.2021.

© Кундельчук О.П.,
Янцен А.О.