

Т.Є. Волошко, О.В. Федотов

**ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ НА АКТИВНІСТЬ
ОКСИДОРЕДУКТАЗ ДЕЯКИХ ВИДІВ БАЗИДІОМИЦЕТІВ**

Донецький національний університет

e-mail: bio.graff@yandex.ua

Досліджено вплив електромагнітних полів за різних режимів опромінювання на активність оксидоредуктаз видів базидіомицетів *Agrocybe cylindracea*; *Pleurotus ostreatus* та *Fistulina hepatica* в культурі. Штами культивували поверхнево на глюкозо-пептонному середовищі протягом 12 діб. Накопичення абсолютно сухої біомаси визначали ваговим методом, вміст водорозчинних білків, каталазу, пероксидазу та супероксиддисмутазу активності міцелію і культурального фільтрату вимірювали спектрофотометричними методами. Встановлено, що рівень активності досліджуваних ферментів вірогідно залежить від частоти, потужності та тривалості дії електромагнітного поля. Зафіксовано позитивний вплив електромагнітного поля з частотою 27,12 Гц, потужністю 70 Вт, що лежить в основі УВЧ-терапії. Виявлено негативний вплив електромагнітного поля з частотою 0,8-2,4 ГГц (GSM Wi-Fi діапазон). При довгостроковій дії застосованих режимів опромінення встановлена здатність до адаптації грибних культур до цього фактору.

Ключові слова: електромагнітне поле, базидіомицети, активність оксидоредуктаз.

Т.Е. Волошко, О.В. Федотов

**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА АКТИВНОСТЬ
ОКСИДОРЕДУКТАЗ ВИДОВ БАЗИДИОМИЦЕТОВ**

Донецкий национальный университет

e-mail: bio.graff@yandex.ua

Исследовано влияние электромагнитных полей при различных режимах облучения на активность оксидоредуктаз видов базидиомицетов *Agrocybe cylindracea*; *Pleurotus ostreatus* и *Fistulina hepatica* в культуре. Штаммы культивировали поверхностно на глюкозо-пептонной среде в течение 12 суток. Накопление абсолютно сухой биомассы определяли весовым методом, содержание водорастворимых белков, каталазную, пероксидазную и супероксиддисмутазную активности мицелия и культурального фильтрата измеряли спектрофотометрическими методами. Установлено, что уровень активности исследуемых ферментов достоверно зависит от частоты, мощности и длительности воздействия электромагнитного поля. Зафиксировано положительное влияние электромагнитного поля с частотой 27,12 Гц, мощностью 70 Вт, которое лежит в основе УВЧ-терапии. Выведено негативное влияние электромагнитного поля с частотой 0,8-2,4 ГГц (GSM Wi-Fi диапазон). При длительном воздействии применявшихся режимов облучения установлена способность к адаптации грибных культур к данному фактору.

Ключевые слова: электромагнитное поле, базидиомицеты, активность оксидоредуктаз.



T.E. Voloshko, O.V. Fedotov

**INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC FIELDS ON ACTIVITY OF
OXIDOREDUCTASES OF SOME BASIDIOMYCETES***Donetsk National University**e-mail: bio.graff@yandex.ua*

The influence of electromagnetic fields of various modes of irradiation on the activity of oxidoreductases of basidiomycetes *Agrocybe cylindracea*; *Pleurotus ostreatus* and *Fistulina hepatica* in culture was investigated. The strains were cultured of glucose-peptone medium for 12 days. The accumulation of oven-dry biomass was determined by the weight method. The content of soluble protein, catalase, peroxidase and superoxide dismutase activities was determined by the spectrophotometric methods. It was found, that the level of activity of the enzymes depends on the frequency, power and duration of the effects of electromagnetic fields significantly. It was record a positive effect of the electromagnetic field with a frequency of 27.12 Hz, 70 watts. It was reveal the negative impact of electromagnetic field with a frequency of 0.8-2.4 GHz (GSM Wi-Fi range). It was found, that the fungal cultures are capable of adapting to prolonged exposure of effects of electromagnetic fields.

Key words: the electromagnetic field, basidiomycetes, the activity of oxidoreductases.

Інтенсивне використання електромагнітної та електричної енергії в сучасному інформаційному суспільстві призвело до того, що в останній час виник і сформувався новий важливий фактор забруднення навколишнього середовища – електромагнітний. Неконтрольоване збільшення електромагнітного фону навколишнього середовища стало серйозною екологічною проблемою, про що свідчать дослідження з впливу електромагнітного випромінювання на живі організми (Gabr, 2010; Kumar, 2011). Незважаючи на накопичений фактичний матеріал, механізми впливу електромагнітного поля на біологічні системи недостатньо досліджено та мають вид лише наукових припущень. Існуючи несистематичні дані свідчать про те, що електромагнітні поля можуть впливати як позитивно, так і негативно майже на всі структури організму в залежності від потужності, частоти та інших характеристик хвиль (Васильева, 2008; Blake Levitt, 2010).

Живі організми в процесі еволюції пристосувалися до певного рівня електромагнітних полів (ЕМП). Проте, різке значне підвищення (в історичному аспекті) їх інтенсивності викликає напруження адаптаційно-компенсаторних можливостей, а довготривала дія цього фактора може призвести до виснаження організму, що спричинить незворотні наслідки на системному рівні (Gabr, 2010; Kumar, 2011).

Дослідження грибів в якості модельних організмів почалось ще в середині XX сторіччя. Так, популярними модельними системами стали *Saccharomyces cerevisiae*, *Schizosaccharomyces pombe*, *Neurospora crassa* та інші (Колонтаева, 2006;

Мелехова, 2007; Терехова, 2007; Широких, 2009). Можемо припустити, що вищі базидіальні гриби також можуть виступати в якості модельних організмів, на прикладі яких доцільно дослідити, зокрема і вплив електромагнітних полів. Такі роботи доповнили б використання цих організмів у нещодавно розпочатих біоіндикаційних дослідженнях (Гродзинська, 2008; Дудка, 1994; Колонтаєва, 2006; Федотов, 2011).

Антиоксидантна система (АОС) захисту клітин від пошкодження вільними радикалами є однією з найважливіших функцій організму. До складу АОС входять оксидоредуктази, а саме пероксидаза, каталаза, супероксиддисмутаза та інші. Ці ферменти є досить лабільними: активність їх суттєво змінюється під дією будь яких факторів середовища. Отже оксидоредуктази можуть слугувати маркерами в біоіндикації (Yrekli, 2006).

Виходячи з вищезазначеного, метою роботи було вивчення впливу певних електромагнітних полів на активність оксидоредуктаз деяких видів базидіоміцетів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктами дослідження були штами базидіоміцетів – активні продуценти оксидоредуктаз, зокрема, штам *Agrocybe cylindracea* 167; *Pleurotus ostreatus* P-208 та *Fistulina hepatica* Fh-08 (Волошко, Федотов, 2011). Культури зберігаються у Колекції культур базидіоміцетів кафедри фізіології рослин Донецького національного університету та депоновані у Колекції культур шапинкових грибів Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (ІВК) (Федотов, 2012).

Штами культивували поверхнево в колбах Ерленмейера при 27 ± 1 °C на модифікованих глюкозо-пептонних середовищах. Так, живильне середовище № 1 (ЖС₁) використовували для культивування штамів *A. cylindracea* 167 і *F. hepatica* Fh-08 та містило, г/л: глюкоза – 10,0; пептон – 3,0; KH_2PO_4 – 0,6; K_2HPO_4 – 0,4; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,5; CaCl_2 – 0,05; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,001; казеїн – 0,5 та дистильована вода – до 1 л; а живильне середовище № 2 (ЖС₂) – для *P. ostreatus* P-208, яке містило ті ж компоненти та валін замість казеїну – 0,3 г/л. Склад середовищ базується на попередніх дослідженнях з оптимізації живильних середовищ для цих штамів (Волошко, 2012). Інокулюмом слугували 10-ти денні міцеліальні культури штамів, що вирощувались на сусло-агарі. Термін культивування складав 12 діб, після чого визначали накопичення штамми біомаси та ферментативної активності мікологічного матеріалу.

З метою вивчення впливу електромагнітних полів колбові культури опромінювали за 4 варіантами: (В₁) – ЕМП з частотою $27,12 \pm 0,16$ Гц, потужністю 70 ± 21 Вт на апараті УВЧ-66 протягом всього терміну культивування; (В₂) – ЕМП з характеристиками, аналогічними п.1, протягом 1 години за добу до закінчення терміну культивування; (В₃) – ЕМП частотою 0,8-2,4 ГГц (GSM Wi-Fi діапазон), потужністю 1 мВт на експериментальному приладі протягом всього терміну культивування; (В₄) – ЕМП з характеристиками, аналогічними п.3, протягом 1

ISSN 2225-5486 (Print), ISSN 2226-9010 (Online). Біологічний вісник МДПУ. 2013. №2



години за добу до закінчення терміну культивування. Контролем (К або С) слугували 12-денні культури досліджуваних штамів, які не піддавали опроміненню.

В якості матеріалу досліджень використовували водний екстракт міцелію та культуральний фільтрат (КФ або CF), які отримували наступним чином. Шляхом фільтрування культуральної рідини обраних штамів при 5 ± 1 °C відділяли міцелій та КФ. Міцелій промивали дистильованою водою при $1 \pm 0,5$ °C, підсушували на фільтрувальному папері та гомогенізували. Гомогенат розбавляли дистильованою водою у співвідношенні 1:10 та центрифугували протягом 10 хвилин.

Активність оксидоредуктаз визначали спектрофотометричними методами (Волошко, Федотов, 2011). Пероксидазну активність (POX activity) визначали за інтенсивністю забарвлення продукту окислення о-діанізидіну пероксидом водню та виражали в ум. од. кількості ферменту, яка каталізує окислення 1 мкмоль о-діанізидіну за 1 хвилину. Каталазну активність (CAT activity) визначали за забарвленням продукту реакції пероксиду водню з молібдатом амонію та виражали у мкат, що відповідає кількості ферменту, яка бере участь у перетворенні 1 мкат перекису водню за 1 секунду при заданих умовах. Рівень супероксиддисмутазної активності (SOD activity) оцінювали за здатністю цього ферменту інгібувати реакцію аутоокислення адреналіну в лужному середовищі, та виражали в ум. од., що відповідає 1% пригнічення швидкості аутоокислення адреналіну під дією СОД.

Абсолютно суху біомасу (АСБ або ADB) міцелію визначали ваговим методом (ГФ, 1987). Концентрацію білку в міцелії та культуральному фільтраті визначали за методом Лоурі-Фоліна (Досон, 1991).

На основі отриманих результатів розраховували питому пероксидазну, каталазну і супероксиддисмутазну активності за формулою:

$$A_{\text{пт}} = A / C_{\text{б}},$$

де: $A_{\text{пт}}$ – питома активність відповідного ферменту, A – активність відповідного ферменту, $C_{\text{б}}$ – концентрація білку.

Дослідження проводили у трикратній повторності. Отримані експериментальні дані піддавали статистичній обробці з метою встановлення вірогідності впливу факторів згідно керівництву (Приседський, 2005). Для оцінки статистичної значущості відмінностей використовували рівень вірогідності $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Відомо, що різні організми мають індивідуальні адаптаційні можливості до дії чинників навколишнього середовища (Мелехова, 2007; Гродзинська, 2008; Дудка, 1994). Це насамперед відбивається на взаємопов'язаних ростових і біосинтетичних процесах. Тому першим етапом дослідження було вивчення

впливу електромагнітних полів на накопичення біомаси відібраними штамми базидіоміцетів. Дані цього дослідження представлені в табл. 1., де зазначені варіанти досліду, штами, накопичення ними АСБ на 12-ту добу культивування та відсоткове відношення цього показника до контролю (К% або С%).

Таблиця 1. Вплив електромагнітних полів на накопичення абсолютно сухої біомаси штамів базидіоміцетів

Table 1. Influence of electromagnetic fields on accumulation of absolutely dry biomass of the strains of Basidiomycetes

Варіант Дослідю Version of research	Штам The strain					
	<i>A. cylindracea</i> 167		<i>F. hepatica</i> Fh-08		<i>P. ostreatus</i> P-208	
	АСБ					
	ADB					
	Вміст, г/ л Content, g/l	К % C %	Вміст, г/ л Content, g/l	К % C %	Вміст, г/ л Content, g/l	К % C %
B ₁	3,21±0,02	102	3,35±0,06	99	4,71±0,06	102
B ₂	3,20 ± 0,02	101	3,32 ± 0,07	98	4,82 ± 0,05	104
B ₃	3,23 ± 0,04	102	2,54 ± 0,09	75	8,01 ± 0,04	173
B ₄	3,04 ± 0,05	96	1,81 ± 0,06	53	4,68 ± 0,02	101
K / C	3,16 ± 0,06	0	3,39 ± 0,09	0	4,63 ± 0,06	0

Встановлено, що базидіальні гриби мають різний ступінь толерантності до дії електромагнітного поля. Характер впливу залежить від характеристик обраних варіантів опромінювання та тривалості дії цього фактору. Так, вплив ЕМП за варіантом В₁ та В₂ вірогідно не впливає на накопичення АСБ штамми *A. cylindracea* 167 і *F. hepatica* Fh-08 та веде до підвищення АСБ штамом *P. ostreatus* P-208 на 4% у порівнянні з контролем. ЕМП за варіантом В₃ знижує АСБ штаму *F. hepatica* Fh-08 на 25%, вірогідно не впливає на АСБ штаму *A. cylindracea* 167 та підвищує на 73% – штаму *P. ostreatus* P-208. Вплив ЕМП за варіантом В₄ знижує АСБ на 47% та 4% штамів *F. hepatica* Fh-08 та *A. cylindracea* 167 відповідно і вірогідно не впливає на АСБ штаму *P. ostreatus* P-208. Отже, за показниками АСБ, штам *A. cylindracea* 167 є найбільш толерантним до дії застосованого електромагнітного випромінювання, штам *P. ostreatus* P-208 – прискорює ростові процеси, а штам *F. hepatica* Fh-08 – їх гальмує.

Виходячи з того, що антиоксидантні оксидоредуктази є універсальними маркерами впливу чинників середовища, в т.ч. і стресового, другим етапом дослідження визначали активність цих ферментів при культивуванні досліджуваних штамів на модифікованому ГПС (табл. 2.).

Аналіз результатів цього дослідження показав, що електромагнітні поля в ISSN 2225-5486 (Print), ISSN 2226-9010 (Online). Біологічний вісник МДПУ. 2013. №2



залежності від характеристик можуть впливати як позитивно, так і негативно на активність оксидоредуктаз відібраних штамів базидіоміцетів. Так, POX activity у 50% варіантів дослідів знижується, у 21% – вірогідно не змінюється та у 29% – збільшується. CAT activity у 21% варіантів дослідів знижується, у 25% – вірогідно не змінюється та у 54% – збільшується. SOD activity знижується у 21% випадків, у 21% – вірогідно не змінюється та у 58% – збільшується.

Вплив ЕМП за варіантом В₁ на пероксидазну активність штамів є несуттєвим у 50% варіантів дослідів; веде до її зниження у 33% та лише в 1 досліді – до підвищення. Каталазна активність штамів також змінюється у 50% випадків і має зворотній характер порівняно з POX activity: у 33% – вірогідно збільшується та у 17% – зменшується. Супероксиддисмутазна активність штамів вірогідно не змінюється під впливом ЕМП за варіантом опромінення В₁.

Вплив ЕМП за варіантом В₂ викликає зниження пероксидазної активності штамів в 50%, каталазної – в 30% та супероксиддисмутазної – в 16% варіантах дослідів. В усіх інших дослідях зафіксовано вірогідне підвищення активності оксидоредуктаз. Вивчення впливу ЕМП за варіантом В₃ показало зниження пероксидазної активності у 50%, підвищення каталазної та супероксиддисмутазної активності у 33% та 100% варіантів дослідів відповідно.

Дія ЕМП за варіантом В₄ викликає 100% зниження пероксидазної та таке ж підвищення каталазної активності досліджених штамів. Для супероксиддисмутазної активності в цьому варіанті зафіксоване зниження її у 67% варіантів дослідів.

Максимальна індукція активності всіх оксидоредуктаз зафіксована за дії електромагнітного поля варіантів В₁ і В₂, що відповідає випромінюванню широкоживаного радіозв'язку та частоті терапевтичного випромінювання в медицині. Так, максимум індукції пероксидазної активності, що перевищує контроль на 61%, зафіксовано для КФ штаму *A. cylindracea* 167 за дії ЕМП варіанту В₂. Для цього ж варіанту зафіксовано максимальне значення індукції каталазної активності, що перевищує контроль на 276% для міцелію штаму *A. cylindracea* 167. Максимум індукції супероксиддисмутазної активності також зареєстрований за дії ЕМП варіанту В₂, для міцелію та КФ штаму *P. ostreatus* P-208 і перевищує контроль на 41%.

Таблиця 2. Вплив електромагнітних полів на активність оксидоредуктаз деяких штамів базидіоміцетів

Table 2. Influence of electromagnetic fields on the activity of oxidoreductases of some strains of basidiomycetes

Варіант Досліду	Штам The strain											
Version	<i>A. cylindracea</i> 167				<i>F. hepatica</i> Fh-08				<i>P. ostreatus</i> P-208			
of research	Міцелій Mycelium	% K % C	КФ CF	% K % C	Міцелій Mycelium	% K % C	КФ CF	% K % C	Міцелій Mycelium	% K % C	КФ CF	% K % C
POX activity _{тт} , ум.од. / мг білку												
B ₁	2,72±0,03	90	12,05	118	0,30±0,01	84	1,24	98	0,67±0,02	100	0,31	99
B ₂	2,66±0,03	88	16,47	161	0,28±0,01	79	1,16	92	0,81±0,01	121	0,34	106
B ₃	4,29±0,04	142	8,92	87	0,46±0,01	127	1,27	101	0,74±0,01	110	0,32	100
B ₄	0	0	0	0	0,07±0,01	19	0,37	29	0,18±0,01	27	0,15	46
K	3,02±0,04	0	10,21	0	0,36±0,01	0	1,26	0	0,67±0,01	0	0,32	0
CAT activity _{тт} , мкат / мг білку												
B ₁	138,32±0,20	292	152,89	115	135,89±0,21	100	138,97	100	49,71±0,09	100	829,74	86
B ₂	323,56±0,40	376	174,16	131	148,07±0,20	109	140,45	101	44,21±0,06	89	752,55	78
B ₃	46,42±0,09	98	132,95	100	134,48±0,16	99	130,72	94	92,88±0,10	187	1247,22	129
B ₄	121,27±0,18	256	158,21	119	156,22±0,24	115	148,79	107	60,60±0,09	122	1138,48	118
K	47,37±0,10	0	132,95	0	135,84±0,20	0	139,06	0	49,67±0,08	0	964,81	0
SOD activity _{тт} , ум.од. / мг білку												
B ₁	5,27±0,05	101	48,46	99	28,97±0,06	100	128,09	102	6,68±0,03	101	35,24	102
B ₂	5,48±0,04	105	48,95	100	29,89±0,05	103	121,81	97	9,32±0,07	141	186,92	141
B ₃	5,74±0,05	110	49,93	102	36,28±0,06	125	137,01	109	8,73±0,06	132	41,81	121
B ₄	4,85±0,03	93	46,50	95	34,24±0,05	118	136,88	109	5,88±0,05	89	32,48	94
K / C	5,22± 0,05	0	48,95	0	29,02±0,06	0	125,58	0	6,61±0,05	0	34,55	0

Максимальна репресія ферментативної активності відмічена за дії ЕМП GSM Wi-Fi діапазону. Так, максимальна репресія пероксидазної активності зафіксована за дії ЕМП варіанту В₄ у міцелії та культуральному фільтраті штаму *A. cylindracea* 167 і дорівнювала 100%. Максимальна репресія каталазної активності у 22% виявлена для КФ штаму *P. ostreatus* P-208 за дії ЕМП варіанту В₂. Максимальну репресію супероксиддисмутазної активності у 11% зафіксовано для міцелію того ж штаму за дії ЕМП варіанту В₄.

Отже, в результаті проведених досліджень виявлене підвищення активності досліджуваних антиоксидантних ферментів при опромінюванні з частотою 27,12 Гц, потужністю 70 Вт, яке, можливо, пов'язане з підвищенням метаболічної активності внаслідок прискорених переміщування та потрапляння поживних речовин до і в клітинах. Щодо електромагнітного поля GSM Wi-Fi діапазону, то за короткотривалої дії воно суттєво знижує пероксидазну активність і підвищує каталазну. Це, скоріш за все, пояснюється негативною кореляцією активностей зазначених ферментів (Волошко, Федотов, 2011). Підвищення пероксидазної активності свідчить про інтенсифікацію вільно-радикальних процесів та перекисного окислення ліпідів в клітинах. Крім того, при довготривалій дії ЕМП GSM Wi-Fi діапазону, грибний організм, як показують результати дослідження, пристосовується до нього, а рівень активності ферментів стає більш близьким до контролю.

Висновки

Проаналізовано вплив електромагнітних полів на активність оксидоредуктаз міцеліальних культу видів базидіоміцетів. Спостерігається позитивний вплив електромагнітного поля з частотою 27,12 Гц та потужністю 70 Вт, що лежить в основі УВЧ-терапії. Виявлено негативний вплив електромагнітного поля з частотою 0,8-2,4 ГГц (GSM Wi-Fi діапазон). При довгостроковій дії застосованих режимів опромінення ЕМП встановлена адаптаційна здатність грибних культур до цього фактору.

Подяки

Автори щиро вдячні співробітникам Донецького національного технічного університету за наданий експериментальний прилад ЕМП з GSM Wi-Fi діапазоном.

Список Використаної Літератури

- Gabr A.A.* Biological effects of electromagnetic radiation: Ph.D. thesis / Egypt, Mansoura university. – Mansoura, 2010. – 107 p.
- Kumar S.* Effect of electromagnetic radiation from mobile phones towers on human body / S. Kumar, P.P. Pathak // Indian journal of radio & space physics. – 2011. – Vol. 40. – P. 340–342.

Васильева Е.Г. Механизм влияния электромагнитных полей на живые организмы / Е.Г. Васильева // Вестник АГТУ. – №3 (44). – Астрахань, 2008. – с.186 – 191.

Blake Levitt B. Biological effects from exposure to electromagnetic radiation emitted by cell tower base stations and other antenna arrays / B. Blake Levitt, Henry Lai // Environ. Rev. – 2010. Vol. 18. – P. 369–395.

Колонтаева Н.В. Ксилотрофные базидиомицеты как индикаторы загрязнения среды сернистым ангидридом / Н.В. Колонтаева // Вестник ОГУ. – 2006. – № 4. – С. 64–66.

Мелехова О.П. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студентов вузов / О.П. Мелехова, Е.И. Сарапульцева, Т.И. Евсеева – М.: Академия, 2007. – 287 с.

Терехова В.А. Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем / В.А. Терехова. – М.: Наука, 2007. – 216 с.

Широких А.А. Грибы в биомониторинге наземных экосистем / А.А. Широких, А.В. Колупаев // Теоретическая и прикладная экология. – 2009. – №3. – С. 4-14.

Гродзинська Г.А. Макроміцети – біоіндикатори забруднення радіоцезієм лісових екосистем України / Г.А. Гродзинська, С.О. Сирчин, М.Д. Кучма, В.В. Конішук // Вісник НАН України, 2008. № 9. – С. 26–37.

Дудка І.О. Мікологічний моніторинг як засіб оцінки і прогнозування фітосанітарного стану лісових екосистем / І.О. Дудка, Т.О. Мережко, В.П. Гайова // Укр. ботан. журн. – 1994. – Т. 51, № 6. – С. 53–59.

Федотов О.В. Фізико-хімічні показники мікологічних об'єктів у біоіндикації довкілля // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону: Міжвідомчий збірник наукових праць. – Донецьк: ДонНУ, 2011. – Вип. 1(11). – С. 261-265.

Yrekli A.I. GSM base station electromagnetic radiation and oxidative stress in rats / A.I.Yrekli, M.Ozkan, T. Kalkan, H. Saybasili, H. Tuncel, etcet. // Electromagn. Biol. Med. – 2006. – Vol. 25. – P. 177–188.

Волошко Т.Є. Скринінг штамів базидіомицетів за активністю антиоксидантних оксидоредуктаз / Т.Є. Волошко, О.В. Федотов // Мікробіологія і біотехнологія. – Одеса: ОНУ ім. І.І. Мечнікова, 2011. – №. 4(16). – С. 69-81.

Федотов О.В. Колекція культур шапинкових грибів – основа мікологічних досліджень та стратегії збереження біорізноманіття базидіомицетів / О.В. Федотов, О.В. Чайка, Т.Є. Волошко, А.К. Велигодська // Вісник Донецького національного університету. – 2012. – №1. – С. 209–213.

Волошко Т.Є. Вплив джерел азотного живлення на активність оксидоредуктаз деяких штамів базидіомицетів / Т.Є. Волошко, О.В. Федотов // Актуальні проблеми ботаніки та екології / Матер. міжнародної конф. молодих учених (Ужгород 19-23 вересня 2012) – Ужгород, 2012. – С.197–198.

Государственная Фармакопея СССР. – XI изд. – Вып. 1. – М.: Медицина, 1987. –



336 с.

Досон Р. Справочник биохимика / Р. Досон, Д. Эллиот, У. Эллиот. – М: Мир, 1991. – 544 с.

Приседський Ю.Г. Пакет програм для проведення статистичної обробки результатів біологічних експериментів / Ю.Г. Приседський. – Донецьк: ДонНУ, 2005. – 75 с.

REFERENCES

Gabr A.A. *Biological effects of electromagnetic radiation*: Ph.D. thesis / Egypt, Mansoura university. – Mansoura, 2010. – 107 p.

Kumar S. *Effect of electromagnetic radiation from mobile phones towers on human body* / S. Kumar, P.P. Pathak // Indian journal of radio & space physics. – 2011. – Vol. 40. – P. 340–342.

Vasilyeva E.G. (2008). *The mechanism of the effects of electromagnetic fields on living organisms*. Astrakhan: newspaper of Astrakhan State Technical University

Blake Levitt B. *Biological effects from exposure to electromagnetic radiation emitted by cell tower base stations and other antenna arrays* / B. Blake Levitt, Henry Lai // Environ. Rev. – 2010. Vol. 18. – P. 369–395.

Kolontaeva N.V. (2006) *Xylotrophic Basidiomycetes as indicators of environmental pollution with sulfur dioxide*: newspaper OSU.

Melekhova O.P. (2007). *Biological control of environment. Bioindication and bioassay*. Moscow: The Academy.

Terekhova V.A. (2007). *Micromycetes in the environmental assessment of aquatic and terrestrial ecosystems*. Moscow: Science.

- Shirokih A.A. (2009). *Mushrooms in biomonitoring terrestrial ecosystems*. Theoretical and Applied Ecology.
- Grodzinska G.A. (2008). *Macromycetes are bioindicators of radiocaesium contamination of forest ecosystems of Ukraine*.
- Dudka I.O. (1994). *Mycological monitoring as a means of evaluating and predicting pest of forest ecosystems*. Ukr. botanical Journal.
- Fedotov O.V. (2011) *Physical and chemical properties of mycological objects in the environment bioindicators*. Donetsk: Donetsk National University.
- Yrekli A.I. *GSM base station electromagnetic radiation and oxidative stress in rats* / A.I.Yrekli, M.Ozkan, T. Kalkan, H. Saybasili, H. Tuncel, et cet. // Electromagn. Biol. Med. – 2006. – Vol. 25. – P. 177–188.
- Voloshko T.E. (2011). *Screening of strains of basidiomycetes for antioxidant activity oxidoreductases*. Odessa: ONU.
- Fedotov O.V. (2012) *Collection of the culture of mushrooms are the basis of mycological research and conservation strategies basidiomycetes*. Newspaper of Donetsk National University.
- Voloshko T.E.(2012) *Effect of sources of nitrogen nutrition on the activity of oxidoreductases of some strains of basidiomycetes*. Mater. international conference. Young Scientists, Uzhhorod.
- State Pharmacopoeia of the USSR (1987). - XI ed. Moscow: Medicine.

Dawson R. (1991). *Reference of biochemist*. Moscow: Mir.



Prisedsky J.G. (2005). *The software package for statistical analysis of the results of biological experiments*. Donetsk: Donetsk National University.

Поступила в редакцію 22.06.2013

Как цитировать:

Т.Є. Волошко, О.В. Федотов (2013). Вплив електромагнітних полів на активність оксидоредуктаз деяких видів базидіоміцетів. . *Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета имени Богдана Хмельницкого*, 2 (8), 45-56.

crossref [http://dx.doi.org/10.7905/bbmsspu.v0i3\(6\).543](http://dx.doi.org/10.7905/bbmsspu.v0i3(6).543)

© Волошко, Федотов, 2013

Users are permitted to copy, use, distribute, transmit, and display the work publicly and to make and distribute derivative works, in any digital medium for any responsible purpose, subject to proper attribution of authorship.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 3.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/).