

### Список використаної літератури

1. Виговська Г. Структура відходів в Україні, їх джерела та кількісні показники./Рідна природа. Вирішення проблем поводження з відходами в Україні. №3-4, 2004 р.,с.21.
2. Бондар О. І., Горох М. П., Корінько І. В., та ін. Утилізація та рекуперація відходів. Екологія та охорона навколишнього середовища., Навчальний посібник., Київ-Харків., 2005., 459с.
3. Затверджено національну стратегію управління відходами в Україні URL: <https://dlf.ua/ua/zatverdzhennonatsionalnu-strategiyu-upravlinnya-vidhodami-v-ukrayini-do-2030-roku-2>.
4. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року. Офіційний вебпортал парламенту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-r#Text>.
5. Криворучко А.В., Стрижак С.В. Природні сорбенти йонів важких металів з відходів різних виробництв / С.В. Стрижак, А.В. Криворучко // Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку : зб. мат. Міжн. наук.-практ. конф. (22-23 жовтня 2020, м. Херсон) – Херсон : «ОЛДІ-ПЛЮС», 2020. – С. 343-346.

## ЕЛЕКТРОХІМІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КАТАЛІТИЧНИХ REDOX-ПРОЦЕСІВ ЗА УЧАСТЮ ЕНДООКСИДАНТІВ

<sup>1</sup> Кузнецова Т. Ю., <sup>2</sup> Даниленко Н. В.

<sup>1</sup> Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

<sup>2</sup> Ліцей №32 "Європейський"

Для зменшення негативного впливу вільних радикалів на біологічні об'єкти живого організму останнім часом у практичній медицині широко застосовуються ендogenous антиоксиданти у зв'язку з їх участю в системі захисту організму людини від агресивної дії вільних радикалів. Відсутність систематичних досліджень, особливо на молекулярному рівні, антирадикальної активності різних антиоксидантів при їх взаємодії з вільними радикалами в біологічних системах зумовлює не тільки наявність суперечливих оцінок в інтерпретації експериментально одержаних закономірностей, але й створює труднощі у розвитку загальних уявлень відносно механізму взаємодії антиоксидантів із вільними радикалами та цілеспрямованого підходу до керування цими процесами, які мають практичне застосування у медицині. Це актуалізує вивчення антирадикальної активності різних антиоксидантів.

Взаємодія антиоксидантів із вільними радикалами обумовлена впливом великої кількості різноманітних взаємопов'язаних процесів, стабілізація яких навіть в умовах експерименту є досить проблематичною. Разом з тим на сьогодні широко почало застосовуватися моделювання різних фізико-хімічних процесів на молекулярному рівні методами квантової хімії з подальшим аналізом результатів виконаних розрахунків. Тому представляється актуальним вивчення ефективності дії ендogenous антиоксидантів мелатоніну і глутатіону шляхом моделювання механізму їх взаємодії із вільними радикалами (гідроксил-радикалом ( $\bullet\text{OH}$ ) і супероксид-аніон-радикалом ( $\bullet\text{OO}^-$ ) електрохімічними методами, що, дає можливість не тільки отримати обґрунтування позитивного ефекту використання антиоксидантів, але й встановити потенційну значущість цих речовин як лікарських засобів.

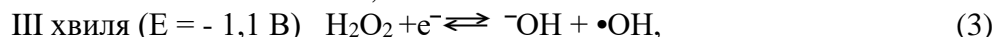
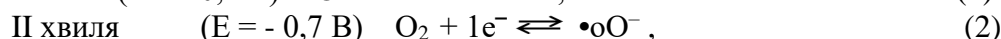
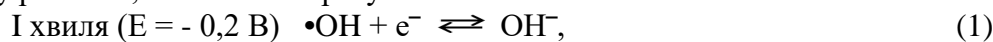
Електрохімічні дослідження моделювання взаємодії антиоксидантів із вільними радикалами кисню проводили в Інституті біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України з використанням диференційної імпульсної вольтамперометрії за методикою запропонованою д.х.н., проф., Г.С. Шаповал; для дослідів використовували L-глутатіон фірми SERVA та мелатонін фірми Merck. Сполуки використовували без додаткового очищення. Розчини глутатіону та мелатоніну готували безпосередньо перед вимірами.

Раніше нами на основі моделювання взаємодії молекули мелатоніну (MLT) та глутатіону (GSH) з вільними радикалами  $\bullet\text{OH}$  та  $\bullet\text{OO}^-$  за результатами неемпіричних квантово-хімічних розрахунків була запропонована схема перерозподілу електронної густини в молекулах

антиоксидантів під впливом вільних радикалів кисню, яка дозволила обґрунтувати мікроскопічний механізм антирадикальної активності молекули мелатоніну [1,2].

Для підтвердження отриманих на нанорівні квантовохімічних результатів були проведені електрохімічні дослідження взаємодії антиоксидантів з вільними радикалами кисню у водному фізіологічному розчині шляхом електрохімічного генерування вільних радикалів кисню в присутності антиоксиданту [3].

Диференціальні вольтамперні криві відновлення вільних радикалів кисню, які характеризують реакції (1-3), аналогічні тим, що протікають в біосистемах в процесі дихання, обміну речовин, кисневого стресу:



знімали на фоні 0,1M розчину NaCl у воді (фізіологічний розчин) з подальшим титруванням фонового електроліту добавками GSH та MLT різної концентрації (рис. 1).

При введенні у фоновий розчин добавок MLT і GSH різної концентрації спостерігали появу трьох хвиль. При цьому потенціал відновлення ( $\phi$ ) першої хвилі не змінювався, що вказує на відновлення однакових по типу та формі електрохімічно активних частинок (ЕАЧ). Збільшення концентрацій добавок MLT і GSH призводить до істотного зниження граничного струму перших хвиль на вольтамперних кривих за рахунок чисто хімічної реакції в об'ємній фазі розчину за схемою (4):



що вказує на зменшення кількості ЕАЧ типу  $\bullet\text{OH}$ .

Подальше відновленням  $\bullet\text{OH}$ , концентрація яких буде зменшуватися внаслідок реакції (4) при введенні добавок MLT[GSH] буде спостерігатися при незмінному потенціалі (0,2 В) на електроді за такою реакцією:

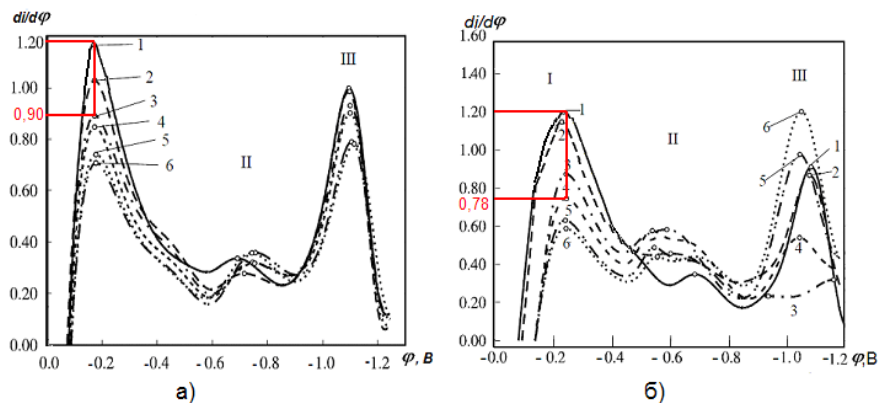
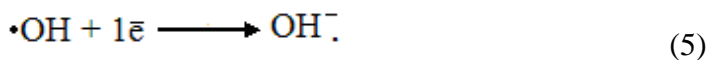


Рис. 1. Диференціальні вольтамперограми відновлення АФК на мідному катоді на фоні 0,1M NaCl у воді (1) в присутності різних концентрацій антиоксидантів: MLT(а): 2 – 0,39; 3 – 0,74; 4 – 1,07; 5 – 1,67; 6 –  $2,18 \cdot 10^{-3} \text{ M/дм}^3$ ; GSH (б): 2 – 0,24; 3 – 0,47; 4 – 0,74; 5 – 0,91; 6 –  $1,1 \cdot 10^{-3} \text{ M/дм}^3$ .

На відміну від першої хвилі спостерігається катодний зсув другої хвилі потенціалу відновлення, встановлений як при введенні добавок MLT, так і GSH. Так як результати квантовохімічних досліджень взаємодії  $\bullet\text{OO}^-$  з MLT та GSH не вказують на розрив водневих зв'язків в молекулах MLT і GSH, а вказують на вірогідність утворення комплексів, то експериментально знайдений катодний зсув потенціалу 2 хвилі відновлення для обох випадків, однозначно вказує на процес відновлення електроактивних комплексів, тип, форма і кількість яких визначається концентрацією MLT і GSH відносно  $\bullet\text{OO}^-$ . Зсув хвилі відновлення  $\bullet\text{OO}^-$  в присутності GSH відбувається в сторону зменшення значення потенціалу відновлення, а в присутності MLT – в бік збільшення, що підтверджує більш виражені антирадикальні

властивості GSH у порівнянні з MLT. Таке обґрунтування зсуву другої хвилі процесу одноелектронного відновлення ЕАЧ корелює із результатами квантовохімічної оцінки значень енергії активації при одноелектронному переносі заряду, які різняться для «ізолюваної» молекули  $\bullet\text{OO}^-$  та комплексів  $\{\text{MLT}\bullet\text{OO}^-\}$  і  $\{\text{GSH}\bullet\text{OO}^-\}$ . Незмінність потенціалу відновлення та зменшення граничного струму (1 хвиля) та катодний зсув потенціалу (2 хвиля) зі збільшенням концентрації антиоксидантів при взаємодії із вільними радикалами для обох випадків є прямим підтвердженням на макрорівні результатів квантовохімічних розрахунків.

На макроскопічному рівні підтверджена принципова відмінність встановлена теоретично механізму інгібування молекулами антиоксидантів гідроксил- та супероксид-аніон-радикала на фоні превалюючої антирадикальної активності глутатіону в порівнянні з мелатоніном. Встановлена кореляція зміни макроскопічних параметрів процесу електровідновлення вільних радикалів кисню в присутності антиоксидантів з отриманими на нанорівні результатами квантовохімічних досліджень при взаємодії молекули мелатоніну та глутатіону із вільним радикалами кисню.

### Список використаної літератури

1. Соловійов В.В. Моделювання антиоксидантних властивостей молекули мелатоніну при взаємодії з деякими вільними радикалами / В.В. Соловійов, Т.Ю. Кузнецова // Науковий вісник Чернівецького університету: Зб. наук. праць.: Хімія – 2012.– Вип. 606. – С.92–96.
2. Kuznetsova T.Y. Antioxidant activity of melatonin and glutathione interacting with hydroxyl- and superoxide anion radicals /T.Y. Kuznetsova, N.V. Solovyova, V.V. Solovyov, V.O.Kostenko // Ukr. Biochem. J. – 2017. – № 12. – P. 146-152.
3. Громова В.Ф. Электрохимическое моделирование элементарных стадий окислительно-восстановительных реакций в биосистемах /В.Ф. Громова, Г.С. Шаповал, В.П. Кухарь // Доповіді НАН України. – 1995. – № 3. – С.92–94 .

## АГРОХІМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИ ВИРОЩУВАННІ КУКУРУДЗИ

Куленко Р. А.

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

Кукурудза потребує достатньої кількості тепла, вологи, родючого, добре структурованого ґрунту та вкрай чутлива до нестачі елементів живлення. Для формування 1 т зерна рослині кукурудзи необхідно: азоту – 25-30 кг, фосфору – 10-15 кг, калію – 30-40 кг, кальцію – 6-10 кг, магнію – 6-10 кг, сірки – 3-4 кг.

Поживні елементи потрібні рослині протягом всього періоду вегетації, але найбільш інтенсивне їх споживання триває від фази 6-8 листків до кінця цвітіння. Дози мінеральних добрив, які вносяться під вирощування кукурудзи повинні бути розраховані відповідної фактичної наявності поживних елементів у ґрунті та запланованого рівня продуктивності культури.

Перед сівбою кукурудзи варто провести аналіз ґрунту на визначення таких показників: рН сольової витяжки, гідролітична кислотність, вміст гумусу, азот (нітратний, амонійний, легкогідролізований), фосфор, калій, кальцій, магній, сірка, цинк, мідь, молібден, бор, залізо, марганець.

Кислотність ґрунту впливає на розвиток кореневої системи, доступність та споживання рослиною поживних речовин, стійкість до посухи. Оптимальний рН для вирощування кукурудзи 5,5 – 7,0. При рН нижче 5,5 в ґрунті знижується доступність магнію, кальцію, калію та молібдену. При зниженні рН до 4,0 та нижче корені рослин починають відмирати. Якщо за результатом аналізу реакція ґрунтового розчину відмінна від оптимальних значень, потрібно проводити вапнування (кисла реакція), або гіпсування (лужна реакція). Для розрахунку норм внесення меліорантів визначається гідролітична кислотність.