

шкіл (Голубець, Малиновський, 1969; Кучерявий, 1984). Встановлено, що її структура залежить від екологічних умов породних відвалів: видовий склад природних похідних мікроасоціацій залежить від особливостей екотопів; у штучних похідних мікроасоціаціях, створених рослинами-екзотами, формування структури також відбувається за рахунок видів, біоекологічні особливості яких відповідають умовам едафотопу. Так, у підніжжях нерекультивованих відвалів переважають мікроасоціації з домінуванням мезогігрофіта *Populus tremula*, у середніх частинах пологих схилів – з мезофітом *Betula pendula*, на верхніх плато і виходах піску – з ксерофітом *Pinus sylvestris*. У штучних похідних мікроасоціаціях робінієво-караганові фітоценози північних та східних схилів доповнюються ксеромезофітом *Quercus robur*, мезофітами *Fraxinus excelsior*, *Euonymus europaea*, мезогігрофітами *Populus tremula*, *Padus avium* та ін. На південних схилах домінують ксерофіт *Robinia pseudoacacia* та ксеромезофіт *Caragana arborescens* з ксерофітними травами. У середніх частинах пологих південних схилів під наметом *Robinia pseudoacacia* зростає мезофіт *Rubus caesius*.

Враховуючи наведене вище, на відвалах, складених крупноуламковими шахтними породами, де природне заростання проходить дуже повільно, необхідним є нанесення ґрунтосумішей потужністю не менше 0,5 м. При вмісті в них гумусу більше 2 % доцільно здійснювати відновлення фітоценозів видами природних похідних мікроасоціацій – сосна звичайна, дуб звичайний, береза повисла, бруслина європейська, крушина ламка, що надасть змогу створювати штучні насадження, аналогічні зональним малополіським фітоценозам (асоціація *Pineto-Quercetum*), для уникнення виснаження місцевих популяцій, збереження специфічності флори, а також запобігання її уніфікації.

### Література

1. Башуцька У.Б. Характеристика флори породних відвалів шахт Червоноградського гірничопромислового району// Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук. – техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2002, вип. 12.2. – С. 84-86.
2. Бяллович Ю.П. О некоторых биогеоценотических основах общей теории фитомелиорации/ Теоретические проблемы фитоценологии и биогеоценологии. – М.: Наука, 1970. – С. 5-16.
3. Голубец М.А., Малиновский К.А. Классификация растительности Украинских Карпат/ Проблемы ботаники, 1969, № 11. – С. 237-254.
4. Кучерявый В.А. Типологическая характеристика фитоценозов зеленой зоны города (практические рекомендации) – Львов: Изд-во ЛЛТИ, 1984. – 47 с.
5. Сорока М.І. Флора судинних рослин Українського Розточчя. – Львів, 2002. – 155 с.

УДК 627.17;627.221      Аспір. Н.Р. Гаванюк – Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника

## МЕХАНІЗМ ДІЇ МІНЕРАЛІЗОВАНОЇ (ПЛАСТОВОЇ) ВОДИ НА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ РОСЛИНИ

Розглядаються питання фрагментації спадкового матеріалу – хроматину, що має місце після дії мінералізованої пластової води (МПВ), який рахується головним руйнівним початком іонізуючого опромінення в будь-яких живих об'єктах. Внаслідок

док проведеного дослідження отримано дані про фітотоксичність МПВ стосовно борщівника, які однозначно мають як наукову, так і народногосподарську цінність і, без усякого сумніву, повинні бути використані в землеробстві.

**Ключові слова:** озима пшениця, кукурудза, борщівник, хлоропласти, мітохондрії, пластові води.

*Doctorate N.R. Gavanju – Prykarpattja National University the name V. Stefanyk*

## **Mechanism of effect of mineralized (stratum) water on agricultural plants**

The questions of fragmentation of the inherited material are examined – hromatinu, that takes place after action of mineralized stratum water (MSW), which is considered the above all destructive beginning of ionizing irradiation in any living objects. As a result of the conducted research information is got about phytotoxication MSW in relation to borschivnyka, which simply have both scientific and pertaining to national economy value and, without every doubt, must be used in agriculture.

**Keywords:** winter wheat, corn, borschivnyk, hlorstratum, mitohondri stratum water

Економічна та енергетична кризи в державі, а також посилення вимог на ринку сільськогосподарської продукції до її якості, спонукає виробника здійснювати захист посівів від бур'янів недорогими, ефективними й екологічно безпечними для довкілля засобами. У зв'язку з цим стає особливо актуальним пошук нових методів боротьби із бур'янами, при цьому бажано, щоб ці методи були технологічно не складними і головне, щоб для їхнього застосування в господарствах не було потрібно великих фінансових затрат. Одним із таких методів може бути використання мінералізованої (пластової) води (МПВ), що є побічним продуктом у нафтовидобуванні. При цьому для нафтовидобувної галузі, це проблема виробництва, а для землеробства ми одержуємо екологічно чистий, активний, ефективно діючий продукт, застосування якого може вирішити проблему контролю мінімальним використанням (або зовсім без них) гербіцидів.

З огляду на це, перед нами було поставлено мету: вивчити внутрішньоклітинні механізми фітотоксичної дії мінералізованої (пластової) води на культурні рослини, і для реалізації цієї мети необхідно було вирішити такі завдання: провести експеримент зі зрошення досліджуваних рослин МПВ; здійснити електронномікроскопічний аналіз реакції компонентів рослинних клітин на дію МПВ; визначити розходження в субмікроскопічних змінах клітинних органел культурних рослин і борщівника при реалізації феномена фітотоксичності; на підставі отриманих об'єктивних даних обґрунтувати причину руйнівної дії МПВ на клітини рослин.

### **Матеріал і методика досліджень**

Експеримент було проведено у лабораторії з вивчення мінералізованої (пластової) води Прикарпатського національного університету. Для дослідів було взято дві культурні рослини, які відрізняються за сприйнятливістю до обприскування МПВ – озима пшениця і кукурудза, а також борщівник.

Після посіву (у фазі кущення) озимої пшениці та 3-5 листків у кукурудзи рослини були оброблені МПВ один раз. Через 24 години, після прояву фітотоксичної дії МПВ, вірці листків рослин (1мм x 1мм) було узято для фіксації в глутаральдегіді. Після фіксації і промивання тканин у фосфатному

буфері ( $p = 7,4$ ) протягом 1 год. здійснювалася дофіксація в 1 %-му розчині чотирьохоксиду осмію  $\text{OsO}_4$  на фосфатному буфері ( $p = 7,4$ ). Наступним етапом було зневоднювання візріців у спиртах зростаючої концентрації і в ацетоні з подальшим заливанням у епоксидні смоли Н.Н. Molepauer (1964). Співвідношення заливних смол фірми "Fluka" таке: епон – 5 мл, аралдит-М – 3 мл, DDSA – 11 мл, DMP – 14 крапель. Смоли протягом 12 год. полімеризували в термостаті за температури  $+ 60^\circ\text{C}$ .

Ультратонкі зрізи одержували на ультрамікросомі УМТП-7. Розправлення зрізів проводили за допомогою хлороформу, після чого їх переносили на знежирені сіточки.

Надалі відбувалося їх подвійне контрастування уранілацетатом і цитратом свинцю по E.R. Reynolds (1963). Отримані препарати проглядалися і фотографувалися в трансмісійному електронному мікроскопі ЕВМ-ІООБР.

Для одержання об'єктивних кількісних даних про зміни в досліджуваних об'єкті, застосовували стереологічні методи дослідження [2]. Визначалися такі параметри: об'ємна частка хлоропластів –  $V_{\text{Vxл}}$  і об'ємна частка мітохондрій –  $V_{\text{Vmx}}$ , як двох головних органел рослинних клітин, що продукують енергію.

Для цієї мети виготовляли фотографії стандартних розмірів (13x18) і за допомогою тестової системи сіток із різною кількістю і розмірами квадратів проводили підрахунок вказаних вище параметрів.

З метою одержання можливості уявити кількісні дані після стереологічного опрацювання з функціональних позицій, а також мати інтегральні характеристики, що стосуються організації процесів у досліджуваній системі, застосовувалися положення теорії інформації з використанням інформаційного аналізу.

Обчислювали основні показники, що використовуються в теорії інформації: групова ентропія ( $H$ ), відносна ентропія ( $h$ ) і коефіцієнт надмірності ( $R$ ). Узвичаєно, що групова ентропія відбиває рівень розмаїтості елементів у системі або ступінь її гетерогенності. Вважають, що підвищення упорядкованості і життєздатності будь-яких біологічних об'єктів завжди супроводжується зменшенням групової ентропії. Відносна ентропія – це показник того, наскільки кількісно система заповнена інформацією, тобто чим більший цей показник, тим менше залишається можливостей для її адаптивних перетворень. Коефіцієнт надмірності дає змогу визначити надійність досліджуваної системи: чим він більший, тим більше в системі компонентів, які забезпечують стійке виконання якоїсь функції і, природно, результат такої роботи більш надійний.

Ентропію виражали в бітах – це основний показник теорії інформації, а коефіцієнт надмірності – у відсотках.

### Результати досліджень та їх обговорення

Проведені дослідження з вивчення впливу МПВ на субклітинну організацію досліджуваних рослинних об'єктів дали змогу встановити цілу низку фактів, що підтверджують різнобічну дію їх на культурні рослини і борщівник. Так, починаючи з клітинної стінки або оболонки в озимій пшениці і кукурудзи після дії МПВ, відзначається тенденція до зменшення її товщини. У

борщівника цей ефект добре виражений. Хоч ультраструктурна, організація як власне оболонки, так і зовнішньої мембрани клітин, у контролі й у досліді практично не помітні.

Як відомо, найважливішою органелою рослинної клітини є хлоропласт – це структура, в якій відбувається використання світлової енергії для біосинтезу органічних речовин, які спроможні зв'язувати отриману енергію у формі легко засвоюваної для різноманітних реакцій, що протікають усередині клітин. Система, що фотосинтезує, і один із головних ферментів АТФаза знаходяться в мембранах тилакоїдів. Цікаво, що саме ці мембрани під дією МПВ змінюються насамперед: незначно ущільнюючись у клітинах озимої пшениці і кукурудзи і на великих площах (по внутрішньоклітинних мірках), зливаються в борщівнику. Більш того, в останніх відбувається деструкція як цих ділянок органел, так і ущільнення і руйнація гран. Упорядковане розташування внутрішніх, у край важливих для функції цієї органели мембран, під дією МПВ не змінюється в клітинах озимої пшениці і кукурудзи. Водночас у клітинах борщівника внутрішні мембрани хлоропластів набувають хаотичної локалізації. З огляду на той факт, що в третій мембрані хлоропластів, як-от у тилакоїдній, розміщується електротранспортний ланцюг і ефективність її роботи визначається чітким положенням складових її компонентів в об'ємі клітини, варто припускати порушення функції біосинтезу органічних речовин.

Дуже чітко це видно при електронно-мікроскопічному аналізі продуктів біосинтезу клітин (зерна крохмалю, краплі жирів та інше). Результати проведених експериментів свідчать про зменшення кількості продуктів біосинтезу у пластидах клітини озимої пшениці і кукурудзи. І якщо отримані факти можуть свідчити про гальмування біосинтетичних процесів у клітинах культурних рослин, то практично повна відсутність крохмальних і жирових включень у хлоропластах борщівника, означає припинення їхнього утворення.

Під дією МПВ було простежено випадки збільшення міжмембранного простору в органах клітин кукурудзи; іноді виникала деформація мембран хлоропластів із виходом зерен крохмалю в строму пластид і навіть у цитоплазму. Механізм процесу, що описується, зводиться до проникнення солей, що містяться в МПВ, у строму пластид і, як наслідок, виникнення різниці їхньої концентрації в цитоплазмі і органелах, відбувається набрякання останніх внаслідок надходження в них води з цитоплазми. Варто підкреслити, що описаний процес не порушує просторової упорядкованості мембран тилакоїдів, що вкрай важливо, тому що саме в них знаходяться енергетичні системи хлоропластів. Хоча деяке роз'єднання їх в об'ємі строми цілком очевидне, що викликає незначне гальмування осинтетичних процесів, що спостерігалися в цей період експерименту.

Водночас, дія МПВ на хлоропласти клітин борщівника призводить до дезорганізації, деструкції і, майже, втрати упорядкованості локалізації мембран у цих органелах. Причому, у клітинах борщівника відбувається не збільшення об'єму цих органел (як у культурних рослин), а навпаки зменшення. Міжмембранні простори в клітинах борщівників зменшуються, мембрани тилакоїдів і гран зближуються, ущільнюються, а в багатьох ділянках чіткість меж між ними стирається. Безумовно, порушення структурності в хлоропластах

тах борщівника детермінує початок дисфункціональних процесів, гальмування, і значною мірою, припинення фотосинтетичних процесів. Результатом дії цього ланцюжка причинно-наслідних зв'язків є в'янення листків борщівника.

Проте найбільш переконливі дані отримані в результаті дослідження об'єктивного математичного методу стереологічного аналізу, що дає змогу уявити насиченість об'єму клітини досліджуваною структурою або іншими словами, що дає уявлення про те, який відсоток від загального об'єму клітини займає дана органела (табл. 1).

**Табл. 1. Зміна об'ємних часток ( $V_{vхл}$ ) хлоропластів у клітинах досліджуваних рослин, (%)**

| Озима пшениця |            | Кукурудза  |            | Борщівник  |           |
|---------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| контроль      | дослід     | контроль   | дослід     | контроль   | дослід    |
| 17,65±0,33    | 18,74±0,27 | 18,01±0,34 | 19,28±0,35 | 19,21±0,28 | 9,31±0,19 |

Дані табл. 1 свідчать про ріст об'ємних часток хлоропластів у клітинах озимої пшениці і кукурудзи і про дуже істотне зменшення цього показника в клітинах борщівника. При аналізі розходжень кінетики досліджуваного показника в озимої пшениці і кукурудзи встановлено, що в об'ємі клітин кукурудзи більше хлоропластів; застосування мінералізованої (пластової) води також стимулює в більшому ступені приріст об'ємних часток хлоропластів у цієї культури.

З огляду на роль хлоропластів у хімічній модифікації азотних з'єднань (з однієї з функцій хлоропластів) можна трактувати різке зменшення об'ємних часток цих органел, як чинник, що істотно впливає на біосинтез нуклеїнових кислот. Адже відновлення нітриту ( $\text{NO}_2$ ) до аміаку ( $\text{NH}_3$ ), що відбувається у хлоропластах під дією світлової енергії, також різко гальмується, а як відомо, продукт цієї реакції, тобто аміак, служить джерелом азоту при біосинтезі амінокислот і нуклеотидів. Останнє, безумовно, порушує пластичний обмін у клітинах, при цьому потрібно пам'ятати, що й енергетичний обмін у деструктурованих хлоропластах гальмується, іншими словами, метаболічні процеси в таких органелах дуже далекі від норми.

Важливо пам'ятати, що в стромі хлоропластів знаходяться ферменти, що каталізують утворення жирних кислот у клітині, а останні, є одним із головних компонентів клітинних мембран, не в достатній кількості або просто рвово змінені, входять у їхній склад. Тому ультраструктура мембран, особливо тилакоїдних, дуже істотно перебудовується.

Органелою, що має важливе значення в клітині, є також мітохондрія. Що стосується дії МПВ на ці органели, то доведено, що в клітинах культурних рослин мітохондрії зберігають непошкодженою зовнішню мембрану. Складки внутрішньої мембрани не численні, але руйнування їх не спостерігається, за винятком природного процесу відтворення, якому може передувати перебудова мітохондріальних крист. Останні в клітинах озимої пшениці, найчастіше, не численні і знаходяться у вигляді овалів або каблучок уздовж зовнішньої мембрани. Дуже часто самі органели збираються групами.

У клітинах кукурудзи мітохондрії мають більше крист, ніж у клітинах озимої пшениці. Під дією МПВ зменшується число крист, а матрикс мітохон-

дрій просвітлюється. У клітинах борщівника вплив МПВ на мітохондрії полягає в деструкції їхніх внутрішніх мембран. У досліджуваних умовах матрикс мітохондрій у клітинах борщівника втрачає електронну щільність, з'являються вакуолі, заповнені рідиною, а в матриксі можуть знаходитись гомогенізовано структурні уламки. Спостерігаються також цілком вакуолізовані мітохондрії із зруйнованими кристами; дуже часто формуються мієлінові тіла, тобто зони повної руйнації органел, що енергопродують.

Прекрасним показником функціональної неповноцінності мітохондрій є об'єктивні дані стереологічного аналізу. Так, після обприскування борщівника МПВ відбувається падіння об'ємних часток мітохондрій. Ці дані подано в табл. 2.

**Табл. 2. Зміна об'ємних часток мітохондрій у клітинах досліджуваних рослин, %**

| Озима пшениця |           | Кукурудза |           | Борщівник |           |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| контроль      | дослід    | контроль  | дослід    | контроль  | дослід    |
| 1,13±0,42     | 1,36±0,61 | 1,38±0,55 | 1,43±0,48 | 1,45±0,66 | 0,11±0,04 |

Як видно з даних, наведених у табл. 2, об'ємні частки мітохондрій клітин озимої пшениці і кукурудзи під дією МПВ збільшуються, у той час як цей самий показник у клітинах борщівника різко знижується. Отже, функції, які властиві мітохондріям, (біосинтез АТФ) у клітинах борщівника порушується. Порівняльний аналіз дає змогу показати також, що при використанні МПВ, збільшення об'ємних часток мітохондрій у клітинах озимої пшениці відбувається менш інтенсивно, ніж у клітинах кукурудзи. Цікава залежність також виявляється в тому, що чим більше зростають об'ємні частки хлоропластів у клітинах культурних рослин, тим менше в їх об'ємі мітохондрій.

Дослідження показали, що у борщівника в нормі більше об'ємних часток хлоропластів і мітохондрій, що визначає їхню високу спроможність у отриманні і трансформації енергії. Хоча під дією МПВ їхня кількість в одиниці об'єму клітин різко знижується і це зумовлює падіння структурних і функціональних показників клітин у цілому і, природно, їхню життєздатність.

Істотну частину рослинних клітин займають вакуолі. У клітинах досліджуваних рослин вакуолі займали коло 73 % клітинного об'єму. Вони займали, як правило, центральне положення в клітині. Іноді в складі вакуолей, крім рідини, можна було спостерігати більш щільні включення.

Мінералізовані (пластові) води, які використовувалися для обприскування досліджуваних рослинних об'єктів, із позицій електронно-мікроскопічних критеріїв аналізу, не викликали істотних змін у вакуолярній системі клітин. Можна відзначити тільки збільшення об'єму центральних цитоплазматичних вакуолей у клітинах озимої пшениці і кукурудзи і зменшення об'єму цих органел у клітинах борщівника.

Варто зазначити, що внаслідок застосування МПВ у клітинах озимої пшениці виявляються включення щільних утворень, очевидно солей натрію і калію, які частіше за все локалізуються в тонопласті.

Відмінність реакції клітин кукурудзи на дію МПВ зводиться до розвитку більшого числа дрібних вакуолей, оточених мембраною, і значними скупченнями кристалів кальцію. Перші розміщуються, як правило, у цитоплазмі, а другі в органелах: в хлоропластах і в ядрі.

Водночас у клітинах борщівника після дії МПВ щільних включень мало, їхня цитоплазма заповнена гомогенними, безструктурними залишками клітинних органел.

Дуже істотне значення в реакціях клітини на дію різноманітних чинників середовища має ядро. Безумовно, це так, оскільки саме в цій частині клітини зосереджені структури, що визначають координацію більшості внутрішньоклітинних процесів, тобто ядро – це центр керування клітиною.

Ядра інтактних клітин, досліджуваних рослинних об'єктів мають інвагінації картотеки. Міжмембранний простір однаковий практично по всій площі, тобто локальні розширення або звуження відсутні. Ядерце має більшу електронну щільність порівняно з іншими об'єктами каріоплазми. Остання – гомогенна і має рівномірно розподілені згустки еухроматину, розміщених в об'ємі ядра у вигляді ніжної мережі. Гетерохроматин, зазвичай усього, локалізований у внутрішньої мембрани клітинного ядра у вигляді окремих електронно-щільних острівців.

Під дією пластових вод у ядрах клітин озимої пшениці і кукурудзи відзначаються неістотні ультраструктурні перетворення. Насамперед, ядра клітин цих рослин активні, тобто вони мають велику частину еухроматину, хоча гетерохроматинові ділянки також мають місце, а часом їх стає більше. У клітинах кукурудзи ядра також мають домінуючу кількість функціонально активного генетичного матеріалу – еухроматину.

Водночас, пластова вода при дії на клітини борщівника викликає в їхньому ядерному апараті низку змін.

Таким чином, дисфункція клітинних ядер у борщівника, що виникає під дією мінералізованої (пластової) води, детермінується ультраструктурними змінами їхніх компонентів.

Отже, результати проведених експериментів свідчать про те, що пластові води впливають на всі досліджувані рослинні об'єкти. Причому, якщо аналізувати дію їх на одну з головних органел рослинної клітини – хлоропласт, то цілком очевидно, що як ультраструктура, так і природно, функціональні параметри цієї органели, змінюються.

Як встановлено [4], ефективність роботи хлоропластів багато в чому визначається їхньою структурованістю, тобто впорядкованим розташуванням у просторі (в об'ємі клітини); молекулярних комплексів, вмонтованих у мембранну систему. Тому при зменшенні упорядкованості або, іншими словами, при переході до хаотичності, падає функціональна активність цих органел. Про збільшення хаотичності в хлоропластах рослинних клітин після застосування пластових вод свідчить ріст групової ентропії і падіння коефіцієнта надмірності, отриманих після застосування інформаційного аналізу. Ріст ентропії означає зниження впорядкованості, підвищення кількості нерегульованих, хаотичних процесів, у цілому, що веде до посилення неорганізованості системи. Зменшення коефіцієнта надмірності трактується ж показник, падіння надійності аналізованої системи. Саме така кінетика інформаційних показників отримана після застосування пластових вод. Проте, в озимої пшениці і кукурудзи зміни настільки незнані, що це можна трактувати як тенденцію до

подібних результатів. Водночас, у клітинах борщівника виявлені дуже переконливі інформаційні зсуви, що однозначно трактуються як прямування процесів життєдіяльності до дезорганізації.

Отже, у борщівника під дією пластових вод відбувається така перебудова організації клітинних компонентів, внаслідок якої збільшується хаотичність і знижується упорядкованість процесів, що відбуваються в клітинах. Підтвердженням цього є дезорганізація ультраструктурних компонентів, досліджувана електронно-мікроскопічними методами. Причому про гальмування функцій хлоропластів свідчить зменшення в них кількості гранул крохмалю і крапель жиру, що, як відомо, використовуються клітинами для різноманітних метаболічних процесів.

Хлоропласти є органелами енергетичного обміну, як встановлено в 70-ті роки виконують і ряд пластичних функцій і тому при дезорганізації їхніх робочих процесів відбувається порушення і цього виду їхньої діяльності.

**Табл. 3. Інформаційні показники ультраструктурної організації хлоропластів досліджуваних рослин при дії пластових вод (у бітах)**

| Інформ. показник | Озима пшениця |        | Кукурудза |        | Борщівник |        |
|------------------|---------------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
| Показники        | Контроль      | Дослід | Контроль  | Дослід | Контроль  | Дослід |
| H,               | 0,875         | 0,880  | 0,803     | 0,807  | 0,736     | 0,934  |
| H                | 0,329         | 0,332  | 0,300     | 0,306  | 0,306     | 0,412  |
| R (%)            | 67,1          | 66,8   | 70,0      | 69,4   | 69,4      | 58,85  |

Якщо падіння коефіцієнта надмірності може бути витлумачене (табл. 3) як зменшення надійності роботи компонентів системи, то це можна уявити як різке погіршення функціональних показників хлоропластів, як елементів більш складної системи, якою є рослинна клітина. Одночасний ріст відносної ентропії (H) означає зменшення можливостей завантаження системи інформацією.

Що стосується мітохондрій, то ці органели, маючи багато загального в молекулярно-субклітинній організації з хлоропластами [6], значно змінюються і під дією пластових вод. Причому, у клітинах культурних рослин ці зміни неістотні, у той час як у клітинах борщівника мітохондрії зазнають серйозних деструктивних перетворень. Як встановлено [5], при змінах у мембранах (особливо у внутрішньої) мітохондрій гальмується біосинтез АТФ. Тому, те, що відбувається з мітохондріями після впливу на клітини борщівника МПВ, дає змогу погодитися з зазначеним автором у тому, що в настільки деструктурованих мітохондріях повною мірою біосинтез АТФ, безумовно, відбуватися не може.

Особливо важливим у плані розуміння згубного впливу на борщівник пластових вод є аналіз ультраструктурних змін клітинних ядер. Показано, що хроматин в активних клітинних ядрах має дуже складну структурну організацію і природно, зміна навіть його молекулярної композиції [7], а тим більше його ультраструктури (що отримане в дослідгах), безумовно, відбивається на його функціях. Фрагментація хроматину, перехід його в неактивну, недоступну для регуляторних білків форму, веде до хаотичності, гальмування і навіть припинення біосинтезу поліпептидів. А клітини, у яких зупинена реалізація генетичної інформації, як відомо, довго існувати не можуть.

У цьому зв'язку стають зрозумілими причини загибелі клітин борщівника і виправдана можливість використання пластових вод як контактного гербіциду селективної дії.

**Висновки.** Отже, отримані електронно-мікроскопічні дані, підтверджені методами стереологічного й інформаційного аналізу, переконують у наявності матеріальних передумов для дезорганізації процесів у клітинах борщівника, а наявні факти руйнації внутрішньоклітинних компонентів дають змогу пояснити гербіцидну активність мінералізованої (пластової) води для цілісної рослини. З огляду на усе сказане вище, можна стверджувати, що причиною загибелі клітин і, слідом за цим, цілісної рослини борщівника під дією пластових вод, є руйнація внутрішньоклітинних органел, що трансформують і запасують енергію в клітині. Падіння енергоємності клітини завжди супроводжується гальмуванням біосинтетичних процесів [1], а отже, відбувається порушення структурної організації мембранної системи клітини, зміна стеричного та електричного стану регульованих молекулярних комплексів, що веде до гальмування метаболічних процесів. Своєю чергою, змінена молекулярна композиція, особливо поліпептидів, викликає гальмування реалізації генетичної інформації. Більш того, матеріальний носій спадкоємності – хроматин – у клітинах борщівника після дії МПВ, не тільки переходить у функціонально неактивну форму – гетерохроматин, але і фрагментується, що потребує молекулярної репарації розірваних ланцюгів ДНК і, безумовно, є головною причиною гальмування і припинення відтворення білків, що само собою є умовою руйнації внутрішньоклітинних компонентів.

Треба зазначити, що отриманий ефект фітотоксичності МПВ по механізмам внутрішньоклітинної дії і, особливо, за впливом на генетичний апарат клітин аналогічний (дуже близький або нагадує) впливу на біологічні об'єкти радіації. У всякому разі, фрагментація спадкового матеріалу – хроматину, що має місце після дії МПВ, вважається головним руйнівним початком іонізуючого опромінення в будь-яких живих об'єктах.

Тому, отримані дані про фітотоксичність МПВ стосовно борщівника однозначно мають як наукову, так і народногосподарську цінність і, без усякого сумніву, повинні бути використані в землеробстві.

### Література

1. Меерсон Ф.З. Адаптация, стресс и профилактика. – М.: Наука, 1981. – 278 с.
2. Непомнящих Л.М., Лушникова Е.Л., Непомнящих Г.И. Морфометрия и стереология гипертрофии сердца. – Новосибирск: Наука, 1986. – 304 с.
3. Heber V, Walker D.A. The chloroplast envelope-barrier or bridge// Trends Biochem. Sci. – 1979. Vol. 4. – P. 252-256.
4. Hinkle P.C., McCarty R.E. How cells make ATP// Sci. Amer. – 1978. – Vol. 238, N 3. – P. 104-123.
5. Klingenberg M. The ADF ATP shuttle of the mitochondrion// Trends biochem. Sci. – 1979. – Vol. 4. – P. 249-252.
6. Levin R.P. The mechanism of photosynthesis// Sci. Amer. – 1969. – Vol. 221, N 6. – P. 58-70.
7. Lewin B. Gene Expression. Vol.2. Eukaryotic Chromosomes. 2 nd, 1980.