

## ГЛОБАЛЬНІ ЗМІНИ КЛІМАТУ ТА КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ АГРОЕКОСИСТЕМ

М.М. Мусієнко, Л.М. Бацманова, О.В. Войцехівська

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

*Розглянуто ризики виникнення деградаційних процесів та адаптаційні заходи з пом'якшення їхньої дії на продуктивність агроєкосистем. Обґрунтовано основні принципи сталого розвитку агроєкосистем в Україні, де природа набула ознак типового антропогенного середовища. Втілення їх в життя забезпечить не лише стабільність аграрної сфери виробництва, а й оптимальні умови існування всього біорізноманіття. Запропоновано екологічно безпечний та ефективний спосіб регуляції адаптаційного потенціалу рослин за умов комплексної дії природно-кліматичних чинників. Показано, що активація ендогенних захисних механізмів оптимізує метаболічні процеси рослин пшениці озимої відповідно до конкретних умов, що складаються впродовж онтогенезу.*

**Ключові слова:** агроєкосистема, сталий розвиток, біорізноманіття, пероксид водню, адаптаційні реакції.

Глобальні зміни клімату на Землі, початок етапу «екологічних криз» у взаємовідносинах людини та природи наглядно демонструють, що питання виживання в умовах зростання антропогенного тиску на навколишнє природне середовище набувають дедалі більшої актуальності для її біорізноманіття [1]. Наразі відомо, що впродовж найближчих 20–30 років через техногенні зміни в навколишньому природному середовищі світ може втратити понад 1 млн видів рослин і тварин. Поряд із тим біорізноманіття — це запорука стійкості, витривалості як окремих екосистем, так і біосфери загалом. Ось чому зменшення біорізноманіття — це значна втрата біосфери, одна з головних екологічних проблем сьогодення. Найпомітнішим наслідком зміни клімату стає не лише поступове потепління, аридизація, а й значне збільшення «надзвичайних ситуацій», таких як сильні посухи, повені, шторми, урагани, спекотні дні, кислотні дощі, лісові пожежі, піщані бурі тощо. Людство буде змушене зіткнутися з проблемами водопостачання та з деградацією сільськогосподарських земель і лісів. Останнім часом низку проблем зумовлено також безжа-

лісною експлуатацією земельних угідь. У всьому світі швидкими темпами відбувається деградація й ерозія ґрунтів. За даними ООН, понад 900 млн людей проживають у посушливих зонах нашої планети, землі яких потерпають від спустелювання. Екологічною проблемою є і загибель водних екосистем. Значна кількість отруйних речовин, що накопичуються навколо міст, промислових центрів, виносяться поверхневими та ґрунтовими водами у ріки, а звідти — в моря й океани. Значну тривогу у світі викликає перезабруднення атмосфери шкідливими газами, що призводить до збільшення площ озонових «дір» та активації розвитку парникового ефекту. Ключовою подією міжнародних кліматичних переговорів ООН зі зміни клімату (Париж, 2015) стало оголошення 47 країнами світу рішення про повний перехід на використання лише відновлюваної енергетики вже до середини цього століття. Раніше такі плани прийняли Німеччина, Швеція, Норвегія та ін. Такі країни, як США, Канада та Мексика, планують досягти 50% виробництва електроенергії з чистих джерел до 2025 р. Наразі доля відновлюваних джерел в загальному енергоспоживанні України становить 6%. У планах на найближчу перспективу (до 2020 р.) — довести цей показник до 11%.

Однією з найгостріших екологічних проблем сьогодення залишається необхідність демонтажу сотень блоків АЕС, що відпрацювали свій ресурс, транспортування й безпечно поховання твердих і рідких радіоактивних відходів. Тому на зламі тисячоліть перед людством постала надзвичайно складна проблема — вибір нової моделі сталого розвитку цивілізації, яка зможе протистояти дедалі більшій деградації навколишнього природного середовища.

Сталий розвиток — це такий процес формування і розвитку суспільних відносин, за якого вплив на довкілля залишається у межах господарської ємності довкілля, тобто такий, що забезпечує збереження природної основи не лише для розвитку економічного базису і сприятливого життя людини, а й для оптимальних умов існування всього біорізноманіття. Вперше перехід до сталого розвитку було проголошено на конференції ООН з навколишнього середовища і розвитку (Ріо-де-Жанейро, 1992), де представники 179 держав світу визначили в «Порядку денному на ХХІ століття» сталий розвиток як стратегію існування нашої планети. В ньому викладено основні принципи, які визначають права всіх народів Планети на розвиток та їх обов'язки щодо збереження оптимального для життя людини навколишнього природного середовища. Це розвиток, у центрі якого — людина, яка прагне зберегти природу, тому концепція сталого розвитку, поряд з екологічною, дедалі ширше набуває гуманістичної спрямованості [2]. На нашу думку, для успішного втілення в життя концепції сталого розвитку агроєкосистем в Україні, насамперед, необхідно чітко визначитись, що слід вважати «агроєкосистемою».

З одного боку, це — «нестала система агроєкопопуляції культивованих рослин на оброблюваних ґрунтах, склад, структура і режим яких підтримується людиною», а з іншого, якщо вкладати в це поняття соціальний та екологічний чинник, — «територія, яка використовується за єдиним господарським планом для виробництва сільськогосподарської продукції» [3]. Тоді до поняття агроєкосистеми слід віднести

весь перетворений ландшафт з полями, луками, лісами, річками, вирощувану худобу і навіть населені пункти. Такі агроєкосистеми створюються людьми, і вони, на відміну від міських, є «автотрофними», бо для них основний енергетичний ресурс, як і в природі, — Сонце. Додаткова антропогенна енергія в їх загальному бюджеті не є визначальною. Накопичена рослинами (продуцентами) сонячна енергія або безпосередньо використовується людиною (зерно, овочі, фрукти), або надходить до неї через консументи (тварини), тобто в агроєкосистемі функціонують три блоки — поля, луки та худоба.

Співвідношення між блоками, їх якісний склад регулює людина, насамперед через певні енергетичні субсидії. На нашу думку, саме від їх форми (обробіток ґрунту, зрошення, добрива, пестициди, затрати на селекцію нових сортів), поєднання одноментних інтересів (урожай поточного року, прибуток понад усе) та відповідальності за збереження ресурсів для майбутніх поколінь і залежить стійкість таких систем.

Особливо важливу роль в сталому розвитку агроєкосистем відіграє соціальний чинник: чим досконаліша соціальна система, рівень свідомості, тим активнішим є прагнення до досягнення стійких агроєкосистем, де підтримується баланс поживних речовин і гумусу в ґрунтах, продуктивність і видове різноманіття пасовищ, стан водойм, якість продуктів харчування, повітря, питної води тощо.

Тому сталий розвиток агроєкосистем неможливий без переходу на принципи сталого розвитку всієї держави, базисом якого є такий процес формування і розвитку суспільства, за якого вплив на довкілля залишається в межах господарської підтримки навколишнього природного середовища, тобто щоб збереглася природна основа як для сприятливого життя людини, так і збереження різноманіття. Сталий розвиток базується на принципі забезпечення гармонізації співіснування людини і природи, на реалізації права на справедливе задоволення потреб і рівність можливостей розвитку сучасних і майбутніх поколінь.

Політика сталого розвитку відповідає стратегічним цілям України не лише на порівняно близьку, а й далекую перспективу. Всі ми розуміємо, що ефективно використання доволі багатого природно-ресурсного потенціалу та ресурсозбереження — один із головних чинників економічного зростання нашої держави на найближчі роки [4]. Так, Україна є регіоном Європи, в якому навколишнє природне середовище є найбільш трансформованим у всіх його компонентах і проявах. Природа втратила властиві їй доміанти і набула ознак типового антропогенного середовища. Як відомо, в Україні землеробська трипільська культура сягає глибин епохи міді та бронзи, тому нинішня ситуація в нашій державі логічно віддзеркалює ставлення людини до землі, відображає стан культури в суспільстві, еволюцію його виробничих і суспільних відносин.

Основним чинником масштабної деградації довкілля, передусім, є екологічна недосконалість структури земельних угідь та технологій вирощування сільськогосподарських культур [5]. Агроекосистеми у світі налічують значні площі: орні землі, плантації, сади і засіяні луки займають наразі 19 млн км<sup>2</sup>, пасовища та природні луки — 26,6 млн км<sup>2</sup>. Загалом, агросфера становить понад 10% поверхні суходолу під орними землями та ще 20% під сіножатями та пасовищами. Для отримання продуктів харчування та кормів також частково використовуються лісові угруповання. Усе це разом становить 32% площі суходолу.

Із загальної території України в 603,7 тис. км<sup>2</sup> частка сільськогосподарських угідь становить 71%, землі лісового фонду — 15,6, водна поверхня — 4, забудовані землі — 4, інші землі — 5,6% [6]. Ці дані свідчать про те, що основу землекористування в нашій країні становлять землі сільськогосподарського призначення, що зумовлює значне навантаження на довкілля. Як правило, розораність землі — це докорінні зміни в процесах ґрунтоутворення і агроекосистем. Господарська діяльність людини спричинила порушення динамічної рівноваги між

продукцією та деструкцією органічної речовини в агроекосистемах.

Ґрунт є найважливішою складовою екосистем, а його родючість залежить, насамперед, від умісту і складу гумусу, надходження і трансформації органічної речовини. Як відомо, вже на початок 80-х років ХХ ст. втрати гумусу компенсувалися завдяки внесенню на кожен гектар орних земель близько 6 т органічних добрив. Пізніше внесення органіки знизилася до 1,3 т/га, що зумовило збільшення дефіциту гумусу майже в 5 разів. Щорічні втрати гумусу становлять 600–700 кг/га [7].

Зауважимо, що сталі екосистеми можливі лише за умови стабілізації вмісту гумусу в ґрунті завдяки внесенню необхідної кількості органічних добрив, оптимізації співвідношення між культурами просапними та сучільної сівби, а також за умов мінімізації обробітку ґрунту, вапнування, гіпсування ґрунтів та їх захисту від ерозії.

Екологічний статус ґрунту потребує розгляду його родючості в поєднанні з іншими компонентами екосистеми, проте визначальним має бути біологічний чинник. Необхідно зберігати природне різноманіття біотичної частини екосистеми, забезпечити оптимізацію умов існування всього фіто-різноманіття, у т.ч. і культурних рослин агроценозів.

Зміна природного рослинного покриву, інтенсивні технології обробітку ґрунту і вирощування сільськогосподарських культур зумовили не тільки видозміну самого ґрунту, а й напрям ґрунтоутворювальних процесів. Тому управління процесами забезпечення родючості ґрунту має здійснюватися не тільки на ландшафтно-регіональному, а й ґрунтово-екосистемному рівнях. Перший передбачає оптимізацію структури природних і сільськогосподарських угідь, а другий — оптимізацію структури посівних площ у конкретних господарствах. Також останній передбачає розширення посівних площ багаторічних трав та кормових культур, залуження ерозійно небезпечних ділянок, тобто дає змогу вживати заходів щодо родючості ґрунту конкретної сівозміни і навіть поля [8].

Особливе занепокоєння викликає деградація ґрунтів, зокрема їх ерозія та токсифікація радіонуклідами, пестицидами та важкими металами. Надзвичайну екологічну проблему спричинила аварія на ЧАЕС, наслідки якої призвели до радіоактивного забруднення більш як 50 тис. км<sup>2</sup> території України, що зумовило вилучення з користування майже 180 тис. га орних земель та 157 тис. га лісів.

Після аварії на ЧАЕС надходження радіонуклідів у довкілля, включення їх у біологічні ланцюги міграції постійно зумовлюють формування додаткового до природного фону джерела опромінення живих організмів, у т.ч. людини [9]. І нині, і в подальшому — це реальність, на яку слід зважати, особливо під час ведення сільськогосподарської діяльності на забруднених територіях. У післяаварійний період дозові навантаження на людину визначаються переважно внутрішнім опроміненням, що є наслідком споживання забрудненої радіонуклідами сільськогосподарської продукції, а основним дозоутворювальним радіонуклідом залишається <sup>137</sup>Cs, і тільки локально <sup>90</sup>Sr.

Основним шляхом забруднення продуктів як рослинного, так і тваринного походження є біогенна міграція у ланці «ґрунт — рослина», тобто через забруднення фітомаси. Тривалість періоду забруднення цими радіонуклідами може продовжуватись десятки і сотні років, тому оцінка радіологічного стану сільськогосподарських угідь має передбачати агрорадіо-екологічний моніторинг як за забрудненням ними ґрунтів та вирощуваних культур, так і природних ландшафтів [9]. Адже саме останні визначають інтенсивність міграції радіонуклідів у системі «ґрунт — рослина», перерозподілу радіонуклідів між компонентами навколишнього природного середовища та їх виносу за межі сільгосп-угідь.

Важливу роль в екологічній інфраструктурі агроєкосистем відіграють лісові насадження, масиви задернованих земель, луки, малі водойми тощо. Як відомо, в середньому у світі лісистість досягає 29%, а в Євро-

пі перевищує 41%. Науково обґрунтована площа лісів для поліської зони України має становити близько 34%, тоді як фактично маємо тільки 27, у лісостеповій — 18 і 13, у степовій — 9 і 5, у Карпатах — 45 і 42 і в АР Крим — 19 і 10% відповідно. На перспективу в Україні передбачено створення нових лісів та полезахисних смуг на основі залісення малопродуктивних сільськогосподарських земель та неугідь на площі близько 1,7 млн га.

Особливо шкідливим є руйнування прибережних рослинних угруповань в межах басейну рік (водорозділу), яке супроводжується зниженням різноманіття дикоростучих форм рослин через ерозію, вплив пестицидів, зникнення прибережних рослин. Рослинне різноманіття на прибережних землях та сільськогосподарських угіддях має бути збережено для підтримки дикоростучих видів, що своєю чергою забезпечить сталий розвиток природних екосистем, допоможе в боротьбі зі шкідниками у сільгоспвиробництві.

Безсумнівно, заплановане поступове виведення з інтенсивного обробітку понад 10 млн га орних земель та раціональне їх використання загалом сприятиме сталості агроєкосистем в Україні. Управління землею і природними ресурсами має бути прогнозованим на тривалий час [10].

Сталий розвиток в аграрній сфері має передбачати:

- постійне збільшення виробництва збалансованого обсягу високоякісних продуктів харчування, кормів, сировини з урахуванням природно-ресурсного потенціалу конкретного регіону;
- введення жорсткого контролю, сертифікації і стандартизації виробленої продукції, особливо генетично модифікованих матеріалів;
- здійснення соціально-економічних перетворень на селі, перебудову земельних та майнових відносин власності, створення багатуукладної економіки (не слід забувати про занепад майже 13 тис. сіл з населенням до 200 осіб);
- впровадження екологічно прогресивних, адаптованих до місцевих умов техно-

логії, та реалізацію заходів з підвищення родючості ґрунтів.

Сталий розвиток передбачає також удосконалення управління людськими ресурсами, у т.ч. соціальну відповідальність за умови праці, потреби села, здоров'я споживачів і їх безпеку як на поточний період, так і в майбутньому. Така системна перспектива (від фермерських чи індивідуальних господарств до локальних екосистем) є головною в розумінні сталого розвитку.

Сталому розвитку сприятиме і прагнення перетворити сучасні агроєкосистеми в адаптивні, тобто стійкі і стабільні.

Основним принципом рослинництва адаптивних агроєкосистем є збереження природних ресурсів і енергетичних витрат за допомогою: заміни застарілих енергетичних і промислових технологій на наукоємні, ресурсозберігаючі й екологічно безпечні; активізації генетико-селекційних робіт з метою отримання сортів і гібридів культурних рослин, спроможних давати високі та якісні врожаї за екстремальних коливань погоди; розробки і впровадження у виробництво ефективних агротехнологій вирощування та захисту сільськогосподарських культур, плодівих дерев і ягідників від екстремальних метеоумов; переоцінки структури сівозмін у бік насичення їх культурами (багаторічні трави, сидерати, зернобобові), здатними поліпшувати якість ґрунту. Ці культури слід висівати також як поживні, ущільнювальні та ранні літні, що надасть змогу, підвищити родючість ґрунту без зменшення виходу корисної продукції рослинництва (зернові та просяні культури); правильного добору і розміщення культур, найбільш пристосованих до певних умов, а отже, найстійкіших до місцевих видів бур'янів, шкідників, збудників хвороб; введення в практику змішаних агроценозів, спрямування зусиль селекціонерів для добору (зернові культури і трави, плодово-ягідні і сидеральні культури тощо) видів і сортів з якостями і властивостями, які доповнюватимуть один одного; відновлення оптимальної щільності худоби (застосування принципу світила агрономічної науки минулого А.Т. Болото-

ва: на кожну десятину орних земель — дві голови великої рогатої худоби (ВРХ), тоді органічних добрив вистачить для підтримки родючості ґрунту, адже йому не спадало навіть на думку, що корми в агроєкосистемах одержують переважно завдяки посівам, до того ж у формі зерна); оптимізації агроєкосистем на основі балансу поживних речовин, відновлення поголів'я ВРХ відповідно до потреб виробництва кормів, що є важливим кроком до адаптивних агроєкосистем; збереження дикоростучих форм фіторізноманіття для посилення природних екосистем, що забезпечить ефективність у боротьбі зі шкідниками сільськогосподарських культур.

Господарства з більшим різноманіттям вирощуваних культур завжди відрізняються більшою економічною та екологічною стійкістю. Вирощуючи різноманітні культури, господар мінімізує економічний ризик, зумовлений змінами цін, попитом на продукцію. Правильно розподілене різноманіття культур робить господарство більш стійким і в біологічному сенсі. Цього можна досягти навіть у межах культури (виду) за допомогою науково обґрунтованого добору сортів різної селекції, до того ж не найбільш високопродуктивних, а середніх за врожайністю, проте стійких до несприятливих умов (адже 60–70% орних земель розташовуються в зоні критичного землеробства).

Слід зважити і на природні межі рельєфу та ґрунтів, оскільки останні навіть у подібних агроландшафтах мають свої відмінності. Необхідно дотримуватися контурно-меліоративного землеробства, а не формувати геометрично правильні поля, як це буває в більшості господарств.

В агроєкологізації землеробства важливе значення мають науково обґрунтовані меліоративні системи, що регулюють водний, повітряний, поживний, окисно-відновний режими, тобто, загалом, впливають на екологічні умови в ґрунті. Вапнування, гіпсування ґрунтів, висівання солестійких і соленакопичувальних рослин дає змогу оптимізувати реакцію ґрунтового розчину, знизити концентрацію шкідливих легко-

розчинних солей, поліпшити агрохімічні властивості ґрунту, запобігати його вторинному засоленню в умовах зрошення. У комплексі з іншими агроприйомами меліорація дає змогу ліквідувати перезволоження, посушливість, кислотність, лужність, засоленість, ущільненість ґрунту, що сприяє збільшенню потужності орного шару, де розміщується коренева система рослин та ґрунтова біота [11].

Сталому розвитку екосистем також сприяє агролісомеліорація. Наприклад, лише захисні лісосмуги знижують швидкість вітру, небезпеку пилових бур, затримують сніг, що зменшує глибину промерзання ґрунту, запобігаючи вимерзанню посівів.

Крім того, розглядаючи адаптивні агро-екосистеми, не можна не згадати про альтернативне органічне землеробство, яке передбачає повну відмову від мінеральних добрив, хімічних засобів захисту рослин, плугів, чистих парів тощо і яке значно поширюється в багатьох країнах світу. Нині перехід на альтернативне екологічне землеробство під силу, в основному, розвиненим країнам, де існує перевиробництво продуктів харчування і де першість надається саме якості продукції. В Україні впровадження цієї системи землеробства є можливим лише на невеликих площах, наприклад, для забезпечення продуктами харчування дитячих закладів, санаторіїв, лікарень.

Слід зауважити, що ведення сільськогосподарського виробництва на принципах «співробітництва» з природою може зумовлювати зниження випуску деяких продуктів, проте маємо пам'ятати, що в наших сучасних «битвах за врожай» ми часто втрачаємо не менше третини, а то й більше врощеного.

На жаль, в Україні, як і в багатьох інших регіонах інтенсивного землеробства, вирощування високоякісної сільськогосподарської продукції залежить від різких коливань погодних умов у період вегетації рослин. Нині, в умовах посилення глобальних змін клімату на планеті, дія несприятливих чинників навколишнього природного середовища стає дедалі відчут-

нішою і визначає місце країни на світовому аграрному ринку.

У багатьох країнах світу вже досягнуто межі екологічно допустимого антропогенного навантаження на сільгоспугіддя. Застосування техногенних засобів (добрива, меліоранти, пестициди, гербіциди, біологічно активні речовини) у сільськогосподарських технологіях часто зумовлюють порушення екологічної рівноваги та формування трансформованих агроекосистем та агроландшафтів.

Сучасні процеси інтенсифікації агровиробництва характеризуються надто високою енерго- та ресурсоемністю. Внаслідок цього постійно зростає енергетична «вартість» кожної харчової калорії. Тому сільськогосподарське виробництво у XXI столітті базуватиметься на нових принципах — збереженні навколишнього природного середовища від руйнування та забруднення, забезпеченні підвищення врожайності сільськогосподарських культур у несприятливих умовах довкілля. Основними чинниками подальшого нарощування виробництва в аграрному секторі економіки будуть біологізація та екологізація рослинництва на основі керування потенціалом онтогенетичної та філогенетичної адаптації компонентів агроценозів [12]. З урахуванням цього сучасні селекційні програми розраховано на створення сортів різних типів за ступенем інтенсивності з широким гомеостазом щодо їхньої реакції на метеорологічні та агроекологічні чинники [5]. Однією із складових загальної стратегії адаптивної інтенсифікації рослинництва є спрямованість на досягнення домінування генотипу над середовищем на основі використання високопродуктивних та екологічно стійких сортів. Такої теоретично окресленої мети досягають шляхом збереження життєдіяльності рослин в умовах зростаючого впливу несприятливих екологічних чинників і забезпечення комплексу адаптивних реакцій, послідовність яких зводиться до підтримання гомеостазу організму в екстремальних умовах.

В існуючих системах сільськогосподарського виробництва біологічна сутність

питання формування сталості продукційних параметрів агроценозів та підвищення родючості ґрунтів тривалий час не розглядалися у загальному контексті глобальної проблеми поступової трансформації біоценозів. Однак за вирощування рослин у модифікованих умовах довкілля (зміна кліматичних умов, трансформація з превалюванням деградаційних процесів ґрунтових та водних систем, забруднення різноманітними поллютантами тощо) виникає протиріччя між їхніми біологічними властивостями та екологічно виправданою доцільністю культивування. Розв'язати цю проблему неможливо без створення тест-систем з первинного скринінгу сортозразків, добору адаптованих форм рослин та генетичного матеріалу для селекційного процесу. Добір генотипів з підвищеним адаптивним потенціалом обумовлено перепрограмуванням — переведенням фізіолого-біохімічних процесів рослин з онтогенетичних ростових програм на адаптивні.

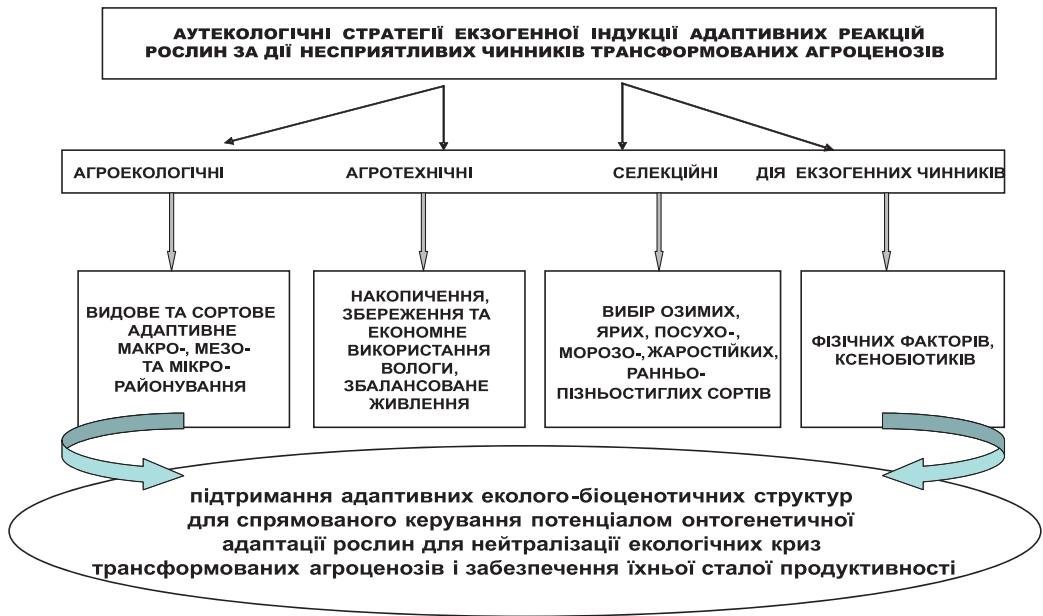
Адаптивний потенціал реалізується через генетично визначені, властиві організму показники продуктивності та якості врожаю у широкому діапазоні умов вирощування. Оскільки цілісний організм не є простою арифметичною сумою певних адаптивних ознак та реакцій, то завдяки складній ієрархії своїх структур і функцій він може досягти однакового результату різними шляхами, тобто залучати різні фізіологічні функції в різноманітних комбінаціях. Саме мультिवаріантність регуляції фізіологічних функцій демонструє обмеженість та недостатність вивчення реакції-відповіді організму лише на основі аналізу окремих функцій чи параметрів. Тому використання методології комплексних систем дослідження закономірностей та особливостей онтогенетичної та філогенетичної адаптації біокомпонентів агроценозу наукою визнано як найбільш реальний шлях керування їх продукційними та середовищеутворювальними функціями [13].

В умовах трансформованих агроценозів регулювання або екзогенна індукція адаптивних властивостей рослинних організмів забезпечується багатокомпонент-

ною системою заходів, спрямованих на послаблення дії несприятливих чинників довкілля. З огляду на загальнобіологічні аспекти екзогенної регуляції адаптивних реакцій рослин на дію чинників, що зумовлюють трансформацію агроценозів, можна виділити такі її складові — агроекологічну, агротехнічну та селекційну.

Істотне значення для екзогенної регуляції адаптивного потенціалу вирощуваних рослин має використання їх видового та сортового різноманіття, агроекологічний «розподіл праці» між видами та сортами завдяки вирощуванню певного виду в найсприятливіших для нього ґрунтово-кліматичних та погодних умовах. Саме на цьому базується адаптивне макро-, мезо- та мікрорайонування сільськогосподарських культур, що дає змогу уникнути дії стресових чинників та одночасно забезпечити найефективніше використання місцевих природних ресурсів. Агротехнічні заходи спрямовуються на накопичення, збереження та економне використання вологи; селекційні — на добір найбільш пристосованих до умов вирощування типу (озимі, ярі, пізні ярі), сорту (посухостійкий, ранньо-, пізньостиглий) та різних фізіологічних ознак, що сприяють кращому пристосуванню до конкретних ґрунтово-кліматичних умов; виведення на основі екологічного вивчення селекційного матеріалу нових продуктивних сортів, біологічні властивості яких будуть оптимально пристосованими до природних умов будь-якої ґрунтово-кліматичної зони. Перелічені заходи екзогенної регуляції адаптивних реакцій рослин в умовах дії несприятливих чинників посухи можна віднести до традиційних, властивих, переважно, агроценотичним угрупованням (рис.).

Вивчення фізіологічних проблем стійкості та адаптації рослин до окиснювальних ушкоджень є невід'ємною частиною фундаментальних досліджень загальної адаптивної відповіді організму на дію несприятливих чинників довкілля. З'ясування механізмів перебігу цих надзвичайно важливих для прогнозування дії на рослини різних абіотичних та біотичних стресо-



Основні шляхи екзогенної індукції адаптивних реакцій рослин за дії несприятливих чинників довкілля

рів і є основою пошуку шляхів зменшення їхнього негативного впливу на сільськогосподарські культури. Фізіолого-біохімічні зміни, що визначають стійкість рослин до дії оксидного стресу, є об'єктивними тестами як для ранньої діагностики рівня стійкості створюваних форм та сортів, їхнього добору в лабораторних умовах, так і для біохімічного моніторингу в трансформованих агроценозах.

Ми пропонуємо екологічно безпечний, ефективний, економний та зручний у використанні спосіб підвищення стійкості рослин до комплексної дії природно-кліматичних чинників у процесі вегетації. Виконання поставленого завдання досягається тим, що для захисту рослин пропонується водний розчин пероксиду водню у концентрації  $1 \cdot 10^{-6}$ – $1 \cdot 10^{-2}$  М. Суть винаходу полягає в тому, що рослини у фазу кушення обробляються позакоренево (обприскуванням). Обробку проводять навесні два рази з інтервалом у 3 доби: готують водний розчин пероксиду водню у концентрації  $1 \cdot 10^{-6}$ – $1 \cdot 10^{-2}$  М, яким обприскують надземну частину рослин, через 3 доби після

першого обприскування рослини обробляють вдруге. Обробка за такою схемою підвищувала не тільки стійкість рослин, а й їх продуктивність, що було випробувано у польових умовах.

Так, рослини пшениці озимої степового та лісостепового екотипів вирощуються за загальноприйнятою агротехнологією, характерною для природно-кліматичної зони. У фазу кушення, навесні, коли рослини вже вирівнялися за морфометричними показниками після зимівлі, а товщина кутикулярного шару листків і стебел ще незначна, посіви обприскують розчином пероксиду водню з розрахунку  $0,5 \text{ л/м}^2$ . Обробку здійснюють двічі з інтервалом у 3 доби. За першої обробки відбувається переадаптація рослин, унаслідок чого у них підвищується неспецифічна стійкість, зокрема завдяки активації антиоксидантних ферментів. Після другої обробки рослини адаптуються до діючого агента. Оскільки в основі дії несприятливих чинників довкілля лежать окисні процеси, то після обробки пероксидом водню у фізіологічних концентраціях рослини виявляються стійкими



## Елементи структури врожаю сортів пшениці озимої за дії перексиду водню

| Сорт/варіанти дослід             | Маса 1000 зерен | Урожайність |
|----------------------------------|-----------------|-------------|
| Поліська 29 (контроль)           | 38,4±0,08       | 51,1±0,14   |
| Поліська 29 (дослід)             | 45,4±0,08       | 58,8±0,17   |
| Поліська красноколоса (контроль) | 32,6±0,10       | 52,3±0,15   |
| Поліська красноколоса (дослід)   | 38,2±0,13       | 56,0±0,13   |
| Копилівчанка (контроль)          | 32,4±0,09       | 65,7±0,19   |
| Копилівчанка (дослід)            | 44,9±0,08       | 75,6±0,21   |
| 1670–2001 (контроль)             | 32,4±0,08       | 49,5±0,12   |
| 1670–2001 (дослід)               | 44,0±0,1        | 63,4±0,17   |
| Столична (контроль)              | 38,6±0,07       | 74,5±0,20   |
| Столична (дослід)                | 45,6±0,09       | 85,7±0,24   |

до комплексної дії природно-кліматичних чинників у процесі вегетації. Високоєфективний вплив низьких концентрацій хімічних речовин можна пояснити їх регуляторною дією і розглядати як сигнали для переключення програми фізіологічних процесів у організмі. За дії цих сигналів відбувається активація генів. Досягнення мети підтверджується експериментальними даними. Оскільки врожайність — це складна ознака, яка інтегрує дію всіх чинників, що впливають на рослину в процесі онтогенезу, а її величина є певним компромісом між продуктивністю та стійкістю, ми дослідили вплив перексиду водню на морфометричні показники та складові компоненти врожайності: кількість колосків у колосі, зерен у колосі, масу зерна в колосі і масу 1000 зерен. Аналіз отриманих результатів свідчить, що обробка перексидом водню не вплинула на морфометричні параметри дослідних рослин. Не зазнали змін такі показники, як кількість колосків у колосі, зерен у колосі, що є найбільш стабільним елементом структури врожаю, величина якого може підтримуватися на рівні, близькому до генетичного потенціалу. Обробка рослин перексидом водню позитивно вплинула на масу 1000 зерен та підвищила врожайність на 15–18% (табл.).

Пропонований спосіб є простим у використанні, екологічно безпечним і не потребує значних матеріальних витрат.

Отже встановлено, що дія перексиду водню оптимізує метаболічні процеси рослин пшениці озимої відповідно до конкретних умов, що складаються в період її вегетації за дії погодних та інших чинників навколишнього природного середовища.

## ВИСНОВКИ

Загалом, рослинництво в Україні є екологічно залежним, тому необхідно зважати на вплив кліматичних відхилень на величину врожаю, його якість і підвищувати надійність агроценозів не тільки за допомогою максимального використання онтогенетичної та філогенетичної адаптації сільськогосподарських культур до умов зовнішнього середовища, а й підвищувати роль екзогенної регуляції адаптаційними реакціями. Зміна соціально-економічної ситуації сьогодення і радикальна перебудова системи виробничих відносин у аграрному секторі дає змогу на основі інтеграції наукових досліджень комплексно підійти до розв'язання назрілих екологічних проблем в Україні і захистити одну із частин нашої біосфери — агроферу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ситник К. Біосфера і клімат: минуле, сьогодення і майбутнє / К. Ситник, В. Багнюк // Вісн. НАН України. — 2006. — № 9. — С. 3–20.
2. Роїк М.В. Сучасні науково обґрунтовані підходи до використання землі / М.В. Роїк. — К.: XXI вік — Труд-ГриПол, 2003. — 44 с.
3. Фурдичко О.І. Агроекологія / О.І. Фурдичко. — К.: Аграрна наука, 2014. — 399 с.
4. Екологічна безпека агропромислового виробництва / за ред. О.І. Фурдичка, А.В. Бойка. — К.: ДІА, 2013. — 416 с.
5. Новые элементы биорегуляции для устойчивого развития в агроэкосистемах / О.Е. Давыдова, В.А. Вещицкий, Н.Н. Мальцева. — К.: Наукова думка, 2004. — 350 с.
6. Гадзало Я.М. Аграрний потенціал України: напрями розвитку / Я.М. Гадзало, М.В. Гладій, П.Т. Саблук. — К.: Аграрна наука, 2016. — 330 с.
7. Звіт про діяльність Національної академії аграрних наук України за 2016 р. — К., 2017. — 548 с.
8. Прістер Б.С. Концепція ведення агропромислового виробництва на забруднених територіях та їх комплексної реабілітації на період 2000–2010 рр. / Б.С. Прістер. — К.: Світ, 2000. — 47 с.
9. Гудков І.М. Радіоекологія / І.М. Гудков, В.А. Гайченко, В.О. Кашпаров. — К., 2011. — 359 с.
10. Тараріко О.Г. Вплив змін клімату на продуктивність та валові збори зернових культур: аналіз та прогноз / О.Г. Тараріко, Т.В. Ільєнко, Т.Л. Кучма // Український географічний журнал. — 2016. — № 1. — С. 14–22.
11. Мусієнко М.М. Загальна екологія / М.М. Мусієнко, О.В. Войцехівська. — К.: Сталь, 2010. — 379 с.
12. Жученко А.А. Адаптивна система селекції рослин (еколого-генетическіе основи) / А.А. Жученко. — М.: Изд-во РУДН, 2001. — Т. I. — 780 с.
13. Musienko M.M. Environmentally sustainable society in the future — reality and prospects. / M.M. Musienko, O.V. Voitsekhivska, L.M. Batsmanova // Wybrane zagadnienia Rolnictwa i ekologii: Monografia. — Opole, 2016. — P. 81–87.

REFERENCES

1. Sytnyk, K., Bagnjuk, V. (2006). Biosfera i klimat: mynule, s'ogodennja i majbutnje [Biosphere and climate: the past, the present and the future]. *Visn. NAN Ukrainy* — *Herald of the NAS of Ukraine*, 9, 3–20 [in Ukrainian].
2. Roik, M.V. (2003). *Suchasni naukovo obgruntovani pidhody do vykorystannja zeml* [Modern science-based approaches to land use]. Kyiv: «XXI vik» — «Trud-GryPol» [in Ukrainian].
3. Furdychko, O.I. (2014). *Agroekologija* [Agroecology]. Kyiv: Agrarna nauka [in Ukrainian].
4. Furdychko, O.I., Bojko, A.V. (Eds). (2013). *Ekologichna bezpeka agroprmysloвого vyrobnyctva* [Ecological safety of agricultural production]. Kyiv: DIA [in Ukrainian].
5. Davydova, O.E., Veshyckyj, V.A., Mal'ceva, N.N. (2004). *Novye elementy byoreguljacyi dlja ustojchivogo razvytija v agroekosystemah*. [New elements of bioregulation for sustainable development in agroecosystems]. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
6. Gadzalo, Ja.M., Gladij, M.V., Sabluk, P.T. (2016). *Agramyj potencjal Ukrai'ny: naprjamy rozvytku* [The agricultural potential of Ukraine: development trends]. Kyiv: Agrarna nauka [in Ukrainian].
7. *Zvit pro dijal'nist' Nacional'noi akademii' agrarnyh nauk Ukrai'ny za 2016 r.* [Annual Report of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine for 2016]. (2017). Kyiv [in Ukrainian].
8. Prister, B.S. (2000). *Konceptija vedenja agroprmysloвого vyrobnyctva na zabrudnjenyh terytorijah ta i'h kompleksnoi' rehabilitacii' na period 2000–2010 rr.* [The concept of agricultural production in contaminated areas and their comprehensive rehabilitation for the 2000–2010-s period]. Kyiv: Svit [in Ukrainian].
9. Gudkov, I.M., Gajchenko, V.A., Kashparov, V.O. (2011). *Radioekologija*. [Radioecology]. Kyiv [in Ukrainian].
10. Tarariko, O.G. Il'jenko, T.V., Kuchma, T.L. (2016). *Vplyv zmin klimatu na produktyvnist' ta valovi zbori zernovyh kul'tur: analiz ta prognoz* [The impact of climate change on productivity and gross harvest of grain crops: analysis and forecast]. *Ukrai'ns'kijy geografichnyj zhurnal — Ukrainian Geographical Journal*, 1, 14–22 [in Ukrainian].
11. Musienko, M.M., Vojcehivs'ka, O.V. (2010). *Zagal'na ekologija*. [General ecology]. Kyiv: Stal' [in Ukrainian].
12. Zhuchenko, A.A. (2001). *Adaptyvnaja sistema selekcyy rastenyj (ekologo-genetycheskye osnovy)* [Adaptive system of plant breeding (ecological and genetic fundamentals)]. (Vol. 1). Moscow: Yzd-vo RUDN [in Russian].
13. Musienko, M.M., Voitsekhivska, O.V., Batsmanova, L.M. (2016). Environmentally sustainable society in the future — reality and prospects. *Wybrane zagadnienia Rolnictwa i ekologii: Monografia* [Selected Issues in Agriculture and Ecology: Monograph]. Opole [in English].