

## ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В БІОГЕННІЙ СИСТЕМІ ЗЕМЛЕРОБСТВА

*М. М. Тимофєєв, кандидат біологічних наук;*

*І. М. Зарудняк, О. А. Бєлицька, Т. В. Голубєва*

*Державна установа «Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція  
Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва Національної академії аграрних наук України»*

*Перехід на технології безперервного відновлення родючості ґрунтів та формування сталих агробіогеоценозів в умовах мульчепласту біогенної системи землеробства пов'язаний з розвитком інформаційно-комунікаційних систем та програмним керуванням оптимізації функціонування різних рівнів організації угруповань живих організмів.*

**Ключові слова:** *інформаційні технології, біогенна система землеробства, мульчепласт, біо-генні агенти, сталі агробіогеоценози, дендрокормові культури, брикети.*

Основними проблемами сучасного сільського господарства є:

- великомасштабна дефляція та водна ерозія ґрунтів внаслідок значної частки орних земель (80–90%) в структурі сільгоспугідь і території під ними, яка в 1,7–2 рази більша, ніж в економічно розвинутих країнах. Сучасна техніка та технології обробітку роблять надто роз-пушеним верхній шар ґрунту та переущільненим нижній, що затримує поглинання вологи більш глибокими горизонтами ґрунту, призводить до значних втрат води через стікання її по схилах та випаровування, тим самим надаючи поверхні ґрунту якостей пустелі. Дефляція ґрунтів у ХХ ст. в Донецькій області поновлювалась більше 40 разів. Найпотужніші пилові бурі були зареєстровані в лютому – березні 1960, 1969, 1972, 1974, 1984 рр.

- широкомасштабна та інтенсивна втрата гумусу і біофільних елементів на землях ін-тенсивного використання помітно активізувалась після розпаювання землі внаслідок змен-шення поголів'я сільськогосподарських тварин як джерела гною для поповнення ґрунту еле-ментами живлення, зменшення обсягів внесення мінеральних добрив у 3–4 рази;

- постійне подорожчання нафти та перспектива вичерпаності цих ресурсів потребують пошуку інших шляхів розвитку аграрного виробництва.

В основу подальшого розвитку сільського господарства покладені три макростратегії: *перша* – найбільш доцільне використання всіх біологічних організмів; *друга* – широке вико-ристання потужних побічних природних чинників; *третья* – перетворення більшості техно-логій з підвищення родючості ґрунту і сталості агробіогеоценозів у безперервні, що є голов-ною умовою підвищення ефективності значних капіталовкладень.

Вирішення макропроблем сучасного аграрного виробництва потребує переходу на біогенну систему землеробства, побудовану на використанні нових ресурсів та макрострук-турних змінах.

Перш за все – це перехід на нові енергетичні ресурси, які є у надлишку в Україні – електроенергію нічного часу. Завдяки електричній енергії був зроблений значний прогрес в промисловому виробництві. Більш значний прогрес в сільському господарстві можливий за умов щодобового і цілорічного використання цього ресурсу в технологічних процесах. [1, 2].

Друге місце у вирішенні цієї проблеми посідає визначення специфіки відновлюваних органігенних ресурсів майбутнього. Різні органігенні ресурси як квінтесенція систем зем-леробства покладені в основу всіх історично тривалих систем землеробства [3]. В майбут-ньому – це нові культури – чагарники, які займуть значні площі в структурі напівприродних агроєкосистем. Це дасть можливість усунути водну та вітрову ерозію саме на землях, які інтенсивно руйнуються і мають низьку родючість.

Напівприродні трав'янисті та дендрокормові угіддя сприяють розвитку

тваринництва як додаткового джерела біофільних елементів для застосування в інтенсивних технологіях.

Згідно з моделлю становлення сталих агроландшафтів для Донецької області мало-продуктивні та деградовані землі схилом 3–7° і з вмістом гумусу 2–4% мають перейти до на-півприродних агроєкосистем. Землі інтенсивного використання повинні мати вміст гумусу 4–6% та схили менше 3°. Співвідношення цих земель має бути як 1:1.

На третє місце треба поставити створення технологій безперервної переробки відходів тваринного походження (в т. ч. людини), де подрібнені стебла чагарників будуть використовуватися як відновлювальна енергія і полісахариди. Таким є принцип побудови безперервно діючих компостних біореакторів [4] з утворення біодобрив як корму для сапрофагів зі значною часткою термофільних мікроорганізмів. Широкомасштабна рециркуляція найцінніших елементів життя має стати основою сталого розвитку як агросфери, антросфери, так і біосфери в цілому. В сучасний період з агросфери вилучається значна кількість біофільних елементів, які через харчові ланцюги антропогенного походження потрапляють в метантенки та аеротенки, надходять в річки, прісні водойми, моря, викликаючи їх евтрофікацію.

Електрифікація мобільних процесів пов'язана з цілодобовим та цілорічним застосуванням цього виду енергії в технологічних процесах: збирання чагарникової стеблової біо-маси, її подрібнення та вивезення до компостних біореакторів і біотехнічних систем вирощування різних видів сапрофагів як корму для риб, птиці, свиней, ВРХ та відтворення біогумусу, розуцільнення ґрунту в агроєкосистемах в умовах мульчепласту та різної рослинності, внесення біодобрив у вертикальні дрени, вивезення та загорання в ґрунт органо-ґрунтових брикетів з насінням ярих культур по завершенні процесів вегетації у рослин [5, 6].

Щоб повністю усунути водну та вітрову ерозію ґрунтів на землях інтенсивного використання вся побічна продукція повинна залишатися на полях з метою формування тонкого шару мульчепласту за допомогою спеціальної техніки для коткування. Електромобільна техніка для коткування – це машини з широкими шинами-котками, які не тільки перевозять різні вантажі, а й вирівнюють поверхню мульчепласту і ґрунту на полях, а зимою ущільнюють та вирівнюють сніговий покрив для виконання наступних елементів технології обробки ґрунту, внесення біодобрив в дрени та заробки брикетів [6].

Дослідження нульового обробітку ґрунту показали, що за 6 років урожайність культур знизилась більш ніж на 60% порівняно з оранкою [7]. Це наслідки підвищення щільності та твердості ґрунту, неможливості внесення мінеральних і органічних добрив на значну глибину, що має важливе значення в умовах посушливого клімату Степу.

В мікропольовому стаціонарі з мульчепластом із цілих стебел кукурудзи з'ясовано, що легка техніка (Т-16) весною погрузала на глибину 10–15 см внаслідок перезволоження ґрунту. Під мульчепластом ґрунт зимою не промерзав, щуп легко входив на глибину до 40 см, в той час як на відкритих ділянках він промерзав до 35 см завглибшки. Вивезення або доставка об'ємних та вагових речовин на поля з мульчепластом в період, коли вегетація культур припинилася, потребує нової техніки – електроконвейєрного ланцюга завдовжки 100–150 або 200 метрів, який би мав мінімальний тиск на поверхню ґрунту з мульчепластом [2].

В організаційно-технологічному аспекті важливе значення має точне розміщення з року в рік брикетів, пустих вертикальних дрен та з органоменим субстратом на поверхні поля, щоб поступово удобрити та обробити весь шар ґрунту за ряд років і зберегти найкраще чергування розпушених, середньорозпушених та твердих ділянок землі для ходових частин техніки, пустоти ходів черв'яків та інших сапрофагів, біопори залишків коріння культурних рослин [6].

Мета досліджень – пошук можливих інноваційних технологій топографічно-точного обробітку ґрунту при наявності мульчепласту з метою активізації біогенних чинників в аг-рарному виробництві.

Об'єкт досліджень – інформаційні технології та можливі об'єкти їх застосування в ас-пекті активізації біогенних чинників.

Методи досліджень – польовий, лабораторний, міждисциплінарний, структурно-сис-тематичний підхід в розробці принципів побудови відповідних біогеоценотичних, техно-логічних та технічних конструкцій.

Інформаційно-комунікаційні технології в біогенній системі землеробства будуються на знаннях фізичних, хімічних та біологічних параметрів кожної точки поля по роках та дистанційного зондування. Інформаційні технології обробки даних отримуються на підставі прямого і зворотного зв'язків. Топографічно-точні технології локально-вертикального обро-бітку ґрунту та систем позиційного спостереження (GPS), які сприймають сигнали від сис-теми супутників і наземних систем з точними координатами місця випромінювання сигналів, здатні локалізувати дію машин з точністю до одного сантиметра. Всі дані фізичного, хіміч-ного та біологічного стану агроєкосистем при проходженні по полю техніки повинні висвічу-ватись на електронно-інформаційному екрані, де агроном-оператор час від часу приймає опе-ративні дії. Вся інформація фіксується та зберігається в електронній базі даних кілька років.

Електро-конвейєрний ланцюг з навісними системами обробітку ґрунту, внесення біо-добрив і брикетів та вивезення ґрунту є головною координаційною машиною, яка приймає сигнали та передає точні координати всіх локально-вертикальних дій в ґрунтовому сере-довищі та над мульчепластом.

Інформаційно-комунікаційні технології використовуються в машинах зі збирання вро-жаю та біомаси чагарників, при формуванні тимчасових транспортних артерій, локальній об-робці пестицидами, відбиранні з великих партій посівного матеріалу найкращого насіння за такими параметрами, як крупність, питома маса, вологість, відсутність тріщин на поверхні або інших пошкоджень.

Інформаційний контроль має бути на безперервно діючих компостних біореакторах, для підтримання стабільної температури, внесення відходів тварин, мінеральних форм NPK і мікроелементів, подрібнення стеблової маси чагарників, подачі повітря та використання по-бічної теплової енергії для прогрівання ґрунту при формуванні органо-ґрунтових брикетів, а також при дозуванні ефективних мікроорганізмів у біодобривах.

Напрямки активізації біогенних чинників як виробничих сил природи і природних елементів технології наступні:

1. Сівозміни є головним біологічним чинником захисту посівів від хвороб, шкідників і бур'янів за рахунок різної біології культур та агротехнічних заходів. У Степу в польових сі-возмінах має бути пар (з внесенням в літній період в дрени на певну глибину значної кіль-кості біодобрив та накопиченням вологи літніх дощів), горох як азотфіксуюча рослина, со-няшник як високоліквідна культура, пшениця озима (дає найбільший вихід зернових оди-ниць з 1 га) та ячмінь. В майбутньому значні площі з мульчепластом буде займати пшениця тверда яра.

2. Активізація виробничих сил природи відбувається за рахунок інтенсифікації вико-ристання високопродуктивних ґрунтів та зменшення кількості малопродуктивних і дегра-дованих земель при формуванні сівозмін.

США в 1981–1983 рр. вивели з інтенсивного обробітку 26,1 млн га малопродуктивних і деградованих земель, що дозволило значно зменшити кількість енергетичних витрат та со-бівартість отримання одиниці сільськогосподарської продукції, підвищити врожайність куль-тур в масштабах всієї держави та ліквідувати значні ерозійні процеси на цих землях.

В дослідах у стаціонарі з сівозмінами при порівнянні врожайності культур, де вно-

сили добрива під запланований урожай до 2000 р. (високий агрофон), з фоном без внесення добрив з 1964 р. (хімічно деградований [1] або низький агрофон) імітувався різний рівень родючості ґрунту. В середньому за 2007–2012 рр. в шестипільній сівозміні кратність зменшення врожайності на низькому агрофоні порівняно з високим становила: пшениці озимої по пару – 1,98 раза, ячменю – 2,15, гороху – 1,57, пшениці озимої по гороху – 1,98 і сояшник-ку – 1,59 раза. Горох завдяки азотфіксації, а сояшник – глибокопроникаючій кореневій системі мали найменші показники зниження врожайності. Найнижчу врожайність мав ячмінь, оскільки в рослин цієї культури слабозвинена коренева система. В трипільній сівозміні (без пару) горох знижував урожайність на низькому агрофоні в 1,77 раза, пшениця озима – в 1,96, ячмінь ярий – в 2,53 раза порівняно з високим.

Найбільш сприятливим по зволоженню та врожайності культур був 2008 р., а 2009 та 2010 рр. – несприятливими. Погіршення умов для культур призводить до зростання числа кратності зниження їх врожайності на деградованому агрофоні порівняно з високим (табл.). Кратність зменшення врожайності пшениці озимої та ячменю ярого досягає 2,7; 3,5, навіть 4,2 раза, в той час як сояшнику –1,81.

***Урожайність культур (т/га) за 2008–2010 рр. та кратність зниження врожайності на низькому фоні живлення порівняно з високим в шестипільній і трипільній сівозмінах***

Рівень родючості ґрунту	Шестипільна сівозміна					Трипільна сівозміна		
	культури					культури		
	пшениця озима по пару	ячмінь ярий	горох	пшениця озима по гороху	сояшник	горох	пшениця озима по гороху	ячмінь ярий
2008 р.								
Високий	7,78	4,81	2,52	7,01	4,21	2,57	6,99	4,30
Низький	4,68	3,10	1,87	4,46	2,94	1,76	3,94	2,36
Кратність зниження врожайності	1,66	1,55	1,35	1,56	1,43	1,46	1,77	1,82
2009 р.								
Високий	5,01	2,39	1,62	4,74	3,15	1,89	4,18	2,37
Низький	2,75	0,80	1,08	2,05	1,74	0,98	2,02	0,56
Кратність зниження врожайності	1,82	2,98	1,50	2,31	1,81	1,93	2,07	4,23
2010 р.								
Високий	4,31	1,96	1,52	3,82	2,26	1,43	3,94	2,00
Низький	1,57	0,57	0,86	1,41	1,25	0,84	1,47	0,57
Кратність зниження врожайності	2,74	3,44	1,76	2,71	1,81	1,70	2,68	3,51

Щодо опадів найбільш сприятливим був 2011 р. (випало 667 мм при середньорічних 542 мм). В шестипільній сівозміні пшениця озима по пару на високому агрофоні мала врожайність 7,05 т/га, а на низькому – 4,18 т/га. Пшениця озима як по пару, так і після гороху забезпечила найбільший прибуток з одиниці площі. В цілому з 1 га сівозмінної площі на високому агрофоні отримано 2441 грн/га прибутку, а на низькому – 896 грн/га, або в 2,7 раза менше; в трипільній – відповідно прибуток був 3830 та 807 грн/га, або в 4,75 раза менший.

В 2012 р. випало 461 мм опадів, значно постраждала пшениця озима як восени, так і навесні. З 1 га шестипільної сівозміни на високому агрофоні отримано 2077 грн/га, а на низькому – збиток в 88 грн/га. На високому агрофоні з 1 га трипільної сівозміни прибуток становив 2380 грн/га, а на низькому – був збиток 428 грн/га.

В 2012 р. найбільший прибуток в другій (трипільній) сівозміні мав ячмінь ярий, а в третій (трипільній) – соняшник. Соняшник (по цінам поточного року) виявився більш прибутковим, ніж ячмінь на високому агрофоні – в 1,12 раза, а на низькому – в 3,44 раза.

На деградованих та малородючих землях в умовах ринку та головної мети отримання прибутку економічні важелі будуть змушувати товаровиробників розширювати площі під соняшником в структурі посівних площ, що призведе до руйнації сівозмін та наблизить тре-тю в історії катастрофу соняшнику як культури, але цього разу, імовірно, за рахунок стебло-вих шкідників.

Без виведення схилових, деградованих та малородючих земель з інтенсивного обробітку сільське господарство буде втрачати значні фінансові надходження, мати високі енерговитрати на одиницю продукції, зниження якості товарного зерна і найбільші екологічні втрати в природі внаслідок значної ерозії ґрунтів.

3. Оптимізація співвідношення земель інтенсивного використання до напівприродних в аграрному виробництві є головною умовою існування біогенної системи землеробства. По моделі формування сталих агроєкосистем оптимальне співвідношення земель інтенсивного використання до земель малородючих, схилових та деградованих для Донецької області має становити як 50 до 50% [5]. Під дендрокормовими культурами буде зайнято 29,1% площі агро-виробництва, 5,2% – під дендрокультурами, які йдуть тільки на отримання біодобрив і тех-нічну переробку. В сумі ними буде зайнято більше третини площ, тут взимку найкраще затримується сніг, а вода витрачається на продукційні процеси. В період пилових буревіїв (лютий – березень) стебла чагарників найбільшою мірою абсорбують пилові частки з повітря.

На ґрунтах з низькою родючістю чагарники здатні утворювати біомасу в 2–4 рази більшу, ніж травостої, оскільки фотосинтез у них триває з ранньої весни до пізньої осені, і головне, їх можна збирати майже безперервно протягом року для підтримання різних біо-технологічних процесів. Завдяки вирощуванню дендрокормових культур найкраще зберігається азот в ґрунті. Співвідношення C : N в соломі колосових – 80 : 1, а в деревині – 500– 700 : 1. До того ж листя дендрокормових масивів та відходи тварин залишаються на цих же земельних ділянках.

В США найбільші площі (25 млн га) в світі під люцерною. Фермерам доплачують за те, що вони вирощують цю культуру та самі знаходять ринки збуту. Так, 1 га посіву люцерни може синтезувати з повітря до 100–150 кг азоту, який зв'язується в органічній біомасі. В економічному аспекті не треба витрачати газ для синтезу добрив, будувати потужні заводи та перевозити на великі відстані продукцію. За прогнозованою моделлю [5] всього 14,2% площ сільгоспугідь відводиться під бобово-злакові фітоценози сіножатей та пасовищ. На дендро-кормових пасовищах (20% площі) можлива різна частка злаково-бобових фітоценозів, на яких локально, в брикетах, підсівають бобові, злакові та лікарські рослини через ряд років, по мірі їх випадання з травостою.

При розвиненому козівництві значні площі можливо відводити під дендрокормові культури і збирати їх листя на зелений корм, силос та листяну муку. Ці масиви займатимуть більш родючі землі, ніж дендрокормові пасовища. Їх екологічна функція (на відміну від сучасних кормових культур) у тому, що вони протягом 50–70 років утворюють значний об'єм кореневої системи, а за відсутності вегетації в певний період року на цих ланах поглинаються майже всі опади завдяки стеблостою та локально-вертикальному розпушуванню ґрунту, а також утворенню мульчі з подрібнених стебел чагарників, що дає можливість обробляти ґрунт протягом значного періоду року.

4. При біогенній системі землеробства селекція повинна працювати в напрямку створення еколого-технологічних форм сортів та гібридів, які відзначаються не тільки високим виходом господарсько-цінної частини врожаю, але й значним габітусом. Коренева система цих рослин має охоплювати більший об'єм ґрунту – відповідно у них буде формуватися і значніша листостеблова маса, звідси – зростання обсягів мульчепласту, збільшення кількості сапрофагів, конкурентне витіснення бур'янів [9, 10,

11]. У дослідях встановлено, що за три роки розклалось 14,3 т/га мульчепласту [2], а в дощовий рік – до 6 т/га.

Перед селекцією дендрокормових культур постане завдання створити міжвидові висококопродуктивні гібриди з підвищеною залистяністю. Нині створені лише гібриди шовковиці кормового напрямку використання з високим вмістом поживних речовин для годівлі туто-вого шовкопряда.

Екологічна перспектива, наприклад, високостеблових гібридів соняшнику в тому, що при високому зрізі в їх сухості взимку в період сильних східних вітрів накопичується значна кількість снігу. В дослідженнях встановлено, що на 13 березня 2012 р. на орних землях сніг здувався майже повністю, в посівах пшениці озимої сніговий покрив був висотою 3–5 см, в лісосмугах – 80 см, в сухості соняшнику з вітроударної сторони – 65–70 см, а на більшій частині площі в досліді – 30 см. Під таким сніговим покривом (30 см) ґрунт не промерзав, що рівноцінно додатковій кількості води не менше 300 м<sup>3</sup>/га. В сучасних умовах на орних землях в осінньо-зимово-весняний період втрачається до 60–80% опадів внаслідок здування снігу, переущільнення ґрунту важкою технікою, утворення плугової притертої підшви, яка не пропускає вологу в глибокі шари ґрунту, як наслідок – розвиток водної ерозії ґрунту, руйнівна сила якої зростає зі збільшенням кута та довжини схилу.

В ланці сівозміни соняшник – ячмінь (або пшениця тверда яра) при локально-вертикальній технології внесення брикетів можна залишати сухості соняшнику вище ярих культур як сідала для птиці, які знищують шкідників у верхньому ярусі фітоценозів. Крім того, птиці дають послід (як додаткове добриво), а сухості соняшнику легко подрібнюється, коли проходить через барабан зернозбирального комбайна.

5. Мульчепласт як біологічний чинник повного усунення ерозійних процесів потребує нових способів обробітку ґрунту та внесення біодобрив. Головним напрямком біологізації землеробства є повне усунення водної та вітрової ерозії ґрунтів, підвищення їх родючості, поліпшення якості продукції, активізація різних біогенних чинників. Мульчепласт виконує різні біологічні функції. Інформаційні (топографічно точні) технології локально-вертикального типу обробітку ґрунту дають можливість зберегти мульчепласт на значній площі земель інтенсивного використання, розущільнити ґрунт до глибини 40 см, точно внести у вертикальні дрени біодобрива та розташувати належним чином брикети, зберегти значну кількість біопор та живих організмів в активному шарі ґрунту.

За шість років на площі 1 м<sup>2</sup> утворюється 216 вертикальних дрен діаметром 3 см та глибиною 40 см. Пусті дрени з часом заповнюються ґрунтом, найбільш збагаченим на рухомі форми NPK, яких достатньо утворюється під мульчепластом [2]. Загальна площа такого обробітку становить 15,3%. На паровому полі у вертикальні дрени (6 шт./м<sup>2</sup>) діаметром 7 см (2,3% площі) вносити органо-ґрунтовий субстрат для сапрофагів, а через ряд років брикети з насінням соняшнику (або кукурудзи) треба вставляти саме в ці місця з точністю до 1 см. Основна маса коріння просапних культур повинна знаходитися в місцях оптимуму фізичних, хімічних та біологічних параметрів ґрунту. Те ж саме треба зробити з іншими брикетами. Загальна площа брикетів (діаметром 5 см і глибиною 10 см) за 6 років буде становити 42,4% поверхні поля. Після виймання ґрунту під брикети або з дрен його треба також точно розподілити по поверхні мульчепласту, не засипаючи самих брикетів.

Поліфункціональна роль вертикальних пустих дрен полягає ще й в тому, що в них накопичується вода під час дощів у вигляді злив або інтенсивного сніготанення. Це дає можливість швидко перевести значні об'єми води в глибші шари ґрунту. Пусті (або з рихлою сумішкою) дрени є місцем викидання надлишків ґрунту сапрофагами з глибоких шарів, при утворенні горизонтальних біопор, що покращує аерацію. Ці дрени заповнюються з часом корінням культур, утворюючи аналог аеропоніки, а в посушливі

роки слугують місцем конденсації вологи з повітря. При відсутності дренажів під мульчепластом верхній шар ґрунту значно перезволожується взимку і навесні [2].

На відміну від незайманих степів з високим альбедо широкомасштабна чорна поверхня орних земель породжує потужні висхідні потоки прогрітого повітря, з яким виносяться з приземного шару волога на значні висоти та відстані. Не усвідомлено великими площами чорної поверхні полів, створений колосальний природний механізм аридизації клімату Степу. Із природних компонентів виробничих сил агроєкосфери рівень родючості ґрунтів і опади визначають продуктивність культур. Мульчепласт є аналогом поверхні незайманих степів з високою світловипромінювальною здатністю. Мульчепласт за законами зворотних зв'язків здатний забезпечити і більшу кількість опадів, і підвищення вологості приземного шару повітря. Не технократична водна меліорація земель, наслідком якої є значне засолення ґрунтів та втрата їх родючості, а керування більш могутніми силами природи завдяки великому альбедо мульчепласту – така стратегія подальшого вдосконалення виробничих сил агроєкосфери.

6. Мульчепласт, родючий шар ґрунту і брикети – це єдність в екологічному аспекті та протилежність за хімічними, фізичними та біологічними параметрами. Сучасна техніка потребує стану ґрунту як розпушеної субстанції, яка легко піддається дії кліноподібних горизонтально діючих знарядь, що призводить до значної руйнації органічних речовин, в тому числі гумусу, біопору від різних живих організмів, знищення значної кількості ґрунтової фауни. З освоєнням нових земель Казахстану в ХХ ст., схилих та малородючих земель в Росії та Україні собівартість продукції не зменшувалась, а зростала. Наймогутніший буревій був у березні 1969 р. і охоплював землі Казахстану, степи Росії та України. Він засипав пиловими частками всю Західну Європу, а над Англією вилився грязьовими дощами. В 1960 і 1969 рр. в результаті сильних буревіїв на великих площах Кавказу та ЦЧЗ ґрунтовий шар був здутий на 7–10 см [8]. На його відновлення природі потрібно майже 10 000 років.

Мульчепласт повністю усуває ерозійні процеси, але має певні недоліки, перш за все – слабше прогрівання ґрунту навесні та токсичний вплив маразмінів на схожість насіння [2, 6]. В досліді, щоб усунути дію цих негативних чинників, у мульчепласті робили отвори діаметром 10 см та виїмали ґрунт на глибину 7 см, а виїмки засипали спільним ґрунтом. В цілому на мікрополігоні з мульчепластом з цілих рослин кукурудзи, де не застосовували техніки, отримана порівняно з контролем майже однакова врожайність [2], в той час як на ділянках з нульовим обробітком східні вітри зносили всю подрібнену мульчу, і на третій рік моно-культура кукурудзи не сформувала врожаю [7].

Мульчепласт і слабо оброблений шар ґрунту потребує своєї протилежності у вигляді органо-ґрунтових брикетів, які в агрохімії мають бути оптимізовані за хімічними, фізичними і біологічними параметрами для найкращого стартового росту культур, збагачені азот-фіксуєчими та фосфоромобілізуючими мікроорганізмами, а також мікоризоутворюючими грибами, які використовують недоступні елементи живлення.

Відомо, що мінеральні добрива негативно впливають на довкілля, забруднюють водоймища, атмосферу, посилюють розкладання гумусу. Проте біологізація землеробства потребує використання в безперервно діючих компостних біореакторах не тільки гною, а й значної частки мінеральних добрив для утворення біомаси термофільних мікроорганізмів, які є трофічним матеріалом для сапрофагів, а також енергією для утворення великої кількості біопору в усьому гумусному горизонті.

Концентрація біофільних елементів в мікробній біомасі органо-ґрунтових брикетів дає можливість зберегти протилежні, але екологічно пов'язані процеси – це створення високого рівня живлення для культур та зведення до мінімуму руйнації органогенного каркасу ґрунту та мульчепласту, збереження ґрунтової фауни від токсичної дії мінеральних добрив. Органогенний каркас ґрунту із залишків коріння кукурудзи та соняшнику в досліді з мульчепластом зберігався до 3-х років.

У фізичному аспекті брикети складаються з дрібної фракції субстрату, що

забезпечує найкращий контакт кореневих волосків з цією масою, до того ж вона рівномірно та швидко прогривається, оскільки поверхня брикету чорна, на відміну від біло-сірої поверхні мульче-пласту, тому й схожість насіння культур тут найвища.

Поверхня ґрунту під мульчепластом, навпаки, має більшу твердість, ніж по оранці, значну кількість біопор, але меншу щільність. В додаток до цього ґрунт пронизаний різними вертикальними дренами, які заповнені біодобрином, розпушеним ґрунтом і трухою рослин-них решток. На зміну горизонтальній диференціації розпушеного та переущільненого шару ґрунту при орному землеробстві прийде вертикальне чергування розпушених, середньороз-пушених і твердих «опорних» стовпів для ходових частин техніки з метою збереження ходів дощових черв'яків та інших сапрофагів, біопор залишків коріння культур при біогенному. В ґрунті підтримується максимальна діяльність живих організмів самої природи, а в брикеті, навпаки, штучно створюються всі параметри для найкращого стартового росту культур.

Якості мульчепласту є антиподами як ґрунту, так і брикету. Під дією коткової техніки рослинні надземні рештки притискаються до землі, потім присипаються землею з-під брикетів, згодом тут утворюється саманоподібний субстрат, через товщу якого легко проникає волога дощів, а при пересиханні він тріскається на грудки різного розміру. Саманоподібний мульчепласт є композитним матеріалом, який найкраще протистоїть ерозійним процесам.

Ідеальний тип поверхні ґрунту ланів з 100%-ним протистоянням ерозійним процесам має 93% і більше покриття мульчепластом, вертикальні дрени, ущільнену поверхню мульче-пласту ґрунтом вийнятим з під брикетів, які мають найбільше рослинних решток та мараз-мінів. На цьому фоні до 7% площі повинно бути з чорною поверхнею органо-ґрунтових брикетів (36 шт./м<sup>2</sup>) діаметром 5 см та глибиною 10 см. Заробка брикетів у ґрунт, який вкритий мульчепластом, потребує обробки насіння гідрофобним покриттям (здатним пропускати кисень), яке буде руйнуватися при стабільно-оптимальній температурі проростання культур. При вивченні впливу строків сівби на врожайність ярих культур встановлено, що затримка з сівбою на 2–3 тижні від оптимальних термінів може знизити вихід продукції на 30–50%. Тех-нологія з брикетами та гідрофобним покриттям насіння важлива тому, що запобігає втратам врожаю внаслідок швидкого підвищення температури та пересихання верхнього шару ґрунту або затяжних дощів, що призводить до затримки польових робіт.

7. Існують різні біогенні чинники конкурентного витіснення бур'янів та шкідників культур. В польових дослідах встановлено, що чим вищий рівень родючості ґрунту, тим більший габітус культур, тим менша кількість багаторічних [9] та однорічних бур'янів [10] в посівах. В біогенному землеробстві створення високого фону живлення для культур та впро-вадження сортів і гібридів з великим габітусом є важливим біогенним чинником конкурентного витіснення бур'янів з посівів.

Другим біогенним чинником є мульчепласт, який в дослідах знижував кількість одно-річних бур'янів та їх біомасу на 96–99% [11]. Однак з роками в зріджених посівах можуть з'явитися куртини багаторічних бур'янів, які можливо знищити тільки гербіцидами. Третім біогенним чинником є посів злакових і бобових культур в брикетах, що дає можливість отримати сходи в оптимально ранні терміни і мати щільний посів, в якому пригнічуються сходи малорічних бур'янів.

В системі біологічної взаємодії "зоофаги – фітофаги" важливим чинником є сапрофаги, мульчепласт, брикети. В дослідах з мульчепластом на третій рік було значне зростання фауни [11]. Кількість павуків навесні та влітку в мульчепласті коливалась в межах 2–3 шт./м<sup>2</sup>, в той час як на орних землях, зокрема в посівах кукурудзи, їх майже не було. Павуки є хижаками в природних угіддях, які регулюють чисельність фітофагів та інших шкідливих організмів, навіть більш інтенсивно, ніж птахи. В дощовий літній період під мульче-пластом утворювалась значна кількість малих личинок сапрофагів, мушки яких роїлись в по-вітрі. Сапрофаги є кормом для різних видів зоофагів.



Дошових черв'яків на орній землі було 0,1, а під мульчепластом – 2,0 шт./м<sup>2</sup>, дротяників – відповідно 0,2 і 2,0 шт./м<sup>2</sup>, ківсяків – 0,0 та 8,0, цвіркуна степового – 0,01 і 2,0 шт./м<sup>2</sup>. На мульчепласті встановлено появу ящірок і жаб. Для збереження на полях жаб, ящірок, зем-лерийок в ґрунті під мульчепластом або смугах чагарників треба створювати похилі ніші – укриття від негоди та техніки.

Розподіл культур по площі квадратно-гніздовим способом в брикетах є важливим фактором швидкого пересування в різні боки таких захисників рослин від фітофагів, як пта-хи, ящірки, жаби, землерийки та ін. Комахоїдні землерийки конкурентно витісняють з ланів мишовидних гризунів, харчуються значною кількістю безхребетних тварин, в тому числі сапрофагами. Активне розмноження сапрофагів завдяки мульчепласту і біодобривам, наси-чених термофільними мікроорганізмами, є запорукою широкої кормової бази для біологіч-них захисників культур від фітофагів.

Більшість дорослих ентомофагів харчуються пилюкою квітів і мають малий радіус по-льоту, але завдяки брикетам нектароносні культури можливо рівномірно розподілити на всій площі посівів відповідно відстані їх перельоту.

Всі ці точкові параметри повинні бути в електронній базі даних.

Для активізації біогеоценотичних зв'язків на землях інтенсивного використання необ-хідно мати адекватну сітку смуг чагарників з 3-4 мурашниками на 1 га. В період посухи та можливих пожеж чагарники слугують бар'єром на шляху вогню. Смуги чагарників, які по-новлюються зрізанням через ряд років, є місцем збереження значного різноманіття фауни. Крізь чагарники по спеціальних доріжках буде проходити відповідна техніка.

Таким чином, перехід на технології безперервного відновлення родючості ґрунту та формування сталих агроєкосистем біогенної системи землеробства потребує розвитку інфор-маційних технологій на різних рівнях організації угруповань живих організмів: від відбору найкращого насіння, керування параметрами функціонування різних біореакторів, формуван-ня брикетів оптимальних за фізичними, хімічними та біологічними параметрами для най-кращого стартового росту культур, оптимізації локально-вертикального обробітку ґрунту та внесення біодобрив в умовах мульчепласту, збереження фауни ґрунтів до рівня формування сталих агробіогеоценозів у конкретних умовах природної родючості ґрунту.

### Бібліографічний список

1. Тимофеев М. М. Біогенне землеробство в аспекті енергетичних ресурсів / М. М. Тимофеев // Бюл. Ін-ту зерн. госп-ва. – Дніпропетровськ, 2010. – № 38. – С. 154–158.
2. Тимофеев М. М. Освоение новых органогенных и энергетических ресурсов / М. М. Тимофеев // Агрехимический вестник. – 2002. – № 3. – С. 30–31.
3. Тимофеев М. М. Органогенные ресурсы – квинтэссенция систем земледелия / М. М. Тимофеев // Аграр. наука. – 2002. – № 1. – С. 2–3.
4. Тимофеев М. М. Модель широкомасштабной рециркуляции биофильных элементов / М. М. Тимофеев, С. В. Козакевич, И. Н. Зарудняк // Агроєкологія. – 2010. – Верес. – С. 203–206. – (Спецвипуск).
5. Тимофеев М. М. Модель структурних інновацій біогенної системи землеробства / М. М. Тимофеев, Т. В. Голубєва, О. А. Бєлицька // Бюл. Ін-ту сіл. госп-ва степової зони НААН України. – Дніпропетровськ, 2012. – № 2. – С. 34–38.
6. Пошук новітніх технологій обробітку ґрунту в умовах мульчепласту біогенної системи землеробства / М. М. Тимофеев, І. М. Зарудняк, Т. В. Голубєва, О. А. Бєлицька // АПВ Полісся. – Житомир, 2012. – С. 14–17. – (Спецвипуск).
7. Тимофеев М. М. Моделі біогенної оптимізації фізичних параметрів ґрунтів / М. М. Тимофеев, В. І. Джулай, К. М. Пархомюк // Бюл. Ін-ту зерн. госп-ва УААН. – Дніпропетровськ, 2008. – № 33. – С. 300–303.
8. Шевченко В. А. Биология растений с основами экологии / Шевченко В. А., Соловьев А. М. – М.: Тов. научн. изд. КМК, 2006. – 342 с.

9. Тимофєєв М. М. Агроценотичні фактори розповсюдження багаторічних бур'янів / М. М. Тимофєєв, І. М. Зарудняк // Бюл. Ін-ту зерн. госп-ва УААН. – Дніпропетровськ, 2011. – № 40. – С. 154–159.
10. Тимофєєв М. М. Фітоценотичні залежності поширення однорічних бур'янів в посівах пшениці озимої та ячменю ярого / М. М. Тимофєєв, І. М. Зарудняк // Посібник українського хлібороба. – 2011. – С. 131–133.

*Тимофєєв М. М. Средообразующие свойства растительных ресурсов в конструировании устойчивых агроэкосистем / М. М. Тимофеев // Промышленная ботаника. – 2001. –*