



І. С. Афтаназів, Л. І. Шевчук, О. І. Строган, Т. С. Фалик

Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

РІСТ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН ІЗ НОВІТНІМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ ВОДОПІДГОТОВКИ

Запропоновано нову технологію водопідготовки для поливу та зрошування сільськогосподарських культур, яка базується на кавітаційній обробці води. Кавітаційною обробкою води її не лише біологічно знезаражують, але й видозмінюють структурну будову від кластерної до мономолекулярної, що разом із застосуванням пероксиду водню гарантує синергійний очищувальний ефект, знижуючи при цьому і необхідну концентрацію дезінфектанта. Фізико-механічні впливи на воду для покращення її властивостей зводяться до так званого явища "активації" води, яке супроводжується зазвичай зміною її структури, підвищенням розчинної здатності та зумовленої цим спроможності до ініціювання хімічних реакцій, насамперед окисних. Фізична суть активації води, незалежно від способу активації, полягає в руйнуванні кластерних структур. Адже передусім вода – це асоційована рідина, у якій молекули об'єднані в групи, що називаються кластерами, і окремих молекул води тут немає. А саме в мономолекулярному стані у воді спостережено підвищену хімічну активність. Саме мономолекулярна структурна будова молекул притаманна цілощій джерельній воді, саме за такої структури вода найкраще засвоюється рослинами та тваринним світом. Описано високопродуктивний низькочастотний вібраційний кавітатор для кавітаційного оброблення води, результати експериментальних досліджень впливу активованої кавітацією води на пророщування та ріст бобових та зернових.

Ключові слова: вода; рослини; полив; активація; кавітація.

Вступ. Відомо, що поряд із властивостями посівного матеріалу і ґрунтів, якістю та хімічним складом мінеральних добрив не менш вагомим значенням для росту та опірності несприятливим погодним умовам сільськогосподарських рослин та культур має і використовувана для їх поливу та зрошування вода. Саме наявна навколо зерна чи коріння вода пом'якшує та зволожує ґрунт, полегшуючи умови для формування розвинутої кореневої системи рослини, вимиває із ґрунту, розчиняє і спрямовує до корінців необхідні для росту та життєдіяльності сполуки і мінерали, до того ж у легко засвоюваному розчиненому стані. Вода є і основним джерелом капілярного транспортування від кореневої системи рослин до стебел та їх розгалужень певних поживних речовин, постачальником основних "будівельних матеріалів" для росту та формування стебла рослини, його відгалужень чи крони, плодів.

Саме ці чинники зумовлюють істотну роль кількості та якості води, зокрема і води поливу, для проростання, росту та плодючості рослин. Тому поряд із твердістю та кислотністю води, її насиченістю мінералами тощо, не менш вагомим значенням має і безпосередньо структура води, яка є визначальною для певних її властивостей та розчинної здатності.

Відомим є і той факт, що найпоширенішими є два різновиди структурної будови води в її рідкому стані, а саме кластерна та мономолекулярна. Мономолекулярна структура води притаманна джерельній воді, талій воді льодовиків та снігових покривів високогірних масивів, воді гірських річок на їх високогірних ділянках, зрідка воді артезійних свердловин та дощовій воді на окремих екологічно чистих масивах. Усій іншій воді, а особливо воді міських водогонів, переважно властива кластерна структурна будова. Структурна будова води не є раз і на завжди усталеною, вона може видозмінюватися, переходячи з одного стану в інший. У природі повсюди трапляється перехід води від мономолекулярного стану до кластерного, а зворотний процес практично нездійснений.

Наприклад, джерельна вода в мономолекулярному стані, перемішуючись із брудними потоками річкової чи транспортується трубами водогонів, кластерної будови набуває. А от зворотний процес у природі (від кластерної до мономолекулярної) можливий тільки через тривалий природний кругообіг води, що включає її природне випаровування, повернення із дощами на Землю, просякання у товщі Земної кори і знову вихід на її поверхню джерельною водою. Підкреслимо, що йдеться тут про

Інформація про авторів:

Афтаназів Іван Семенович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри нарисної геометрії графіки.

Email: ivan.aftanaziv@gmail.com

Шевчук Лілія Іванівна, д-р техн. наук, доцент, кафедра технології органічних продуктів. **Email:** Orestastrogan@gmail.com

Строган Оріся Іванівна, канд. техн. наук, асистент, кафедра нарисної геометрії та графіки. **Email:** Orestastrogan@gmail.com

Фалик Тарас Сергійович, аспірант, кафедра технології органічних продуктів. **Email:** vstarchevskyy@gmail.com

Цитування за ДСТУ: Афтаназів І. С., Шевчук Л. І., Строган О. І., Фалик Т. С. Ріст сільськогосподарських рослин із новітніми технологіями водопідготовки. Науковий вісник НЛТУ України. 2018, т. 28, № 6. С. 23–29.

Citation APA: Aftanaziv, I. S., Shevchuk, L. I., Strogan, O. I., & Falyk, T. S. (2018). The growth of agricultural plants with the modern water treatment technologies. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28(6), 23–29. <https://doi.org/10.15421/40280604>

прісну питну та побутову, включно із дощовою, воду, яку здебільшого використовують для поливу рослин.

А поряд із тим відомо, що саме в мономолекулярному стані воді властиві найкраща розчинна здатність та проникність і зумовлена цим засвоюваність живими організмами та рослинами. Саме тому в етносі, опираючись на багатовіковий досвід, закономірно і приписують цілющі властивості джерельній воді, тобто воді в мономолекулярному стані. Отже, зрошування і полив сільськогосподарських культур водою у мономолекулярному стані певною мірою, за аналогічних інших умов, може забезпечувати істотно вищу їх врожайність. Тому актуальними залишаються дослідження, спрямовані на вдосконалення технологічних процесів водопідготовки води для зрошування та поливів сільськогосподарських культур для підвищення їх врожайності та опору несприятливим погодним умовам.

Метою дослідження є розроблення технологічного обладнання для покращення якості та споживчих властивостей води, що використовують для поливу та зрошування сільськогосподарських рослин і культур.

Об'єктом та предметом дослідження є технологічні операції водопідготовки та водоочищення, промислове та дослідне обладнання для активації води, кінетичні закономірності енергетичного впливу на оброблювану воду кавітаційних процесів.

Методики дослідження – мікроскопування зразків дослідної води, рН-метрія для визначення рН води та розчинів на її основі, швидкісна відеозйомка для дослідження динаміки елементів приводу та збурювачів кавітації віброрезонансних кавітаторів.

Аналіз попередніх досліджень. З огляду на важливість води не тільки для людства, а й для всього сушого на Землі, із-поміж величезної кількості наукових досліджень динаміки рідинних потоків, впливів на властивості води хімічних та фізичних чинників тощо наукові роботи було спрямовано і на дослідження методів та засобів впливів на структурну будову води та її видозміни. Цілеспрямовані зміни структури води та її властивостей було названо "реструктуризацією та активацією води" і встановлено, що найдієвішими методами здійснення цих змін є так звані фізико-механічні методи.

Автори робіт (Margulis, 1984; Vitenko, 2009) відзначають, що загалом усі фізико-механічні впливи на воду з метою покращення її властивостей зводяться до так званого явища "активації" води, яке супроводжується зазвичай зміною її структури, підвищенням розчинної здатності та зумовленої цим спроможності до ініціювання хімічних реакцій, передусім окиснювальних. Фізична суть активації води, незалежно від способу активації, полягає в руйнуванні кластерних структур для насичення води мономолекулами. Адже здебільшого вода – це асоційована рідина, в якій молекули об'єднані в групи, схожі на аморфні кристали, що називаються кластерами, й окремих молекул води тут практично немає. А саме в мономолекулярному стані воді притаманна підвищена хімічна активність, розчинна здатність та проникність. Відомо багато способів насичення води мономолекулами, наприклад, нагрів води до початку дегазації, так званий "білий окріп" із подальшим швидким охолодженням; вплив ультразвуком значної інтенсивності, гідрокавітацією, магнітним полем, електроіскровою обробкою тощо. В усіх цих випадках, завдяки потужному енергетичному впливу на воду, формується

нова її структура, в якій міститься переважна більшість молекул у вільному (незв'язаному) стані. У роботах (Margulis, 1984; Silin, Baran & Hordieiev, 2009) відзначено, що активована вода, завдяки послабленню енергії водневих зв'язків між молекулами та збільшенню рухливості молекул, за здатністю до дисоціації наближається до апротонних розчинників.

Із-поміж їх чисельної групи методів активації води найпридатнішими, на наш погляд, для поливу та зрошування рослин є методи магнітної (Margulis, 1984; Silin, Baran & Hordieiev, 2009) та кавітаційної (Vitenko, 2009; Patent Ukrainy № 66323, 2011) оброблення води. Що в першому, що у другому випадках під дією перемінного магнітного чи інтенсивного кавітаційного полів стрімко зростає розчинна здатність та проникність води, можуть змінюватися її в'язкість та величина поверхневого натягу, покращується засвоюваність живими організмами та рослинами. Суть методу магнітної активації води полягає в тому, що під час її руху в зоні великих градієнтів напруженості перемінного магнітного поля відбуваються короточасні перетворення молекул води зі стану "правова" в "ортовода", тобто зміни напрямку спинів атомів водню у молекулі води, що призводить до розриву міжмолекулярних зв'язків у структурі кластерів, унаслідок чого й утворюються вільні молекули води (Margulis, 1984).

Схожі процеси відбуваються і під дією миттєвих спалахів вивільненої після схлопування кавітаційних бульбашок потужної енергії, які руйнують кластерні блоки молекул води, трансформуючи їх до мономолекулярного стану під час кавітаційного оброблення.

Викладення основного матеріалу дослідження. Із відомих методів збурення кавітаційних полів найбільшого поширення набули ультразвуковий та гідродинамічний методи. Суть ультразвукового полягає у застосуванні коливань ультразвукової частоти для створення умов росту ядер кавітації, якими є завжди наявні в рідині різноманітні газові включення.

Загалом, гідродинамічні методи збурення кавітації поділяють на методи статичного збурення завдяки змінам динаміки струменя рідини та динамічного збурення кавітації, здійснюваного переміщенням у струменях рідин твердих тіл (обертючих та вібруючих лопатей, крильчаток тощо) і приналежного до так званих механічних методів. На відміну від ультразвукової кавітаційного оброблення, гідродинамічним кавітаторам притаманна висока продуктивність (Silin, Baran & Hordieiev, 2009). Однак інтенсивність формованого кавітаційного поля тут незначна, істотно поступається ультразвуковій, не забезпечує належного рівня реструктуризації оброблюваної води. Це і стає на заваді використанню гідродинамічної кавітаційної водопідготовки для вирощування сільськогосподарської продукції.

Створений у Національному університеті "Львівська політехніка" метод низькочастотної віброрезонансної кавітаційного оброблення рідин органічно поєднує високу продуктивність із значною інтенсивністю кавітаційного поля, що відкриває перспективу успішного використання його і для таких високовитратних процесів, як водопідготовка для поливу та зрошування. Обладнання для його реалізації просте за своєю конструктивною будовою, довговічне і надійне в експлуатації, порівняно дешеве і високопродуктивне, що створює передумови для використання його як у дрібних фермерсь-

ких господарствах, так і в потужних сільськогосподарських комплексах.

Метод низькочастотної віброрезонансної кавітаційної оброблення рідин базується на збуренні кавітаційних полів віброуючими в них збурювачами кавітації, коливання яких відбувається в діапазонах резонансних частот, кратних власним частотам коливань наявних у рідинах зародків кавітації (Shevchuk et al., 2012). Завдяки резонансу енергозатрати на збурення інтенсивних кавітаційних полів тут зведено до мінімуму, а обробляти рідини можна під час подавання під тиском, що стрімко нарощує її продуктивність.

Для різкопродуктивної кавітаційного оброблення води для різноманітних господарських потреб, зокрема і для поливу та зрошування сільськогосподарських культур, автори створили низькочастотний резонансний віброкавітатор, світліну якого зображено на рис. 1. Істотною перевагою цього кавітатора є те, що він забезпечує якісну кавітаційне оброблення рідин під тиском до $2,0 \text{ кг/см}^2$, внаслідок чого істотно (до $1,5\text{--}2,0 \text{ м}^3/\text{год}$) зростає його продуктивність і декілька паралельно з'єднаних кавітаторів спроможні забезпечити оброблення таких значних обсягів води, які достатні для поливів та зрошування рослин навіть на великих площах.



Рис. 1. Світліна низькочастотного електромагнітного кавітатора резонансного типу для кавітаційного оброблення води для поливу та зрошування сільськогосподарських культур (із частково знятими захисними елементами кожуха)

Основними вузлами низькочастотного вібраційного електромагнітного кавітатора для кавітаційного оброблення води є робоча камера із симетричними фланцями, до яких приєднано два циліндричні корпуси із патрубками подачі оброблюваної води. Всередині кожного циліндричного корпусу розміщені статор з обмоткою та якорь електромагнітний приводу, які до робочої камери приєднано за допомогою фланця із центральним отвором для переміщення штока якоря електромагніту. Між якорем та статором електроприводу встановлено виготовлену із пружного матеріалу мембрану, яка забезпечує коливання якоря із приєднаним до нього штоком з амплітудою до $3,5\text{--}4,0 \text{ мм}$. На штоках якорів електромагнітні закріплено деки-збурювачі кавітації, плоска чи конічна поверхня яких пронизана отворами для перетікання оброблюваної води. Робоча камера оснащена

патрубками для подачі та відводу оброблюваної води, супутній обробці газів чи повітря (у випадку технологічної потреби). Кавітатор, із міркувань техніки безпеки, закрито захисними кожухами, які встановлено на опорах. Беручи до уваги, що в кавітаторах цього типу відсутні пружні підвіски резонансного налаштування, в електричну схему живлення їх електромагнітний приводу включено регулятор частоти напруги моделі AFC – 120, який дає змогу плавним регулюванням змінювати частоту притягування якоря електромагніту до його статора, змінюючи цим самим частоту коливань прикріплених до штока якоря дек-збурювачів кавітації.

Унаслідок цього у процесі оброблення рідин на цьому кавітаторі є можливість плавно наблизити частоту вібрацій коливних дек до частот, кратних частотам коливань наявних у оброблюваних рідинах зародків кавітації, тобто максимально наблизити роботу кавітатора до резонансних режимів. Адже саме резонансним режимам властиве мінімальне споживання енергії приводом, максимальні значення коефіцієнтів їх корисної дії.

Для зниження вібрацій, що можуть передаватись від коливних частин кавітатора на несучі опори та поруч облаштоване устаткування, симетрично розташованим у циліндричних корпусах якорям електромагнітний приводу, надають синхронних протифазних коливань. Досягають цього відповідним підключенням до мережі живлення обмоток статорів електромагнітний. При цьому сили реакцій коливних переміщень обох якорів, будучи синхронними та протилежно направлені, через робочу камеру та циліндричні корпуси взаємно погашають та нівелюють одна одну, зводячи до мінімуму передачу вібрацій на основу.

Визначивши оптимальні режими роботи кавітатора, на пульті його керування встановлюють необхідний діапазон частот змін напруги живлення електромагнітний приводу, патрубками через регульовальні дроселі подають у робочу камеру кавітатора оброблювану воду та здійснюють її оброблення впродовж певного рекомендованого для конкретних рослин часу. До складу технологічної схеми водопідготовки тут включено резервуар технологічної підготовки оброблюваної води (наприклад, її фільтрації від механічних домішок), насоси для створення тиску води та резервуар для відстоювання та накопичення обробленої води. До кавітатора це технологічне обладнання під'єднань трубопроводами, які оснащені регульовальними дроселями. Протікаючи повз електроприводи, оброблювана вода охолоджує корпуси статорів із обмотками електромагнітний. Потреба у цьому зумовлена тим, що індукване обмотками статорів змінне магнітне поле невпинно нагріває корпуси електроприводів, знижуючи їх коефіцієнт корисної дії та провокуючи небезпеку короткого замикання дроту витків обмоток.

Кавітаційне оброблення води чи рідин на її основі, залежно від технологічних вимог, тут можна здійснювати у неперервному режимі чи дискретно в замкнутому технологічному циклі.

Певним підтвердженням покращення властивостей води внаслідок її кавітаційного оброблення на низькочастотних віброрезонансних кавітаторах є і результати досліджень впливу цієї води на швидкості пророщування та росту рослин. Авторами провели експерименти щодо дослідження впливу якості води на пророщування та ріст бобових, зернових культур, пасльонових та кімнат-

них рослин. Як представника бобових культур було обрано квасолю (квасоля звичайна – *phaseolus vulgaris*), зернових культур – зерно пшениці (*triticum vulgare*), пасльонових – помідори (*tomato*). Піддослідною кімнатною рослиною було обрано розсаду квіткової рослини, поширеної під назвою "в'юнок" ("Кручені паничі – *flores torqueri Panich*"), характерною особливістю якої є загальновідома висока швидкість проростання та росту. Відповідно до загальноприйнятих методик, квасолю та зерна пшениці пророщували, висіявши їх на зволожену водою вату в скляних ємностях, пророслі зернята помідорів висаджували у відповідний здобрений для проростання пасльонових ґрунт, посівний матеріал (зернята) кімнатної рослини висаджували в спеціальний "квітковий" ґрунт, а далі досліджували вплив на їх ріст якості води. На відміну від інших піддослідних рослин, ємності з квасолинами із пророслими на 2,5–3,0 см пагонами (приблизно за тиждень від початку поливу) наповнювали просіяною землею для садових саджанців, вкривши квасолини земельним прошарком товщиною 1,0–1,5 см.

У кожній із досліджуваних партій рослин обирали однакову кількість пророщеного матеріалу і для всіх пробних партій пророщуваних рослин експерименти проводили в абсолютно ідентичних умовах у закритому добре провітрюваному приміщенні та за сталої температури 20–22 °С. Двічі на добу, о 8 год ранку та о 20 год вечора, піддослідні рослини поливали водою, у кількостях, рекомендованих для кожного з їх різновидів стандартами на вирощування сільськогосподарської рослинної продукції. Відмінність полягала лише в різновиді використовуваної для поливу води – для контрольних партій рослин під час поливу використовували звичайну відстояну водопровідну воду за температури 16–18 °С, для піддослідних – аналогічну воду, піддану кавітаційній обробці впродовж 15 хв на дослідному низькочастотному вібраційному кавітаторі, відображеному на рис. 1. Для усунення чинника випадковості досліди повторювали тричі, опосередковуючи їх дані та не беручи до розгляду пікові найкращі та найгірші результати.

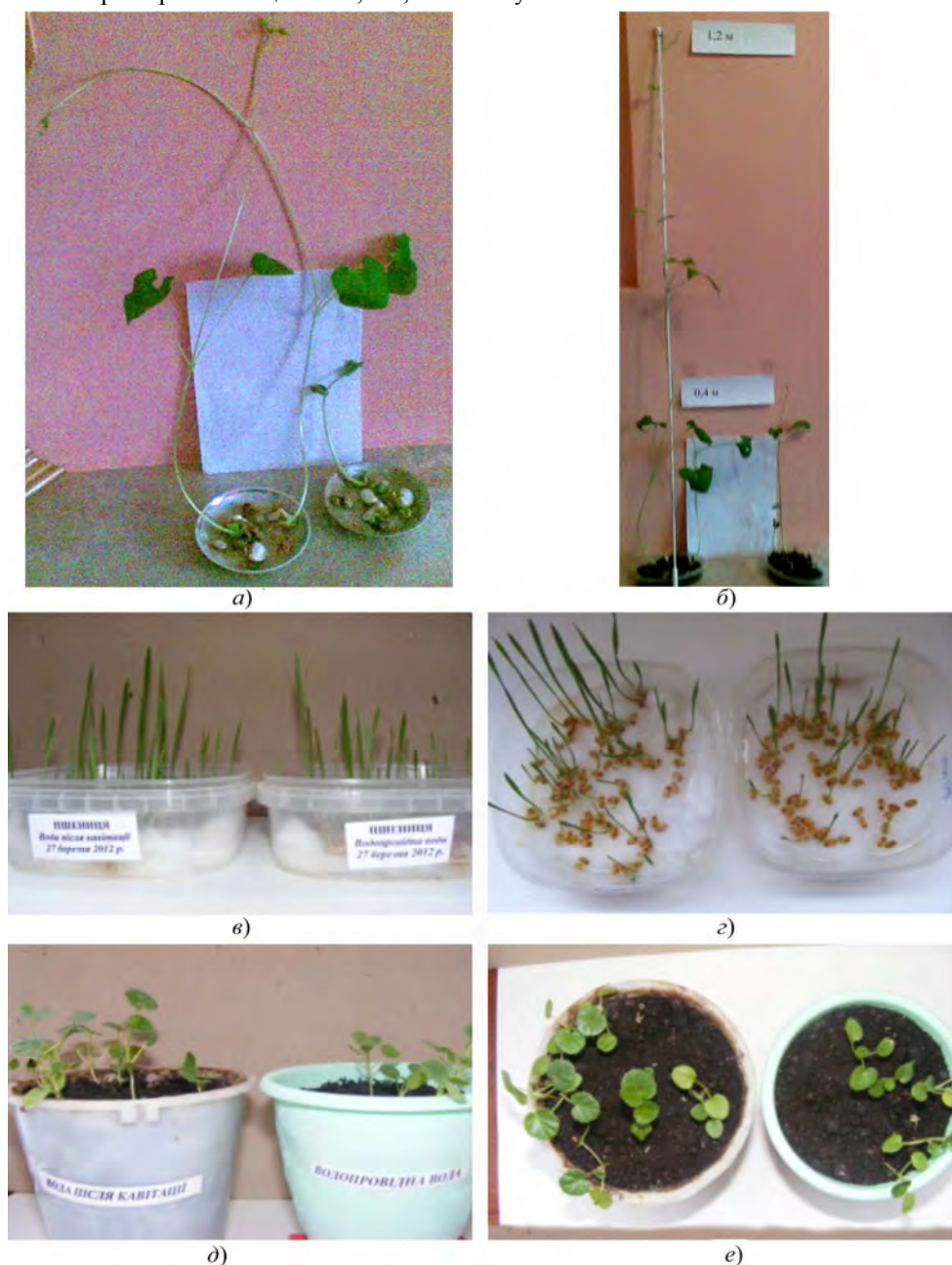


Рис. 2. Дослідження впливу кавітаційного оброблення води на швидкості пророщування та росту рослин: а та б – бобових (квасоля – *phaseolus*); в та г – зернових (пшениця – *triticum*); д та е – кімнатних рослин ("в'юнок" – *flores torqueri Panich*)

Результати експериментальних досліджень подано на рис. 2,а, б, в, де відображено світлини пророслих квасолі (рис. 2,а, б – на 5-й (а) та 15-й (б) дні після висаджування), зерен пшениці (рис. 2,в, г – на 15-й день після висаджування) та кімнатної рослини "в'юнок" (рис. 2,д, е – на 25-й день після висаджування). Внаслідок цього експериментального дослідження було встановлено таке:

- 1) істотного впливу на тривалість початкової стадії пророщування, яку характеризує етап появи на зернах проросткових пагонів для пшениці й квасолі та появу над рівнем землі пагонів помідорів і кімнатної рослини "в'юнок", стан досліджуваної води (звичайна чи кавітаційно оброблена) не має. Для всіх досліджуваних партій рослин відсоток пророслих зерен був приблизно сталим для конкретного виду рослин і не залежним від різновиду використовуваної для поливу води;
- 2) швидкість росту пагонів пророслих рослин істотно залежна від стану води. По-перше, не залежно від різновиду досліджуваних рослин, швидкість їх росту під час поливу кавітаційно обробленою водою істотно перевищує швидкість росту після поливу звичайною водою. По-друге, різниця швидкостей росту залежна від різновиду рослинних культур і зростає за мірою збільшення тривалості поливу.

Поясненням цим явищем варто, очевидно, вважати, що за однакових умов (температури, вологості тощо) відсоток пророщування досліджуваних культур здебільшого залежний від умов попереднього зберігання посівного матеріалу та просто наявності достатньої кількості вологи. Наявність відповідних температури та вологи тут лише стимулює сам етап проростання зерна і якість води тут істотної ролі не відіграє. Вагомий лише чинник її достатньої наявності.

За мірою того, як у процесі проростання пагона зерно чи квасолина вичерпують запаси наявних у них поживних речовин, обростають мікрокореневою системою, на першому місці в схемі живлення пагонів постає періодично подана вода поливу. Оскільки зерно та квасолина висаджені на зволожену вату і контакт із ґрунтом, який міг би поставляти пагонам необхідні для росту поживні речовини, у них відсутній, виключно вода поливу є джерелом органічного та мінерального живлення пагонів. І саме тут на чільному місці постає якість води поливу.

Оскільки у цьому експерименті основою води поливу в усіх випадках залишалась відстояна водопровідна вода, доречно вважати, що її твердість, кислотність, солеміст та мінеральні показники залишались однаковими та незмінними. Відмінність полягала лише у структурних властивостях води, зумовлених наявністю чи відсутністю її кавітаційного оброблення. На світліні (див. рис. 2,а – ліве відображення) чітко відстежуємо, що швидкість росту паростків квасолі, яку поливали кавітаційно обробленою водою, впродовж перших двох тижнів поливу в 4–5 рази перевищує швидкість росту паростків, политих звичайною водою (див. рис. 2,а – праве відображення). Впродовж наступного третього тижня різниця у швидкостях росту дещо знижується, та все ж залишається доволі відчутною в межах 3,0–3,5 кратного перевищення (див. рис. 2,б). Тут на світліні за паростками квасолі для наочності розташовано лист паперу формату А4.

Істотно меншою та все ж доволі відчутною є різниця у швидкостях росту пагонів пшениці (див. рис. 2,в, г).

Світлини її пагонів зроблено після тижневого росту і перше, що кидається у вічі – істотно, приблизно на третину, більша кількість пророслих зерен пшениці, тобто на 20–30 % вища "сходжуваність" тих її зерен, які поливали кавітаційно обробленою водою (див. ліве відображення на рис. 2,в, г). Приблизно на 35–40 % вищою тут є і швидкість росту пагонів.

Аналогічними зерновим є і дані пророщування кімнатної рослини "в'юнок" (див. рис. 2,д, е). Полив кавітаційно обробленою водою (див. рис. 2,д, е – відображення з лівого боку) тут на 40–45 % збільшує кількість пророслих пагонів і на 30–35 % пришвидшує швидкість їх росту. Світлини пагонів "в'юнка" виконано після трьохтижневого їх проростання.

Ми схильні тлумачити цю ситуацію стрімкого підвищення швидкості росту пагонів зернових та бобових внаслідок їх поливу кавітаційно обробленою водою виключно наслідком зміни безпосередньо самої структури води – її переходом від кластерної будови до мономолекулярної, руйнуванням ланцюгів водневих зв'язків води на молекулярному рівні, зумовлену цим покращену розчинну здатність, а відповідно, і проникність та засвоюваність води живими організмами та рослинами. Зміну структурної будови води під дією кавітації переконливо підтверджують мікрофотографії криогенної кристалографії "роздавленої краплі" звичайної водопровідної води та аналогічної кавітаційно обробленої води. Покращену засвоюваність рослинами, вищу її проникність та здатність до капілярного просочування, а отже, і зумовлене цим покращене транспортування пагонами, необхідних для росту солей та поживних речовин, підтверджують дані цього експерименту.

Однак тенденція покращення проростання та збільшення швидкості росту рослин, внаслідок їх поливу кавітаційно обробленою водою, не є сталою для всіх, без винятку, рослин. Так, досліди поливу паростків пасльонових (томатів) кавітаційно обробленою водою жодного відчутного результату порівняно із поливом їх звичайною водопровідною водою, не дали. Це означає, що кавітаційне оброблення води та полив нею рослин потребують ґрунтового дослідження специфічних особливостей конкретних різновидів рослин, зважених підходів до рекомендацій щодо застосування покращеної кавітацією води, а можливо, і експериментальний підбір для кожного з різновидів рослин оптимальних технологічних параметрів кавітаційної водопідготовки. Адже енергетичні затрати на кавітаційне оброблення води доволі відчутні, що потребує вдумливого підходу до рекомендацій щодо її використання для поливу рослин. Однак, проведені дослідження засвідчили значну ефективність використання кавітаційно обробленої води для поливу окремих представників рослинного світу.

Отже, результати порівняльних лабораторних досліджень проб води підтверджують високу ефективність віброрезонансної кавітаційного оброблення як засобу активної реструктуризації води, зокрема і міських водогонів, до стану, наближеного до її мономолекулярної структурної будови. Як наслідок, стрімко зростає очисна здатність такої кавітаційно обробленої води, покращуються її споживчі властивості. Ще вищою ефективності варто очікувати від використання такої води для відгодівлі молодих тварин та птиці, однак подібні експериментальні дослідження автори запланували на майбутнє.

Запропонована технологія кавітаційної водопідготовки, метою якої є покращення якості води завдяки її активації та реструктуризації, є доволі універсальною і, окрім підготовки води для поливу та зрошування сільськогосподарських культур, можна успішно використовувати для покращення споживчих властивостей води фермерських господарств, зокрема: води ставків, озер та водойм для вирощування риби, на тваринницьких комплексах для вирощування вкрай чутливої до якості води молоді, на фермах для відгодівлі птиці та хутрових звірів тощо. Доволі перспективним є використання цієї прогресивної технології на переробних комплексах харчових продуктів, під час консервування сільськогосподарської продукції та виготовлення напоїв, зокрема у пивоварінні, де якість та властивості використаної води, поряд із якістю продуктів, є визначальними складовими якості кінцевого продукту харчування. Однак, незаперечно, тут необхідний додатковий комплекс досліджень, спрямованих на вивчення впливу цього методу активації води на здоров'я людей та тварин.

Висновки. Експериментальними дослідженнями підтверджено позитивний вплив кавітаційного оброблення води на швидкість пророщування та росту зернових і бобових культур та кімнатних рослин. Основною причиною цього є покращення структури води внаслідок впливу на неї інтенсивних кавітаційних полів, активація води та її реструктуризація.

Лабораторними дослідженнями структури кавітаційно активованої води, проведеним мікроскопуванням проб води методом її криоскопічної кристалографії, встановлено, що якість та структурна будова води після її кавітаційного оброблення, наближаються до структури джерельної води.

Запропоновані нові конструкції низькочастотних віброрезонансних кавітаторів прості за своєю конструктивною будовою, надійні в експлуатації та, завдяки спроможності до кавітаційного оброблення води під тиском, високопродуктивні.

Поряд із підготовкою води для поливу та зрошування сільськогосподарських культур, кавітаційну технологію водопідготовки можна застосовувати у тепличних господарствах під час вирощування овочів та квітів, у фермерських господарствах і сільськогосподарських комплексах для відгодівлі риби, птиці та тварин, на підприємствах перероблення сільськогосподарської продукції.

Перелік використаних джерел

- Margulis, M. A. (1984). *Osnovy zvukokhimii (khimicheskie reakcii u akusticheskikh poliakh)*. Moscow: Vyssh. shk. 272 p. [In Russian].
- Patent Ukrainy № 66323. (2011). Prystrii dlia mahnitokavitatsiinoi obrobлення ridyn (Starchevskiy, V. L., Shevchuk, L. I., Aftanaziv, I. S., & Strohan, O. I.), zayavl. 11.07.2011; reiestratsiyni nomer zayavky u 2011 08663, opubl. 26.12.2011. Biul. № 24.
- Patent Ukrainy № 67504. (2012). Sposib aktyvatsii vody. (Starchevskiy, V. L., Shevchuk, L. I., Aftanaziv, I. S., & Strohan, O. I.), zayavl. 20.07.2011; reiestratsiyni nomer zayavky u 2011 09092, opubl. 27.02.2012. Biul. № 4.
- Shevchuk, L. I., Aftanaziv, I. S., Strohan, O. I., & Koval, I. Z. (2012). Vibrozonansna kavitatsiina obrobka ridynnykh substansii. *Skhidnoievropeiskiy zhurnal peredovykh tekhnolohii*, 2/6(56), 17–23. [In Ukrainian].
- Silin, R. I., Baran, B. A., & Hordieiev, A. I. (2009). *Vlastyvoli vody ta suchasni sposoby yii ochyshchemia*. Khmelnytskyi: KhNU. 254 p. [In Ukrainian].
- Vitenko, T. M. (2009). *Hidrodynamichna kavitatsiia u masoobminnykh, khimichnykh i biologichnykh protsesakh*. Ternopil: TDTU im. I. Puliuia. 224 p. [In Ukrainian].

И. С. Афтаназив, Л. И. Шевчук, О. И. Строган, Т. С. Фалик
Национальный университет "Львовская политехника", г. Львов, Украина

РОСТ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ С НОВЕЙШИМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ ВОДОПОДГОТОВКИ

Предложена новая технология водоподготовки для полива и орошения сельскохозяйственных культур, которая базируется на кавитационной обработке воды. Кавитационной обработкой воды ее не только биологически обеззараживают, но и видоизменяют структурное строение от кластерной к мономолекулярной, что вместе с применением перекиси водорода гарантирует синергический очистительный эффект, снижая при этом и необходимую концентрацию дезинфектанта. Физико-механические воздействия на воду с целью улучшения ее свойств сводятся к так называемому явлению "активации" воды, которое сопровождается, как правило, изменением ее структуры, повышением растворимой способности и обусловленной этим способности к инициированию химических реакций, прежде всего окислительных. Физическая суть активации воды, независимо от способа активации, заключается в разрушении кластерных структур. Ведь прежде всего вода – это ассоциированная жидкость, в которой молекулы объединены в группы, называемые кластерами, и отдельных молекул воды здесь нет. А именно в мономолекулярном состоянии в воде наблюдается повышенная химическая активность. Именно мономолекулярное структурное строение молекул присуще целебной ключевой воде, именно при такой структуре вода лучше усваивается растениями и животным миром. Приведено описание высокопроизводительного низкочастотного вибрационного кавитатора для кавитационной обработки воды, результаты экспериментальных исследований влияния активированной кавитацией воды на произрастание и рост бобовых и зерновых.

Ключевые слова: вода; растения; полив; активация; кавитация.

I. S. Aftanaziv, L. I. Shevchuk, O. I. Strohan, T. S. Falyk
Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

THE GROWTH OF AGRICULTURAL PLANTS WITH THE MODERN WATER TREATMENT TECHNOLOGIES

Along with the properties of the sowing material and soils, the quality and chemical composition of mineral fertilizers, water irrigation has no less importance for the growth and resistance to the adverse weather conditions of agricultural plants and crops. Water around the grain or roots softens and moisturizes the soil, facilitating the conditions for the formation of an advanced root system of the plant, washing out of the soil, dissolves and directs to the roots the compounds and minerals necessary for growth and life, in addition to the easily digestible dissolved state. Water is also the main source of capillary transport from the root system of plants to the stems and their branches of certain nutrients, the supplier of the main "building materials" for the growth and formation of the stem of the plant, its branches or crowns, and fruits. These factors determine the extremely important role of the quantity and quality of water, including water for irrigation, for the germination, growth and fertility of plants. Therefore, along with the hardness

and acidity of water, its saturation with minerals, etc., the structure of water, which is decisive for its certain properties and solubility, is equally important. It is also known that the most common are the two varieties of water structure in its liquid state, namely cluster and monomolecular. The monomolecular structure of water is characteristic of spring water, thallium water of glaciers and snow cover of high mountains, water of mountain rivers on their highlands, occasionally water of artesian wells and rainwater on separate ecologically clean massifs. All other water, especially water of city water pipes, is mainly characterized by cluster structure. The structure of water is not once and always upright, it can be modified by moving from one state to another. However, in nature, the transition of water from the monomolecular state to the cluster is common in nature but the reverse process is practically impossible. High-performance low-frequency vibration cavitator for cavitation water treatment, and the results of experimental studies of the effect of water-cavitation activated on the propagation and growth of beans and grains are described. The new water treatment technology for irrigation and irrigation of crops is based on cavitation treatment of water. Cavitation treatment of water not only biologically decontaminates but also modifies the structure from cluster to monomolecular, which together with the use of hydrogen peroxide guarantees a synergistic purifying effect, while reducing the necessary concentration of disinfectant.

Keywords: water; plants; watering; activation; capitation.