

ВИРОБНИЦТВО ТА ВИКОРИСТАННЯ БІОПОЛІМЕРІВ — ШЛЯХ ДО ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЇ ДОВКІЛЛЯ

¹М.В. Панчук, ¹Л.С. Шлапак, ²С.А. Курта, ²О.О. Струмінська

¹ ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 556612,
e-mail: ztk@nuing.edu.ua

² Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника,
76000, м. Івано-Франківськ, вул. Галицька, 201/320, e-mail: kca2007@mail.ru

Розглянуто особливості біологічного розкладання полімерів та питання утилізації пластмасових виробів. Описано властивості, технологічні підходи до виготовлення та області використання біополімерів. Проаналізовано напрямки сучасного розвитку полімерного матеріалознавства. Проведено дослідження природних біополімерів як плівкоутворювачів для передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур. Обробка здійснена плівкоутворюючими розчинами на основі природних водорозчинних біополімерів: крохмалю, желатину, карбоксиметилцелюлози, сахарози і ксантанової смоли. З'ясовано, що застосування природних плівкоутворюючих біологічних композицій підвищує ефективність фіксації плівки за рахунок поліпшення її зчеплення з поверхнею зерен насіння, що дає змогу додавати суміш для обробки інших біологічно-активних та мінеральних речовин, і характеризується високими екологічними показниками. Вивчено ефективність нанесення та розчинення кількості зафіксованого на поверхні зерна полімерного біологічного плівкоутворювача від сорту насіння. Встановлено, що ефективність біополімерів зменшується у напрямку: карбоксиметилцелюлоза-КМЦ, желатин, сахароза, крохмал, ксантанова смола

Ключові слова: екологія, утилізація, біополімери, біологічне розкладання, полімерне матеріалознавство.

Рассмотрены особенности биологического разложения полимеров и вопросы утилизации пластмассовых изделий. Описаны свойства, технологические подходы к производству и области применения биополимеров. Проанализировано современное развитие полимерного материаловедения. Исследованы натуральные биополимеры в качестве плёнообразователей для предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур. Обработка проводилась плёнообразовательными растворами на естественных водорастваряемых биополимерах: крахмал, желатин, карбоксиметилцелюлоза, сахароза и ксантовая смола. Показано, что использование натуральных плёнообразовательных биологических композиций повышает эффективность фиксации плёнки за счёт сцепления с поверхностью семян, что позволяет включать в обработку другие биологически-активные и минеральные вещества и характеризуется высокими экологическими показателями. Изучена эффективность нанесения и растворения количества зафиксированного на поверхности полимерного зерна полимерного биологического плёнообразователя от сорта семян. Установлено, что эффективность биополимеров уменьшается в сторону: карбоксиметилцелюлоза-КМЦ, желатин, сахароза, крахмал, ксантовая смола.

Ключевые слова: экология, утилизация, биополимеры, биологическое разложение, полимерное материаловедение.

We have covered the peculiarities of biological polymers decomposition and the problems of plastic products utilization. The polymers peculiarities, technical approaches of their production and the application spheres are described in this article. We have conducted the analysis of modern development directions of polymer material engineering. Research was conducted of natural polymers as pellicle creators for presowing treatment of seed and grain for four agricultural plants: wheat, corn, flax and rape. Treatment is carried out by polymeric mixtures on basis natural watersoluble polymers: starch, gelatin, carboxymethylcellulose and xanthan resin. It is marked, that pellicle forming compositions promote efficiency of fixing of pellicle due to better coupling with surface of grain, enables include treatment by other bioactive and mineral matters and characterized the best sanitary-hygienic terms. It was studied effectiveness of applying depending of number of fixed polymeric pellicle creator from variety of sorts of seed. It is found that KMC shows the best results, there are gelatin, saccharose, starch and xanthan resin after it.

Keywords: ecology, utilization, biopolymers, biological decomposition, polymer material science.

Пластмаси – еластичні матеріали, що мають низьку теплопровідність, велику хімічну міцність, високі діелектричні і оптичні властивості, добру антикорозійну стійкість, володіють здатністю поглинати та гасити вібрації. Цим пояснюється їхнє широке використання в трубопроводному транспорті, автомобілебудуванні, авіаційній промисловості, приладобудуванні, медицині та інших галузях народного господарства.

Обсяг виробництва пластмас у світі перевищує 200 млн. тон на рік із щорічним приростом

біля 5%. На виробництво цих продуктів припадає значна частка споживання нафти та газу. У будівництві полімерні матеріали витісняють метал, картон, скло, папір. Одночасно зростають об'єми виробництва виробів із полімерних матеріалів, насамперед пакувальних матеріалів, які після використання попадають на місця для зберігання відходів. Частка виробництва тари та упаковки в розвинених країнах припадає 1,4–1,7% валового національного продукту. Як відомо, терміни розкладання традиційних полімерних матеріалів складають де-

сятки та сотні років, а площі, що відведені під сховищами обмежені. Загроза порушення біосферної рівноваги на планеті полімерними відходами вказала на складність проблеми використання пластмас, інертних до довкілля і здатних зберігати свої властивості незмінними тривалий час.

Такі шляхи вирішення проблеми, як рециклінг та спалювання виробів з полімерних матеріалів, є недостатньо ефективними. Технологічний цикл вторинної переробки є тривалим і складним, а якість продукції після нього, як правило, погіршується. При спалюванні відходів полімерів в атмосферу можуть потрапити шкідливі газоподібні продукти – високотоксичні діоксини, хлористий водень, а утворені зола і стоки містять чимало шкідливих компонентів. Тому установки для спалювання полімерів потрібно оснащувати складною та високовартісною системою фільтрів та газозуловлювачів. Процеси термічного розкладання полімерів до вихідних складових (бензолу, толуолу, пропану, вуглецю тощо) протікають за підвищеної температури та тиску, тому потребують значної витрати енергії. У результаті в країнах з суворим природоохоронним законодавством вартість утилізації полімерів майже досягає вартості виробництва. Таким чином, спалювання та поховання не вирішують проблеми полімерних відходів, а лише переводять її в нове і складніше русло [1].

Наукові дослідження, що проводились раніше, були спрямовані здебільшого на створення полімерних матеріалів, стійких до дії чинників навколишнього середовища. На сучасному етапі розвитку суспільства виник новий підхід до даної проблеми, діаметрально протилежний традиційному. Його метою є отримання полімерів, які зберігають експлуатаційні характеристики лише протягом періоду використання, а потім зазнають фізико-хімічних і біологічних перетворень під дією чинників довкілля і легко включаються в процеси метаболізму природних біосистем. Таким чином, вирішується одразу декілька проблем: підвищених викидів вуглекислого газу в атмосферу, токсичних відходів виробництва і твердих побутових відходів, а також проблема обмеженості нафтових та газових запасів [2].

Основні зусилля наукового пошуку зосереджені в двох напрямках:

- створення високомолекулярних сполук із природної полімерної сировини-вуглеводів і білків (крохмалю, целюлози, сахарози, желатину та інших природних біоречовин, які є живильним середовищем для мікроорганізмів);
- надання традиційним синтетичним полімерам (поліетилену, поліпропілену, полівінілхлориду, полістиролу, поліетилентерефлату) властивостей пришвидшеного біорозпаду.

Згідно зі стандартом Американської спілки з тестування матеріалів (ASTM) та Міжнародної організації із стандартів (ISO) до полімерів, що розкладаються біологічно, відносяться матеріали, які зазнають істотних змін хімічної структури в умовах навколишнього середови-

ща, що призводить до істотної модифікації їх фізичних і механічних властивостей [3].

Полімер, як правило, вважається здатним до біологічного розкладання, якщо вся його маса розкладається в ґрунті або воді за період до шести місяців. У багатьох випадках продуктами розпаду є вуглекислий газ і вода. Будь-які інші продукти розкладання або залишки повинні досліджуватися на наявність токсичних речовин. Біологічно деградовані полімери можуть вироблятися з природних поновлюваних біологічних джерел або ж їх можна отримувати з нафтохімічних сировинних матеріалів. Вони можуть використовуватися окремо або ж у поєднанні з іншими пластмасами і добавками.

Здатність полімерів розкладатися і засвоюватися мікроорганізмами залежить від ряду їхніх структурних характеристик. Найбільш важливими є хімічна природа полімеру, молекулярна маса, розгалуженість головного ланцюга (наявність і природа бічних груп), надмолекулярна структура і, *особливо, розчинність у воді.*

Важливим чинником, який визначає стійкість полімеру до біологічного розкладання, є величина його молекул. В той час як мономерні або олігомери можуть бути вражені мікроорганізмами і слугувати для них джерелом вуглецю, полімери з великою молекулярною масою є стійкими до дії мікроорганізмів. Біологічну деструкцію більшості технічних полімерів, як правило, ініціюють процесами небіологічного характеру (термічне і фотоокислення, термоліз, механічна деградація тощо), які призводять до зниження молекулярної маси полімеру. За цього виникають низькомолекулярні біологічно асимільовані фрагменти ланцюги, що мають на кінцях гідроксильні, карбонільні або карбоксильні групи.

Не менш значущим чинником впливу на біологічну деградацію, є надмолекулярна структура синтетичних полімерів. Компактна розташування структурних фрагментів напівкристалічних і кристалічних полімерів обмежує їх набування у воді і перешкоджає проникненню ферментів в полімерну матрицю. Це ускладнює дію ферментів не лише на головний вуглецевий ланцюг полімеру, але і на біологічно руйновані частини ланцюга. Аморфна частина полімеру завжди менш стійка до біологічної деструкції, ніж кристалічна.

Відомі різні технологічні підходи до створення полімерів, що біологічно розкладаються [4]:

- селекція спеціальних штамів мікроорганізмів, здатних здійснювати деструкцію полімерів;
- синтез полімерів, що розкладаються, методами біотехнології;
- синтез біологічно деградуючих полімерних матеріалів з хімічною структурою, подібною до структури природних полімерів;
- отримання співполімерів, в молекулярні ланцюги яких входять хімічні зв'язки, які легко руйнуються під дією мікроорганізмів;
- створення композицій, які містять, окрім високомолекулярної основи, органічні поліме-

рні наповнювачі (крохмаль, целюлозу, амілозу, амілопектин, декстрин тощо), що є живильним середовищем для мікроорганізмів, наприклад біологічними для передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур;

– виготовлення полімерних матеріалів з біологічних ресурсів-природних біополімерів, що поновлюються.

У зв'язку з тим, що традиційні джерела сировини для синтезу полімерів обмежені, матеріали, виготовлені з біологічних ресурсів, що поновлюються, за оцінками фахівців, є найбільш перспективним і економічно вигідним. Крім того, побутує думка, що використання таких матеріалів зменшить «парниковий ефект», оскільки вирощувану для їх виробництва рослинну сировину поглинає вуглекислий газ [5, 6].

У системі підготовчих сільськогосподарських робіт високий ефект забезпечує передпосівна обробка насіння плівкоутворюючими препаратами та їх сумішами, що містять полімер, протравлювач, мікроелементи та інші біологічно-активні речовини. Існуючі рекомендації з даного питання доповнюються новими дослідженнями щодо використання пестицидів у зв'язку зі зміною їх асортименту, що уможливує застосування технології обробки поверхонь зерен плівкоутворюючими полімерними композиціями з мікроелементами у вигляді комплексів металів тощо [7, 13].

Вказані прийоми можуть істотно вплинути на поведінку насіння під час посіву в різних агроекологічних умовах, тому важливого практичного значення набувають спеціальні методи їх лабораторної оцінки, що дозволяють отримувати дані з проростання, які є близькими до польових [8].

У даний час обробка насіння такими речовинами проводиться за допомогою плівкоутворюючих композицій на основі водорозчинних полімерів. За рахунок застосування плівкоутворюючих композицій досягається:

- знезараження насіння від збудників хвороб рослин;
- захист зерен насіння і паростків від пліснявіння в період їх проростання;
- зниження ураження ґрунтовими шкідниками під час обробки зерен насіння комбінованими препаратами з додаванням інсектицидів;
- послаблення негативної дії механічного травмування зерен насіння;
- запобігання знищенню під час польового проростання зерен насіння;
- стимулювання проростання і розвитку рослин на початковій стадії їхнього росту.

Застосування плівкоутворюючих композицій підвищує ефективність пестицидів за рахунок поліпшення їх зчеплення, дозволяє поєднувати обробку з іншими біологічно-активними речовинами порівняно з напівсухим протравлюванням і характеризується кращими санітарно-гігієнічними умовами в період обробки насіння, його транспортування, посіву та є менш небезпечним для навколишнього середовища і ґрунту [9, 14, 15, 16].

Одним з найдешевших видів сировини для організації виробництва біополімерів є крохмаль, полісахарид, що накопичується в бульбах, насінні, стеблах і листі рослин в процесі життєдіяльності. У рослинах крохмаль присутній у вигляді гранул, діаметром від 2 до 100 мкм. Структура цих надмолекулярних утворень складна і здійснює істотний вплив на фізичні і технологічні властивості крохмалю. У чистому вигляді крохмаль не є речовиною, здатною утворювати плівки, тому його переробка на стандартному технологічному устаткуванні можлива лише спільно з пластифікаторами. Оскільки крохмаль є типовим гідрофільним полімером, він може містити до 30–40% зв'язаної вологи.

Крохмаль складається із двох полісахаридів: амілози до 20–30% і амілопектину – до 70–80%. Амілоза – полісахарид, який складається з кількох сотень залишків глюкози, поєднаних 1,4'-глікозидним зв'язком практично лінійної будови (рис. 1).

Амілопектин – високомолекулярний полісахарид із розгалуженою структурою, який складається із залишків глюкози. За аналогією з амілозою, залишки α -глюкози сполучені з'єднаним α -1,4'-глікозидним зв'язком. Розгалуження утворюються за рахунок зв'язування кількох молекул, поєднаних α -глюкози по шостому атому карбону і глікозидному гідроксилу.

За структурою близький до крохмалю **глікоген** (тваринний крохмаль). Його макромолекули сильно розгалужені, а молекулярна маса значно вища, ніж крохмалю (рис. 2).

Ця властивість дозволяє використовувати воду як один з найбільш доступних пластифікаторів крохмалю. Такого роду пластифікація проводиться за одночасної дії температури і механічної дії. В результаті відбуваються значні зміни фізичних і механічних властивостей крохмалю. Пластифікуючу дію на крохмаль мають також гліцерин і олігомерні полігліколи. Зазвичай їх використовують у поєднанні з водою. З крохмалю, пластифікованого водою або іншими гідроксилвмістими речовинами, методами компресійного пресування і екструзії формують термопластичні матеріали одноразового або нетривалого використання. Істотним недоліком таких матеріалів є їхня нестійкість до дії води, тому велике число досліджень останніх років присвячене вивченню властивостей сумішей крохмалю з іншими природними полімерами, такими, як пектини, целюлоза і ін., або з продуктами їхньої хімічної модифікації.

Сахароза є харчовим продуктом, що виділяється із цукрової тростини або цукрового буряка. В організмах людини і тварин вона легко розщеплюється під дією ферментів на фруктозу і глюкозу. Із сахарози отримують етиловий спирт. Сахароза побудована із -D-глюкози і -D-фруктози у фуранозній формі (-D-фруктофураноза) за рахунок (1-2')-глікозидного зв'язку (рис. 3).

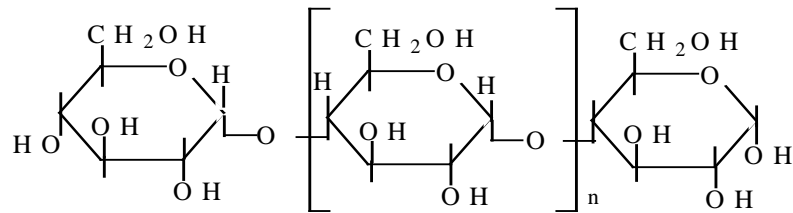


Рисунок 1

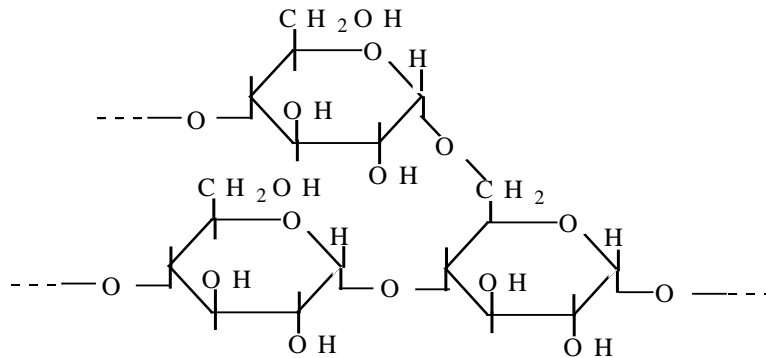


Рисунок 2

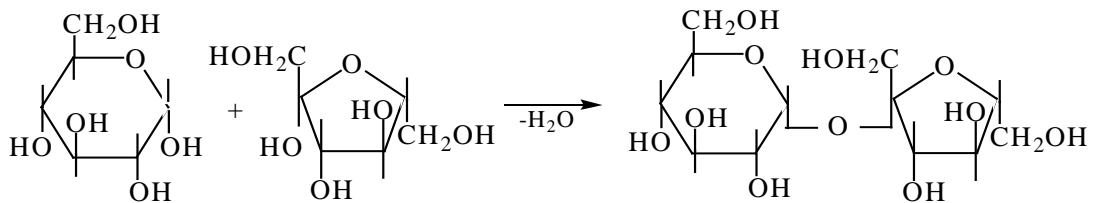
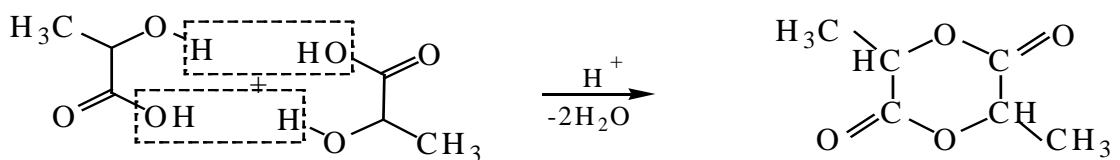


Рисунок 3



лактид α -гідроксипропіонової (молочної)кислоти

Рисунок 4

Під час гідролізу протікає зворотня реакція, але утворена фруктоза існує в піранозній формі, яка більш стійка.

Полімолочна кислота (polylactic acid – PLA) вважається одним із найперспективніших біополімерів завдяки стійкості до дії води, зручності у використанні, здатності перетворюватись у органічні добрива [10]. Полілактиди піддаються обробці на звичайному екструзійному та видувному обладнанні, що разом з унікальними фізико-механічними властивостями, подібністю зовнішнього вигляду до традиційних пакувальних матеріалів та здатністю до біологічного розкладання робить їх конкурентоздатними до традиційних пластиків в галузі пакування. Молочнокислі бактерії перетворюють

моносахариди в молочну кислоту, полімеризація якої відбувається за допомогою хімічного синтезу. Спочатку відбувається димеризація молочної кислоти з утворенням лактиду, при рециклізації якого нарощується полімерний ланцюг з отриманням високомолекулярної полімолочної кислоти. В даний час ведуться активні пошуки шляхів використання ензимів для здешевлення промислового виробництва.

α -Гідроксикислоти (молочна кислота) в присутності каталітичної кількості мінеральних кислот утворюють міжмолекулярні циклічні естери – лактиди (рис. 4).

У кислому середовищі під час кип'ятіння реакція проходить у зворотному напрямку.

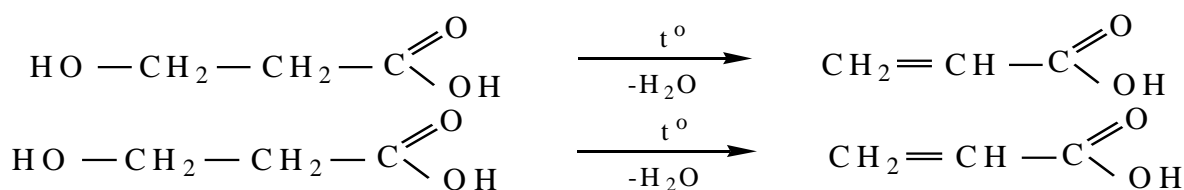


Рисунок 5

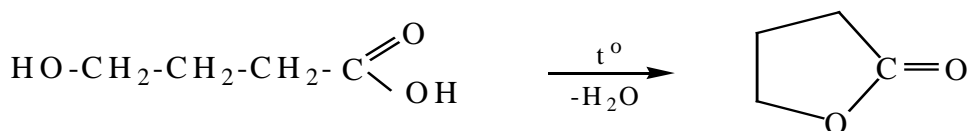


Рисунок 6

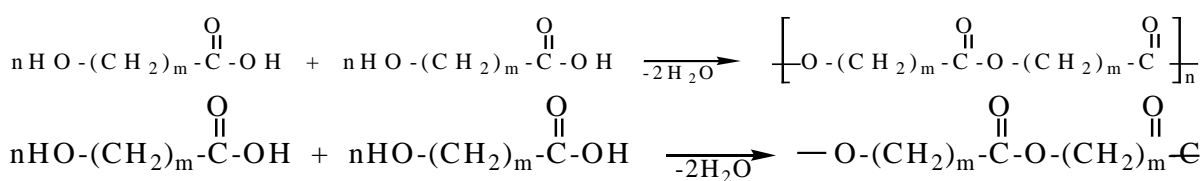


Рисунок 7

β-Гідроксикислоти під час нагрівання легко відщеплюють воду з утворенням *α*-, *β*-ненасичених кислот (рис. 5).

γ-, *δ*-Гідроксикислоти за аналогічних умов утворюють внутрішні циклічні естери – лактони (рис. 6).

Лактони під дією розчинів лугів гідролізуються до вихідних кислот.

ω-Гідроксикислоти під час нагрівання вступають у реакцію поліконденсації з утворенням поліестеру (рис. 7).

Зазвичай PLA є кополімером фрагментів D– та L–молочних кислот. Залежно від співвідношення енантіомерів у полімерному ланцюгу властивості PLA змінюються від напівкристалічних до аморфних. Полімолочна кислота, що містить 6% фрагментів D – молочної кислоти, має напівкристалічну структуру. Аморфний полімер, який містить 12% фрагментів D – молочної кислоти, піддається високотемпературному формуванню, чим подібний до полістирену.

Розкладання PLA здійснюється в два етапи. Спочатку ефірні групи поступово піддають гідролізу водою для формування молочної кислоти і інших невеликих молекул, потім їх розкладають за допомогою мікробів у певному середовищі.

Для підвищення здатності до біологічного розкладання і рентабельності виробництва PLA часто змішують з крохмалем. Проте, ці суміші досить неміцні, тому до них часто додають пластифікатори, такі як гліцерин або сорбіт, або інші поліефіри, що розкладаються.

Ксантанова камідь (ксантан) – природна хімічна сполука (C₃₅H₄₉O₂₉) n, харчова доба-

вка E415, відноситься до групи стабілізаторів. За хімічною природою ксантанова камідь є полісахаридом, отриманим шляхом ферментації з використанням бактерії *Xanthomonas campestris*. В життєвому циклі бактерій слугує захистом від вірусів і пересихання, тому E415 може використовуватися в косметичних засобах для зволоження шкіри. Виробництво ксантану засноване на аеробному бродінні у водному розчині вуглеводів, джерела азоту, після чого середовище пастеризують і осаджують спиртом або очищують методом мікрофільтрації. Властивості ксантану регулюють, змінюючи умови життя бактерій. Головний ланцюг полімеру ідентичний молекулі целюлози (рис. 8).

Відгалуження є залишками молекул глюкози, манози, глюкуронової кислоти а також піруватними та ацетильними групами. Число піруватних груп визначає в'язкість водних розчинів ксантану. Для харчових цілей кислотні групи нейтралізують, переводячи ксантан в калієві, натрієві або кальцієві солі.

Використання біополімерів дозволяє створювати не лише біологічно активні препарати, але і важливі технічні полімерні матеріали – сорбенти, флокулянти, добавки до бурових розчинів, пакувальні матеріали, що біологічно розкладаються тощо. Менш дослідженим є використання біополімерів для створення конструкторських матеріалів і покриттів (за винятком матеріалів на основі целюлози). Важливим для вирішення вказаних проблем є унікальний полімер – хітозан, що виготовляється різними способами з природного біополімеру хітину. Хітин поєднує цінні властивості: біологічну активність, здатність до біологічної деградації,

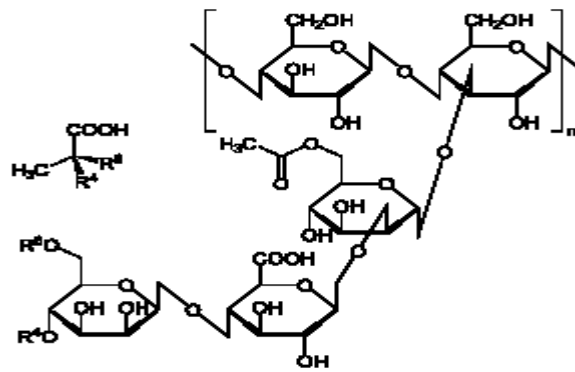


Рисунок 8

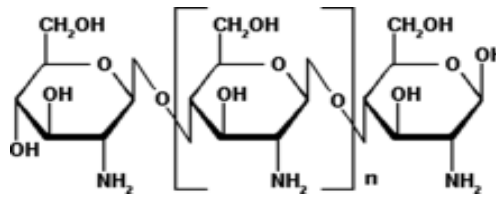


Рисунок 9

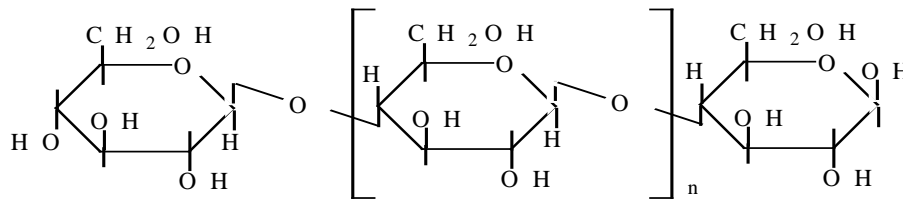


Рисунок 10

радіаційну стійкість, що зумовлює його широке використання [11,12].

Хітозан вважається перспективним біоматеріалом майбутнього; інтерес до нього пов'язаний з унікальними фізіологічними і екологічними властивостями такими як біологічна сумісність, біологічна деструкція, фізіологічна активність за відсутності токсичності, доступність сировинних джерел, для його отримання у тому числі місцевих. Хітозан – аміносахарид, похідне лінійного полісахарид. Макромолекули складаються з випадково пов'язаних β -(1-4)-D-глюкозамінових ланок і N-ацетил-D-глюкозамін. Один із джерел отримання хітозану – панцирі ракоподібних (рис. 9).

Оскільки біополімери, і хітозан у тому числі, володіють доброю здатністю до міжмолекулярних взаємодій, одним з найбільш ефективних способів поліпшення їхніх характеристик є утворення полімолекулярних комплексів (ПМК) з іншими біополімерами і полярними синтетичними полімерами.

Целюлоза (клітковина) – поширений у природі полісахарид. Макромолекула целюлози побудована із залишків – глюкози за рахунок -1,4'-глюкозидного зв'язку (рис. 10).

Особливості будови макромолекул целюлози полягають в тому, що всі ОН-групи розташовані тільки із зовнішнього боку ланцюга. Завдяки цьому між макромолекулами целюлози виникають водневі зв'язки, що надає речовині жорсткості, робить її нерозчинною у воді. Целюлозу зручно схематично зображати: $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$. Целюлозу широко використовують для виготовлення штучного волокна, порошку, лаків, пластмас тощо. Як і крохмаль целюлоза здатна піддаватися гідролізу до глюкози, яку потім переробляють в етиловий спирт (гідролізний). Хімічні властивості целюлози визначаються наявністю трьох гідроксильних груп.

Желатин (фр. gelatine, від лат. Gelātus «заморожений») – прозора в'язка маса, безбарвна або з жовтуватим відтінком, продукт переробки сполучної тканини тварин (колагену). Молекула колагену являє собою правозакручену спіраль з трьох α -ланцюгів (рис. 11).

Така структура колагену отримала назву тропоколаген. Один виток спіралі α -ланцюга містить три амінокислотних залишки. Молекулярна маса колагену – близько 300 кДа, довжина – 300 нм, товщина – 1,5 нм. Для первинної структури білка колагену характерний ви-

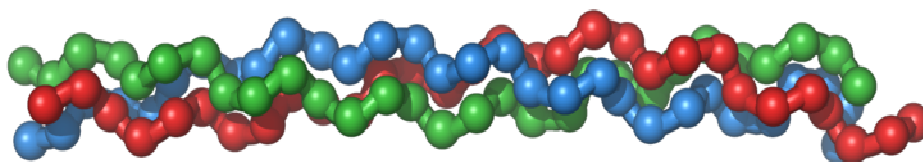


Рисунок 11

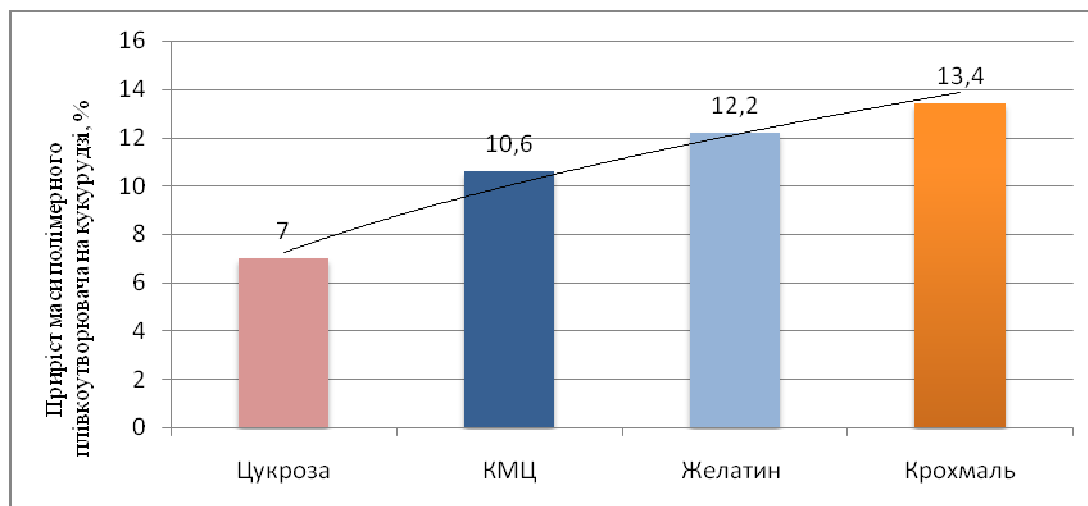


Рисунок 12 – Залежність ефективності нанесення полімерного плівкоутворювача (приріст маси) на поверхню зерен кукурудзи від плівкоутворювача

сокий вміст гліцину, низький вміст сірковмісних амінокислот і відсутність триптофану. Коллаген належить до тих небагатьох білків тваринного походження, які містять залишки нестандартних амінокислот: близько 21% від загального числа залишків припадає на 3-гідроксипролін, 4-гідроксипролін і 5-гідроксилізін. Кожен з α -ланцюгів складається з триад амінокислот. У триадах третя амінокислота завжди гліцин, друга – пролін або лізин, перша – будь-яка інша амінокислота, крім трьох вказаних.

Таким чином, здатність полімерних матеріалів до біологічної деструкції обумовлена, головним чином, їхнім хімічним складом, структурою і властивостями макромолекул. На стійкість полімерів до біологічного розкладання великий вплив мають деякі макроструктурні характеристики (пористість, рівномірність розподілу добавок в полімерній масі, особливості обробки поверхні виробів тощо), а також технологічні параметри.

Широке використання біополімерів для різних галузей народного господарства обмежене через недостатність експериментальних даних.

Метою роботи є встановлення здатності до утворення плівки та біологічного розкладання полімерів на прикладі оброблення насіння сільськогосподарських культур перед посівом.

Насіння чотирьох сільськогосподарських культур: пшениці, кукурудзи, льону і ріпаку оброблялися водними розчинами плівкоутворювачів природних біополімерів: крохмалю (КР),

желатину, КМЦ, цукрози, ксантанової смоли (КСА).

Кількість нанесеного плівкоутворювача після осушення і зважування насіння з нанесеною полімерною плівкою на поверхню зерен кукурудзи зростала для полімерних водних розчинів у напрямку: крохмаль; желатин; КМЦ; цукроза. При цьому ефективність утворення плівки (а саме приріст маси плівкоутворювача на поверхні зерен кукурудзи), зростає для цукрози і КМЦ – від 7% до 10% для желатину і крохмалю від 12,2 до 13,4%, що підтверджуються даними рис. 12.

Найбільша кількість нанесеного плівкоутворювача з полімерних водних розчинів на зерно пшениці спостерігається для желатину та КМЦ відповідно, а найменше плівкоутворення на поверхні пшениці – крохмалю і цукрози. При цьому ефективність утворення плівки, а саме приріст маси плівкоутворювача на поверхні зерен пшениці, складає для крохмалю і цукрози 10,2% до 11,7%, а для КМЦ і желатину 25,1% та 29,3% відповідно. Отже, найбільший приріст спостерігається для в'язких водних коллоїдних розчинів желатину, що підтверджуються даними (рис. 13).

Найбільша кількість нанесеного плівкоутворювача з водних розчинів полімерів на насіння льону спостерігається для КМЦ і цукрози відповідно, а найменше плівкоутворення на поверхні льону здійснюють желатин та крохмаль (желатин < крохмаль).

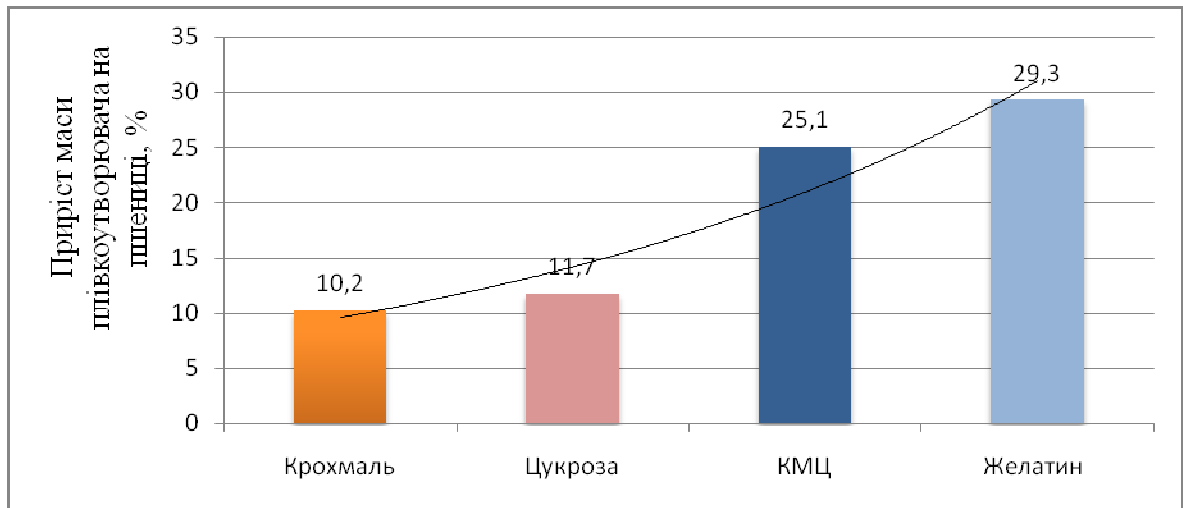


Рисунок 13 – Залежність ефективності нанесення полімерного плівкоутворювача (приріст маси) на поверхню зерен пшениці від плівкоутворювача

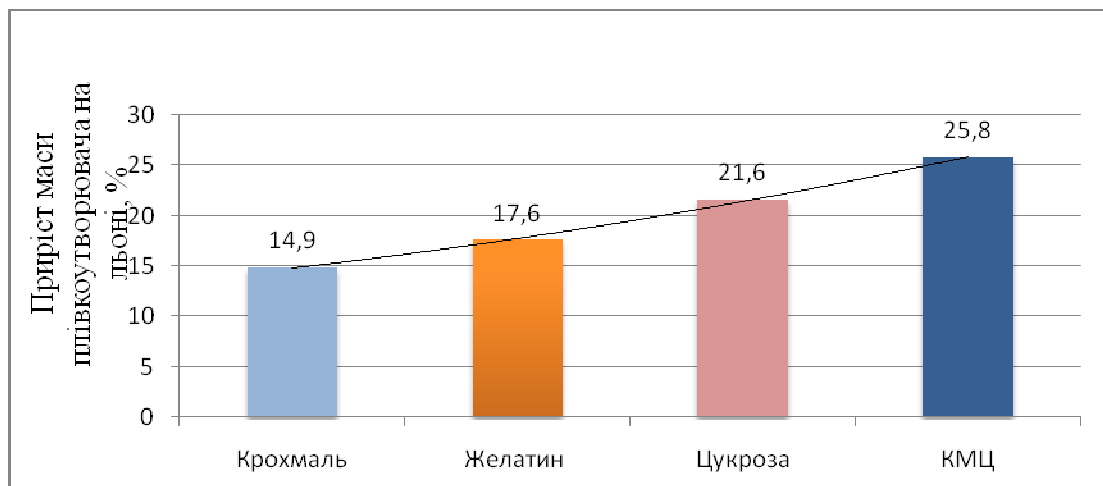


Рисунок 14 – Залежність ефективності нанесення полімерного плівкоутворювача (приріст маси) на поверхню зерен насіння льону від плівкоутворювача

При цьому ефективність утворення плівки, а саме приріст маси плівкоутворювача на поверхні зерен насіння льону, зростає для крохмалю і желатину від 14,9% до 17,6% серед нанесених з колоїдних розчинів, і до 21,6-25,8% для цукрози і КМЦ. Найбільший приріст спостерігається для в'язкого водного колоїдного розчину КМЦ, що підтверджуються даними (рис. 14).

Найбільша ефективність нанесення полімерних розчинів на зерня насіння ріпаку спостерігається для КМЦ і желатину відповідно, а найменше плівкоутворення на поверхні здійснюють цукроза і крохмаль. При цьому ефективність утворення плівки, а саме приріст маси плівкоутворювача на поверхні насіння ріпаку, зростає для крохмалю і цукрози від 12,5% до 26,6% з нанесених з колоїдних розчинів, до 31,4% – для желатину, а найбільший приріст спостерігається для в'язкого водного колоїдного розчину КМЦ – 39,2%, що підтверджуються даними (рис. 15.).

Наступним етапом дослідження було порівняння вмісту крохмальної полімерної плівки на різних видах обробленого насіння після дво-

годинного промивання їх водою в об'ємі 1:500 за температури 293К при перемішуванні.

Виходячи з даних (рис. 16), можна стверджувати, що найкраще розчиняється крохмаль з поверхні зерен кукурудзи і пшениці, а найгірше і найповільніше з поверхні насіння льону і ріпаку, що може бути обумовлено невеликими розмірами зерен насінин та характером їхньої взаємодії з полімерним плівкоутворювачем, залишкова кількість якого сягає 1,2-1,01%. В той же час для більшого за розмірами зерна пшениці та кукурудзи і більш рівної їхньої поверхні швидкість розчинення плівкоутворювача зростає, і його залишок після двогодинного перебування у воді зменшується фактично до нуля (0,19-0,049%).

Як бачимо, за ефективністю плівкоутворення (маси плівкоутворювача) випробувані полімери можна розмістити в такий мінорантний ряд: найкращі результати показує КМЦ [середнє відсоткове значення маси плівки КМЦ на чотирьох видах насіння і гранулах поліетилену складає 25,5%], далі за приростом нанесеної плівки знаходиться желатин [середнє зна-

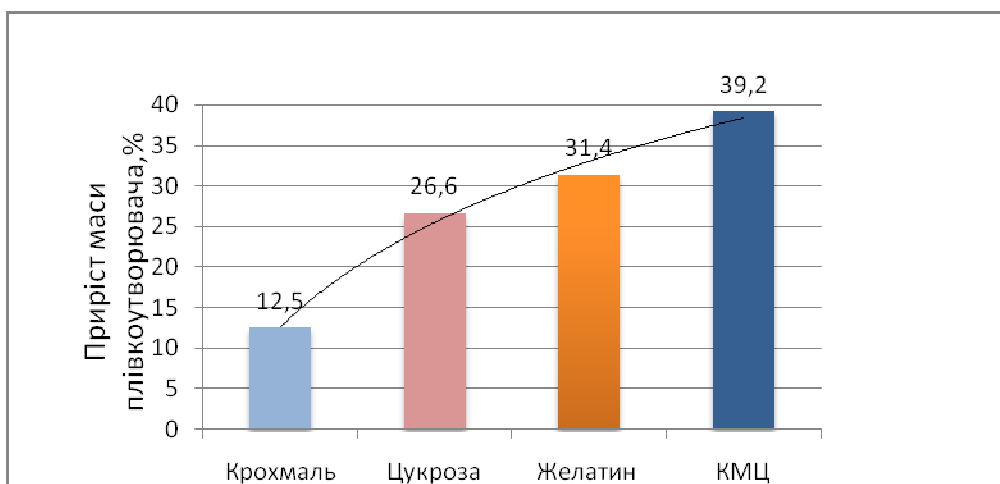


Рисунок 15 – Залежність ефективності нанесення полімерного плівкоутворювача (приріст маси) на поверхню насіння зерен ріпаку від плівкоутворювача

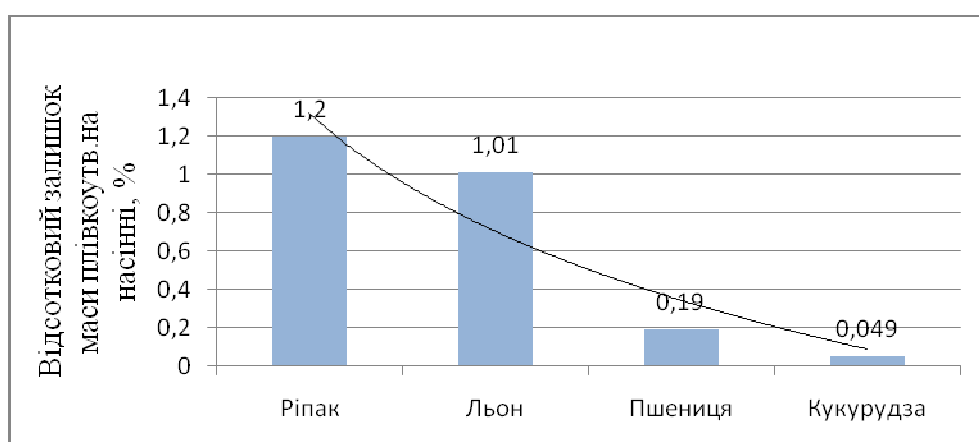


Рисунок 16 – Залежність ефективності розчинення (залишок) полімерної крохмальної плівки на поверхні насіння та зерен сільськогосподарських культур від виду насіння

чення відсоткове значення маси плівки желатину на чотирьох видах насіння і гранулах поліетилену складає 23,125%], за ним за ефективністю нанесення знаходиться цукроза [середнє відсоткове значення маси плівки цукрозина чотирьох видах насіння і гранулах поліетилену складає 17,65%], четверте місце за приростом нанесеної плівки займає крохмаль [середнє відсоткове значення маси плівки крохмалюна чотирьох видах насіння і гранулах поліетилену складає 13,125%], і останньою за кількістю приросту плівкоутворювача є ксантанова смола.

Виходячи з експериментальних даних щодо розчинення полімерної плівки з поверхні зерен насіння впливає, що за ефективністю розчинення плівкоутворювача (втрати його маси) випробуване насіння сільськогосподарських культур можна розмістити у такій мініорантний ряд: найкраще плівко утворювач – крохмаль розчиняється з великих і рівних зерен (кукурудзи і пшениці), а найповільніше з маленьких та шорстких насінин (ріпаку і льону). При цьому залишок плівкоутворювача (крохмалю) після двогодинного перебування у воді не перевищує 0,1-1,0% і свідчить, що природний плівкоутворювач (крохмаль) розчиняється

майже повністю і не впливає у подальшому на ріст сільськогосподарських культур.

Таким чином, загальний висновок за ефективністю плівкоутворення та розчинності плівкоутворювача з поверхні зерен сільськогосподарських культур можна розмістити випробувані біополімери у наступний спадаючий ряд: КМЦ, желатин, цукроза, крохмаль і ксантанова смола. Отже ці біополімери будуть якнайскоріше розкладатися в ґрунті і мінімально впливати на його екологічну чистоту.

Сьогодні захист навколишнього середовища виходить на перший план, тому біополімери завойовують все більшу популярність. Водночас розвиток полімерного матеріалознавства це не тільки вирішення проблеми відходів, а й створення на базі біополімерів сучасних конструкцій для автомобілебудування електроніки та медицини. Тому подальші дослідження синтезу та використання біополімерів, зважаючи на їхні різносторонні властивості, визначатися здебільшого вимогами замовників даної продукції для конкретних цілей.

Література

- 1 Вторичные ресурсы: проблемы, перспективы, технология, экономика: учеб. пособие / Г.К. Лобачев, В.Ф. Желтобрюхов, Л.И. Кутянин, Н.И. Перминова. – Волгоград, 1999. – 180 с.
- 2 Биоразлагаемые полимеры - новый класс полимерных аналогов // Отраслевой сервер ULS: www.Unipak.ru, спец. Выпуск “Всёоплёнках”. – декабрь 2004.
- 3 ISOStandart14855 – 1. 2005. Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials under controlled composting conditions – Method by analysis of evolved carbon dioxide – Part 1: General method ISO Internacional.
- 4 Клинков А.С. Утилизация и вторичная переработка полимерных материалов: учебное пособие / А.С. Клинков, П.С. Беляев, М.В. Соколов. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. – 80 с.
- 5 Вакулич А.М. Перспективи розвитку ринку екологічно безпечних пакувальних матеріалів / А.М. Вакулич, В.П. Колесников, І.Г. Курінна // Європейський вектор економічного розвитку. – 2010. – №1(8). – С 32–36.
- 6 Муравных А.И. Всеобщее управление экологической безопасностью / А.И.Муравных // Экономика природопользования. – 2007. – № 1. – С 14- 21.
- 7 Блинов Н.П. Деякі мікробні полісахариди і їх практичне застосування / Н.П. Блинов // Успіхи мікробіології. – 1982. – 53 с.
- 8 Инкрустирование семян полевых культур и перспективы его внедрения в производство / Диндорого В.Г., Страна И.Т. // Теория и практика предпосевной обработки семян: Сб. науч. трудов. – Киев, 1984. – С. 32-42.
- 9 А.с 1436907 СССР, МКИ А 01С 1/06. Способы предпосевной обработки зерен / В.Л. Волжин, А.А. Осадчий, А.И. Ширшиков (СССР) — № 4157459-30-15 Заявл. 16.10.86; опубл. 15.11.88, Бюл. № 42.
- 10 Mooney В.Р. The second green revolutson? Produktion of plant – based biodegradable plastics // Biochem. J. 2009. – v.418.p. 219 – 232.
- 11 Хитин и хитозан: Получение, свойства и применение: под ред. К.Г. Скрыбина, Г.А. Вихоревой, В.П. Варламова. – М.: Наука, 2002. – 368 с.
- 12 Волова Т.Г. Полиоксиданты – биоразрушаемые полимеры для медицины / Т.Г. Волова, В.И. Севастьянова, Я.И. Шемацкая. – Новосибирск: издательство СО РАН, 2003. – 330 с.
- 13 Утилізація відходів споживання виробів з полістиролу у виробництві капсульованих мінеральних добрив / В.В. Вашук, О.А. Нагурський // Пер-й Всеукраїнський з'їзд екологів: міжнар. наук.-техн. конф., (4–7 жовтня 2006 р.): – Вінниця, 2006. – С. 39.
- 14 Екологічна безпека в агрохімії при використанні полімерних плівкоутворювачів для передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур / Курта С.А., Федорченко С.В., Курта М.С. // Збірник наукових статей міжнародної наукової конференції «Екологічна безпека довкілля та життєдіяльності людини», «Квітка Полонини», Свалявський р-н, с. Солочин 24.02-28.02.2009. – Київ: Знання, 2009. – С.12.
- 15 Курта С.А. Екологічні ресурсозберігаючі технології в агрохімії при використанні полімерних плівко утворювачів для передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур / Курта С.А., Воронич О.Л., Курта М.С. // Матеріали V міжнародної науково-практичної конференції Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення»; м. Алушта 7-11 вересня 2009 р. – Алушта, 2009. – С. 324-328.
- 16 Пат.45057 Україна, МПК (2009) А 01С 1/06 Полімерна композиція для передпосівної обробки насіння / Курта С.А., Миронюк І.Ф., Куцела О.Я., Федорченко С.В., Курта М.С.; Заявник і патентовласник Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника. – u 2009 04832; заявл. 18.05.2009; опубл. 26.10.2009, Бюл. № 20.

Стаття надійшла до редакційної колегії
07.11.11

Рекомендована до друку Оргкомітетом
науково-технічної конференції
“Нафтогазова енергетика – 2011”,
яка відбулася в ІФНТУНГ
10-14 жовтня 2011 р.