

БІОТЕХНОЛОГІЇ

УДК 541.183:532.61
DOI: 10.20535/1810-0546.2017.6.111001

О.В. Карпенко¹, В.А. Волошинець², І.В. Карпенко¹, Т.Я. Покинсьброда^{1*},
І.В. Семенюк¹, Г.Г. Мідяна¹

¹Інститут фізико-органічної хімії і вуглекімії ім. Л.М. Литвиненка НАН України, Львів, Україна

²Національний університет “Львівська політехніка”, Львів, Україна

КОЛОЇДНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДНИХ СИСТЕМ РАМНОЛІПІДНОГО БІОКОМПЛЕКСУ ШТАМУ *PSEUDOMONAS SP. PS-17* З TWEEN-80 ТА ЇХ ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ

Background. Efficiency of mixed systems of biogenic and synthetic surfactants, based on their colloidal chemical properties, in environmentally safe technologies.

Objective. The aim of the paper is the study of the aqueous systems' colloidal characteristics of the rhamnolipid biocomplex with Tween-80 nonionic surfactant, as well as the study of the obtained mixtures' action for the emulsion stabilization and for plant growth stimulation.

Methods. The surface tension of RBC, Tween-80, and their mixture solutions was measured by the Du-Nui method (with a platinum ring). The dependence of the surface tension on the surfactant concentration was determined for mixtures with RBC content, %: 0.0; 11.1; 25.0; 42.9; 66.7; 100. The emulsifying activity of the surfactant mixtures was determined on the emulsification index (E_{24}). The surfactant influence on plants was assessed by their morphometric parameters after presowing seed treatment.

Results. It was found that the obtained mixture behavior, regardless of the surfactant concentration, deviates from the ideal mixture – the deviation is negative, which indicates the predominance of RBC in the surface layer. The shapes of the surface tension curves for different surfactant ratios indicate synergistic effects before and after micelle formation. The optimum ratio in the RBC-Tween-80 system for sunflower growth and sunflower oil emulsification is 2:1.

Conclusions. The peculiarities of colloid-chemical characteristics of RBC and Tween-80 systems are determined, the prospects of their use for increasing efficiency of emulsification and sunflower growth stimulation are determined.

Keywords: surface activity; rhamnolipid biocomplex; Tween-80; surfactant systems; emulsification; plant growth stimulation.

Вступ

Дослідження колоїдно-хімічних властивостей сумішей синтетичних поверхнево-активних речовин (ПАР), синергізму й антагонізму їх дії є одним із актуальних напрямів фізичної хімії. Переважна частина цих досліджень стосуються об'ємних властивостей бінарних розчинів, а також поверхневих властивостей межі вода–повітря [1–3]. Для багатьох сумішей визначено поверхневі натяги розчинів та критичні концентрації міцелування (ККМ), виявлено нелінійні ефекти у бінарних сумішах, вивчено солюбілізацію, зміни фізико-хімічних властивостей залежно від концентрації компонентів та досить повно розроблено термодинамічну теорію розчинів сумішей ПАР і утворення змішаних міцел у розчинах. Проте на сьогодні пріоритетним є застосування біогенних ПАР, які є малотоксичними та біодеградувальними, у різних мийних, пінотвірних композиціях [4]. У таких композиціях використовують і синтетичні ПАР [5, 6], тому вплив сумішей різних за природою ПАР на колоїдно-хімічні

властивості водних розчинів викликає значний інтерес як з теоретичного, так і з практичного погляду.

Раніше було вивчено поверхневу активність водних розчинів рамноліпідних ПАР штаму *Pseudomonas sp. PS-17* і встановлено, що вони є активнішими ПАР, ніж синтетичні емульгатори [4, 7]. За залежністю поверхневої активності водних розчинів рамноліпідних ПАР від концентрації, рН та оптичних характеристик встановлено, що вони належать до ПАР змішаного типу – аніоно-неіоногенних. Завдяки своїм властивостям ці ПАР можуть також бути використані як ефективні емульгатори. Так, раніше було показано, що рамноліпідні ПАР утворюють стабільні емульсії з різноманітними гідрофобними речовинами [8]. Важливим є розроблення ефективних й екологічно безпечних емульгувальних композицій для фармації, косметології, продуктів харчування, тому дослідження нових сумішей на основі біогенних і синтетичних ПАР має велике значення для їх успішного практичного впровадження.

* corresponding author: pokynbroda@ukr.net

Важливою функціональною особливістю ПАР (як біогенних, так і синтетичних) є їх здатність підсилювати дію інших речовин при сумісному використанні. Цю властивість широко застосовують у сучасному сільському господарстві у складі комплексних засобів захисту рослин для покращення позакореневого живлення рослин. Так, використання ПАР у комплексі з пестицидами Раундапом, Уталом, Форсатом у 2 рази знижує норми їх витрат і, відповідно, навантаження на рослини винограду та ґрунт [9]. Цьому сприяє захисна оболонка із міцел ПАР, яка забезпечує кращі умови для росту рослин. Показано, що передпосівна обробка насіння моркви, селери, цибулі їх замочуванням в осмотичних розчинах поліетиленгліколю 6000 (ПЕГ), гліцерину і калій фосфату сприяла збільшенню проростання насіння і схожості порівняно з контролем [10]. Інші синтетичні ПАР (натрій діоктилсульфосукцинат і алкілфенілоксиетилен) у композиціях із фунгіцидами (PP192, дихлорофен) у польових випробуваннях показали ефективність проти кили (*Plasmodiophora brassicae*) капусти та сприяли збільшенню врожаю [11]. Проте в комерційних препаратах використовують переважно синтетичні ПАР, які є шкідливими для довкілля. Це і обумовлює перспективи застосування біоПАР – високоефективних, і в той же час екологічно безпечних. У попередніх наших дослідженнях показано, що продукти біосинтезу бактерій *Pseudomonas* мають значні перспективи для вирощування злакових, бобових та олійних рослин [12–14]. Проте ефективність практичного застосування змішаних систем біогенних і синтетичних ПАР, що базується на їх колоїдно-хімічних характеристиках, при розробленні біотехнологічних препаратів досліджено недостатньо.

Постановка задачі

Мета роботи – вивчення колоїдних характеристик водних систем рамноліпідного біокомплексу з неіоногенною ПАР Tween-80, а також випробування отриманих сумішей для стабілізації емульсій і для стимуляції росту рослин.

Матеріали і методи

Об'єктами досліджень були неіоногенний синтетичний емульгатор Tween-80 фірми Acros Organics, Thermo Fisher Scientific марки ч.д.а. та рамноліпідний біокомплекс (РБК) – продукт синтезу бактеріального штаму *Pseudomonas* sp. PS-17 (із колекції Відділення ФХГК ІнФОВ ім. Л.М. Лит-

виненка НАН України), до складу якого входять рамноліпіди (80 %) та полісахариди (20 %).

Дослідження поверхневого натягу здійснювали за методом дю Нуї (з платиновим кільцем) на тензіометрі KRÜSS K6 ("KRÜSS" GmbH, Німеччина). Для визначення залежностей поверхневого натягу від концентрацій (ізотерм поверхневого натягу) готували водні розчини з таким вмістом РБК у суміші ПАР (% мас.): 0,0; 11,1; 25,0; 42,9; 66,7; 100. Вихідні розчини для дослідження містили 1 % мас. суміші ПАР або окремого ПАР, наступні розчини готували методом послідовних розведень, зменшуючи концентрації удвічі.

Емульгувальну активність препаратів визначали за індексом емульгування [16]. Передпосівне оброблення насіння проводили відповідно до ДСТУ 4138–2002 [17]. Експериментальні дані опрацьовували із використанням загальноприйнятих методів обробки даних у хімічній технології [18].

Результати і їх обговорення

Встановлено, що у водних розчинах сумішей ПАР Tween-80 найменше впливає на поверхневу активність, а РБК – найбільше (рис. 1, а). Вигляд залежностей поверхневого натягу від концентрацій є традиційним для колоїдних ПАР – ділянка стрімкого зменшення поверхневого натягу та ділянка його незмінного значення за концентрацій, більших за ККМ.

ККМ визначали за графіками залежності σ від $\ln C$ (рис. 1, б) як для Tween-80 і РБК, так і для їх сумішей. На рис. 1, б наведено приклад визначення ККМ суміші, що містила 88,9 % мас. Tween-80 та 11,1 % мас. РБК.

Відповідно до псевдофазової моделі міцелуотворення [19] вивчали залежність поверхневого натягу водних розчинів сумішей Tween-80 та РБК від вмісту останнього за концентрацій, більших, близьких та менших за ККМ (рис. 2).

На рис. 2 (а, б) показано, що у всіх випадках значення поверхневого натягу суміші менші за адитивні величини, які відповідають ідеальній змішаній міцелі. Це свідчить, що у міцелах й у розчині між молекулами Tween-80 і компонентами РБК відбуваються міжмолекулярні взаємодії, енергія яких відмінна від енергій взаємодій між молекулами кожного окремого компонента. Це зумовлює збільшення концентрації активнішого ПАР (РБК) у поверхневому прошарку та більшу поверхневу активність суміші порівняно з ідеальною.

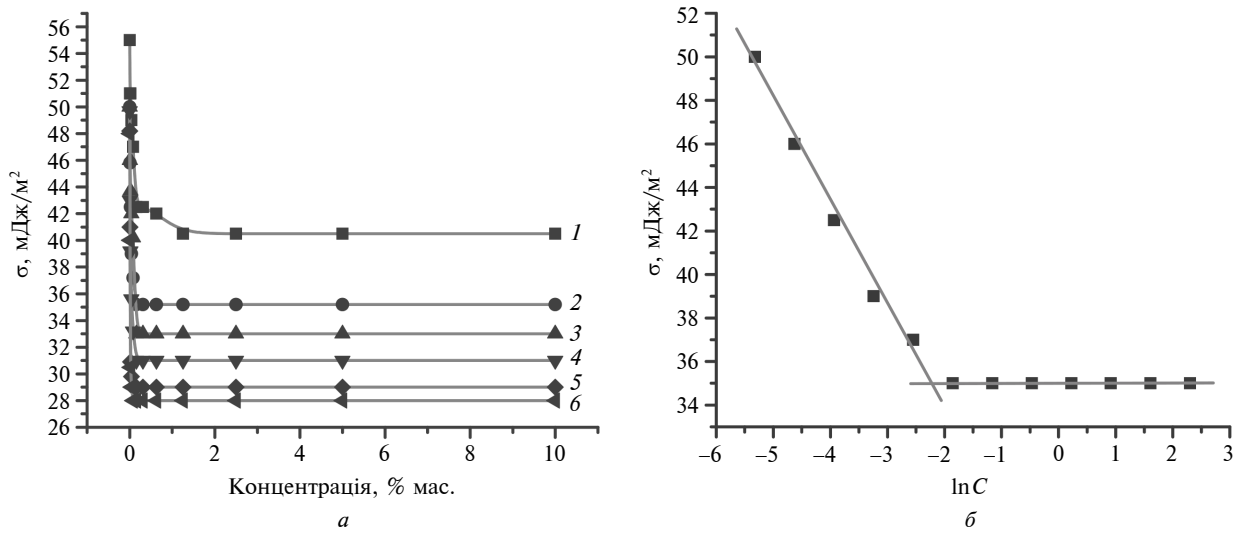


Рис. 1. Залежність поверхневого натягу водних розчинів Tween-80 (1), РБК (6) та їх сумішей від їх загальної концентрації (масовий вміст РБК у суміші, %: 2 – 11,1; 3 – 25,0; 4 – 42,9; 5 – 66,7 (а) та визначення ККМ суміші з 88,9 % Tween-80 і 11,1 % РБК (б)

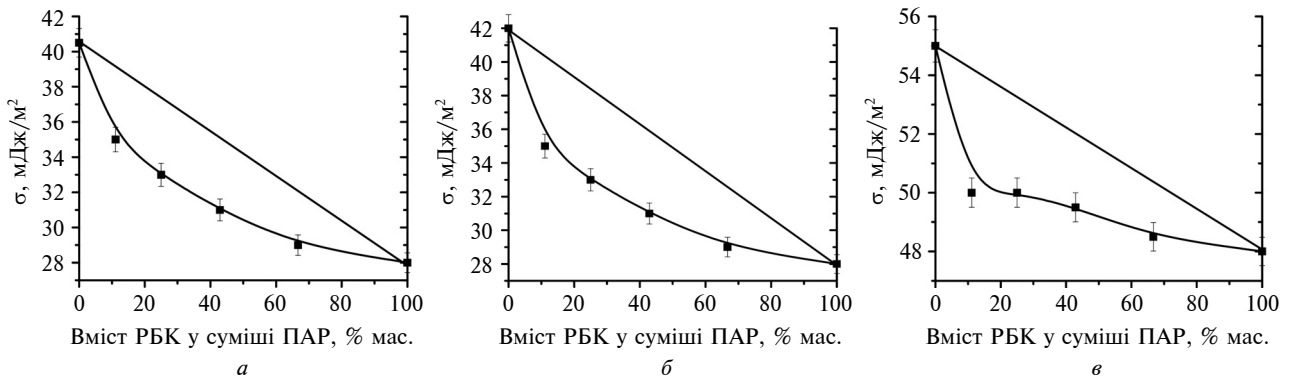


Рис. 2. Залежність поверхневого натягу водних розчинів сумішей Tween-80 і РБК від вмісту РБК на ділянках концентрацій: а – більший за ККМ (1,25–10 %), б – близький до ККМ (0,625 %), в – менший за ККМ (0,004 %), від загальної кількості ПАР у розчинах

На рис. 2, в показано, що за концентрацій, менших за ККМ, спостерігаються залежності, аналогічні до вищих за ККМ, але у цьому випадку зменшення поверхневого натягу на межі з повітрям порівняно з ідеальним розчином відбувається без утворення міцел.

Залежність ККМ від вмісту РБК задовільно описує лінійна залежність (коефіцієнт кореляції 0,92) (рис. 3, а). Відхилення від лінійності можуть бути пов'язані з особливостями формування змішаних міцел.

Натомість залежність мінімального поверхневого натягу від вмісту РБК у сумішах (за найвищої концентрації ПАР) описує експоненціальна залежність із коефіцієнтом кореляції 0,99 (рис. 3, б). Це вказує на усталеність міжмолекулярних взаємодій між Tween-80 і РБК у міцелах й у поверхневому прошарку за таких концентрацій та підтверджує висновок про збільшення вміс-

ту РБК у поверхневому шарі на межі з повітрям відносно загального об'єму розчину.

Для оцінювання можливості практичного застосування визначеної нелінійної залежності поверхневого натягу від складу водних розчинів сумішей ПАР досліджували емульгувальну активність (індекс емульгування і стійкість емульсій ПАР із соняшниковою олією) та ростові (морфометричні) показники соняшнику (при передпосівному обробленні насіння розчинами цих ПАР). Соняшникову олію для дослідження емульгувальної здатності ПАР було вибрано в зв'язку з її практичним використанням у харчових, фармацевтичних і косметичних продуктах.

Дослідження емульгувальної активності здійснювали для сумішей ПАР із різними співвідношеннями РБК і Tween-80 та за різних загальних концентрацій ПАР у розчинах (табл. 1).

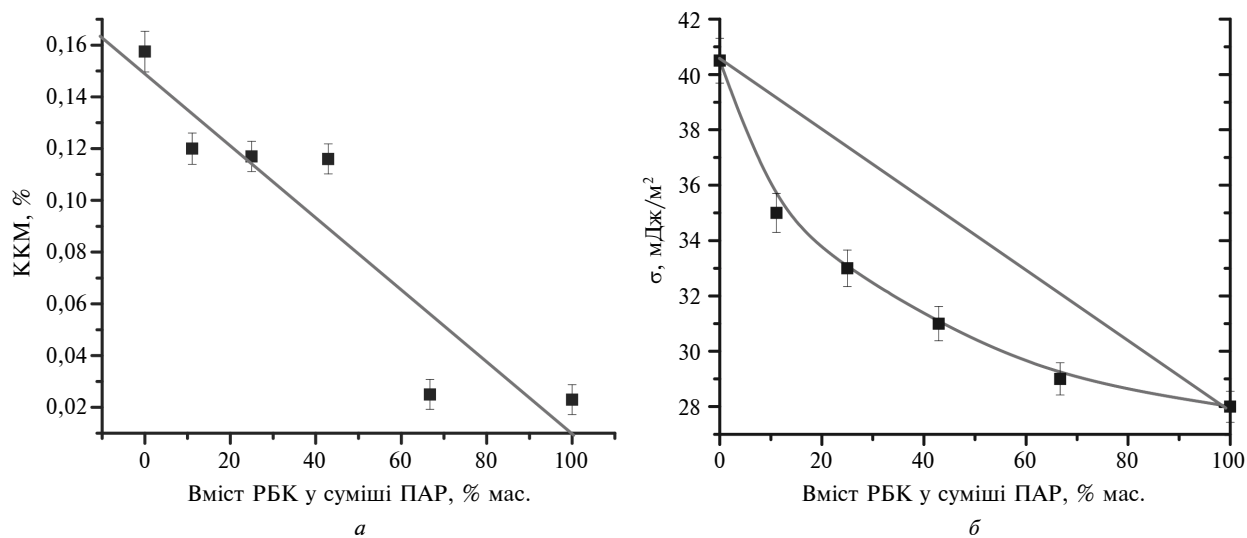


Рис. 3. Залежності ККМ (а) та поверхневого натягу (б) від вмісту РБК (%) у водних розчинах сумішей ПАР (загальна концентрація ПАР 10 г/л)

Таблиця 1. Емульгвальна активність сумішей Tween-80 і РБК із соняшниковою олією

Концентрація Tween-80, г/л	Концентрація РБК, г/л	$E_{24}, \%$	$E_{120}, \%$
3,4	6,6	40	40
1,0	2	41	38
0,5	1	50	49
0,25	0,5	27	25
6,0	4	17	5
3,0	2	45	43
1,5	144	44	43
0,75	0,5	40	40
7,5	2,5	45	44
3,0	1	44	42
1,5	0,5	40	39
2,0	0	43	40
1,0	0	50*	45
0,5	0	40	20
0,0	2	38	33
0,0	1	38	38
0,0	0,5	34	25

Примітки. E_{24} – індекс емульгування в системі ПАР–соняшникова олія через 24 год, E_{120} – індекс емульгування в системі ПАР–соняшникова олія через 120 год; усі показники дослідних варіантів вірогідно відмінні від контролю; * $P \leq 0,05$.

Встановлено, що найефективнішу емульгвальну активність мають суміші при співвідношенні РБК і Tween-80 2:1 та за концентрації

Tween-80 – 0,5 г/л, а РБК – 1 г/л (див. табл. 1). Отримані емульсії соняшникової олії з водною фазою були стабільними і через 5 діб.

Також було встановлено, що змішані поверхнево-активні системи РБК з Tween-80 впливають на проростання насіння соняшнику та його морфометричні показники (при передпосівному обробленні насіння розчинами цих ПАР) (табл. 2). Концентрації рамноліпідного біокомплексу та сумішей вибирали в цих експериментах, орієнтуючись на попередні результати щодо його впливу на рослини [12, 13].

Виявлено, що за передпосівного оброблення насіння соняшнику сумішшю РБК і Tween-80 збільшується їх стимулювальний вплив на рослини порівняно з окремими ПАР. Відомо, що при обробленні насіння розчинами ПАР створюється захисна оболонка, забезпечуються сприятливі умови для початкового росту рослини – у результаті підвищуються енергія проростання і польова схожість, ростові показники тощо [9, 10]. Також біогенні та синтетичні ПАР здатні підсилювати дію хімічних речовин, що зумовлює їх використання у рослинництві, зокрема в композиціях для регуляції росту рослин і препаратах із пестицидною дією [9]. Наприклад, передпосівне оброблення насіння моркви, селери, цибулі розчинами поверхнево-активного поліетиленгліколю 6000 сприяло підвищенню показників схожості, проростання насіння та стимулювало ріст щодо контролю [10]. А деякі аніогенні ПАР – натрій діоктилсульфосукцинат і алкілфенілоксиетилен – підсилювали ефективність фунгіцидів РР192, дихлорофену та сприяли зростанню вро-

Таблиця 2. Вплив сумішей Tween-80 і РБК на схожість і ростові показники соняшнику (за передпосівного оброблення насіння розчинами ПАР)

Варіанти	Схожість %	Пагін		Корінь	
		Довжина, см	Маса, г	Довжина, см	Маса, г
Контроль (вода)	57	3,81 ± 0,19	0,27 ± 0,01	7,69 ± 0,38	0,55 ± 0,02
Tween-80, 0,16 г/л	53	3,74 ± 0,21	0,29 ± 0,01	7,33 ± 0,43	0,48 ± 0,02
Tween-80, 0,78 г/л	56	3,90 ± 0,15	0,26 ± 0,01	7,71 ± 0,38	0,50 ± 0,03
РБК 0,019 г/л	82	4,38 ± 0,24	0,31 ± 0,01	8,67 ± 0,52	0,65 ± 0,03
РБК:Tween-80 = 2:1 (0,02 г/л РБК)	93	5,73 ± 0,22	0,34 ± 0,02	10,86 ± 0,43*	0,81 ± 0,04
РБК:Tween-80 = 2:1 (0,01 г/л РБК)	86	5,53 ± 0,23	0,38 ± 0,02	9,47 ± 0,47	0,73 ± 0,03
РБК:Tween-80 = 2:3 (0,08 г/л РБК)	89	5,06 ± 0,25	0,38 ± 0,02	9,65 ± 0,57	0,73 ± 0,04
РБК:Tween-80 = 2:3 (0,04 г/л РБК)	86	4,99 ± 0,25	0,35 ± 0,02	8,91 ± 0,35	0,71 ± 0,02

Примітки. Усі показники дослідних варіантів вірогідно відмінні від контролю; * $P \leq 0,05$.

жайності [11]. Також раніше було показано, що рамноліпідні ПАР є ефективнішими, ніж стимулятор росту рослин Вимпел (ООО “АГРО-БИО-ТЕХ”) [15].

Встановлено, що за впливом на ростові показники соняшнику та емульгування соняшникової олії оптимальним співвідношенням суміші РБК–Tween-80 є 2:1. Натомість оптимальними концентраціями РБК у суміші для передпосівного оброблення насіння є 0,02 г/л, а для емульгування соняшникової олії – 1 г/л.

Різний концентраційний вплив ПАР на ці процеси пояснюється їх фізико-хімічними властивостями і свідчить про різні механізми їх дії: якщо проникність рослинних мембран регулюється малими концентраціями ПАР, то емульгувальна здатність – вищими.

Висновки

Досліджено колоїдно-хімічні властивості водних розчинів Tween-80 і РБК та показано, що від’ємні відхилення отриманих систем ПАР від ідеальної суміші (за всіх концентрацій Tween-80 і РБК) вказують на переважання вмісту РБК у поверхневому шарі відносно його вмісту в розчині. Причиною збільшення поверхневої актив-

ності сумішей Tween-80 і РБК порівняно з ідеальною сумішшю може бути зміна положення молекул у поверхневому шарі внаслідок міжмолекулярних взаємодій та насичення цього шару гідрофобними групами як рамноліпідного біокомплексу, так і Tween-80.

При оцінюванні практичного застосування композицій ПАР встановлено, що за впливом на ростові показники соняшнику та емульгуванням соняшникової олії оптимальним співвідношенням суміші РБК–Tween-80 є 2:1. Натомість оптимальними концентраціями РБК у суміші для передпосівного оброблення насіння є 0,02 г/л, а для емульгування соняшникової олії – 1 г/л.

Таким чином, встановлено особливості колоїдно-хімічних характеристик змішаних систем рамноліпідного біокомплексу і Tween-80, що стали підґрунтям для створення нових ефективних біотехнологічних препаратів. Отримані результати відкривають перспективи використання сумішей ПАР за участю продуктів біотехнології у промисловості та в сільському господарстві.

У подальшій роботі доцільним буде дослідження можливих ефектів синергізму біоПАР з іншими неіоногенними ПАР, а також із поверхнево-активними речовинами іншої природи – аніоногенними, катіонними чи амфотерними.

Список літератури

1. Соболева О.А., Кривобоківа М.В. Смешанные мицеллы и адсорбционные слои неионогенного поверхностно-активного вещества с катионным (мономерным и димерным) // Вестн. Москов. ун-та. Сер. 2. Химия. – 2004. – 45, № 5. – С. 344–350.
2. Holland H.M., Rubi D.N. Mixed Surfactant Systems // ACS Symp. Ser. – Washington: Amer. Chem. Soc., 1992. – Vol. 501.

3. *Rosen M.J.* Phenomena in mixed surfactant systems // *ACS Symp. Ser.* – Washington: Amer. Chem. Soc., 1986. – Vol. 311.
4. Колоїдні властивості синтетичних емульгаторів та рамноліпиду / А.П. Грабаровська, В.А. Волошинець, І.В. Семенюк та ін. // *Вопросы химии и хим. технологии.* – 2008. – № 6. – С. 149–152.
5. Харлов А., Сакварелидзе М., Ямпольская Г. Свойства смешанных мономолекулярных слоев бычьего сывороточного альбумина (БСА) и неионогенного ПАВ (Твин-80) // *Сб. науч. тр. МКВИ.* – 2007. – С. 54–64.
6. Prieto C., Calvo L. Performance of the biocompatible surfactant Tween 80, for the formation of microemulsions suitable for new pharmaceutical processing // *J. Appl. Chem.* – 2013. – 2013. – 10 p.
7. Коллоидно-химические характеристики продуктов биосинтеза штамма *Pseudomonas sp.* PS-17 / О.В. Карпенко, В.А. Волошинець, И.В. Семенюк та ін. // *Вопросы химии и хим. технологии.* – 2012. – № 2. – С. 30–34.
8. Rhamnolipid CMC prediction / I.E. Kłowska-Chomiczewska, K. Mędrzycka, E. Hallmann et al. // *J. Colloid Interf. Sci.* – 2017. – 488. – P. 10–19.
9. Sachdev D.P., Cameotra S.S. Biosurfactants in agriculture // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 2013. – 97. – P. 1005–1016.
10. Brocklehurst P.A., Dearman J. A comparison of different chemicals for osmotic treatment of vegetable seed // *Annals Appl. Biology.* – 1984. – 105. – P. 391–398.
11. Humpherson-Jones F.M. Effect of surfactants and fungicides on clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) of brassica // *Annals Appl. Biology.* – 1993. – 122. – P. 457–465.
12. Вплив біогенних поверхнево-активних речовин на ріст олійних культур / І.В. Карпенко, Г.Г. Мідяна, О.Я. Карпенко та ін. // *Вісник НУ "Львівська політехніка". Хімія, технологія речовин та їх застосування.* – 2014. – № 787. – С. 254–257.
13. Стимулювання росту злакових рослин поверхнево-активними рамноліпідами / О.В. Карпенко, Н.І. Корецька, Н.С. Щерлова та ін. // *Biotechnologia Acta.* – 2013. – 6, № 6. – С. 94–99.
14. Карпенко І.В., Мідяна Г.Г., Карпенко О.В. Біогенні рамноліпідні ПАВ у комплексних регуляторах росту рослин // *Наукові вісті НТУУ "КПІ".* – 2016. – № 3. – С. 36–41.
15. Перспективи рамноліпідних поверхнево-активних речовин у технологіях вирощування соняшника / І.В. Карпенко, Г.Г. Мідяна, О.Я. Карпенко та ін. // *Вісник НУ "Львівська політехніка". Хімія, технологія речовин та їх застосування.* – 2016. – № 841. – С. 164–168.
16. Batta Y.A. Invert emulsion: Method of preparation and application as proper formulation of entomopathogenic fungi // *MethodsX.* – 2016. – 3. – P. 119–127.
17. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості: ДСТУ 4138–2002. – Чинний від 2004-01-01. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 173 с.
18. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 380 с.
19. Нижник В.В., Волошинець В.А., Нижник Т.Ю. Колоїдна хімія з елементами нанохімії. – К.: Фітосоціоцентр, 2012. – 506 с.

References

- [1] O.A. Soboleva and M.V. Kryvobokova, "Mixed micelles and adsorption layers of a nonionic surfactant with a cationic (monomeric and dimeric)", *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Ser. 2. Himiya*, vol. 45, no. 5, pp. 344–350, 2004 (in Russian).
- [2] H.M. Holland and D.N. Rubi, "Mixed surfactant systems", in *ACS Symp. Ser.*, vol. 501. Washington: Amer. Chem. Soc., 1992. doi: 10.1021/bk-1992-0501.ch001
- [3] M.J. Rosen, "Phenomena in mixed surfactant systems", in *ACS Symp. Ser.*, vol. 311. Washington: Amer. Chem. Soc., 1986.
- [4] A.P. Hrabarova et al., "Colloidal properties of synthetic emulsifiers and rhamnolipid", *Voprosy Himii i Himicheskoy Tehnologii*, no. 6, pp. 149–152, 2008 (in Ukrainian).
- [5] A. Harlov et al., "Properties of mixed monomolecular layers of bovine serum albumin and nonionic surfactant Tween-80", in *Proc. MCVI*, 2007, pp. 54–64 (in Russian).
- [6] C. Prieto and L. Calvo, "Performance of the biocompatible surfactant Tween 80, for the formation of microemulsions suitable for new pharmaceutical processing", *J. Appl. Chem.*, vol. 2013, 10 p., 2013. doi: 10.1155/2013/930356
- [7] O.V. Karpenko et al., "Colloid-chemical characteristics of the products of biosynthesis of *Pseudomonas sp.* PS-17", *Voprosy Himii i Himicheskoy Tehnologii*, no. 2, pp. 30–34, 2012 (in Russian).
- [8] I.E. Kłowska-Chomiczewska et al., "Rhamnolipid CMC prediction", *J. Colloid Interf. Sci.*, vol. 488, pp. 10–19, 2017. doi: 10.1016/j.jcis.2016.10.055
- [9] D.P. Sachdev and S.S. Cameotra, "Biosurfactants in agriculture", *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 97, pp. 1005–1016, 2013. doi: 10.1007/s00253-012-4641-8
- [10] P.A. Brocklehurst and J. Dearman, "A comparison of different chemicals for osmotic treatment of vegetable seed", *Annals Appl. Biology*, vol. 105, pp. 391–398, 1984. doi: 10.1111/j.1744-7348.1984.tb03064
- [11] F.M. Humpherson-Jones, "Effect of surfactants and fungicides on clubroot (*Plasmodiophora brassicae*) of brassicas", *Annals Appl. Biology*, vol. 122, pp. 457–465, 1993. doi: 10.1111/j.1744-7348.1993.tb04049.x

- [12] I.V. Karpenko *et al.*, “Influence of biogenic surfactants on the oilseed growth”, *Bulletin of Lviv Polytechnic National University, Chemistry, Technology of Substances and their Application*, no. 787, pp. 254–257, 2014 (in Ukrainian).
- [13] O.V. Karpenko *et al.*, “Growth stimulation of Gramineae plants by rhamnolipid surfactants”, *Biotechnologia Acta*, no. 6, pp. 94–99, 2013 (in Ukrainian).
- [14] O.V. Karpenko *et al.*, “Biogenic rhamnolipid surfactants in complex plant growth regulators”, *Naukovi Visti NTUU KPI*, no. 3, pp. 36–41, 2016. doi: 10.20535/1810-0546.2016.3.65576 (in Ukrainian).
- [15] I.V. Karpenko *et al.*, “Prospects of rhamnolipid surfactants in technologies for sunflower growing”, *Bulletin of Lviv Polytechnic National University, Chemistry, Technology of Substances and their Application*, no. 841, pp. 164–168, 2016 (in Ukrainian).
- [16] Y.A. Batta, “Invert emulsion: Method of preparation and application as proper formulation of entomopathogenic fungi”, *MethodsX*, vol. 3, pp. 119–127, 2016. doi: 10.1016/j.mex.2016.02.001
- [17] *Agricultural Crop Seeds. Methods for Determining Quality*, Ukraine State Standard 4138–2002, 2003 (in Ukrainian).
- [18] Y.P. Adler *et al.*, *Experiment Planning in the Search for Optimal Conditions*. Moscow, SU: Nauka, 1976 (in Russian).
- [19] V.V. Nyzhnyk *et al.*, *Colloid Chemistry with Elements of Nanochemistry*. Kyiv, Ukraine: Fitosotsiotsentr, 2012 (in Ukrainian).

О.В. Карпенко, В.А. Волошинець, І.В. Карпенко, Т.Я. Покиньюброда, І.В. Семенюк, Г.Г. Мідяна

КОЛОЇДНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДНИХ СИСТЕМ РАМНОЛІПІДНОГО БІОКОМПЛЕКСУ ШТАМУ *PSEUDOMONAS SP.* PS-17 З TWEEN-80 ТА ЇХ ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ

Проблематика. Ефективність застосування змішаних систем біогенних і синтетичних поверхнево-активних речовин (ПАР), що базується на їх колоїдно-хімічних властивостях, в екологічно безпечних технологіях.

Мета дослідження. Вивчення колоїдних характеристик водних систем рамноліпідного біокомплексу з неіоногенною ПАР Tween-80, а також випробування отриманих сумішей для стабілізації емульсій і стимулювання росту рослин.

Методика реалізації. Поверхневий натяг розчинів РБК, Tween-80, їх сумішей визначали за методом дю Нуї з платиновим кільцем. Залежність поверхневого натягу від концентрацій ПАР визначали для сумішей із вмістом РБК, %: 0,0; 11,1; 25,0; 42,9; 66,7; 100. Емульгуювальну активність сумішей визначали за індексом емульгування (E_{24}). Вплив ПАР на рослини оцінювали за їх морфометричними показниками після передпосівного оброблення насіння.

Результати дослідження. Встановлено, що поведінка сумішей, незалежно від концентрацій ПАР, відхиляється від ідеальної: відхилення є від’ємним, що вказує на переважання РБК у поверхневому шарі. Форми кривих поверхневого натягу за різних співвідношень ПАР вказують на синергічні ефекти до та після міцелоутворення. Оптимальним співвідношенням у системі РБК–Tween-80 за впливом на ріст соняшнику та емульгування соняшникової олії є 2:1.

Висновки. Встановлено особливості колоїдно-хімічних характеристик систем РБК і Tween-80, визначено перспективи їх використання для підвищення ефективності емульгуювальної дії та стимулювання росту соняшнику.

Ключові слова: поверхнева активність; рамноліпідний біокомплекс; Tween-80; системи поверхнево-активних речовин; емульгування; стимулювання росту рослин.

Е.В. Карпенко, В.А. Волошинець, І.В. Карпенко, Т.Я. Покиньюброда, І.В. Семенюк, Г.Г. Мідяна

КОЛЛОИДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДНЫХ СИСТЕМ РАМНОЛИПИДНОГО БИОКОМПЛЕКСА ШТАММА *PSEUDOMONAS SP.* PS-17 С TWEEN-80 И ИХ ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ БИОТЕХНОЛОГИИ

Проблематика. Эффективность использования смешанных систем биогенных и синтетических поверхностно-активных веществ (ПАВ), основанная на их коллоидно-химических свойствах, в экологически безопасных технологиях.

Цель исследования. Изучение коллоидных характеристик водных систем рамнолипидного биокомплекса с неионогенным ПАВ Tween-80, а также исследование действия полученных смесей для стабилизации эмульсий и стимуляции роста растений.

Методика реализации. Поверхностное натяжение растворов РБК, Tween-80, их смесей определяли по методу дю Нуи с платиновым кольцом. Зависимость поверхностного натяжения от концентрации ПАВ определяли для смесей с содержанием РБК, %: 0,0; 11,1; 25,0; 42,9; 66,7; 100. Эмульгирующую активность смесей ПАВ определяли по индексу эмульгирования (E_{24}). Влияние ПАВ на растения оценивали по их морфометрическим показателям после предпосевной обработки семян.

Результаты исследования. Установлено, что поведение смесей, независимо от концентраций ПАВ, отклоняется от идеального: отклонение является отрицательным, что указывает на преобладание РБК в поверхностном слое. Формы кривых поверхностного натяжения при различных соотношениях ПАВ указывают на синергический эффект до и после мицеллообразования. Оптимальным соотношением в системе РБК–Tween-80 по действию на рост подсолнечника и эмульгированию подсолнечного масла является 2:1.

Выводы. Установлены особенности коллоидно-химических характеристик систем РБК и Tween-80, определены перспективы их использования для повышения эффективности эмульгирования и стимуляции роста подсолнечника.

Ключевые слова: поверхностная активность; рамнолипидный биокомплекс; Tween-80; системы поверхностно-активных веществ; эмульгирование; стимуляция роста растений.

Рекомендована Радою
факультету біотехнології і біотехніки
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Надійшла до редакції
30 серпня 2017 року