

ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ НАСАДЖЕНЬ ЛЬВОВА ЗА ДОПОМОГОЮ БІОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ

Досліджено імпеданс, поляризаційну ємність та індуквану флуоресценцію деревних насаджень зеленої зони Львова. Встановлено зв'язок між значеннями вибраних біофізіологічних показників, станом фотопігментного комплексу дослідних рослин та умовами їх місцезростання. Проаналізовано результати вимірювань обраних показників у дерев різного функціонального призначення. Визначено адаптаційні можливості рослин-аборигенів і інтродуцентів, а також встановлено закономірність змін досліджуваних параметрів залежно від складу порід. Запропоновано використання цих методів на практиці як високоефективні та точні.

Ключові слова: індуквана флуоресценція, імпеданс, поляризаційна ємність, екотоп, зелена зона Львова.

Вступ. Для вивчення екологічного стану зелених насаджень дедалі ширшого застосування набувають біофізичні методи. Дослідження стану дерев і водоростей з допомогою методу індукваної флуоресценції висвітлено у роботах П.С. Гнатіва [2-4], Н.Я. Лопотич [3], В.Є. Єрохіна [5]. Індуквана флуоресценція є "індикатором" пігментного комплексу та загального функціонального стану рослини.

Інтенсивність життєдіяльності деревних порід у різних умовах середовища характеризують електрофізіологічні показники [7-12, 14, 18, 19]. Зокрема, інтегральними показниками стану дерев є імпеданс і поляризаційна ємність прикамбіальних тканин лубу. Встановлено зв'язок діелектричних показників з ґрунтовими умовами (зокрема вмістом вологи, вмістом полютантів), віковими особливостями, положенням дерев у деревостані, мікрокліматичними умовами, ступенем ураження дерев ентомофауною і фітопатогенами [1, 6, 7, 9-12, 15, 16, 19]. Проте питання імпедансу та поляризаційної ємності залежно від екологічних умов та адаптаційних можливостей деревних насаджень вивчено недостатньо.

Мета роботи – встановити особливості життєдіяльності аборигенних та інтродукованих деревних порід у трансформованих умовах міського середовища та їх адаптивні реакції на фактори довкілля.

Матеріали і методи дослідження. Під час вибору об'єкта дослідження головний акцент зроблено на встановленні градації забруднення у різних екологічних умовах, відповідно до яких здійснено відбір дослідних ділянок (табл. 1).

Кожна з обраних дослідних ділянок характеризується комплексом умов (мікрокліматичних, ґрунтових, аерологічних, антропо-техногенних), які впливають на життєво важливі показники деревних видів і їх екологічний стан загалом. Для дослідження відібрали породи-аборигени – дуб звичайний (*Quercus robur* L.), бук лісовий (*Fagus sylvatica* L.) та породи-інтродуценти – багряник японський (*Cercidiphyllum japonicum* Sieb. et Zucc.) та платан східний (*Platanus orientalis* L.). Такий підбір дає змогу встановити функціональні та адаптаційні особливості організмів у різних умовах середовища.

Табл. 1. Об'єкти дослідження згідно з функціональним призначенням

№ з/п	Категорія озеленення	Назва структурного елемента	Місце розташування	Екологічна характеристика
1	Загальне користування	Парк Львівського національного аграрного університету (ЛНАУ)	вул. В. Великого, м. Дубляни, Львівська обл.	сприятливі
2	Обмежене користування	Ботанічний сад Національного лісотехнічного університету України (НЛТУУ)	вул. Г. Чупринки, м. Львів	відносно сприятливі
3	Спеціальне призначення	Вуличні насадження	вул. Глибока, Г. Тарнавського та Ш. Руставелі	несприятливі та нестабільні

Дослідження індукваної флуоресценції проведено на базі відділу *екотоморфогенезу рослин Інституту екології Карпат НАН України* приладом "Флуоресцентний моторизований мікроскоп Axio Imager M1". Електрофізіологічні показники виміряно у природних умовах портативним переносним приладом Ф 4320 за напрацьованою методикою [9]. Статистичне опрацювання даних здійснено стандартними методами з допомогою прикладної програми MS Excel 2007.

Результати дослідження та їх обговорення. Для екологічного моніторингу, який у сучасних умовах надмірного антропогенного навантаження займає вагоме місце в охороні навколишнього середовища, важливим є використання нових перспективних методів. Особливої уваги заслуговують спектральні та флуоресцентні методи. Їх використовують для діагностики стану пігментного комплексу рослинних організмів різних рівнів [13]. До цієї групи методів належить метод індукваної флуоресценції. Під явищем індукваної флуоресценції розуміють складний процес трансформації світлової енергії у хлоропластах в електричну форму і форму іонних градієнтів, яка спостерігається за освітлення адаптованих до темноти зелених листків. Крива індукції складається зі змінної флуоресценції, яка накладається на фонову [2].

У природних умовах несприятливі фактори можуть пригнічувати різні фізіологічні процеси організму, зокрема фотосинтетичні [2, 3, 13]. Вплив на фотооптичні властивості відображається на кількісних показниках "фізіології" організму. Реєструючи реакцію фотосинтетичного апарату рослини на дії зовнішніх чинників, маємо змогу отримати дані і про стан її місцезростання. В основі вибраного підходу лежить те, що хлорофіл, який знаходиться у фотосинтетичному комплексі (ФК), є своєрідним давачем стану клітин рослин [13]. У разі порушення загального стану ФК відбуваються зміни оптичних показників хлорофілу. Останні використовуємо як джерело інформації для діагностики стану рослини та умов, в яких вона зростає.

Під час дегресивних впливів первинні стадії фотосинтезу не залишаються стабільними. Вони активно регулюються самою клітиною, виходячи з її фізіологічного стану. Процес стабілізації полягає в оптимізації ФК до стану, який забезпечив би нормальний перебіг усіх метаболітичних ланок рослинного організму, що адаптується до трансформованих умов довкілля.

¹ Наук. керівник: проф. В.В. Смітинський, д-р біол. наук

У 2014 р. проведено дослідження індукованої флуоресценції представників дуба та багряника японського різних функціональних насаджень зеленої зони Львова. У процесі досліджень з'ясовано, що показники фотоіндукованої флуоресценції відрізняються залежно від умов місцезростання дерев та їх видових особливостей. Для дуба звичайного показники виглядають таким чином: найбільші значення є у рослин, які ростуть у найбільш сприятливих екологічних умовах – заміському парку (Дубляни). Інтенсивність флуоресценції зменшувалася з переходом до несприятливих умов. Найнижчою вона була на центральних вулицях міста, де власне умови місцезростання є найменш сприятливими [17]. Для багряника японського значення індукованої флуоресценції, порівняно з дубом, має зворотний характер. Найбільші значення зафіксовано у дерев, які ростуть у найбільш несприятливих міських умовах, а найменші – у заміських [17] (рис. 1).

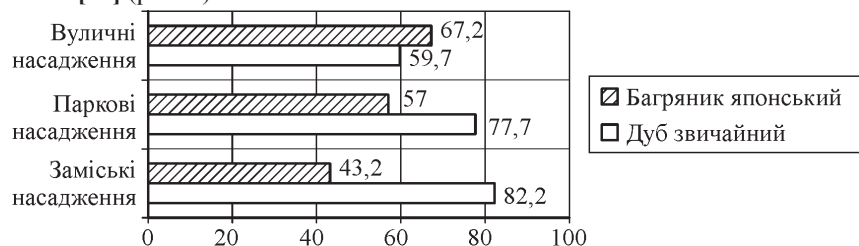


Рис. 1. Динаміка флуоресценції пігментного комплексу деревних рослин, залежно від умов середовища

Сезонні вегетаційні зміни фотооптичних показників асиміляційних органів свідчать про зниження значень індукованої флуоресценції в обох представників, що пояснюється загальним послабленням активності усіх фізіологічно-біохімічних процесів рослин, зокрема стану пігментного комплексу (рис. 2).

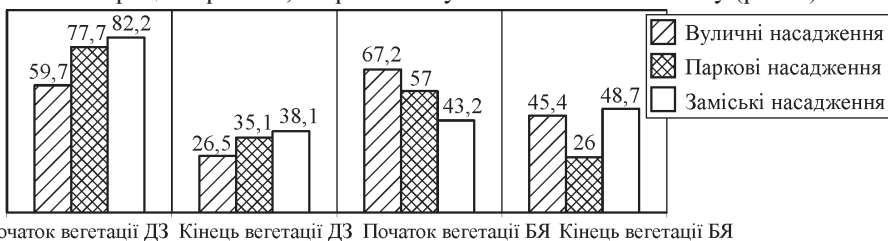


Рис. 2. Показники індукованої флуоресценції у різні періоди вегетації: ДЗ – дуб звичайний, БА – багряник японський

З допомогою методу інтродукованої флуоресценції вдалося виявити, що між фоточутливістю пігментного комплексу та станом навколишнього середовища існує певна залежність. Чим більше антропогенне навантаження, а разом з тим несприятливі умови місця зростання рослин, тим більше падіння показників індукованої флуоресценції. Поясненням цьому є те, що вплив поллютантів на фотооптичні властивості листків здійснюється через деструктивні зміни хлоропластів, що призводить до збільшення кількості хромопластів. Погляди стосовно залежності параметрів флуоресценції від екологічних умов росту росли-

ни різні. Одні автори стверджують, що збільшення показників у сприятливих умовах свідчить про "відмінну" роботу асиміляційного апарату. Інші вважають, що рослини, які тривалий час ростуть у несприятливих екоотопах, адаптуються, внаслідок чого інтенсивність фізіологічних процесів зберігається [2-5, 11, 17].

Дослідження діелектричних показників прикамбіальних тканин лубу проведено у дуба звичайного, бука лісового, багряника японського і платана східного, які ростуть у парку ЛНАУ (Дубляни), дендрарію Ботанічного парку НЛТУ України (Львів) та у вуличних насадженнях Львова (див. табл. 1). Результати дослідження наведено в табл. 2.

З табл. 2 видно, що залежно від екологічних умов відбувається значна диференціація діелектричних показників дерев різних порід. Встановлено найвищі показники імпедансу дуба звичайного, який росте у парку ЛНАУ (9,0 kOm). У дерев Ботанічного саду НЛТУ України він знизився на 20 %, а в особин вуличних насаджень – на 45 %. Поляризаційна ємність у дуба, який росте в Ботанічному саду НЛТУ України, зросла на 41,6 %, а у вуличних насадженнях знизилася на 77,3 %.

Табл. 2. Діелектричні показники різних порід залежно від умов середовища (травень 2014 р.)

Умови росту	Порода	Поляризаційна ємність (С, нФ)			Імпеданс (R, kOm)		
		M^{em}	%	V, %	M^{em}	%	V, %
Парк ЛНАУ	Дуб	1,5 $^{\pm 0,40}$	100,0	44,2	9,0 $^{\pm 1,30}$	100,0	25,3
	Бук	1,6 $^{\pm 0,40}$	100,0	35,1	10,0 $^{\pm 1,10}$	100,0	15,4
	Платан	3,2 $^{\pm 0,60}$	100,0	25,6	7,0 $^{\pm 1,10}$	100,0	22,2
	Багряник	1,0 $^{\pm 0,06}$	100,0	15,3	20,0 $^{\pm 1,40}$	100,0	17,7
Ботанічний парк НЛТУУ	Дуб	2,2 $^{\pm 0,09}$	141,6	8,8	7,2 $^{\pm 0,80}$	80,0	25,8
	Бук	2,1 $^{\pm 0,30}$	128,7	39,1	12,3 $^{\pm 1,30}$	124,2	31,6
	Платан	1,3 $^{\pm 0,05}$	40,5	7,1	13,3 $^{\pm 0,40}$	190,0	5,2
	Багряник	2,2 $^{\pm 0,16}$	224,0	19,0	6,7 $^{\pm 0,40}$	33,5	14,3
Вуличні насадження	Дуб	0,5 $^{\pm 0,05}$	22,7	30,0	5,0 $^{\pm 0,60}$	54,4	26,9
	Бук	0,4 $^{\pm 0,04}$	24,4	16,2	4,0 $^{\pm 0,10}$	39,4	1,8
	Платан	0,2 $^{\pm 0,01}$	7,2	4,6	7,6 $^{\pm 0,70}$	108,6	4,6
	Багряник	0,4 $^{\pm 0,06}$	37,0	31,0	4,3 $^{\pm 0,70}$	21,5	33,7

У бука лісового, порівняно з дубом, спостережено дещо інші закономірності зміни діелектричних показників у різних умовах середовища. Зокрема, встановлено зростання імпедансу у представників бука, які ростуть у Ботанічному саду НЛТУ України та значне зниження у вуличних насадженнях порівняно з деревами парку ЛНАУ. Водночас поляризаційна ємність значно зросла у представників бука Ботанічного саду НЛТУ України та знизилася у вуличних насадженнях.

Показники імпедансу у платана східного виявились низькими (7,0-7,6 kOm) у парку ЛНАУ й у вуличних насадженнях Львова та зросли на 90 % у дерев Ботанічного саду НЛТУ України. Поляризаційна ємність у цієї породи найвищою виявилася у дерев, які ростуть у парку ЛНАУ. У дерев Ботанічного саду НЛТУ України вона знизилася на 59,5 %, а у вуличних наса-

дженів – на 92,8 %. Інтенсивність життєдіяльності багрянника японського найбільш виражена в умовах дендропарку Ботанічного саду НЛТУ України і вуличних насаджень. В цих умовах імпеданс дерев багрянника японського становив 4,3-6,8 кОм. Водночас у дерев парку ЛНАУ він зріс до 20,0 кОм. Найвищу поляризаційну ємність дерев багрянника спостережено в умовах Ботанічного саду НЛТУ України, а в умовах вуличних насаджень вона виявилась найменшою.

Отже, інтенсивність життєдіяльності деревних рослин залежить від їх функціонального стану та умов навколишнього середовища. Деревні породи по-різному реагують на дію негативних факторів довкілля. Однією з ознак адаптивної реакції на дію негативних факторів середовища є посилення процесів і функцій. Дослідження показали, що деревні породи в умовах вуличних насаджень істотно посилюють інтенсивність життєдіяльності порівняно з іншими більш сприятливими екологічними умовами міського середовища. Водночас значення поляризаційної ємності свідчать про погіршення їх стану.

Діелектричні показники характеризують видові особливості деревних рослин та їх диференціацію за інтенсивністю життєдіяльності. Проте не встановлено істотних відмінностей у реакції в аборигенних й інтродукованих деревних порід на дію негативних факторів міського середовища.

Висновки. Біофізичні методи дають змогу достовірно вивчати екологічні параметри середовища росту та фізіологічний стан деревних рослин.

Досліджено, що показники індукованої флуоресценції істотно залежать від умов середовища: чим нижчі значення цього показника, тим несприятливіші умови росту дерев.

Вивчення діелектричних показників у дуба звичайного, бука лісового, багрянника японського та платана східного показує значну диференціацію показників у різних умовах міського середовища. Не встановлено відмінностей показників імпедансу та поляризаційної ємності для аборигенів й інтродуцентів. Встановлено посилення інтенсивності життєдіяльності деревних порід у несприятливих умовах. Водночас значення поляризаційної ємності свідчать про погіршення їх стану.

Література

1. Андреева В.В. Стан сосни звичайної в умовах посиленого антропогенного тиску / В.В. Андреева // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.17. – С. 14-21.
2. Гнатів П.С. Каштан кіньський у Львові і питання екологічної стійкості міських насаджень // Наукові записки Держ. природознав. музею. – Львів. – 2007. – Вип. 23. – С. 75-84.
3. Гнатів П.С. Флуоресценція пігментного комплексу деревних рослин як реакція на техногенні зміни у природному довкіллі Карпат / П.С. Гнатів, Н.Я. Лопотич, Я.Д. Хоркавіць // Лісове і садово-паркове господарство : електронний наук. журнал. – 2014. – № 5.
4. Гнатів П.С. Функціональна адаптація деревних рослин до умов урбанізованого середовища на Заході України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.16 – "Екологія" / П.С. Гнатів. – Чернівці, 2006. – 43 с.
5. Єрохін В.С. Використання люмінесцентного спектрального аналізу для оцінки фізіолого-біохімічного і функціонального стану мікроводоростей / В.С. Єрохін // Наукові записки ТНПУ : зб. наук. праць. – Сер.: Біологічна. – Тернопіль : Вид-во ТНПУ. – 2010. – Вип. 3 (44). – С. 85-87.

6. Данькевич С.М. Стан лісонасінного комплексу сосни звичайної на Малому Поліссі та шляхи збереження його генофонду : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.03.01 – Лісові культури та фітомеліорація / С.М. Данькевич; НЛТУ України. – Львів, 2009. – 25 с.
7. Заїка В.К. Деякі морфологічні особливості формування молодих півсібрових потомств сосни звичайної на Львівському Розточчі / В.К. Заїка // Науковий вісник УкрДЛТУ : зб. наук.-техн. праць. – Сер.: Природничі дослідження на Розточчі. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ. – 1995. – Вип. 4. – С. 132-145.
8. Іваницький Р.С. Відтворення й формування лісостанів за участю сосни звичайної в умовах північно-західного Поділля : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 06.03.03 – Лісознавство і лісівництво / Р.С. Іваницький; НЛТУ України. – Львів, 2011. – 20 с.
9. Криницький Г.Т. Про методику використання електрофізіологічних показників для визначення життєздатності деревних рослин / Г.Т. Криницький // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість : міжвідомч. наук.-техн. зб. – Львів : Вид-во "Світ". – 1992. – Вип. 23. – С. 3-10.
10. Криницький Г.Т. Морфологічні основи селекції деревних рослин : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра біол. наук: спец. 06.03.01 – Лісові культури та фітомеліорація, 03.00.12 – Фізіологія рослин / Г.Т. Криницький; Укр. держ. аграр. ун-т. – К., 1993. – 46 с.
11. Лавний В.В. Електрофізіологічні показники підросту деревних порід / В.В. Лавний, Г.Т. Криницький // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.17. – С. 86-90.
12. Рибак Ю.М. Морфологічні особливості інфікованих фітохворобами дерев сосни звичайної в молодяках Західного Полісся : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 06.03.03 – Лісознавство і лісівництво / Ю.М. Рибак; НЛТУ України. – Львів, 2011. – 20 с.
13. Рубин А.Б. Биофизические методы в экологическом мониторинге / А.Б. Рубин // Соросовский образовательный журнал : сб. науч. тр. – 2000. – Вып. 6, № 4. – С. 7-13.
14. Рутковский И.В. Электрофизиологический метод определения состояния древесных растений // Вестник с/х науки : сб. науч. тр. – 1965. – № 4. – С. 35-38.
15. Сбитна М.В. Морфологічні показники плосових дерев сосни звичайної Київського Полісся та їх зв'язок із господарсько цінними ознаками / М.В. Сбитна // Науковий вісник НУБіП України : зб. наук. праць. – К. : Вид-во НУБіП України. – 2012. – Вип. 171, ч. 3. – С. 212-218.
16. Сміль О.В. Електропровідність прикамбальних тканин лубу деревних порід м. Львова як один з показників функціональної адаптації / О.В. Сміль // Рослини та урбанізація : тези доп. III Міжнар. форуму студ., аспірантів і молод. вчених, 23-24 квітня 2015 р. – Дніпропетровськ : Вид-во Дніпропетр. НУ ім. Л. Гончара, 2015. – С. 452-454.
17. Сміль О.В. Флуоресцентні властивості листового апарату деревних рослин залежно від умов зростання / О.В. Сміль // Рослини та урбанізація : тези доп. IV Міжнар. наук.-практ. конф., 25-26 листопада 2014 р. – Дніпропетровськ : Вид-во Дніпропетр. ДАЕУ, 2014. – С. 50-52.
18. Mac Dougall R.G. The use of electrical capacitance to determine growth and vigor of spruce and fir trees and stands in New Brunswick / R.G. Mac Dougall, D.A. MacLen, R.G. Thomson // Can. J. Forest Res. – 1988. – № 5. – Pp. 587-594.
19. Mac Dougall R.G. Stem electrical capacitance and resistance measurements and related to total foliar biomass of balsam fir trees / R.G. Mac Dougall, R.G. Thomson, P. Harald // Can. J. Forest Res. – 1987. – № 9. – Pp. 1070-1074.

Сміль О.В. Оценка экологического состояния насаждений города Львов с помощью биофизических методов

Исследованы импеданс, поляризационная емкость, а также индуцированная флуоресценция древесных насаждений зеленой зоны Львова. Установлена связь между значениями выбранных биофизиологических показателей, состоянием фотопигментного комплекса опытных растений и условиями их роста. Проанализированы результаты измерений выбранных показателей для деревьев различного функционального назначения. Определены адаптационные возможности деревьев аборигенов и интродуцентов, а также установлена закономерность изменений исследуемых параметров в зависимости от состава пород. Предложено использование данных методов на практике как высокоэффективные и точные.

Ключевые слова: индуцированная флуоресценция, импеданс, поляризационная емкость, экотоп, зеленая зона Львова.

Smal O.V. The Estimation of the Environmental State of Planting of the City of Lviv by Means of Biophysical Methods

Impedance, polarization capacity and induced fluorescence of the tree plantations of the green zone of the city of Lviv are investigated. The relationship between the values of selected bio-physiological parameters, the state of photo pigment complex of research plants and their growth conditions are identified. The results of measurements of selected parameters in trees of different functionality are analysed. Adaptive capacity of aboriginal plants and introduced species is defined, and also pattern changes of research parameters depending on the rocks composition are described. The use of these methods in practice as highly effective and accurate ones is suggested.

Keywords: induced fluorescence, impedance, polarization capacity, ecotype, green area of the city of Lviv.

3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ

УДК 663.531:577.152.3

Доц. С.Р. Мельник, д-р техн. наук;

доц. Л.І. Шевчук, д-р техн. наук; доц. Ю.Р. Мельник, канд. техн. наук;

студ. О.Л. Бойчук – НУ "Львівська політехніка"

ОТРИМАННЯ РОЗРІДЖЕНОЇ МАСИ З РІЗНИХ ЗЛАКОВИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТУ FILTRASE BRX

Наведено результати дослідження впливу ферментного препарату Filtrase BRX на закономірності отримання розрідженої маси з різних зернових культур: ячменю, вівса і пшениці. Визначено вплив ферментного препарату Filtrase BRX на в'язкість розрідженої маси, приготованої зі зазначених зернових культур за співвідношень зерно: вода – 1: (3-10). Показано, що використання Filtrase BRX сумісно із ферментним препаратом Amilex 4T, насамперед, впливає на зменшення кінематичної в'язкості розрідженої маси і, меншою мірою, – на зміну вмісту сухих речовин. Встановлено, що застосування ферментного препарату Filtrase BRX дає змогу зменшити витрату електроенергії в одному апараті термоферментативного оброблення у разі розрідження замісу з вівса на 29,8 %, а в разі розрідження замісу з ячменю – на 12,1 %.

Ключові слова: ферментний препарат, ксиланаза, амілаза, глюканаза, в'язкість, сухі речовини, ячмінь, овес, пшениця.

Вступ. В'язкість є одним з найважливіших технологічних показників середовищ спиртового виробництва, оскільки впливає на вихід спирту, вміст незброджених цукрів і інші техніко-економічні показники. Висока в'язкість розрідженої маси, отриманої водно-тепловим обробленням зернового замісу, зумовлює збільшення енергетичних витрат на її транспортування трубопроводами і перемішування, сприяє утворенню застійних зон та погіршенню умов ферментативного гідролізу крохмалю і його похідних. Застосування ферментних препаратів (ФП) розріджувальної дії (бактеріальної α -амілази) на стадії водно-теплого оброблення замісу дає змогу поряд з підвищенням концентрації сухих речовин суслу зменшити в'язкість суслу та інтенсифікувати процеси осукрювання й бродіння. Водночас, використання різного типу глюканаз і ксиланаз, які здатні розщеплювати гумі-речовини, також дає змогу істотно зменшити в'язкість середовища [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Реологічні властивості замісів залежать, насамперед, від концентрації крохмалю, розміру частинок подрібненої сировини, швидкості нагрівання та виду використовуваних ФП. За відсутності ферментів відбувається повне набрякання й клейстеризація крохмалю сировини, в'язкість замісу зростає, він втрачає текучість і важко транспортується [2]. Зокрема, у роботі [3] досліджено вплив концентрації зернових замісів на реологічні властивості розрідженої маси. Показано, що заміс із співвідношенням жито: вода – 1:2 є в'язкопластичним середовищем, а заміси з нижчою концентрацією сухих речовин є практично ньютонівськими рідинами за температури до 60 °С, хоча за подальшого підвищення температури відбувається розварювання зерна, заміс змінює властивості, а за 80 °С маса набуває властивостей в'язкопластичних середовищ.