

## ЦИТОЛОГІЧНІ МАРКЕРИ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ШВИДКОСТІ РОСТУ ВИДІВ І ГІБРИДІВ ТОПОЛЬ

Досліджено ростові характеристики вкорінених живців різних видів, гібридів і клонів тополь (тополя Волосистоплода, гібрид Канадська × Бальзамічну, клони Дружба, Роганська, Стрілоподібна, Тронко) та визначено рівень інтенсивності поділу клітин меристем їх корінців. Кореляційний аналіз виявив зв'язок між рівнем мітотичної активності клітин і середніми показниками довжини та діаметра однорічного приросту (0,662 та 0,623 відповідно). Отримані результати дають змогу запропонувати мітотичний індекс клітин як маркерну ознаку для прогнозування швидкості росту тополь на ранніх етапах розвитку.

**Ключові слова:** тополя, сорт-клон, вкорінені живці, меристема, мітотичний індекс.

**Постановка наукової проблеми.** Пошук альтернативних видів енергії став критично важливою проблемою в часи посилення енергетичної кризи. Тому нагальною потребою сьогодення є розвиток біоенергетичного сектору України. У лісовій галузі задля цього дуже перспективним є створення плантаційних лісових культур швидкорослих порід із коротким періодом вирощування [1, 2]. Найбільш придатними для створення таких біоенергетичних плантацій є різні види, сорти, гібриди та клони тополь.

Інтенсивні селекційні роботи зі створення перспективних сортів-клонів та гібридів тополь проводяться в Україні ще з 50-х років минулого сторіччя [6]. Сьогодні накопичено значний гібридний фонд тополь та верб, представлений, зокрема, на Балаклейській сортодільниці (ДП "Балаклейське ЛГ", Берестівське л-во Харківської обл.) та в Лазірківському розсаднику (ДП "Лубенське ЛГ" Полтавської обл.). Але ще залишається відкритим питання щодо виявлення максимально швидкорослих та перспективних для біоенергетики видів і гібридів. Як відомо, відзначною властивістю деревних порід є довготривалий онтогенез і навіть для найбільш швидкорослих порід потрібно багато років для прояву ознак росту та продуктивності. З огляду на це, актуальності набуває питання розробки експрес-методів оцінювання швидкості росту деревних порід на ранніх етапах розвитку за допомогою біологічних, цитологічних маркерів. Зокрема особливої уваги заслуговує вивчення меристематичних клітин, поділ яких є основою росту та продуктивності рослин. Дослідження цитогенетичних характеристик меристем деревних рослин дають змогу простежити зміни генетично зумовлених властивостей ще до моменту їх фенотипічного прояву [3, 5]. Саме характеристики мітотичної активності меристем можуть стати маркерними для прогнозування швидкості ростових процесів деревних порід на ранніх етапах розвитку.

Вивчення мітотичної активності клітин досить широко використовується під час дослідження сільськогосподарських рослин [4], а для лісових деревних видів цей показник застосовується недостатньо [3, 7].

**Метою роботи** було визначення залежності між ростовими характеристиками вкорінених живців тополь та показниками інтенсивності поділу клітин їхніх меристем для подальшого розроблення експрес-методу прогнозування швидкості росту на ранніх етапах.

**Об'єкти та методика.** Для створення маточної плантації різних сортів, гібридів та видів тополь і верб у березні 2013 р. на Балаклейській сортодільниці та в Лазірківському розсаднику було зрізано гілки різних видів і сортів тополь та верб. З гілок було заготовлено живці та закладено на вкорінення у відкритому ґрунті та в теплиці Південного л-ва Данилівського ДДЛГ Харківської обл. У середині жовтня було проведено облік та обміри ростових характеристик вкорінених живців. Зокрема вивчено такі варіанти: тополя ВОЛОСИСТОПЛОДА – вид північноамериканського походження зі секції бальзамічних тополь (*Populus trichocarpa* Torr. Et Gray); клон ДРУЖБА – штучний гібрид тополі волосистоплодої (*P. trichocarpa* Torr. Et Gray) та тополі лавролистої (*P. laurifolia* Ldb.); РОГАНСЬКА – клон китайської пірамідальної тополі (*P. Simonii f. fastigiata*); сорт-клон СТРИЛОПОДІБНА – штучний гібрид тополі дельтоподібної (*P. deltoides* Marsch.) та тополі пірамідальної (*P. pyramidalis*); сорт-клон ТРОНКО – природний євроамериканський гібрид (*P. x euramericana* (Dode)) італійської селекції; гібрид Канадська × бальзамічну – штучний гібрид тополі канадської (*P. deltoides* Marsch.) та тополі бальзамічної (*P. balsamifera* L.).

Для кожного живця визначено кількість новоутворених пагонів та виміряно довжину та діаметр однорічного приросту найбільшого з них. Також, одночасно з цим, було вивчено рівень мітотичної активності клітин у корінцях живців зазначених клонів, видів і гібридів тополь для подальшого розроблення експрес-методу оцінювання швидкості росту. Задля цього зрізані навесні живці було розміщено в лабораторних умовах у скляні посудини з водою для утворення корінців. Коли довжина корінців сягала 3-7 см, їх кінчики зрізано (у ранкові години доби) та зафіксовано в розчині Карнуа (3:1). Після цього вміщено у 70° етиловий спирт та збережено у холодильнику. Для приготування тиснених препаратів проведено фарбування ацетозалізогоматоксиліном. Стандартну методику фарбування [8] цим реактивом було модифіковано відповідно до тополі (час мацерації клітин за допомогою 3N HCl було скорочено до 3 хв; у розчині 45 % оцтової кислоти зі слідами хлорного заліза корінці витримано 10 хв, після цього фарбовано ацетозалізогоматоксиліном за Шоферистовою протягом 1 год). Тиснені препарати готовано у Суміші Гойєра.

Виготовлені таким чином препарати вивчено за допомогою мікроскопу AxioStar Carl Zeiss та сфотографовано. Всього було проглянуто більше 10000 клітин. Фотографії оброблено за допомогою програми AxioVision. Приклади фото наведено на рисунку. Для кожного виду та гібриду визначено середній рівень мітотичної активності клітин за допомогою мітотичного індексу. Мітотичний індекс (MI) – відношення числа клітин, що перебувають у мітозі, до їх загальної кількості у тканині, що досліджується:  $MI = \frac{(П+М+А+Т)}{(I+П+М+А+Т)} * 100\%$  (I – інтерфаза, П – профаза, М – метафаза, А – анафаза, Т – телофаза). Також вчислено індекси окремих фаз мітозу (частка клітин в окремій фазі від загальної кількості виражена у відсотках).

**Виклад основного матеріалу.** Результати обмірів ростових показників однорічних приростів вкорінених живців подано у табл. 1.

Кількість новоутворених пагонів для різних варіантів змінювалася від 1 до 5. За даними обмірів визначено велику варіабельність ростових характе-

ристик. Середня довжина однорічного приросту досліджених тополь змінюється від 43,2 см (Тронко) до 130,3 см (Волосистоплода). Найбільш швидко-рослими виявилися клони Дружба та Стрілоподібна – середні прирости у висоту 124,1 та 120,0 см відповідно. Найменше значення середнього діаметра однорічного приросту виявлено для клону Тронко (4,4 мм), найбільше – для гібриду Канадська х Бальзамічну (9,5 мм). Для клону Стрілоподібна характерний не максимальний, а значний приріст і у висоту, і за діаметром – 8,2 мм (табл. 1).

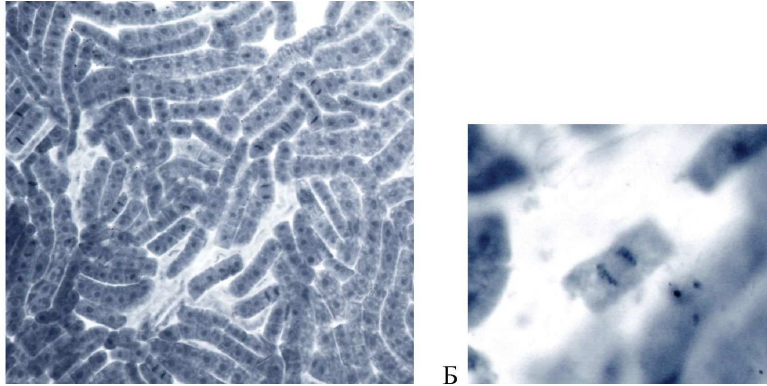


Рис. Клітини апікальної меристеми коріньців живців тополі: А – загальний вигляд клітин на різних стадіях поділу; Б – окрема клітина в анафазі

Табл. 1. Ростові характеристики приростів вкоріненних живців різних клонів, гібриду та виду тополь

Назва клону, гібриду, виду	Середня довжина однорічного приросту, см	Середній діаметр однорічного приросту, мм
	$H^{zh}$	$D^{zd}$
Дружба	124,1 $^{±10,43}$	7,0 $^{±0,54}$
Роганська	95,6 $^{±4,68}$	5,2 $^{±0,27}$
Тронко	43,2 $^{±3,59}$	4,4 $^{±0,24}$
Стрілоподібна	120,0 $^{±6,49}$	8,2 $^{±0,43}$
Канадська х Бальзамічну	97,4 $^{±13,31}$	9,5 $^{±0,97}$
Волосистоплода	130,3 $^{±7,95}$	8,0 $^{±0,39}$

Показники рівню мітотичної активності клітин у корінцях живців зазначених клонів, виду та гібриду тополь наведено в табл. 2

Табл. 2. Рівень мітотичної активності клітин коріньців живців різних клонів, гібриду та виду тополь

Назва клону, гібриду, виду	МІ, %	Профази		Метафази		Анафази		Телофази	
		%	% від МІ	%	% від МІ	%	% від МІ	%	% від МІ
Дружба	1,60	0,66	41,3	0,40	25,0	0,20	12,5	0,34	21,3
Роганська	2,40	1,00	41,7	0,60	25,0	0,30	12,5	0,50	20,8
Тронко	1,27	0,60	47,4	0,40	31,6	0,13	10,5	0,13	10,5
Стрілоподібна	3,07	1,20	39,1	0,73	23,9	0,60	19,6	0,53	17,4
Канадська х Бальзамічна	2,40	1,20	50,0	0,60	25,0	0,20	8,3	0,40	16,7
Волосистоплода	2,85	0,98	34,3	0,79	27,7	0,42	14,6	0,67	23,4

Примітка: МІ – мітотичний індекс.

Результати проведених досліджень показали, що максимальним рівнем мітотичного індексу характеризується тополя Стрілоподібна (3,07 %) мінімальним – Тронко (1,27 %). Показники індексів окремих фаз мітозу виявилися малоінформативними. За даними інших дослідників [3], вони можуть свідчити про тривалість перебігу окремих фаз мітозу. Загальною відмінністю для всіх досліджених клонів, виду та гібридів тополь виявлено перевагу кількості клітини у профазі (частка від МІ становить від 34,3 до 50,0 %). Тобто можна зробити припущення, що ця стадія мітозу є найбільш довготривалою, що не суперечить загальновідомим даним [5].

Для подальшої розробки експрес-методу прогнозування швидкості росту гібридів тополі визначено зв'язок рівня мітотичної активності клітин із окремими ростовими показниками. Кореляційний аналіз виявив такі зв'язки: між рівнем МІ клітин та середньою довжиною однорічного приросту ( $r = 0,662$ ); між рівнем МІ клітин та середнім діаметром однорічного приросту ( $r = 0,623$ ). Тобто рівень зв'язку достатньо тісний. Це дає змогу припустити, що мітотичний індекс клітин апікальних меристем можна запропонувати як маркерну ознаку для попереднього прогнозування швидкості росту тополь на ранніх етапах розвитку в лабораторних умовах.

**Висновки.** Одночасне вивчення ростових та цитологічних характеристик вкоріненних живців різних клонів, видів і гібридів тополь дало змогу вперше виявити зв'язок між рівнем мітотичної активності клітин меристем і середніми показниками довжини та діаметра однорічного приросту. За умови подальшого підтвердження отриманих результатів, визначення мітотичного індексу клітин можна запропонувати як експрес-метод для прогнозування швидкості росту тополь на ранніх етапах розвитку.

### Література

1. Дебринок Ю.М. Платанційні лісові насадження як об'єкти невичерпного виробництва енергетичної біомаси / Ю.М. Дебринок // Лісівництво і агролісомеліорація : зб. наук. праць. – Харків : Вид-во УкрНДЛГА. – 2009. – Вип. 116. – С. 170-178.
2. Дебринок Ю.М. Насадження з коротким оборотом рубки як відновлюване джерело енергії / Ю.М. Дебринок // Науковий вісник НУБіП України : зб. наук. праць. – К. : Вид-во НУБіП України. – 2010. – Вип. 147. – С. 201-208.
3. Калаев В.Н. Цитогенетические характеристики семенного потомства деревьев березы повислой в Хреновском бору / В.Н. Калаев, С.С. Карпова, В.Г. Артюхов, С.М. Матвеев, В.И. Таранков // Лесоведение : науч.-теорет. журнал. – М. : Изд-во "Наука". – 2009. – № 3. – С. 43- 51.
4. Лебедев П.В. Суточная ритмика митозов в верхушечных меристемах ежи / П.В. Лебедев, И.А. Уткина, М.Ф. Мельникова, Г.Я. Кириллова // Записки Свердловского отделения Всесоюз. бот. о-ва. – 1977. – № 7. – С. 107-110.
5. Марс Э.М. Структура клеточного цикла и ритм делений клеток в меристемах растений. / Э.М. Марс, В.Г. Гриф // Цитология и генетика : междунар. науч. журнал. – 1996. – Vol. 38, № 8. – С. 842-853.
6. Старова Н.В. Селекция ивовых / Н.В. Старова. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1980. – 208 с.
7. Торосова Л.О. Динаміка мітотичної активності клітин меристеми хвої модрина західної (*Larix occidentalis* Nutt.) // Лісівництво і агролісомеліорація : зб. наук. праць. – Харків : Вид-во УкрНДЛГА. – 2008. – Вип. 113. – С. 206-209.
8. Шоферистова Е.Г. К методике окраски хромосом и пыльцы / Е.Г. Шоферистова // Ботанический журнал : науч. период. журнал. – 1973. – Т. 58, № 7. – С. 1011-1012.

**Торосова Л.А. Цитологические маркеры для прогнозирования скорости роста видов и гибридов тополей**

Исследованы ростовые характеристики укорененных черенков разных видов, гибридов и клонов тополей (тополь Волосистоплодный, гибрид Канадский × Бальзамический, клоны Дружба, Роганский, Стреловидный, Тронко) и определен уровень интенсивности деления клеток меристем их корешков. Корреляционный анализ выявил связь между уровнем митотической активности клеток и средними показателями длины и диаметра однолетнего прироста (0,662 и 0,623 соответственно). Полученные результаты дают возможность использовать митотический индекс клеток меристем в качестве маркерного признака для прогноза скорости роста тополей на ранних этапах развития.

**Ключевые слова:** тополь, сорт-клон, укорененные черенки, меристема, митотический индекс.

**Torosova L.O. Some Cytological Markers for the Forecasting of Growth Rate of Poplar Species and Hybrids**

Growth characteristics of the rooted cuttings of different species, hybrids and clones of poplars (*Populus trichocarpa* Torr. Et Gray, a hybrid *P. deltoides* Marsch. × *P. balsamifera* L., the clones *Druhba*, *Rogansky*, *Strilopodibny*, *Tronko*) are investigated and the level of intensity of cell division of meristems of their roots is defined. The correlation analysis revealed the connection between the level of mitotic activity of cells and average values of the one-year sprouts' length and diameter (0,662 and 0,623 respectively). The received results give the possibility to offer a mitotic index of meristems' cells as a marker sign for forecasting of growth rate of poplars at early stages of development.

**Key words:** poplar, grade-clone, meristem, cuttings, mitotic index.

УДК 630\*5:582.632.1(477.51/52)

Аспір. Я.В. Ковбаса<sup>1</sup> –

НУ біоресурсів і природокористування України, м. Київ

**МОДЕЛЮВАННЯ МОРТМАСИ ДЕРЕВНОЇ ЛАМАНІ БЕРЕЗОВИХ ЛІСІВ СХІДНОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ**

Опрацьовано наявний досвід оцінки запасів відмерлої органічної речовини дерев у лісових біогеоценозах. Висвітлено методичні особливості поділу мортмаси деревної ламані на класи деструкції. Здійснено оцінку деревної ламані в насадженнях берези повислої (*Betula pendula* Roth.) Східного Полісся України. Встановлено базисну щільність мортмаси деревної ламані за класами розкладання. Проведено статистичний та графічний аналіз мортмаси деревної ламані залежно від основних таксаційних показників. Розроблено математичні моделі для оцінки запасу мортмаси в абсолютно сухому стані на 1 га лісових насаджень.

**Ключові слова:** *Betula pendula* Roth., мортмаса, деревна ламань, середній діаметр, середня висота, базисна щільність, класи деструкції, Східне Полісся України.

Ліси є надзвичайно цінним природним та відновним ресурсом. Зусилля, спрямовані на ефективне ведення лісового господарства з орієнтацією на стале природокористування, дало змогу збільшити площу лісів в Україні, а відповідно – і лісистість території країни до 15,9 % [5]. Береза повисла є швидкорослою деревною породою, яка здатна швидко накопичувати вуглець. Береза в Україні займає 5,7 % [5] від загальної площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок. У Східному Поліссі України, де досліджувана деревна порода формує про-

дуктивні деревостани, спостерігається стрімке збільшення площ заліснених березою, зокрема на землях, що вийшли з сільськогосподарського використання.

**Актуальність роботи** визначається тим, що березові ліси передусім забезпечують виконання екологічних функцій, головною з яких є здатність депонувати вуглець деревною біомасою. Для вирішення ресурсознавчих, енергетичних і екологічних проблем лісів досліджуваного регіону потрібна розроблення комплексу нормативно-інформаційного забезпечення для оцінки запасів мортмаси в лісових насадженнях.

Дослідження особливостей росту, продуктивності, товарності та сортиментної структури березових насаджень здійснювали Г.О. Порицький [10], М.Є. Лішук [4], О.А. Гірс [4], П.І. Лакида [6, 7], Л.М. Матушевич [6], А.М. Білоус [1,2]. Проведені дослідження були спрямовані на вирішення проблем ресурсозабезпечення та екологічної ролі лісів. Отримання достовірних даних про кількість відмерлої рослинної органічної речовини березняків у регіоні Східного Полісся України дасть змогу встановити вміст у ній вуглецю.

**Метою роботи** є встановлення якісних та кількісних параметрів мортмаси деревної ламані, а також розроблення математичних моделей для її оцінки.

У процесі життєдіяльності деревних рослин відбувається природній відпад. Древа, які відмерли і втратили природне просторове положення, внаслідок утворюють деревну ламань. Накопичення мертвої деревини у вигляді сухостою, деревної ламані, відмерлих сучків і гілок є цілком природним і закономірним явищем, яке продовжується протягом усього існування насадження. У процесі боротьби за існування відмирає більше 92-97 % від початкової кількості дерев [8].

Відмерла деревина є важливим структурним компонентом лісових екосистем і відіграє ключову роль у багатьох аспектах їх функціонування, впливаючи на біологічні, фізичні та геохімічні процеси. Відмерла деревина є основним місцем проживання для комах, дуплогніздих птахів, мохів та кислотрофних грибів. Після гуміфікації відмерла деревина також стає важливим компонентом лісових ґрунтів [9].

Мортмаса деревної ламані – відмерла рослинна органічна речовина, яка включає мортмасу цілих дерев або їх частин, які утворилися внаслідок дії несприятливих факторів на живі дерева або за результатами деструкції деревини сухостійних дерев. До мортмаси деревної ламані належать також пні до 1,3 м, а також залишки і втрати неліквідної деревини під час лісозаготівельних робіт [1, 2]. Збір дослідного матеріалу (рис. 1) проведено в межах поліських районів Чернігівської та Сумської областей. У Чернігівській обл. тимчасові пробні площі закладено на Борзнянському, Городнянському, Добрянському, Холминському та Прилуцькому державних підприємствах лісового господарства, а також у Щорському райагролісгоспі. У Сумській обл. дослідження проводились на ДП "Кролевецьке лісомисливське господарство".

**Методика та матеріали.** Програма досліджень передбачала закладання тимчасових пробних площ у березових насадженнях згідно з чинними лісотаксаційними вимогами [10]. Для дослідження біопродуктивності лісів було оп-

<sup>1</sup> Наук. керівник: ст. наук. співроб. А.М. Білоус, канд. с.-г. наук