

УДК 630*12:581.1

І.П. ТЕРЕЛЯ¹, Н.З. КЕНДЗЬОРА², В.К. ЗАЙКА³СТРУКТУРА ФІТОМАСИ ДЕРЕВ ХВОЙНИХ ПОРІД
ТА ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЇЇ ФОРМУВАННЯ

Досліджено ріст сосни звичайної, ялини європейської, модрина європейської у 2-6-річних лісових культурах та формування фітомаси, накопичення золи і зольних елементів у різних органах і частинах дерев, а також особливості біосинтезу пластидних пігментів в умовах свіжої грабово-соснової судіброви Львівського Розточчя. Встановлено інтенсивне збільшення росту та нагромадження фітомаси деревами хвойних порід у часі. Маса дерев сосни в культурах від 2 до 6 років збільшується в 38 разів, ялини – в 54 рази, а модрина – в 11 разів. Коефіцієнт абсолютно сухої речовини у фітомасі хвойних рослин знаходиться в межах 0,27-0,56 і залежить від деревної породи та фракції фітомаси. Хвойні породи характеризуються більш інтенсивним накопиченням надземної фітомаси, яка у них становить 83,4-88,9% від маси дерева. Концентрація золи у хвої деревних порід змінюється в межах 13,70-47,30, у пагонах з корою – 9,30-23,40, у стовбурі з корою – 8,96-14,80 і в кореневій системі – 11,32-38,00 мг/г абс. сух. маси. Високий вміст калію, кальцію і фосфору виявлено у хвої деревних порід. Коренева система, пагони і стовбур мають значно нижчий вміст зольних елементів. Сумарний вміст пігментів у хвої сосни, ялини і модрина становить 2,55-5,26 мг/г абс. сух. маси, зокрема зелених пігментів – 1,96-4,03 мг/г абс. сух. маси. Вміст каротиноїдів, порівняно з хлорофілами, виявився в 3-5 разів меншим і становить 0,52-1,18 мг/г абс. сух. маси. У синтезі 1 г сухої органічної речовини молодих дерев сосни, ялини і модрина бере участь 0,8-1,3 мг хлорофілів.

Ключові слова: хвойні породи, фітомаса, зола, зольні елементи, пластидні пігменти, Розточчя

Вступ. В умовах Львівського Розточчя формуються складні високопродуктивні лісостани. Значна їх частина має штучне походження. Сосна звичайна є однією з найбільш поширених деревних порід лісів регіону. У складі цих фітоценозів трапляються також модрина європейська і ялина європейська. Хвойні деревні породи використовують при створенні лісових культур у різних схемах змішування та співвідношеннях. Для оптимізації породного складу лісостанів і формування високопродуктивних фітоценозів необхідно провести низку досліджень на різних етапах їх формування, а особливо у молодому віці, коли закладається основа їх біологічної продуктивності [1, 9].

Наші дослідження спрямовані на вивчення закономірностей функціонування рослинного організму, а саме: накопичення біомаси і зольних елементів, концентрації фотосинтезуючих пігментів, структури фітомаси тощо. Особливу увагу приділено відмінностям у процесах життєдіяльності дерев різних хвойних порід. У цьому напрямку проведено низку досліджень у різних лісорослинних умовах [3, 5, 7, 8]. Подальші дослідження є актуальними і

повинні охоплювати всі етапи розвитку і формування насаджень. Вивчення деревостанів у молодому віці дозволить оптимізувати склад, структуру та продуктивність майбутніх деревостанів.

Об'єкти і методика дослідження. Об'єктами досліджень були 2-6-річні лісові культури з участю хвойних порід (сосни, ялини, модрина), які ростуть в умовах грабово-соснової судіброви Львівського Розточчя. На пробних площах визначено збереженість лісових культур, біометричні (висоту, поточний лінійний приріст, діаметр кореневої шийки) та вагові показники фітомаси модельних дерев, а також вміст золи і зольних елементів у фракціях фітомаси та особливості формування пігментного комплексу асимілюючого апарату деревних порід.

Для дослідження фітомаси відібрано та викопано 3-5 модельних дерев кожної деревної породи. Роботи виконано наприкінці вегетаційного періоду, тобто після завершення формування річного приросту деревини. Окремо досліджено хвою (однорічну, дворічну, трирічну і старшого віку), пагони (однорічні, дворічні і старшого віку), стовбур і коре-

¹ **ТЕРЕЛЯ Іван Петрович** – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісівництва, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна. Тел.: 032-239-27-05, +38-068-739-92-63. E-mail: kafilis@i.ua

² **КЕНДЗЬОРА Наталія Зенонівна** – інженер відділу лісівничо-ботанічних досліджень Ботанічного саду, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна. Тел.: 032-239-27-81, +38-067-422-33-50. E-mail: nataly_kend@ukr.net

³ **ЗАЙКА Володимир Костянтинович** – дійсний член Лісівничої академії наук України, доктор біологічних наук, професор кафедри лісівництва, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна. Тел.: 032-239-27-85, +38-067-148-06-26. E-mail: vkzaiika@ukr.net

неву систему. У лабораторних умовах визначено абсолютно суху масу відібраних зразків. Дослідження вмісту золи в рослинному матеріалі проведено методом сухого озолення. Вміст калію в золі визначено полум'яно-фотометричним, кальцію – трилонометричним, а фосфору – ванадо-молібдатним методами [2, 4]. Для дослідження пластидних пігментів зразки листків відібрано зі середньої частини крони 7-10 модельних дерев. Визначення пігментів проведено спектрофотометричним методом [10].

Результати дослідження. Результати визначення біометричних показників дерев хвойних порід у лісових культурах Львівського Розточчя наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Біометричні показники дерев хвойних порід

Вік культур, років	Біометричні показники						Збереженість, %
	висота, см		поточний лінійний приріст, см		діаметр кореневої шийки, мм		
M±m	V,%	M±m	V,%	M±m	V,%		
1	2	3	4	5	6	7	8
Сосна звичайна							
2	39±2	25,0	27±1	29,9	11±1	26,0	62
4	119±4	19,9	41±2	26,4	32±1	21,7	58
6	174±6	18,6	44±2	22,0	47±2	21,9	59
Ялина європейська							
2	47±3	32,9	26±1	31,0	9±1	29,0	73
4	91±7	42,9	24±2	46,3	13±1	38,2	68
6	178±10	30,7	42±3	39,9	36±2	35,9	83

Продовж. табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Модрина європейська							
2	102±6	23,9	63±3	22,6	15±1	25,1	48
4	261±16	25,4	50±5	39,8	36±1	8,3	48
6	268±18	25,9	66±6	37,0	40±1	13,6	44

З даних табл. 1 видно, що ростові процеси у дерев хвойних порід зі збільшенням віку істотно інтенсифікуються. Так, висота сосни і ялини зросла від 39-47 см – у 2-річних лісових культурах до 174-178 см – у 6-річних, а поточний лінійний приріст змінився відповідно від 26-27 см до 42-44 см. У модринах ці показники виявились суттєво вищими і становили, відповідно, 102 і 268 см та 63 і 66 см. Діаметр кореневої шийки дерев сосни, ялини і модрина характеризується значно меншою диференціацією. У 2-річних лісових культур він становив 9-15 мм, а в 6-річних – 36-47 мм. Коефіцієнт мінливості біометричних показників у хвойних порід коливається від слабкого до сильного ($V = 8,3-46,5\%$) у зв'язку зі значною диференціацією дерев у молодому віці. Збереженість дерев хвойних порід в лісових культурах у віковому діапазоні 2-6 років змінювалась слабо і знаходиться в межах 44-83%. При цьому в модринах на пробних площах різного віку збереженість становить 44-48%, а в сосни і ялини ці показники є відповідно вищими – 58-62% і 68-83%.

Під час вивчення проблеми, пов'язаної з первинною біопродуктивністю деревних рослин, оптимальним показником є фітомаса, а саме формування абсолютно сухої речовини (АСР) у різних органах (частинах) деревних рослин [5, 11]. Експериментально визначено коефіцієнти вмісту абсолютно сухої речовини для різних органів фітомаси (табл. 2).

Таблиця 2

Коефіцієнти абсолютно сухої маси дерев хвойних порід

Вік лісових культур, років	Фітомаса за компонентами										Загальна фітомаса
	хвоя				пагони			стовбур	надземна частина*	коренева система	
	1-річна	2-річна	3-річна і старша	разом*	1-річні	2-річні і старші	разом *				
Сосна звичайна											
2	0,34	0,58	–	0,46	0,39	–	0,39	0,29	0,38	0,31	0,33
4	0,34	0,40	0,48	0,41	0,33	0,36	0,35	0,28	0,34	0,28	0,32
6	0,39	0,51	0,56	0,49	0,39	0,45	0,42	0,32	0,41	0,29	0,36
Ялина європейська											
2	0,42	0,51	–	0,47	0,50	0,48	0,49	0,44	0,47	0,47	0,45
4	0,38	0,40	0,37	0,38	0,41	0,43	0,42	0,38	0,39	0,33	0,38
6	0,47	0,49	0,55	0,50	0,45	0,50	0,47	0,37	0,45	0,31	0,41
Модрина європейська											
2	–	–	–	0,27	–	–	0,42	0,36	0,35	0,31	0,34
4	–	–	–	0,30	–	–	0,42	0,38	0,37	0,34	0,36
6	–	–	–	0,41	–	–	0,49	0,40	0,43	0,36	0,41

Примітка: * – усереднені показники по фракції

З даних табл. 2 видно, що існують певні особливості накопичення абсолютно сухої речовини фракціями фітомаси дерев хвойних порід. Так, загальна фітомаса АСР дерев сосни, ялини і модрини становить 32-41%, у тому числі надземної частини – 34-47% і кореневої системи – 28-47%. Ці показники слабо змінюються з віком дерев у проміжку від 2 до 6 років. У ялини вміст АСР є порівняно вищим, ніж у сосни і модрини.

У фракції хвої ялини і сосни АСР становить 38-50%. Зі збільшенням віку хвої вона зростає. АСР хвої модрини коливається в межах 27-41%, що значно менше, ніж у сосни і ялини. Очевидно, це пов'язано зі щорічною зміною асимілюючого апарату модриною європейською.

У пагонах дерев хвойних видів частка АСР ста-

новить 35-49%. Вона не залежить від віку рослин і від віку самих пагонів. АСР стовбурів у корі змінюється від 28 до 44%. Для сосни цей показник є найнижчим, що зумовлено біологічними особливостями виду.

Таким чином, встановлено, що фракції фітомаси дерев мають досить сталий вміст абсолютно сухої речовини, який у віковому діапазоні лісових культур 2-6 років змінюється слабо. Проте виявлено видові особливості хвойних деревних порід стосовно коефіцієнтів абсолютно сухої речовини, які можуть бути використані у дослідженні біопродуктивності деревостанів.

Проведено дослідження структури накопиченої фітомаси дерев хвойних порід і встановлено певні характерні її особливості (табл. 3).

Таблиця 3

Структура фітомаси дерев хвойних порід

Вік лісових культур, років	Частина та органи дерева (абс. суха маса, г/%)										Загальна маса
	хвоя				пагони			стовбур	надземна частина	коренева система	
	1-річна*	2-річна*	3-річна і старша*	разом	1-річні**	2-річні і старші**	разом				
Сосна звичайна											
2	<u>17,59</u> 94,3	<u>1,06</u> 5,7	—	<u>18,65</u> 57,1	<u>3,95</u> 100,0	—	<u>3,95</u> 12,1	<u>10,03</u> 30,8	<u>32,63</u> 88,7	<u>4,16</u> 11,3	<u>36,79</u> 100,00
4	<u>58,10</u> 72,7	<u>20,41</u> 25,5	<u>1,43</u> 1,8	<u>79,94</u> 48,1	<u>19,39</u> 57,1	<u>14,58</u> 42,9	<u>33,96</u> 20,4	<u>52,41</u> 31,5	<u>166,31</u> 87,9	<u>22,84</u> 12,1	<u>189,15</u> 100,0
6	<u>293,44</u> 64,7	<u>138,66</u> 30,6	<u>21,16</u> 4,7	<u>453,26</u> 36,2	<u>76,94</u> 27,2	<u>205,82</u> 72,8	<u>282,76</u> 22,6	<u>515,40</u> 41,2	<u>1251,42</u> 88,9	<u>156,86</u> 11,1	<u>1408,28</u> 100,0
Ялина європейська											
2	<u>6,46</u> 81,0	<u>1,52</u> 19,0	—	<u>7,98</u> 46,0	<u>1,50</u> 66,4	<u>0,76</u> 33,6	<u>2,26</u> 13,0	<u>7,11</u> 41,0	<u>17,35</u> 84,0	<u>3,30</u> 16,0	<u>20,65</u> 100,0
4	<u>22,28</u> 71,0	<u>7,08</u> 22,5	<u>2,03</u> 6,5	<u>31,38</u> 48,1	<u>4,49</u> 44,7	<u>5,56</u> 55,3	<u>10,05</u> 15,4	<u>23,86</u> 36,5	<u>65,29</u> 85,1	<u>11,43</u> 14,9	<u>76,72</u> 100,0
6	<u>221,89</u> 62,7	<u>106,71</u> 30,2	<u>25,17</u> 7,1	<u>353,77</u> 38,1	<u>63,45</u> 31,7	<u>136,80</u> 68,3	<u>200,25</u> 21,6	<u>373,57</u> 40,3	<u>927,59</u> 83,4	<u>184,04</u> 16,6	<u>1111,63</u> 100,0
Модрина європейська											
2	<u>21,17</u> 31,8	—	—	<u>21,17</u> 31,8	—	—	<u>24,57</u> 36,9	<u>20,86</u> 31,3	<u>66,60</u> 88,9	<u>8,28</u> 11,1	<u>74,88</u> 100,0
4	<u>179,70</u> 29,7	—	—	<u>179,70</u> 29,7	—	—	<u>200,43</u> 33,2	<u>224,46</u> 37,1	<u>604,59</u> 87,6	<u>85,90</u> 12,4	<u>690,49</u> 100,0
6	<u>219,67</u> 32,1	—	—	<u>219,67</u> 32,1	—	—	<u>203,40</u> 29,7	<u>260,85</u> 38,1	<u>683,92</u> 83,9	<u>130,96</u> 16,1	<u>814,88</u> 100,0

Примітки: * – відсоток даного елементу фітомаси, вирахований від загальної маси хвої; ** – відсоток даного елементу фітомаси, вирахований від загальної маси пагонів.

З табл. 3 видно, що з віком у дерев хвойних порід відбувається поступове зростання фітомаси. Так, маса дерев сосни у період від 2 до 6 років збільшується в 38 разів, ялини – у 54 рази, а модрини – в 11 разів. Співвідношення маси кореневої системи і надземної частини у ялини і сосни є досить стабільним і становить, відповідно, 1:8 та 1:5. У модрини з віком спостерігається поступове зростання частки кореневої системи у загальній фітомасі дерев. Загалом для дерев хвойних порід у молодому віці надземна фітомаса становить 83,4-88,9%, а маса коренів – 11,1-16,6%.

У надземній фітомасі хвойних великий об'єм займає хвоя, маса якої становить 29,7-57,2%. У сосни і ялини переважає однорічна хвоя (62,7-94,3% від маси всієї хвої). Однак зі збільшенням віку дерев її частка зменшується, а натомість збільшується частка дворічної хвої в середньому на 5,7-30,6%.

У ялини, на відміну від сосни, зі збільшенням віку дерев зростає маса хвої віком більше трьох років, що пов'язано з тривалішим функціонуванням хвої дерев цієї породи. Водночас накопичення фітомаси 1- і 2-річної хвої сосни відбувається активніше, ніж у ялини.

У модрина частка хвої у фітомасі крони з віком залишається стабільною і становить 46,3-51,9%. Зі збільшенням віку дерев від 2 до 6 років маса їх хвої збільшилась приблизно у 10 разів, що значно менше, ніж у сосни (у 24 рази) чи в ялини (у 44 рази). Це пов'язано з тим, що її асимілюючий апарат оновлюється щорічно і характеризується високою фотосинтетичною активністю.

Фітомаса пагонів у дерев хвойних порід змінюється у межах 12,1-36,9%. У сосни і ялини з віком частка пагонів у загальній надземній фітомасі дерева зростає, а у модрина, навпаки, зменшується. Також спостерігається тенденція до зростання інтенсивності накопичення органічної маси пагонами сосни і ялини, порівняно з хвоею, оскільки їх фітомаса у віковому проміжку від 2 до 6 років збільшується у 70-90 разів.

Маса стовбурів дерев модрина завжди залишається вищою, ніж маса пагонів (за винятком дворічної модрина). Частка стовбурової деревини у фітомасі хвойних порід знаходиться в межах 30,8-41,2% і з віком змінюється мало. Такі ж тенденції відмічені і для

кореневої системи, частка якої становить 11,1-16,6% від загальної фітомаси рослин і зі збільшенням віку лісових культур від 2 до 6 років майже не змінюється. Корені дерев хвойних порід мають високу фізіологічну активність. Відносно невелика їх маса забезпечує інтенсивний ріст надземних органів.

Таким чином, у молодому віці простежуються генетично зумовлені особливості хвойних деревних порід у формуванні фітомаси крони та кореневої системи. Їх необхідно враховувати під час створення лісових культур та формування і вирощування високопродуктивних деревостанів.

Важливе значення у формуванні біологічної продуктивності відіграють елементи мінерального живлення. Їх накопичення у різних органах деревних рослин тісно пов'язане з інтенсивністю проходження фізіолого-біохімічних процесів. Рослини є важливою ланкою біологічного кругообігу елементів живлення [2, 9]. Результати дослідження вмісту золи і зольних елементів у фракціях фітомаси дерев хвойних порід наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Вміст золи і зольних елементів у фракціях фітомаси дерев хвойних порід

Фракція дерева	Абс. суха маса дерева, г	Зола		Зольні елементи					
		К	М	калій		кальцій		фосфор	
				К	М	К	М	К	М
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сосна звичайна (2-річні лісові культури)									
Хвоя 1-річна	17,59	21,30	374,67	6,88	121,02	9,57	168,34	1,27	22,34
Хвоя 2-річна	1,06	17,90	18,97	4,64	4,92	7,14	7,57	1,14	1,21
Пагони	3,95	14,00	55,30	5,70	22,52	3,14	12,40	1,16	4,58
Стовбур	10,03	8,96	89,87	3,57	35,81	4,22	42,33	0,53	5,32
Корені	4,16	13,69	56,95	4,83	20,09	5,03	20,92	0,44	1,83
Сосна звичайна (4-річні лісові культури)									
Хвоя 1-річна	58,10	13,70	795,97	4,75	275,98	7,51	436,33	1,17	67,98
Хвоя 2-річна	20,41	16,80	342,89	4,23	86,33	6,34	129,40	0,19	3,88
Хвоя 2-річна і >	1,43	22,10	31,60	2,98	4,26	5,87	8,39	1,03	1,47
Пагони 1-річні	19,39	17,11	331,76	5,65	109,55	3,51	68,06	1,01	19,58
Пагони 2-річні і >	14,58	14,80	215,78	2,34	34,12	4,04	58,90	0,72	10,50
Стовбур	52,41	9,43	494,23	3,34	175,05	3,82	200,21	0,49	25,68
Корені	22,84	20,20	461,37	4,15	94,79	6,58	150,29	0,46	10,51
Сосна звичайна (6-річні лісові культури)									
Хвоя 1-річна	293,44	14,70	4313,57	3,89	1141,48	9,25	2714,32	1,18	346,26
Хвоя 2-річна	138,66	22,00	3050,52	5,77	800,07	7,15	991,42	0,18	24,96
Хвоя 3-річна і >	21,16	21,10	446,48	2,40	50,78	8,30	175,63	0,62	13,12
Пагони 1-річні	76,94	13,60	1046,38	5,87	451,64	5,87	451,64	0,70	53,86
Пагони 2-річні і >	205,82	12,09	2488,36	2,00	411,64	4,80	987,94	0,20	41,16
Стовбур	515,40	10,62	5471,49	3,07	1582,28	3,67	1891,52	0,45	231,93
Корені	156,86	11,33	1776,75	3,13	490,97	3,78	592,93	0,44	69,02
Ялина європейська (2-річні лісові культури)									
Хвоя 1-річна	6,46	38,70	250,00	9,28	59,95	5,93	38,31	2,52	16,28
Хвоя 2-річна	1,52	42,60	64,75	6,13	9,32	7,90	12,01	1,10	1,67

Продовж. табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Пагони 1-річні	1,50	19,30	28,95	4,12	6,18	4,12	6,18	1,32	1,98
Пагони 2-річні і >	0,76	17,80	13,53	3,22	2,45	4,49	3,41	1,06	0,81
Стовбур	7,11	13,90	98,83	3,22	22,89	4,69	33,35	1,17	8,32
Корені	3,30	23,80	78,54	3,19	10,53	4,47	14,75	0,70	2,31
Ялина європейська (4-річні лісові культури)									
Хвоя 1-річна	22,28	34,80	775,34	8,41	187,37	5,35	119,20	1,22	27,18
Хвоя 2-річна	7,08	37,70	266,92	4,53	32,07	8,68	61,45	1,43	10,12
Хвоя 3-річна і >	2,03	40,50	82,22	3,22	6,54	7,77	15,77	1,12	2,27
Пагони 1-річні	4,49	23,40	105,07	7,00	31,43	5,30	23,80	0,98	4,40
Пагони стар. 1 р.	5,56	17,30	96,19	2,11	11,73	5,49	30,52	0,46	2,56
Стовбур	23,86	11,30	269,62	2,27	54,16	5,11	121,92	0,24	5,73
Корені	11,43	24,20	276,61	2,34	26,75	3,40	38,86	0,47	5,37
Ялина європейська (6-річні лісові культури)									
Хвоя 1-річна	221,89	34,50	7655,21	8,25	1830,59	6,44	1428,97	1,71	379,43
Хвоя 2-річна	106,71	43,50	4641,89	3,97	423,64	9,73	1038,29	2,06	219,82
Хвоя ін. віку	25,17	47,30	1190,54	3,19	80,29	12,10	304,56	0,89	22,40
Пагони 1-річні	63,45	20,50	1300,73	4,54	288,06	4,34	275,37	0,81	51,39
Пагони стар. 1 р.	136,80	18,80	2571,84	1,74	238,03	5,36	733,25	0,57	77,98
Стовбур	373,57	11,10	4146,63	1,72	642,54	3,92	1464,39	0,49	183,05
Корені	184,04	26,30	4840,25	3,03	557,64	3,85	708,55	0,85	156,43
Модрина європейська (2-річні лісові культури)									
Хвоя	21,17	44,50	942,07	7,89	167,03	6,54	138,45	1,92	40,65
Пагони	24,57	14,50	356,27	2,13	52,33	3,86	94,84	0,48	11,79
Стовбур	20,86	14,80	308,73	1,96	40,89	4,12	85,94	0,49	10,22
Корені	8,28	38,00	314,64	2,08	17,22	3,13	25,92	0,46	3,81
Модрина європейська (4-річні лісові культури)									
Хвоя	179,70	36,40	6541,08	8,86	1592,14	7,25	1302,83	2,48	445,66
Пагони	200,43	9,60	1924,13	1,95	390,84	4,50	901,94	0,49	98,21
Стовбур	224,46	10,05	2255,82	2,25	505,04	5,73	1286,16	0,41	92,03
Корені	85,90	30,20	2594,18	2,20	188,98	2,40	206,16	0,40	34,36
Модрина європейська (6-річні лісові культури)									
Хвоя	219,67	32,70	7183,21	6,79	1491,56	3,94	865,50	2,13	467,90
Пагони	203,40	9,30	1891,62	1,75	355,95	5,37	1092,26	0,63	128,14
Стовбур	260,85	9,20	2399,82	2,17	566,04	4,73	1233,82	0,43	112,17
Корені	130,96	18,30	2396,57	3,29	430,86	8,16	1068,63	0,85	111,32

Примітка. *K* – концентрація, мг/г абс. сух. маси; *M* – маса, мг

Концентрація золи в різних фракціях фітомаси дерев є неоднаковою. Висока зольність характерна для хвої, менша – для стовбурів і коренів. Хвойні породи характеризуються певними особливостями накопичення золи і зольних елементів. У сосни зольність хвої є меншою (13,70-22,10 мг/г абс. сух. маси), ніж у ялини і модрини, яка, відповідно, становить 34,50-47,30 і 32,70-44,50 мг/г абс. сух. маси. Це, очевидно, зумовлено фізіологічними особливостями видів хвойних порід, які пов'язані з різною вимогливістю до кількості елементів живлення, необхідних для їх функціонування. Концентрація золи у хвої зростає зі

збільшенням її віку. Поряд з цим концентрація калію зменшується. Вміст кальцію у сосни і ялини змінюється по-різному. У сосни його концентрація в одно-річній хвої виявилась найвищою, а у ялини – найнижчою, що пояснюється відмінністю в процесах розвитку асимілюючого апарату хвойних. Порівняно з калієм і кальцієм, концентрація фосфору в хвої деревних порід є завжди нижчою. Зі збільшенням віку хвої його кількість зменшується унаслідок зниження інтенсивності процесів метаболізму.

Вміст золи у пагонах хвойних порід становить 9,30-23,40 мг/г абс. сух. маси. Зольність одноріч-

них пагонів завжди залишається вищою, порівняно з пагонами старшого віку. Зі збільшенням віку дерев у 2–6-річних лісових культурах концентрація золи у пагонах практично не змінюється. Однорічні пагони сосни і ялини характеризуються вищим вмістом калію і фосфору, порівняно з пагонами більш старшого віку. В пагонах модрина вміст калію є значно нижчим, ніж у сосни і ялини. Концентрація кальцію у модрина дещо зростає зі збільшенням віку пагонів.

Стовбур деревних порід серед фракцій фітомаси характеризується найнижчим вмістом золи – 8,96–14,80 мг/г абс. сух. маси. Цей показник також знижується зі збільшенням віку дерев. У стовбурі дерев сосни з корою концентрація золи виявилась нижчою відносно хвої в 1,5–2,5 рази, у пагонів – в 1,5 рази і у коренів – майже в 2 рази. У ялини ця різниця виявилась ще більша і становила відносно хвої у стовбурі 3–4 рази, а у пагонів і коренів – майже 2 рази. Зольність стовбурів і пагонів модрина майже однакова, проте в 3–4 рази нижча порівняно з хвоєю і коренями. Зі збільшенням віку лісових культур концентрація золи і зольних елементів у стовбурі поступово зменшується завдяки наростанню деревини та від-

носному зменшенню маси живих тканин.

Зольність корневих систем хвойних дерев знаходиться в межах 11,33–38,00 мг/г абс. сух. маси. Вміст золи в коренях модрина є порівняно вищим, але значно спадає зі збільшенням віку дерев. Для сосни і ялини це нехарактерно, наприклад, ялина має практично стабільну концентрацію золи у коренях дерев у лісових культурах 2–6-річного віку.

У віковому діапазоні лісових культур 2–6 років маса золи у різних фракціях фітомаси сосни зростає в 20–64 рази, ялини – в 42–91 рази, а модрина – в 5–8 разів, що зумовлено не лише зміною її концентрації від віку, а й різними темпами накопичення фітомаси деревами хвойних порід. Подібні тенденції прослідковуються і в нагромадженні рослинами зольних елементів.

Важливу роль у процесі формування фітомаси відіграє асимілюючий апарат деревних рослин. Існують певні взаємозв'язки між кількістю синтезованих рослинами пігментів і продуктуванням фітомаси [1, 6]. Однак ці процеси потребують додаткових досліджень, оскільки вивчені недостатньо. Результати дослідження біомаси пігментів в асимілюючому апараті хвойних дерев наведено в табл. 5.

Таблиця 5

Вміст пластидних пігментів в асимілюючому апараті дерев хвойних порід

Вік хвої, років	Маса хвої, г	Пластидні пігменти									
		хл. <i>a</i>		хл. <i>b</i>		<i>a+b</i>		карот.		хл. + карот.	
		К	М	К	М	К	М	К	М	К	М
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Сосна звичайна (2-річні культури)											
1	17,59	1,72	30,17	0,28	4,93	2,00	35,09	0,64	11,22	2,63	46,31
2	1,06	1,69	1,79	0,27	0,29	1,96	2,08	0,68	0,72	2,64	2,80
Разом	18,65	–	31,96	–	5,21	–	37,17	–	11,94	–	49,11
Сосна звичайна (4-річні культури)											
1	58,10	1,66	96,21	0,44	25,51	2,10	121,72	0,56	32,59	2,66	154,31
2	20,41	1,69	34,43	0,48	9,76	2,17	44,19	0,57	11,69	2,74	55,88
3 і >	1,43	1,86	2,66	0,90	1,29	2,76	3,95	0,62	0,89	3,38	4,84
Разом	79,94	–	133,30	–	36,55	–	169,85	–	45,18	–	215,04
Сосна звичайна (6-річні культури)											
1	293,44	1,58	462,75	0,46	134,98	2,04	597,74	0,52	151,71	2,55	749,45
2	138,66	2,61	361,90	0,82	113,29	3,43	475,19	0,89	123,41	4,32	598,60
3 і >	21,16	1,86	39,27	0,54	11,47	2,40	50,74	0,67	14,18	3,07	64,92
Разом	453,26	–	863,93	–	259,74	–	1123,67	–	289,29	–	1412,96
Ялина європейська (2-річні культури)											
1	6,46	2,39	15,41	0,84	5,45	3,23	20,87	0,66	4,24	3,89	25,11
2	1,52	2,88	4,37	0,98	1,50	3,86	5,87	0,92	1,40	4,78	7,27
Разом	7,98	–	19,79	–	6,95	–	26,74	–	5,64	–	32,38
Ялина європейська (4-річні культури)											
1	22,28	2,43	54,07	0,83	18,51	3,26	72,59	0,63	14,04	3,89	86,62
2	7,08	2,28	16,15	0,72	5,13	3,01	21,28	0,67	4,76	3,68	26,03
3 і >	2,03	2,42	4,90	1,44	2,91	3,85	7,82	1,18	2,40	5,03	10,22
Разом	31,39	–	75,13	–	26,55	–	101,68	–	21,20	–	122,87

Продовж. табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ялина європейська (6-річні культури)											
1	221,89	2,51	556,28	0,85	188,38	3,36	744,66	0,69	152,88	4,05	897,55
2	106,71	2,46	262,08	0,84	89,32	3,29	351,40	0,71	75,55	4,00	426,95
3 і >	25,17	2,31	58,22	0,87	22,00	3,19	80,22	0,76	19,08	3,95	99,30
Разом	353,77	–	876,58	–	299,70	–	1176,28	–	247,51	–	1423,79
Модрина європейська (2-річні культури)											
1	21,17	2,90	61,41	0,98	20,64	3,88	82,05	0,80	17,02	4,68	99,08
Модрина європейська (4-річні культури)											
1	179,70	3,25	584,03	0,98	175,75	4,23	759,77	1,03	185,27	5,26	945,04
Модрина європейська (6-річні культури)											
1	219,67	3,02	662,96	1,01	222,53	4,03	885,49	0,99	216,37	5,02	1101,86

Примітка. К – концентрація, мг/г абс. сух. маси; М – маса, мг

Отже, сумарний вміст пігментів у хвої сосни, ялини і модрини становить 2,55-5,26 мг/г абс. сух. маси, зокрема зелених пігментів – 1,96-4,03 мг/г абс. сух. маси. Вміст каротиноїдів, порівняно з хлорофілами, є в 3-5 разів менший і становить 0,52-1,18 мг/г абс. сух. маси. Значної зміни концентрації пігментів зі збільшенням віку хвої не виявлено.

Накопичення пігментів у різних деревних порід простежується по-різному. У хвої сосни різного віку сумарна концентрація хлорофілів становить 1,96-3,43 мг/г абс. сух. маси. У ялини і модрини вміст зелених пігментів виявився вищим і, відповідно, становив 3,01-3,86 і 3,88-4,23 мг/г абс. сух. маси. Необхідно відзначити високу роль хлорофілу *a* у фотосинтетичній діяльності дерев, порівняно з хлорофілом *b*. Середнє співвідношення їх кількостей у пігментному комплексі становить 1:3, за винятком сосни у 2-річних лісових культурах, де цей показник є значно більшим. Вміст каротиноїдів у хвої сосни, як і хлорофілів, порівняно з ялиною і модриною, виявився меншим.

Таким чином, біомаса пігментів, синтезована рослиною за певний проміжок часу, значною мірою залежить не від концентрації пластидних пігментів, а від фітомаси хвої рослин. Проведені дослідження показують, що загальна маса пігментів у хвої дерев зі збільшенням віку культур швидко зростає. Так, маса пігментного комплексу сосни у віковому проміжку лісових культур від 2 до 6 років збільшилась у 29 разів, ялини – в 44 рази, а модрини – лише в 11 разів. Такі ж тенденції спостерігаються і по кожному з пігментів відповідної породи. Необхідно зазначити, що у дерев різного віку біомаса пігментів в однорічній хвої істотно перевищує масу пігментів у дво- і трирічній хвої.

Встановлено, що між загальною біомасою пігментів, які синтезують дерева хвойних порід, і нагромадженням сухої фітомаси простежено тісний зв'язок. Протягом вегетаційного періоду у дерев сосни 1 мг хлорофілів бере участь у синтезі 0,80-1,01 г сухої органічної речовини рослини, у ялини і модрини – відповідно 1,06-1,33 г та 1,10 г.

Висновки. У лісових культурах Львівського Розточчя хвойні породи характеризуються високою інтенсивністю росту та нагромадження фітомаси. Коефіцієнт абсолютно сухої речовини у фітомасі хвойних рослин знаходиться в межах 0,27-0,56 залежно від деревної породи і фракції фітомаси.

Хвойні породи характеризуються більш інтенсивним накопиченням надземної фітомаси (83,4-88,9%), порівняно з кореневою системою (11,1-16,6%), яка здатна забезпечити процеси життєдіяльності рослин.

Середня зольність дерев хвойних порід становить 1,32-2,59%. Зі збільшенням віку лісових культур зольність дерев дещо зменшується. Серед елементів фітомаси найвищою концентрацією золи і зольних елементів характеризується хвоя. Коренева система, пагони і стовбур мають значно нижчий вміст золи.

Концентрація пластидних пігментів у хвої молодих лісових культур змінюється слабо. Загальна маса пігментів корелює як з масою хвої, так і з загальною фітомасою рослини. У синтезі 1 г сухої органічної речовини молодих дерев сосни, ялини і модрини бере участь 0,8-1,3 мг хлорофілів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анализ продукционной структуры древостоев / [отв. ред. С.Э. Вомперский, А.И. Уткин]. – М.: Наука, 1988. – 240 с.
2. Гришина Л.А. Учет биомассы и химический анализ растений: учебное пособие / Л.А. Гришина, Е.М. Самойлова. – М.: МГУ, 1971. – 100 с.
3. Завялова Н.С. Содержание пигментов и закономерности их распределения у ряда древесных пород как фактор продукционного процесса / Н.С. Завялова // Тезисы докладов „Проблемы физиологии и биохимии древесных растений”. – Петрозаводск, 1989. – С. 33-34.
4. Казимиров Н.И. Биологический круговорот веществ в ельниках Карелии / Н.И. Казимиров, Р.М. Морозова. – Л.: Наука, 1973. – 175 с.

5. Лакида П.І. Фітомаса лісів України: монографія / П.І. Лакида. – Тернопіль: Збруч, 2001. – 256 с.

6. Москалюк Т.А. Первичная продуктивность и биологический круговорот в лиственничниках севера Дальнего Востока / Т.А. Москалюк, А.А. Пугачев // Лесоведение. – 2007. – № 6. – С. 55-64.

7. Обмен веществ и энергии в сосновых лесах Европейского Севера / [Волков А.Д., Зябченко С.С., Иванчиков А.А. и др.]; отв. ред. Н.И. Казимиров. – Л.: Наука, 1977. – 304 с.

8. Руководство по анализам кормов / [Бунто Н.Д., Глунцов Н.Н., Михайлов Н.Н. и др.]; отв. ред. Л.М. Державин. – М.: Колос, 1982. – 58 с.

9. Тимофеев В.П. Продуктивность лесных насаждений в молодом возросте / В.П. Тимофеев // Лесоведение. – 1970. – № 6. – С. 3-13.

10. Шлык А.А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев / А.А. Шлык // Биохимические методы в физиологии растений. – М.: Наука, 1971. – С. 154-170.

11. Matthews G. The Carbon Contents of Trees / G. Matthews // Forestry Commission. Tech. Paper 4. – Edinburgh, 1993. – 21 p.

И.П. Тереля, Н.З. Кендзера, В.К. Заика

СТРУКТУРА ФИТОМАССЫ ДЕРЕВЬЕВ ХВОЙНЫХ ПОРОД И ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЕЕ ФОРМИРОВАНИЯ

Исследованы рост сосны обыкновенной, ели европейской, лиственницы европейской в 2-6-летних лесных культурах, формирование фитомассы, накопление золы и зольных элементов в различных органах и частях деревьев, а также особенности биосинтеза пластидных пигментов в условиях свежей грабово-сосновой судубравы Львовского Расточья. Установлено интенсивное увеличение роста и накопления фитомассы деревьями хвойных пород во времени. Масса деревьев сосны в культурах от 2 до 6 лет увеличивается в 38 раз, ели – в 54, у лиственницы – в 11 раз. Коэффициент абсолютно сухого вещества в фитомассе хвойных растений находится в пределах 0,27-0,56 и зависит от древесной породы и фракции фитомассы. Хвойные породы характеризуются более интенсивным накоплением надземной фитомассы, которая у них составляет 83,4-88,9% от массы дерева. Концентрация золы в хвое древесных пород колеблется в пределах 13,70-47,30, в побегах с корой – 9,30-23,40, в стволе с корой – 8,96-14,80 и в корневой системе – 11,32-38,00 мг/г абс. сух. массы. Высокое содержание калия, кальция и фосфора обнаружено в хвое древесных пород. Содержание зольных элементов в корневой системе, побегах и стволе значительно ниже. Суммарное содержание пигментов в хвое сосны, ели и лиственницы составляет 2,55-5,26 мг/г абс. сух. массы, в том числе зеленых пигментов – 1,96-4,03 мг/г абс. сух. массы. Содержание каротиноидов, по сравнению с хлорофиллом, оказалось в 3-5 раз меньше и составляет 0,52-1,18 мг / г абс. сух.

массы. В синтезе 1 г сухого органического вещества молодых деревьев сосны, ели и лиственницы участвует 0,8-1,3 мг хлорофиллов.

Ключевые слова: хвойные породы, фитомасса, зола, зольные элементы, пластидные пигменты, Расточье

I. Terela, N. Kendzyora, V. Zaika

THE STRUCTURE OF CONIFEROUS SPECIES PHYTOMASS AND PHYSIOLOGICAL-BIOCHEMICAL PECULIARITIES OF ITS FORMING

The features of growth of Scots pine, European spruce, European larch in 2–6-year-old forest plantations and phytomass formation, accumulation of ash and mineral elements was investigated in different organs and parts of trees. And also researched features biosynthesis of plastid pigments in fresh hornbeam-pine suboakeries of the Lviv Roztochya. It is established intense increase grow and phytomass accumulation of coniferous trees over time. A woody mass of pine in cultures from 2 to 6 years increased in 38 times, of spruce – in 54 times, and larch – in 11 times. In this period mass of needles are accumulated most intensively. Its weight on trees of pine increased in 24 times, the spruce – in 44 times and larch – in 10 times. The share of it is 29,7-57,2% in total overground phytomass. One-year needles of pine and spruce are prevails, its mass constitutes 62,7-94,3% of the all masses needles. Its share decreased slightly with increasing age of the trees, but instead was increased the proportion of two-year needles on average on 5,7-30,6%. Coefficient of absolutely dry matter in the phytomass of conifers is 0,27-0,56. It depends on the species and phytomass fractions. Coniferous species are accumulated aboveground phytomass more intensely, it is 83,4-88,9% of the total mass of tree. In needles of trees ashes concentration varies between 13,70-47,30 in shoots with bark – 9,30-23,40, in the stem with bark – 8,96-14,80 and in the root system – 11,32-38,00 mg / g abs. dry mass. Also in the needles of trees has been found high concentrations of potassium, calcium and phosphorus. Root system, shoots and stems have a lower content of ash elements. In pine, spruce and larch trees the total content of pigments is 2,55-5,26 mg / g abs. dry mass, among them green pigments – 1,96-4,03 mg / g abs. dry mass. The quantity of carotenoids was found 3-5 times lower comparably to chlorophylls. It is 0,52-1,18 mg / g abs. dry mass. The mass of pigments pine trees increased in 29 times, spruce – in 44 times, and larch – only 11 times during the age interspace between 2 to 6 years of forest plantations. In one-year-old needles of all ages trees biomass of pigments are always greatly higher than the mass of pigments in 2- and 3-year-old needles. Chlorophylls in quantity 0,8-1,3 mg are synthesizing 1 g of dry organic matter in young trees of pine, spruce and larch. In woody species a growth rate and accumulation of phytomass depends on the total mass of needles and plastid pigments on the tree.

Key words: coniferous species, phytomass, ash, ash elements, plastid pigments, Roztochya