



УДК 582.736.3

## Аналіз показників асиміляційної складової у структурі надземної фітомаси деревних порід степових лісостанів України

С.А. Ситник, В.М. Ловинська, Ю.І. Грищан, К.П. Маслікова

*Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, Дніпропетровськ, Україна*

Подано результати досліджень асимілювальної складової надземної фітомаси – частка листя (хвої) та вміст абсолютно сухої речовини у листі (хвої) у фракції деревної зелені головних лісотвірних порід лісостанів Північного Степу України – *Pinus sylvestris* L. та *Robinia pseudoacacia* L. Значення показників частки листя (хвої) у структурі асимілювальної складової робінії звичайної та сосни звичайної перебувають у певному діапазоні, який демонструє їх залежність від основних таксаційних показників деревостанів. Спостерігається зменшення даного показника зі збільшенням віку та зі зростанням середнього діаметра та висоти стовбура для двох досліджуваних деревних порід. Виявлено тренди, що демонструють зміни значень вмісту абсолютно сухої речовини у листі робінії звичайної та у хвої сосни звичайної. Висока варіабельність абсолютних значень вмісту сухої речовини у листі робінії зафіксована за умов однакових значень віку, діаметра стовбура та висоти модельних дерев. Показники вмісту абсолютно сухої речовини у хвої сосни звичайної, навпаки, мають тенденцію до підвищення відносно досліджуваних таксаційних параметрів.

*Ключові слова:* асимілювальна складова надземної фітомаси; таксаційні показники дерев; *Pinus sylvestris*; *Robinia pseudoacacia*

## Analysis of the parameters of the assimilation component of aboveground biomass of forest-forming species in the steppe zone of Ukraine

S.A. Sytnyk, V.M. Lovynska, Y.I. Gritsan, K.P. Maslikova

*Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University, Dnipropetrovsk, Ukraine*

The purpose this research is to study the parameters of leaf (needle) share in the trees' greenery fraction and the content of absolutely dry matter in fresh leaves of black locust and Scots pine. The leaf (needle) share in the trees greenery fraction and the content of absolutely dry matter were determined by their quantitative measures (weight and volume). The results of the research reveal that the leaf share in the structure of a tree's greenery fraction has a broad range of values: 43.0–72.8% for black locust and 49.1–75.4% for Scots pine. The minimum value of this parameter was recorded for an overmature *Robinia* specimen of 41 years of age, while the maximum was for a 3-year-old tree. For pine trees the lowest values of the given parameter were registered for the specimens aged 38, 49 and 84, the maximum – for 30–31-year-old trees. For both investigated species it should be noted that there is a consistent pattern indicated by the following trend line: with the increase of tree age, height and trunk diameter, there is a decrease of leaf share value in the trees' greenery fraction. Such characteristic parameter as absolutely dry mass has a sufficient range of values from 0.321 to 0.524, with the extreme values for the trees belonging to the young stock group in the case of the black locust. The absolutely dry matter content in Scots pine needles showed a significant variability of values from 0.426 to 0.620. The trend line shows a tendency of increase in the value of absolutely dry matter mass in the leaves of both investigated species with the increase in the values of the tree taxation parameters. There is no statistically proven dependency of the parameter indicating leaf share in the trees greenery fraction on the age, trunk diameter and height of trees. The most important biometric indicator, which shows a moderate relationship with the greenery fraction of a tree is the average diameter of the trunk of model trees of the two studied species. This is confirmed by values of correlation coefficients. The indicator of greenery fraction is inversely dependent on the height, trunk diameter and tree age, i.e. the increase in the values of these parameters leads to the decrease in the share of the photosynthetic active

component of trees of the studied tree species in the steppe zone. The value of leaf (needle) share in trees' greenery fraction decreases with the increasing age, height and diameter values, which is quite natural. Correlation indices of absolutely dry matter according to age, height and diameter of sample trees have negative values, while the index of leaf (needle) share of trees' greenery fraction has a direct correlation with all the studied influence factors.

*Keywords:* aboveground phytomass; greenery fraction; tree taxation parameter; Scots pine; black locust

## Вступ

Дослідження біологічної продуктивності лісотвірних порід – складова визначення структури лісових екосистем та встановлення закономірностей їх функціонування (Lauri et al., 2014). Найважливіша характеристика продуктивності лісових екосистем – інтенсивність синтезу органічної речовини, яка залежить від структури та активності асиміляційної складової фітомаси (Bonan, 1993; Turski et al., 2008; Lakyda, 2010; Lakyda and Blishchik, 2010; Goudie et al., 2016).

Фракція листя, як елемент інтегральної надземної фітомаси деревних рослин, визначає здійснення та інтенсивність процесу фотосинтезу, результат якого – формування органічної речовини, депонування вуглецю та реалізація біосферної газової функції рослин – продукування кисню (Chen, 1996; Clark, 2001; Dong, 2003; Lu, 2006; Sala et al., 2012; Mattsson et al., 2016). Асиміляційний апарат деревних рослин являє собою зону розділу біотичної сфери з абіотичним середовищем, є внутрішньою поверхнею намету лісу, який виступає фільтром атмосферних опадів, емісій ксенобіотиків різної природи, світлових, теплових і шумових потоків (Fleming, 1991; Lakyda, 2003; Brygadyrenko, 2016; Cosmo et al., 2016).

Якісні показники фракції деревної зелені можуть бути використані для екологічного моніторингу стану лісів та динаміки рослинності дистанційними методами, під час інтерпретації оцінки річної продукції, для оцінювання затримання деревними видами води, під час моделювання важливих процесів у лісових екосистемах, зокрема, таких як трансформація ФАР наметом деревостану різних лісотвірних порід, CO<sub>2</sub>-газообмін, визначення потенційної біологічної продуктивності лісів, інтенсивності зріджування деревостанів тощо (Albertson, 1988; Cannell, 1995; Carter and Ungar, 2002; Jelonek et al., 2009; Lakyda, 2011; Jagodziński et al., 2016).

Біологічна продуктивність деревостанів лісів та її залежність від абіотичних екологічних факторів вивчена достатньо (Christenses et al., 2006; Niinemets, 2010; Galiano et al., 2011; Lakyda, 2011). Але залишаються актуальними дослідження біологічної продуктивності найпоширеніших деревних порід степових лісостанів України – *Pinus sylvestris* L. (сосна звичайна) та *Robinia pseudoacacia* L. (робінія псевдоакація, акація біла), оскільки в літературі такі праці відсутні. Зазначені породи в Північному Степу України формують переважно чисті за складом деревостани в рекреаційно-оздоровчих і протиерозійних лісах, виконують переважно утилітарні функції (Faly and Brygadyrenko, 2014; Brygadyrenko, 2015; Sytnyk, 2015; Lovynska, 2016).

Мета цієї статті – оцінити параметри асиміляційної складової надземної фітомаси – частки листя (хвої) та вмісту абсолютно сухої речовини у свіжій хвої сосни звичайної та свіжому листі робінії звичайної та їх залежність від таксаційних показників дерев. Отримані результати можуть бути використані для розроблення

нормативів оцінювання складових біологічної продуктивності та таблиць ходу росту дерев досліджуваних видів, які формують лісові насадження у степовій зоні України.

## Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводили на території Дніпропетровської області, у південно-східній частині України, в басейні середньої та нижньої течії Дніпра у межах Північно-Степової лісорослинної зони та зони Південного сухого степу (Hensiruk, 2002). Найбільша частина лісів регіону зосереджена у північно-західній і центральній частинах області. Розвинений комплекс промислового виробництва спричинює значне техногенне навантаження на територію області, що позначається на біотичних складових лісових екосистем (The main provisions..., 2011).

Для дослідження закладено тимчасові пробні площі (ТПП), за нормативними вимогами у межах лісів, підпорядкованих Державному агентству лісових ресурсів України та які входять до структури Дніпропетровського обласного управління лісового та мисливського господарства.

Для проведення досліджень ТПП закладали у лісових насадженнях державного підприємства «Дніпропетровське лісове господарство» у п'яти локалітетах, де зростала сосна звичайна та робінія звичайна. Модельні дерева відібрано згідно з вимогами методу пропорційно-ступінчастого представництва з урахуванням даних суцільного переліку дерев на пробній площі. Усі насадження сосни звичайної та робінії звичайної на закладених пробних площах насаджені людиною, представлені чистими та мішаними деревостанами, охоплюють домінуючі вікові групи та бонітет (табл. 1). Класи бонітету (I–V) визначали за методикою М.М. Орлова, яка передбачає врахування походження деревостану та висоти дерев у певному віці (Svyrydenko, 1995).

Із метою визначення загальної маси хвої та листя у свіжому стані для кожного модельного дерева застосовували ваговий метод (Lakyda, 2003). Визначали масу деревної зелені ( $q_{\text{дв}}$ , кг) – охвоєні та обліствлені гілки, діаметр яких не перевищував 1 см. Для цього з кожного модельного дерева проводили зважування 9 модельних гілок разом із листям (хвоєю) з різних частин крони дерева у свіжозрубаному стані та після відділення хвої та листя від гілок. За даними зважувань визначали відсоток листя (хвої) у структурі фракції деревної зелені (PL, %). Вміст абсолютно сухої речовини (SL) розраховували за формулою:

$$S_L = m_0 / m_{\text{nat}}$$

де  $S_L$  – вміст абсолютно сухої речовини (г),  $m_0$  – маса зразка в абсолютно сухому стані (г),  $m_{\text{nat}}$  – маса зразка у свіжозрубаному стані (г).

Із метою оцінки показників частки листя (хвої) у фракції деревної зелені та вмісту абсолютно сухої речовини у свіжому листі (хвої), встановлення залежності означених показників від таксаційних характеристик

Лісівничо-таксаційна характеристика деревостанів тимчасових пробних площ

Лісицтво	Площа ТПП, га	Середні для породи на ТПП			Відносна повнота	Клас бонітету
		вік, років	діаметр, см	висота, м		
Любимівське	0,30	68	29,1	20,7	1,04	II
	0,18	45	18,3	14,0	0,73	I
Кіровське	0,20	33	22,0	19,9	0,65	III
	0,20	11	4,6	2,8	0,67	IV
	0,12	41	26,1	23,6	0,58	III
	0,14	24	8,0	7,0	0,80	I
	0,20	12	4,6	5,6	0,61	I
	0,25	41	27,4	21,6	0,82	I
Ленінське	0,11	9	5,6	3,8	0,51	III
	0,25	3	2,7	3,7	0,75	I

Результати та їх обговорення

Результати проведених досліджень дозволили встановити, що фракція частки листя у структурі фракції деревної зелені робінії звичайної має достатньо широкий діапазон значень: 43,0–72,8%. Мінімальне значення даного показника зафіксовано для перестиглого дерева робінії, віком 41 рік, тоді як максимальне – для трирічного екземпляра. Розвитку робінієвих насаджень властиві швидкий ріст із перших років, особливо у сприятливих умовах зволоження ґрунту, ранній, приблизно до п'яти-семи років життя, вихід на максимальні рівні пагоноутворення та утворення маси листя, ранне та інтенсивне відмирання гілок основи крони у зв'язку з дефіцитом світла, а в сухих умовах – і вологи. Цим можна пояснити отримані результати.

Варіабельність показника частки хвої у складі фракції деревної зелені надземної фітомаси модельних дерев сосни звичайної становила 49,1–75,4%. Найнижчі значення досліджуваного параметра відмічені для екземплярів віком 38, 49 та 84 роки, максимальні – для 30-річних дерев. У межах вікових груп та простору росту найефективніше

використовують сонячну радіацію та фактори життєзабезпечення дерева у віці жердняку, які перебувають у цено-тично нестійкому стані. Нестійкість їх статусу зумовлена дією безперервного природного добору, що проявляється у диференціації дерев за ростом і розвитком. Подальша їх екологічна стратегія визначається ефективністю використання простору, залежно від чого вони опиняються або у пригніченому, або в домінуючому ярусі. Ефективність фотосинтетичної активності при цьому знижується: у супутніх – завдяки їх статусу «відмираючих», у домінуючих – внаслідок відсутності конкурентів і найбільших можливостей для розвитку крони.

Як свідчать отримані дані, статистично достовірна залежність показника частки листя у фракції деревної зелені робінії звичайної від віку, діаметра стовбура та висоти дерев відсутня (рис. 1). Спостерігається тенденція, на яку вказує лінія тренду: зі збільшенням віку, діаметра стовбура та висоти дерев у робінії зменшується показник частки листя у фракції деревної зелені. Це можна пояснити тим, що з віком у фітомасі крони даної породи збільшується частка грубих гілок з одночасним зменшенням кількості дрібних гілок, на яких формується листя.

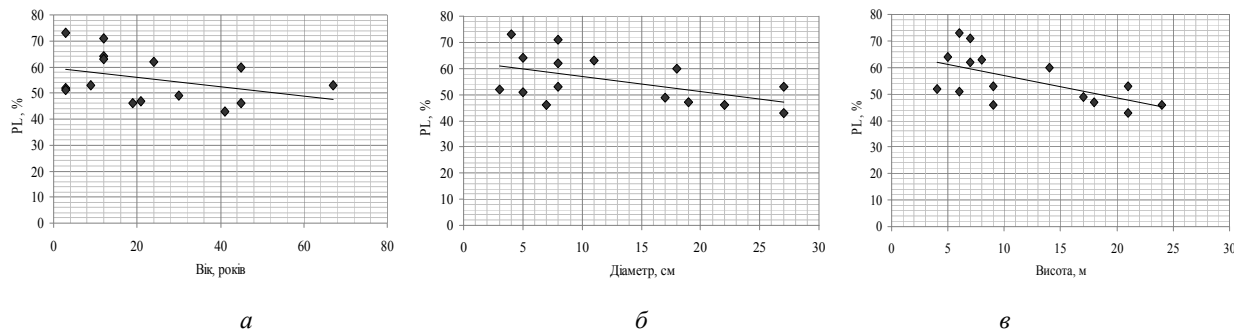


Рис. 1. Залежність показника частки листя у фракції деревної зелені (PL) робінії звичайної від таксаційних показників дерев: а – віку дерева, б – середнього діаметра, в – середньої висоти (n = 15)

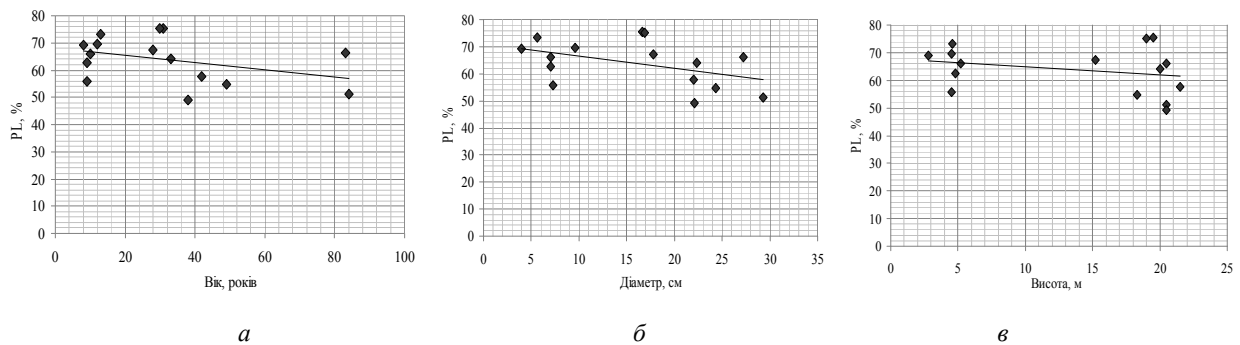
Дослідження залежності частки хвої у структурі деревної зелені сосни звичайної від показників віку, діаметра стовбура та висоти в усіх варіантах виявили тенденцію зменшення показника зі збільшенням значень таксаційних параметрів дерев (рис. 2). Зменшення частки хвої у деревній зелені з віком можна пояснити фізіологічним станом хвоїнок, структурою гілок, освітленістю крони та загальною доступністю світла для гілок.

Аналізуючи зміни вмісту абсолютно сухої речовини у свіжому листі робінії, необхідно зазначити, що досліджуваний показник має достатній діапазон значень (0,321–0,524), причому крайні значення характерні для дерев, які належать до групи молодняка (рис. 3). Спостерігається коливання абсолютних значень цього показника, навіть за однакового віку, діаметра стовбура та висоти модельних дерев (табл. 1). Лінія тренду (рис. 3) демонструє, що зі збільшенням таксаційних показників

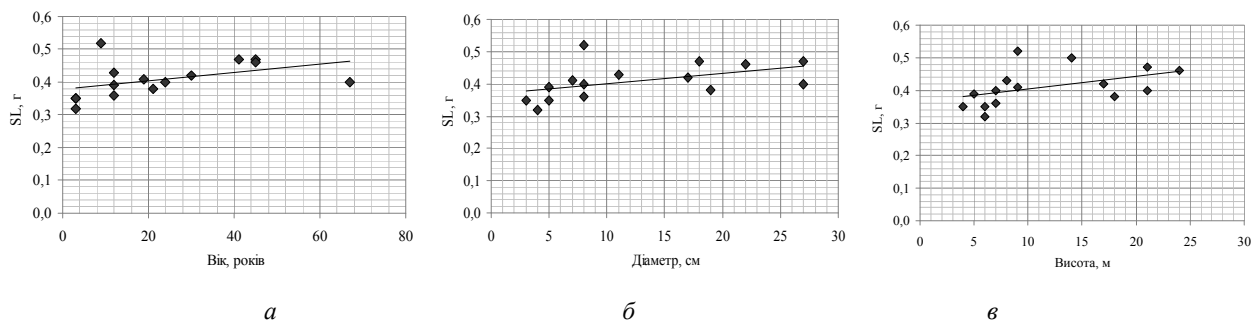
дерева відмічається тенденція до зростання маси абсолютно сухої речовини у листі досліджуваної породи. Для частки листа також не встановлено залежності даного показника від віку, діаметра стовбура та висоти досліджуваних дерев робінії. Ймовірно, це пов'язано з фізіологічною активністю рослин і розвитком корневих систем, які забезпечують листя водою та розчиненими мінеральними речовинами. У робінієвих насадженнях простежуються швидке розростання корневих систем і крон у перші роки та зниження інтенсивності цих процесів у подальшому, рання чітка диференціація дерев за розмірами, положенням корневих систем у ґрунті, високий рівень реалізації ростового потенціалу за спри-

ятливих умов зволоження, неможливість такого за сухих умов. Таким чином, це може впливати на забезпеченість вегетативних органів надземної частини дерева водою, а також на вміст абсолютно сухої речовини у свіжому листі дерев.

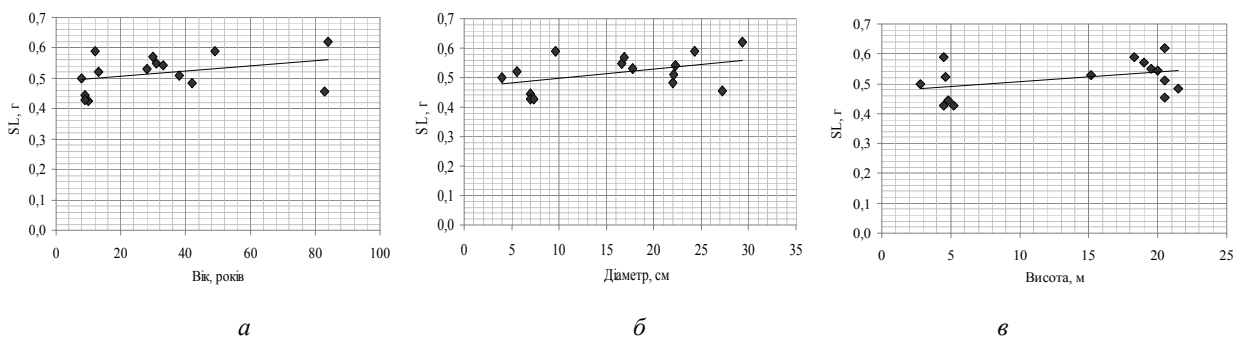
Показники вмісту абсолютно сухої речовини у хвої сосни звичайної, навпаки, мають тенденцію до збільшення відносно визначених таксаційних параметрів. Аналіз вмісту абсолютно сухої речовини у хвої показав варіабельність значень від 0,426 до 0,620. У найбільшій кількості дослідні екземпляри модельних дерев мали значення даного показника близько 0,500 (рис. 4).



**Рис. 2.** Залежність показника частки хвої у фракції деревної зелені ( $P_L$ ) сосни звичайної від таксаційних показників дерев: *a* – віку деревостану, *б* – середнього діаметра, *в* – середньої висоти ( $n = 15$ )



**Рис. 3.** Залежність вмісту абсолютно сухої речовини ( $S_L$ ) у листі робінії звичайної від таксаційних показників дерев: *a* – віку дерева, *б* – середнього діаметра, *в* – середньої висоти ( $n = 15$ )



**Рис. 4.** Залежність вмісту абсолютно сухої речовини ( $S_L$ ) у хвої сосни звичайної від таксаційних показників дерев: *a* – віку деревостану, *б* – середнього діаметра, *в* – середньої висоти ( $n = 15$ )

Зафіксовано істотні коливання даного показника у межах однакових значень віку, висоти, діаметра стовбура модельних екземплярів сосни звичайної (рис. 4). Наведена на графіку лінія тренду демонструє загальну тенденцію до збільшення вмісту абсолютно сухої речовини у хвої досліджуваних деревних порід із підвищенням значень

таксаційних параметрів модельних дерев сосни звичайної. Для розуміння залежностей між досліджуваними показниками асиміляційної складової фракції деревної зелені та таксаційними параметрами модельних дерев розраховано значення коефіцієнтів кореляції (табл. 2).

Аналіз отриманих коефіцієнтів кореляції для робінії звичайної дозволяє зробити висновок, що для частки листя деревної зелені встановлено статистично достовірну залежність від діаметра та висоти стовбура. Зв'язок зворотний, найбільш значущий для діаметра дерева. Для вказаних таксаційних показників модельних дерев також відмічено статистично достовірну пряму помірну кореляційну залежність. Для віку, серед досліджених параметрів, встановлено найменш значущу залежність частки деревної зелені в надземній фітомасі дерев

робінії. Для сосни звичайної статистично достовірні коефіцієнти кореляції для  $P_L$  щодо всіх факторів впливу мають від'ємні значення (зворотний зв'язок). Статистично достовірної залежності показника частки хвої у фотосинтетично активній складовій від висоти дерева не встановлено. Прямий кореляційний зв'язок із додатними значеннями зафіксований для вмісту абсолютно сухої речовини залежно від усіх досліджуваних таксаційних параметрів.

Таблиця 2

**Коефіцієнти кореляції частки листя (хвої) та вмісту абсолютно сухої речовини з таксаційними показниками дерев**

Показник	Вік, років	Діаметр, см	Висота, м
<i>Pinus sylvestris</i> L.			
$P_L$	$-0,391 \pm 0,174^*$	$-0,454 \pm 0,167^*$	$-0,280 \pm 0,179$
$S_L$	$0,354 \pm 0,176^*$	$0,443 \pm 0,166^*$	$0,401 \pm 0,173^*$
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.			
$P_L$	$-0,422 \pm 0,170^*$	$-0,670 \pm 0,138^{***}$	$-0,590 \pm 0,152^{***}$
$S_L$	$0,421 \pm 0,170^*$	$0,461 \pm 0,167^{**}$	$0,463 \pm 0,167^{**}$

Примітки: \* –  $P < 0,05$ , \*\* –  $P < 0,01$ , \*\*\* –  $P < 0,001$ .

Отже, найбільш значущий таксаційний показник, що демонструє помірну залежність частки деревної зелені, – середній діаметр стовбура модельних дерев двох досліджуваних порід. Отримані дані узгоджуються з даними інших дослідників (Bartelink, 1997; Tobin et al., 2006), які вивчали залежності між асимілювальною складовою та біометричними даними для деревостанів *Fagus sylvatica* L. у Нідерландах та *Picea* L. на території Лаосу. У цих працях проденстровано подібні закономірності щодо отриманих нами даних.

Показник деревної зелені має обернено пропорційну залежність від висоти, діаметра стовбура та віку, тобто збільшення значень даних показників викликає зменшення частки фотосинтетично активної складової дерев обох лісотвірних порід степової зони. Схожі закономірності встановлені у працях Fownes and Harrington (1990, 1991) для низки деревних рослин (*Acacia auriculiformis*, *Acacia mangium*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Gliricidia septum* і *Leucaena diversifolia*), які зростали на острові Майя.

**Висновки**

У структурі асиміляційної активної складової фракції деревної зелені робінії звичайної показник частки листя має достатній діапазон значень: 43,0–72,8%, варіабельність показника частки хвої у фітомасі деревної зелені сосни звичайної також значна, перебуває у межах 49,1–75,4%. У досліджуваних деревних порід степових лісостанів спостерігається зменшення значень показників частки листя у фракції деревної зелені надземної фітомаси робінії та частки хвої у сосни звичайної зі збільшенням основних таксаційних параметрів дерев – віку, діаметра стовбура та його висоти.

Аналізуючи вміст абсолютно сухої речовини у свіжому листі робінії, необхідно зазначити, що даний показник має достатній діапазон 0,321–0,524, причому крайні значення характерні для дерев вікової групи молодняка. Тренд значень вмісту абсолютно сухої речовини у листках робінії демонструє підвищення значень у

разі збільшення таксаційних параметрів дерев. Зміни вмісту абсолютно сухої маси хвої сосни звичайної з віком, діаметром стовбура та висотою відрізняються середньою величиною варіабельності та характеризуються поступовим підвищенням визначеного показника відповідно до збільшення таксаційних параметрів.

Прийняттям ефективних управлінських рішень, які визначатимуть лісогосподарські та лісокультурні заходи щодо створення, формування та оптимального функціонування робінієвих та соснових насаджень, вважаємо, можливо досягти збільшення асиміляційно активної складової надземної фітомаси досліджуваних порід. Це потребує подальших досліджень, спрямованих на встановлення залежностей наведених показників від типу лісорослинних умов і технологій створення лісових культур у степовій зоні України.

**Бібліографічні посилання**

Bartelink, N.N., 1997. Allometric relationships for biomass and leaf area of beech (*Fagus sylvatica* L). Ann. Sci. For. 54, 39–50.  
 Brygadyrenko, V.V., 2015. Community structure of litter invertebrates of forest belt ecosystems in the Ukrainian steppe zone. Int. J. Environ. Res. 9(4), 1183–1192.  
 Brygadyrenko, V.V., 2016. Effect of canopy density on litter invertebrate community structure in pine forests. Ekológia (Bratislava) 35(1), 90–102.  
 Bonan, G.B., 1993. Importance of leaf area index and forest type when estimating photosynthesis in boreal forests. Rem. Sens. Environ. 43, 303–314.  
 Carter, C.T., Ungar, I.A., 2002. Aboveground vegetation, seed bank and soil analysis of a 31-years of forest restoration on coal mine spoil in southeastern Ohio. Am. Midl. Nat. 147(1), 44–59.  
 Chen, J.M., 1996. Canopy architecture and remote sensing of the fraction of photosynthetically active radiation absorbed by boreal conifer forests. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 34, 1353–1368.  
 Christensen, M.R., Graham, M.D., Vinebrooke, R.D., Findlay, D.L., Paterson, M.J., Turner, M.A., 2006. Multiple anthropogenic stressors cause ecological surprises in boreal lakes. Glob. Change Biol. 12, 2316–2322.

- Clark, D., Brown, S., Kicklighter, D., Chambers, J., Thomlinson, J., Ni, J., Holland, E., 2001. Net primary production in tropical forests: An evaluation and synthesis of existing field data. *Ecol. Appl.* 11, 371–384.
- Cosmo, L., Gasparini, P., Tabacchi, G., 2016. A national-scale, stand-level model to predict total above-ground tree biomass from growing stock volume *Forest Ecol. Manag.* 361, 269–276.
- Dong, J., Kaufmann, R., Myneni, R., Compton, J., Kauppi, P., 2003. Remote sensing estimates of boreal and temperate forest woody biomass carbon pools, sources and sinks. *Remote Sens. Environ.* 84, 393–410.
- Faly, L.I., Brygadyrenko, V.V., 2014. Patterns in the horizontal structure of litter invertebrate communities in windbreak plantations in the steppe zone of the Ukraine. *J. Plant Prot. Res.* 54(4), 414–420.
- Fleming, R.A. The Weibull model and an ecological application: Describing the dynamics of foliage biomass on Scots pine. *Ecol. Model.* 138, 309–319.
- Fownes, J.H., Harrington, R.A., 1991. Allometry of woody biomass and leaf area in five tropical multipurpose trees. *J. Trop. For. Sci.* 4(4), 317–330.
- Galiano, L., Martínez-Vilalta, J., Lloret, F., 2011. Carbon reserves and canopy defoliation determine the recovery of Scots pine 4 yr after a drought episode. *New Phytol.* 190, 750–759.
- Goudie, J.W., Parish, R., Antos, J.A., 2016. Foliage biomass and specific leaf area equations at the branch, annual shoot and whole-tree levels for lodgepole pine and white spruce in British Columbia. *Forest Ecol. Manag.* 361, 286–297.
- Hensiruk, S.A., 2002. *Lisy' Ukrainy* [Forests of Ukraine]. USFU, Lviv (in Ukrainian).
- Hulchak, V.P. (ed.), 2011. *Osnovni polozhennja organizacii' i rozvytku lisovogo gospodarstva Dnipropetrovs'koi' oblasti* [The main provisions of forest organization and management of Dnipropetrovsk region]. Irpin, Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Jagodziński, A.M., Dyderski, M.K., Rawlik, K.K., Kątna, B., 2016. Seasonal variability of biomass, total leaf area and specific leaf area of forest understory herbs reflects their life strategies. *Forest Ecol. Manag.* 374, 71–81.
- Jelonek, T., Pazdrowski, W., Arasimowicz, M., Tomczak, A., Szaban, J., 2009. The effect of site quality and biological tree class on the crown productivity in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Sylwan* 153(5), 304–322.
- Lakyda, P.I., 2003. *Fitomasa lisiv Ukrainy* [Phytomass of Ukrainian forests]. Sbruch, Ternopil (in Ukrainian).
- Lakyda, P.I., Blishchik, I.B., 2010. *Fitomasa vil'shnyakiv zaxidnogo Polissya Ukrainy* [Phytomass alders in the west Polissya of Ukraine]. FOP Majdanchenko I.S., Korsun-Shevchenkivsky (in Ukrainian).
- Lauri, P., Havlík, P., Kindermann, G., Forsell, N., Böttcher, H., Obersteiner, M., 2014. Woody biomass energy potential in 2050. *Energ. Policy* 66, 19–31.
- Lovynska, V., Sytnyk, S., Kharytonov, M., Loza, I., 2016. Features of pine stands function in Dnieper North Steppe, Ukraine. *Agriculture and Forestry* 62(1), 155–163.
- Lu, M., 2006. The potential and challenge of remote sensing-based biomass estimation. *Int. J. Remote Sens.* 27, 1297–1328.
- Mattsson, E., Ostwald, M., Wallin, G., Nissanka, S.P., 2016. Heterogeneity and assessment uncertainties in forest characteristics and biomass carbon stocks: Important considerations for climate mitigation policies. *Land Use Policy* 59, 84–94.
- Niinemets, U., 2010. Responses of forest trees to single and multiple environmental stresses from seedlings to mature plants: Past stress history, stress interactions, tolerance and acclimation. *Forest Ecol. Manag.* 260, 1623–1639.
- Sala, A., Woodruff, D., Meinzer, F., 2012. Carbon dynamics in trees: Feast or famine? *Tree Physiol.* 32, 764–775.
- Sviridenko, V., Shvidenko, A., 1995. *Lisivnictvo* [Forestry]. Sil'gosposvita, Kyiv (in Ukrainian).
- Sytnyk, S., Lovynska, V., Kharytonov, M., Loza, I., 2015. Effect of forest site type on the growing stock of forest-forming species under conditions of the Dnieper Steppe, Ukraine. *Proc. 6th Int. Scientific Agricultural Symp. "Agrosym 2015"*. Jahorina, 2118–2125.
- Tobin, B., Black, K., Osborne, B., Reidy, K., Bolger, T., Nieuwenhuis, M., 2006. Assessment of allometric algorithms for estimating leaf biomass, leaf area index and litter fall in different-aged Sitka spruce forests. *Forestry* 79, 453–465.
- Turski, M., Beker, C., Kazmierczak, K., Najgrakowski, T., 2008. Allometric equations for estimating the mass and volume of fresh assimilational apparatus of standing Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) trees. *Forest Ecol. Manag.* 255, 2678–2687.

Надійшла до редколегії 27.09.2016