



doi: 10.15407/ukrbotj73.06.587

Н.С. ТЕРЛИГА

Криворізький ботанічний сад НАН України
вул. Маршака, 50, м. Кривий Ріг, 50089, Україна
nterlyga@mail.ua

ОСОБЛИВОСТІ СЕЗОННОЇ ДИНАМІКИ ПІГМЕНТІВ ФОТОСИНТЕЗУ У ВИДІВ РОДУ *PINUS* (*PINACEAE*)

Terlyga N.S. **Features of seasonal dynamics of photosynthetic pigments in species of the genus *Pinus* (*Pinaceae*).** Ukr. Bot. J., 2016, 73(6): 587–592.

Kryvyi Rih Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine
50, Marshak Str., Kryvyi Rih, 50089, Ukraine

Abstract. Content of photosynthetic pigments and total water content in tissues of pine needles have been studied in six species of *Pinus*. The dynamics thereof under different humidity conditions during summer season has been demonstrated. The total pigment content in the species under investigation varied per month (June–August) from 0.83 to 2.60 mg/g of raw substance, with the highest values being recorded for representatives of the *Eupitys* Spach. section: in June, for *P. pallasiana* – 1.38 mg/g and *P. sylvestris* – 1.24 mg/g; in July, *P. mugo* – 1.45 mg/g of raw substance. With a high amount of rainfall (June), the level of chlorophyll *a* in the studied species was 1.2 to 2.2 times higher than that found under conditions of prolonged drought (July–August). The maximum values of the total water content of pine needle tissues in all studied species were identified at the high amount of average monthly rainfall. Under significant deficit of rainfall, the maximum decrease in total water content of pine needle tissues and the minimum content of photosynthetic pigments were observed in the needles of *P. strobus* and *P. ponderosa*.

Key words: *Pinus*, chlorophyll *a* and *b*, carotenoids, pine needles, water content

Вступ

Одним з основних критеріїв успішного впровадження нових видів в озеленення міст Степової зони є стійкість рослин до несприятливих факторів навколишнього середовища. Важливими фізіологічними показниками, що характеризують стійкість рослин до несприятливих умов зростання, є пластичність фотосинтетичного апарату, його здатність пристосовуватися до мінливих зовнішніх умов. На думку ряду авторів стан пігментної системи, сезонна динаміка та співвідношення її компонентів відображають ступінь адаптації рослин до екологічних умов зростання (Мамаєв, 1965; Yatsko, 2010). Фотосинтетичний апарат рослин є дуже чутливим до змін навколишнього середовища, тому його стан певною мірою визначає ступінь адаптації рослин як до природно-кліматичних, так і антропогенних чинників (Lichtenthaller, 1982). Адаптація деревних інтродуцентів у Степовій зоні є досить складним процесом. Вона лімітована високими температурами та низькою вологозабезпеченістю у

вегетативний період, що призводить до різких змін ритмів їхнього розвитку, які обумовлені фізіологічними процесами. Тому актуальним є вивчення пластичності фотосинтетичного апарату, його здатності пристосовуватися до мінливих погоднокліматичних умов.

Для оцінки адаптивного потенціалу інтродукованих видів роду *Pinus* L. було проведено порівняльне дослідження сезонної динаміки вмісту фотосинтетичних пігментів і загальної оводненості тканин асиміляційного апарату за умов різного вологозабезпечення.

Об'єкти та методи досліджень

Об'єктами дослідження були шість видів роду *Pinus* з колекції Криворізького ботанічного саду (КБС) НАН України, які за систематичним розподілом належать до трьох секцій: sect. *Pinus* (підрід *Pinus*) – *P. sylvestris* L., *P. mugo* Turra; *P. nigra* I.F. Arnold, *P. pallasiana* D. Don.; sect. *Pseudostrobus* Endl. (підрід *Pinus*) – *P. ponderosa* P. Lawson & C. Lawson та sect. *Strobus* Shaw. (підрід *Haploxydon* Koehne) – *P. strobus* L.

Таблиця 1. Порівняння середніх метеорологічних показників за 2015 р. та середньобогаторічних даних за період активної вегетації рослин

Table 1. Average meteorological data for 2015 and average long-term data for active vegetation period

Місяць	Середні метеорологічні показники за 2015 р.*		Середньобогаторічні метеодані**	
	температура повітря, °С	кількість опадів, мм	температура повітря, °С	кількість опадів, мм
квітень	12,4	25,0	9,2	36,0
травень	17,1	26,4	15,8	43,0
червень	21,1	91,6	19,1	68,0
липень	23,1	17,2	21,6	52,0
серпень	23,1	13,8	21,0	47,0
вересень	20,1	0,8	15,5	39,0
жовтень	8,3	1,4	8,9	35,0

* Дані метеостанції «Davis 6152 C Vantage Pro 2» Криворізького ботанічного саду; ** – авіаметеостанції Лозуватка (м. Кривий Рір) упродовж 1980–2005 рр. (Fedorovskiy, Mazur, 2007).

Зразки хвої другого року вегетації відбирали з декількох дерев кожного виду із середньої частини крони південної експозиції в 3-разовій повторності з червня до серпня. Пігменти екстрагували з наважкою 0,1 г у димексиді за методикою А.Р. Уелбурн (Wellburn, 1994). Оптичні щільності пігментних витяжок визначали за допомогою спектрофотометра СФ-2000 згідно до загальноприйнятого методу за максимумами поглинання: для хлорофілів a і b – відповідно 665 і 649 нм, для каротиноїдів – 480 нм. Концентрації фотосинтетичних пігментів (C , мг/мл) розраховували за формулами:

$$C_{\text{хл. } a} = 12,19 A_{665} - 3,45 A_{649};$$

$$C_{\text{хл. } b} = 21,99 A_{649} - 5,32 A_{665};$$

$$C_{\text{кар}} = (1000 A_{480} - 2,14 C_{\text{хл. } a} - 70,16 C_{\text{хл. } b}) / 200.$$

Загальну оводненість тканин хвої визначали за ваговим методом (Bessonova, 2006): зразки хвої висушували при температурі 100–105 °С упродовж 1 год і далі – до постійної маси при 60 °С. Проби відбирали з червня до вересня. Дослідження проводили протягом літнього сезону за умов надмірного зволоження та значного дефіциту опадів.

Середньобогаторічні метеодані (Fedorovskiy, Mazur, 2007) порівнювали з середніми метеорологічними показниками (температура повітря, кількість опадів) за 2015 р. (табл. 1), які були отримані за допомогою метеостанції «Davis 6152 C Vantage Pro 2», розташованої на території КБС.

Результати досліджень та їх обговорення

Криворізький регіон належить до помірно-континентальної суббореальної семиаридної кліматичної підзони, а за фізико-географічним районуванням він розташований в Степовій зоні, північно-степовій підзоні (Agroklimaticheskii spravochnik, 1958). Характерними рисами континентального клімату Степової зони є спекотне сухе літо, досить холодна, а в більшості випадків малосніжна зима, часті посухи та суховії. Середня сума опадів за вегетаційний період в регіоні складає приблизно 240 мм, за рік 470 мм, сумарний річний дефіцит зволоження – 481 мм (Fedorovskiy, Mazur, 2007). У 2015 р. середньомісячна температура повітря та кількість опадів мали значні відхилення від середньобогаторічних оптимумів, характерних для регіону. Метеорологічні умови на початку активної вегетації рослин характеризувалися недостатньою кількістю атмосферних опадів у квітні–травні, а в липні–вересні – значним дефіцитом опадів і більш високими температурами порівняно із середньобогаторічними даними. Так, з середини квітня до кінця травня кількість опадів була на 29–38% меншою порівняно із середньобогаторічними даними, в липні–серпні – на 67 і 71% відповідно, у вересні – на 79,5% меншою, тоді як у червні кількість опадів перевищувала багаторічні показники на 34% (табл. 1).

Упродовж вегетації рослин кількісний вміст пігментів є досить динамічним показником, це відмічають багато дослідників (Kojima, Yamamoto, Sasaki, 1992; Ferus, Arkosiova, 2001; Chernyshev, Vernigora, Titova, 2004; Suvorova et al., 2011). Загальний вміст пігментів у досліджених зразків хвої видів роду *Pinus* у літній період змінювався від 0,83 до 2,60 мг/г сирової маси. В межах однієї секції кількісний вміст пігментів був різним. Так, у видів секції *Pinus* загальний вміст пігментів становив 1,09–2,60 мг/г, тоді як у представників секції *Pseudostrobus* і *Strobus* він був меншим – відповідно 0,98–1,20 та 0,84–1,85 мг/г (табл. 2). Максимальні значення кількісного вмісту пігментів у червні відмічали у *P. sylvestris*, *P. pallasiana*, *P. nigra* та *P. strobus*, у липні – у *P. ponderosa* та *P. mugo*. Дослідники Л.Ф. Правдін і К.Г. Шербіна (Pravdin, Shcherbina, 1964) відмічають, що незалежно від кількісних сезонних коливань вміст пігментів в асиміляційному апараті слід розглядати як спадкову ознаку, яку вони використовували для визначення підвидів *P. sylvestris*.

Вміст кількості пігментів у тканинах листка характеризує потенційну здатність фотосинтетичного апарату до захоплення сонячного випромінювання в різні періоди вегетації. Розглядаючи динаміку вмісту хлорофілу *a* у сосен по місяцях, ми зафіксували його максимальні значення в різні терміни вегетаційного періоду: в червні у *P. pallasiana* (2,36 мг/г) і *P. sylvestris* (2,01 мг/г), у липні – у *P. mugo* (2,60 мг/г) і *P. ponderosa* (1,54 мг/г). За умов надмірного зволоження (червень) вміст хлорофілу *a* у досліджених видів роду *Pinus* був вищим у 1,2–2,2 рази, ніж за умов значного дефіциту опадів (серпень). Загалом, відмічено загальну тенденцію до зниження кількості вмісту хлорофілу *a* в усіх досліджених представників у посушливих умовах серпня. Найнижчі значення даного показника відмічені наприкінці літа у *P. strobus* (0,48 мг/г) і *P. ponderosa* (0,98 мг/г). Кількісні зміни вмісту хлорофілу *a* в асиміляційному апараті сосен у літній період свідчать про різний рівень адаптації рослин до дії несприятливих погодних умов, зокрема дефіциту вологи та високих температур.

Динаміка кількісного вмісту хлорофілу *b* у літній період мала дещо інші особливості. Більший вміст хлорофілу *b* у сосен відмічений впродовж червня й липня (табл. 2), а його зниження фіксували у серпні, коли кількість опадів зменшилася у 6,6 разів (табл. 1). Максимальне накопичення хлорофілу *b* виявлено в липні у *P. mugo* (0,60 мг/г) одночасно зі збільшенням вмісту хлорофілу *a* на 24%. Наприкінці літнього періоду встановлено за середньоарифметичними показниками низьку його концентрацію у видів *P. strobus* і *P. sylvestris* – 0,13 мг/г і 0,19 мг/г відповідно.

Обов'язковим компонентом пігментної системи рослин є каротиноїди (Karnaukhov, 1988). Відомо, що вони захищають хлорофіл від надлишку сонячної радіації, а зростання їхньої частки у загальному пігментному складі хвойних рослин відбувається в осінньо-зимовий період (Zotikova et al., 2001; Yatsko, 2010). У досліджених видів роду *Pinus* динаміка накопичення каротиноїдів мало відрізняється від хлорофілу *b*. Серед досліджених представників тільки у *P. sylvestris* відмічали зменшення кількості каротиноїдів уже в липні на 63,4%, в інших видів – збільшення їхньої кількості у липні й зниження – у серпні. Втім, хоча і відзначали коливання вмісту кількості каротиноїдів у сосен з червня до серпня, їхня частка в загальному пігментному фонді суттє-

Таблиця 2. Динаміка вмісту пігментів в асиміляційному апараті видів роду *Pinus* у літній період

Table 2. Dynamics of pigment content in assimilation system of *Pinus* species in summer period

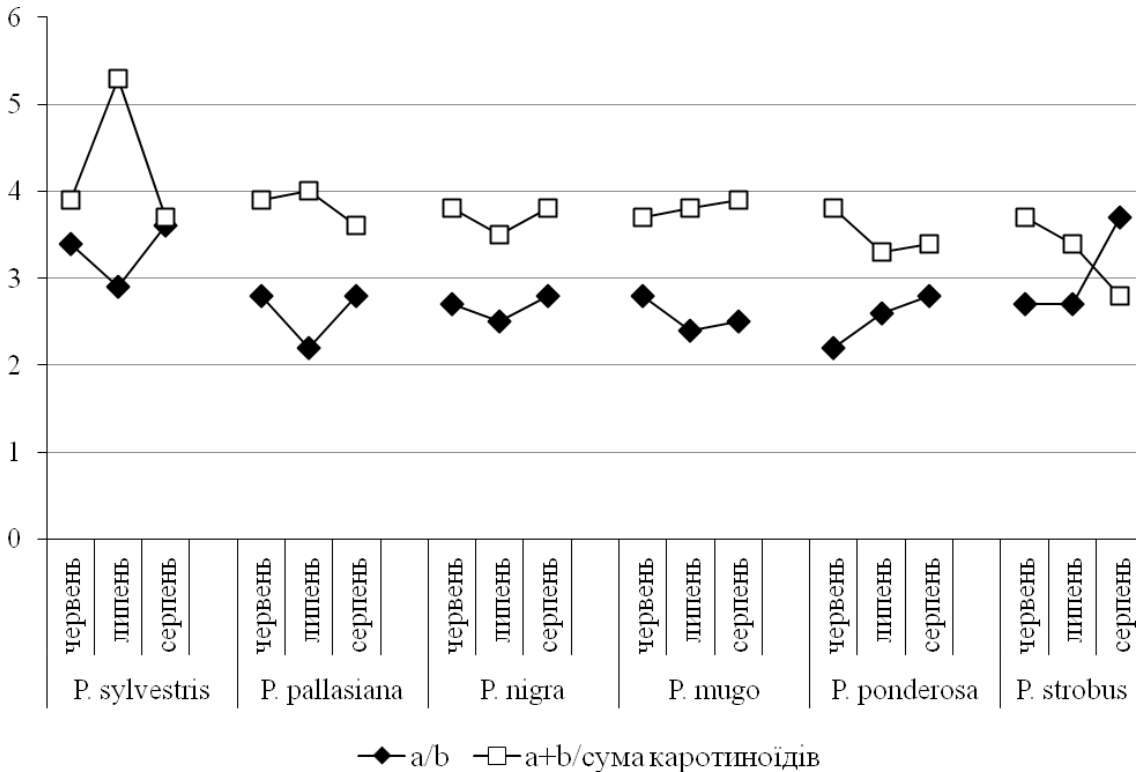
Вид	Місяць відбору зразків	Вміст пігменту, мг/г сирової маси					
		хл. <i>a</i>		хл. <i>b</i>		каротиноїди	
		<i>M</i>	<i>V</i> , %	<i>M</i>	<i>V</i> , %	<i>M</i>	<i>V</i> , %
Підрід <i>Pinus</i>							
Секція <i>Pinus</i>							
<i>Pinus sylvestris</i>	червень	1,24	13,7	0,37	30,7	0,41	25,0
	липень	0,89	3,6	0,31	20,2	0,26	34,8
	серпень	0,6	13,3	0,19	15,3	0,23	12,4
<i>P. pallasiana</i>	червень	1,38	12,1	0,50	51,4	0,49	45,8
	липень	1,20	7,9	0,57	22,2	0,44	9,3
	серпень	0,68	4,8	0,24	6,5	0,26	4,7
<i>P. nigra</i>	червень	1,06	6,7	0,39	4,2	0,39	6,0
	липень	1,01	3,6	0,41	8,8	0,40	5,4
	серпень	0,78	13,0	0,28	10,9	0,27	12,2
<i>P. mugo</i>	червень	1,11	4,7	0,39	10,7	0,41	4,8
	липень	1,45	2,0	0,60	9,0	0,55	2,2
	серпень	1,02	13,6	0,45	45,3	0,38	22,0
Секція <i>Pseudostrobus</i>							
<i>Pinus ponderosa</i>	червень	0,66	10,6	0,29	23,5	0,25	29,4
	липень	0,85	5,8	0,33	7,9	0,36	4,9
	серпень	0,56	9,78	0,20	20,5	0,22	9,5
Підрід <i>Haploxyylon</i>							
Секція <i>Strobus</i>							
<i>Pinus strobus</i>	червень	1,06	8,6	0,40	14,0	0,40	9,7
	липень	1,01	13,4	0,37	15,9	0,41	13,5
	серпень	0,48	14,0	0,13	23,5	0,22	16,4

П р и м і т к и: *M* – середнє арифметичне значення; *V* – коефіцієнт варіації, %.

во не змінювалась і становила в середньому за літній період 20,8–23,6% (табл. 2).

Адаптація рослин до посухи полягає в зниженні вмісту пігментів, при цьому найменш стійким є хлорофіл *a*, більш стабільними при зміні зовнішніх умов – хлорофіл *b* і каротиноїди (Farafontov, 1991). Як зауважують В.Д. Чернишов зі співавторами (Chernyshev et al., 2004), близькість кількісного вмісту каротиноїдів і хлорофілу *b* свідчить про здатність фотосинтезуючого апарату адаптуватись до певного температурного і світлового режимів. Близькі значення цих показників упродовж літа відзначали лише у видів *P. nigra* та *P. ponderosa*.

В якості одного з показників загальної стійкості рослин використовують співвідношення хлорофілів *a* і *b* у листках, яке змінюється під впливом різних факторів і вказує на певну екологічну ла-



Динаміка співвідношення пігментів фотосинтезу в асиміляційному апараті видів роду *Pinus* у літній період
Dynamics of the ratio of photosynthetic pigments in assimilation system of *Pinus* species in summer period

більність фотосинтетичних пігментів. Відомо, що співвідношення хлорофілів *a* і *b* знаходиться в межах 2,0–2,8 у тінеадаптованих рослин і 3,5–4,9 – у світлоадаптованих (Думова, Fiedor, 2014). Втім, у літературі є мало даних щодо ступеня спадкової зумовленості цієї ознаки у сосен (Yatsko, 2010). Упродовж літнього періоду співвідношення хлорофілів *a* і *b* у досліджених представників варіювало від 2,2 до 3,7 (див. рисунок). Максимальні значення цього показника (3,6–3,7) були встановлені наприкінці вегетаційного періоду в *P. sylvestris* і *P. strobus*, що є видоспецифічною реакцією рослин на екологічні умови зростання.

Порівняльний аналіз вмісту пігментів показав, що незважаючи на зниження кількості хлорофілу *a* упродовж літнього періоду, пул хлорофілу *a* в середньому в усіх видів у червні перевищував пул хлорофілу *b* у 2,8 рази, в липні – у 2,5, в серпні – майже у 3 рази (табл. 2).

Співвідношення суми хлорофілів і каротиноїдів має важливу роль для характеристики фотосинте-

тичного апарату рослин. У різні терміни вегетації коефіцієнт цього співвідношення в досліджуваних видів коливається (2,8–5,3), що пов'язано зі змінами в кількісному складі фотосинтетичних пігментів упродовж літнього періоду. Найбільше зниження співвідношення суми хлорофілів і каротиноїдів за умов тривалої посухи (липень–серпень) відзначено у *P. strobus*, *P. sylvestris*, *P. pallasiana*, що пов'язано із зростанням в їхньому асиміляційному апараті вмісту каротиноїдів.

У дослідженнях Г.Г. Суворової зі співавторами (Suvorova et al., 2011) відмічено, що в посушливих умовах рівень хлорофілу *a* залежить від загального водного статусу тканин хвої. В наших дослідженнях простежується в різні терміни вегетації певна залежність динаміки вмісту пігментів від загальної оводненості тканин хвої, втім в основному вона має видоспецифічний характер. Загальний вміст води в хвої досліджених представників становив 50,0–68,6%. За сприятливих умов зволоження (в червні) спостерігалися максимальні значення за-

гальної оводненості тканин хвої в усіх досліджених видів (табл. 3).

У період надмірного зволоження (червень) найбільша загальна оводненість тканин хвої відмічена в *P. ponderosa*, для якого встановлена найменша кількість хлорофілу *a* в літній період порівняно з іншими видами. Розглядаючи динаміку оводненості тканин за місяцями, ми встановили, що меншим і більш стабільним рівнем вмісту води характеризується асиміляційний апарат *P. mugo*, в якого до того ж відзначена в серпні більша кількість фотосинтетичних пігментів. Найбільше зниження загальної оводненості тканин хвої відмічено в *P. strobus* і *P. ponderosa* (на 17,4% та 16,9% відповідно) за умов значного дефіциту опадів, який посилювався з серпня до вересня. Саме у цих видів відзначений найменший вміст фотосинтезуючих пігментів наприкінці вегетаційного сезону.

Висновки

Виявлено видоспецифічні відмінності за вмістом основних пігментів фотосинтезу та їхніми співвідношеннями в інтродукованих видів роду *Pinus* за умов різного вологозабезпечення. Адаптивні реакції упродовж вегетаційного сезону проявляються у зміні співвідношення між вмістом хлорофілів і каротиноїдів. Фотосинтетична активність асиміляційного апарату досліджених сосен при дефіциті опадів лімітована в основному динамікою хлорофілу *a*, кількісний вміст якого залежить від умов навколишнього середовища. Підтримка певного рівня хлорофілів *a* і *b* та водного обміну тканин хвої є проявом фізіологічних реакцій, спрямованих на формування адаптацій в умовах постійних кліматичних змін.

Встановлені відмінності за вмістом основних пігментів, їхнім співвідношенням та рівнем оводненості тканин хвої свідчать про те, що види *P. mugo*, *P. nigra*, *P. pallasiana* та *P. sylvestris* можна застосовувати в широкому діапазоні екологічних умов при створенні об'єктів озеленення різного функціонального призначення, тоді як *P. strobus* і *P. ponderosa* рекомендуємо лише для обмеженого використання в озелененні промислових міст Степової зони. Враховуючи наші дослідження, можна ефективніше вирішувати проблеми, пов'язані з підбором асортименту стійких рослин відповідно до умов зростання.

Таблиця 3. Показники загальної оводненості хвої видів роду *Pinus*

Table 3. Total water content in needles of *Pinus* species

Вид	Загальний вміст води, %			
	Місяць відбору зразків			
	червень	липень	серпень	вересень
<i>Pinus sylvestris</i>	62,5±0,45 8,45*	57,5±0,87 5,23	57,5±0,95 5,48	56,2±2,11 4,47
<i>P. pallasiana</i>	63,4±0,65 10,89	58,3±0,45 7,22	57,5±1,24 6,22	56,4±1,45 5,44
<i>P. nigra</i>	63,6±0,35 6,65	56,9±1,52 5,64	55,2±0,75 4,55	55,0±2,56 5,25
<i>P. mugo</i>	59,5±0,45 5,66	59,0±0,85 4,56	55,7±0,83 5,00	55,5±1,77 3,56
<i>P. ponderosa</i>	68,6±1,21 7,36	61,8±0,48 8,34	58,8±1,22 5,68	57,0±1,52 5,28
<i>P. strobus</i>	60,5±1,12 11,45	52,6±1,22 9,55	50,9±1,31 4,25	50,0±2,64 4,36

* У знаменнику коефіцієнт варіації, %.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Agroklimaticheskij spravochnik po Dnepropetrovskoy obl., Leningrad: Gidrometizdat, 1958, 88 pp. [Агроклиматический справочник по Днепропетровской обл. — Л.: Гидрометиздат, 1958. — 88 с.]*
- Bessonova V.P. *Praktykum z fiziolohii roslyn*, Dnipropetrovsk: RVV DDAU, 2006, 316 pp. [Бессонова В.П. *Практикум з фізіології рослин*. — Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2006. — 316 с.]
- Chernyshev V.D., Vernigora E.G., Titova M.S. *Dinamika pokazateley pigmentov khloroplastov dalnevostochnykh i introdutsiruemykh khvoynykh dendrariya Gornotaezhnoy stantsii*. In: *Biologicheskie issledovaniya na Gornotaezhnoy stantsii*, Vladivostok: Dalnauka, 2004, vol. 4, pp. 106–114. [Чернышев В.Д., Вернигора Е.Г., Титова М.С. Динамика показателей пигментов хлоропластов дальневосточных и интродуцируемых хвойных дендрария Горнотажной станции // *Биологические исследования на Горнотажной станции*. — Владивосток: Дальнаука, 2004. — Т. 9. — С. 106–114.]
- Dymova O., Fiedor L. *Chlorophylls and their role in photosynthesis*. In: *photosynthetic pigments chemical structure biological function and ecology*. Eds T.K. Golovko, W.I. Gruszecki, M.N.V. Prasad, K. Strazalka, Sytkyvtar: Komi Sci. Centre of the Ural Branch of RAS, 2014, pp. 140–160.
- Farafontov M.G. *Ekologiya*, 1991, 5: 76–79. [Фарафонов М.Г. Биоиндикаторные свойства хлорофилла в условиях воздействия загрязнений неопределенного состава // *Экология*. — 1991. — 5. — С. 76–79.]
- Fedorovskiy V.D., Mazur A.Yu. *Drevesnye rasteniya Krivorozhskogo botanicheskogo sada (itogi za 25 let)*, Dnepropetrovsk: Izd-vo Prospekt, 2007, pp. 159–183. [Федоровский В.Д., Мазур А.Ю. *Древесные растения Криворожского ботанического сада (итоги за 25 лет)*. — Днепропетровск: Изд-во Проспект, 2007. — С. 159–183.]

- Ferus P., Arkosiova M. Variability of chlorophyll content under fluctuating environment, *Acta fytotech. et zootech.*, 2001, 4: 123–125.
- Ignateva O.V. *Elementnyi sostav khvoi i morfo-fiziologicheskie pokazateli sosny obyknovennoy v usloviyakh tekhnogennogo zagryazneniya*: Cand. Sci. Diss. Abstract, Krasnoyarsk, 2005, 18 pp. [Игнатъева О.В. *Элементный состав хвои и морфо-физиологические показатели сосны обыкновенной в условиях техногенного загрязнения*: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск, 2005. – 18 с.].
- Karnaukhov V.N. *Biologicheskie funktsii karotinoidov*, Moscow: Nauka, 1988, 240 pp. [Карнаухов В.Н. *Биологические функции каротиноидов*. – М.: Наука, 1988. – 240 с.].
- Kojima K., Yamamoto N., Sasaki S. Structure of the pine (*Pinus thunbergii*) chlorophyll *a/b*-binding protein gene expressed in the absence of light, *Plant Mol. Biol.*, 1992, 19(3): 405–410.
- Lichtenthaller H. Adaptation of chloroplast – ultrastructure and chlorophyll – protein levels to high and low-light growth conditions, *Physiol. plant.*, 1982, 7: 1442–1448.
- Мамаев С.А. In: *Fiziologiya i ekologiya drevesnykh rasteniy: Trudy in-ta biologii*, Ufa: Ufim. otd. AN SSSR, 1965, vol. 43, pp. 37–41. [Мамаев С.А. Сезонная и возрастная динамика содержания хлорофилла (*a*) и (*b*) в хвое сосны // *Физиология и экология древесных растений: Тр. ин-та биологии*. – Уфа: Уфим. отд. АН СССР, 1965. – Т. 43. – С. 37–41].
- Pravdin L.F., Shcherbina K.G. *Trudy in-ta lesa i drevesiny*, Krasnoyarsk, 1961, vol. 50, pp. 90–98. [Правдин Л. Ф., Щербина К.Г. Динамика содержания хлорофилла в хвое и жирность семян сосны обыкновенной разного географического происхождения // *Тр. ин-та леса и древесины*. – Красноярск, 1961. – Т. 50. – С. 90–98].
- Suvorova G.G., Oskorbina M.V., Kopytova L.D., Yankova L.S., Popova E.V. *Sibirskiy Ekol. Zhurn.*, 2011, 6: 851–859. [Суворова Г.Г., Оскорбина М.В. Копытова Л.Д., Янькова Л.С., Попова Е.В. Сезонные изменения фотосинтетической активности и зеленых пигментов у сосны обыкновенной и ели сибирской в оптимуме и экстремальных условиях увлажнения // *Сиб. экол. журн.* – 2011. – 6. – С. 851–859].
- Wellburn A.R. The spectral determination of chlorophylls *a* and *b*, as well as total carotenoids, using various solvents of different resolution II g., *Plant Physiol.*, 1994, 144: 307–313.
- Yatsko Ya.N. *Pigmentnyi apparat vechnozelenykh rasteniy na Severe*: Cand. Sci. Diss. Abstract, St. Petersburg, 2010, 23 pp. [Яцко Я.Н. *Пигментный аппарат вечнозеленых растений на Севере*: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – СПб., 2010. – 23 с.].
- Zotikova A.P., Vorobeva N.A., Sobolevskaya Yu.S. *Vestnik Bashkir. Univ.*, 2001, 2(2): 67–69. [Зотикова А.П., Воробьева Н.А., Соболевская Ю.С. Динамика содержания и роль каротиноидов хвои кедр сибирского в высокогорье // *Вестн. Башкир. ун-та*. – 2001. – 2(2). – С. 67–69].
- Терлига Н.С. **Особливості сезонної динаміки пігментів фотосинтезу у видів роду *Pinus* (*Pinaceae*)**. – Укр. ботан. журн. – 2016. – 73(6): 587–592.
- Криворізький ботанічний сад НАН України, вул. Маршака, 50, м. Кривий Пір, 50089, Україна
- У шести видів роду *Pinus* досліджено вміст фотосинтетичних пігментів і загальна оводненість тканин хвої. Показана їхня динаміка в різних за вологозабезпеченістю умовах літнього періоду. Загальний вміст пігментів у досліджених видів у динаміці по місяцях (червень–серпень) коливався від 0,83 до 2,6 мг/г сирої маси з максимальним його значенням у представників секції *Pinus*: у червні – у *P. pallasiana* (1,3 мг/г) і *P. sylvestris* (1,24 мг/г), у липні – у *P. mugo* (1,45 мг/г). За умов високої кількості опадів (червень) рівень хлорофілу *a* в досліджених видів був у 1,2–2,2 рази вищим, ніж у посушливий період (липень–серпень). Максимальні значення загальної оводненості тканин хвої в усіх досліджених видів встановлені при високому рівні середньомісячних опадів. За умов значного дефіциту опадів найбільше зниження загальної оводненості тканин хвої та найменший вміст фотосинтезуючих пігментів були відзначені у *P. strobus* (секція *Strobus*) і *P. ponderosa* (секція *Pseudostrobus*).
- Ключові слова:** *Pinus*, хлорофіл *a* і *b*, каротиноїди, оводненість тканин хвої
- Терлига Н.С. **Особенности сезонной динамики пигментов фотосинтеза у видов рода *Pinus* (*Pinaceae*)**. – Укр. ботан. журн. – 2016. – 73(6): 587–592.
- Криворожский ботанический сад НАН Украины, ул. Маршака, 50, г. Кривой Рог, 50089, Украина
- У шести видов рода *Pinus* исследованы содержание фотосинтетических пигментов и общая оводненность тканей хвои. Показана их динамика в условиях различной влажности в летний период. Общее содержание пигментов у исследованных видов в динамике по месяцам (июнь–август) колеблется в пределах 0,83–2,6 мг/г сырой массы с максимальными его значениями у представителей секции *Pinus*: в июне – у *P. pallasiana* (1,38 мг/г) и *P. sylvestris* (1,24 мг/г), в июле – у *P. mugo* (1,45 мг/г). При высоком количестве осадков (июнь) уровень хлорофилла *a* у исследованных видов был в 1,2–2,2 раза выше, чем в условиях длительной засухи (июль–август). Максимальные значения общей оводненности тканей хвои у всех исследованных видов установлены при высоком количестве среднесуточных осадков. В условиях значительного дефицита осадков наибольшее снижение общей оводненности тканей хвои и наименьшее содержание фотосинтезирующих пигментов наблюдали в хвое *P. strobus* (секция *Strobus*) и *P. ponderosa* (секция *Pseudostrobus*).
- Ключевые слова:** *Pinus*, хлорофилл *a* и *b*, каротиноиды, оводненность тканей хвои