



I. I. Коляджин, Л. М. Кондратюк

Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна

ОСОБЛИВОСТІ СЕЗОННОГО РОЗВИТКУ СОСНИ ГІРСЬКОЇ *PINUS MUGO* TURRA В УМОВАХ ЧИВЧИНО-ГРИНЯВСЬКИХ ГІР (УКРАЇНСЬКІ КАРПАТИ)

Досліджено сезонний розвиток *Pinus mugo* Turra впродовж вегетаційних періодів 2019–2021 рр. у сосновому криволіссі Чивчино-Гринявських гір. Встановлено, що сосна гірська в Українських Карпатах поширена на висотах від 700 до 2000 м н.р.м. З'ясовано, що для високогір'я Чивчино-Гринявських гір характерна достатня кількість щорічних атмосферних опадів, середньорічна сума яких становить 956 мм. Встановлено, що терміни перебігу фенофаз і тривалість лінійного росту пагонів у представників виду *Pinus mugo* різняться. Це пов'язано із впливом природних (експозиція схилів, висота н.р.м.) і кліматичних чинників (температура, відносна вологість, кількість опадів, швидкість вітру тощо), зокрема, взимку сніг повністю покриває насадження сосни гірської. Прямий вплив на перебіг фенологічних фаз мають такі чинники: температура, підвищення ефективних температур більше ніж +5 °С, експозиція та крутизна схилів і висота н.р.м. В урочищі Гучівка, що розташоване біля підніжжя Гринявських гір, температура повітря вища, ніж у високогір'ї, тому найінтенсивніше розвиваються пагони, дещо пізніше – на полонині Веснарка (ПП № 4), найпізніше – на схилах гори Хітанка (ПП № 2, 3). Пробні площі розташовані понад 1600 м н.р.м., на відстані близько 700 м одна від одної, температура повітря практично однакова. Однак вони розташовані на схилах різних експозицій. Зокрема, на північно-західному схилі г. Хітанка (ПП № 2) весною сніговий покрив затримується довше, тому і фенологічні фази тут розпочинаються пізніше порівняно із південним схилом.

Ключові слова: фенофази; сума ефективних температур; лінійний ріст пагонів; експозиція; крутизна схилів; висота н.р.м.

Вступ / Introduction

Гірські ліси соснового криволісся Українських Карпат є складною екологічною системою, в якій ріст і розвиток є важливою компонентою їх онтогенезу.

Останніми роками внаслідок посилення активності суцесійних процесів природних популяцій, зокрема і сосни гірської (*Pinus mugo* Turra), істотно трансформувались. Негативні впливи кліматичних, едафічних чинників, лісгосподарської та антропогенної діяльності призводять до зміни ландшафту. Тому сучасний стан верхньої межі лісу та приполюсності рослинності Український Карпат є загрозливим [9, 11, 13, 17, 18].

Про наслідки від антропогенної діяльності свідчить знищення поясу смерекових лісів у ландшафтах Бескидів, частково в південно-західній частині Чорногори, істотне знищення гірсько-соснового криволісся на полонинах Боржаві, Красній, Руні (Рівна) [1, 7]. Оскільки природні популяції карпатського соснового криволісся віднесено до заповідної території держлісфонду у другій половині ХХ ст., було зініційовано вивчення соснового криволісся, його ґрунтозахисної та волорегуляційної ролі. Деякі господарства розпочали створювати дослідні культури сосни гірської [10] та здійснювали

заходи з їх біологічного оздоровлення [17, 22]. Тому одним із напрямів вирішення проблеми стійкості та раціонального використання соснового криволісся, як особливо вразливих високогірних лісових екосистем, є вивчення фенологічного розвитку рослин та їх пристосування до кліматичних змін.

Об'єкт дослідження – криволісся сосни гірської (*Pinus mugo* Turra) у Чивчино-Гринявських горах.

Предмет дослідження – фенологічні фази сезонного розвитку сосни гірської (*Pinus mugo*) за умов Чивчино-Гринявських гір.

Мета роботи – оцінити настання термінів основних фенологічних фаз розвитку вегетативних пагонів сосни гірської та перспективність *Pinus mugo* для моніторингу кліматичних змін в Українських Карпатах.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження: встановити настання термінів основних фенологічних фаз розвитку вегетативних пагонів сосни гірської; визначити вплив орографічних і кліматичних чинників (підвищення ефективних температур) на перебіг фенологічного розвитку сосни гірської (*Pinus mugo*) в Чивчино-Гринявських горах.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Унаслідок

Інформація про авторів:

Коляджин Іван Ігорович, аспірант, кафедра ботаніки, деревинознавства та недревних ресурсів лісу. Email: ivan_ko@i.ua;

<https://orcid.org/0000-0001-6790-7051>

Кондратюк Любов Миколаївна, ст. викладач, кафедра лісівництва. Email: l.kondratiuk@nltu.edu.ua;

<https://orcid.org/0000-0002-4760-2127>

Цитування за ДСТУ: Коляджин І. І., Кондратюк Л. М. Особливості сезонного розвитку сосни гірської *Pinus mugo* Turra в умовах Чивчино-Гринявських гір (Українські Карпати). Науковий вісник НЛТУ України. 2023, т. 33, № 5. С. 14–20.

Citation APA: Koliadzhyn, I. I., & Kondratiuk, L. M. (2023). Peculiarities of the seasonal development of vegetative shoots of *Pinus mugo* Turra in the conditions of the Chivchyno-Hryniav mountains (the Ukrainian Carpathians). *Scientific Bulletin of UNFU*, 33(5), 14–20.

<https://doi.org/10.36930/40330502>

док глобального потепління клімату відбувається зміна температурних режимів, опадів і снігового покриву, що може призвести до порушення та ослаблення гірських екосистем, які надають важливі екосистемні послуги [15, 17, 21]. Ці чинники порушують річний цикл розвитку рослин та залежать від спадкових особливостей, що склалися в процесі еволюції та розселення видів [14]. Важливим є те, що спадкові чинники істотно визначають послідовність фенологічних фаз та частково – тривалість фенофаз і кількість метамерних органів, що сформовані за окремий сезон. Початок фенологічних фаз розвитку сосни гірської та їх перебіг впливають також сезонні зміни тривалості днів, температури, вологості і тиску атмосферного повітря [2], збільшення суми ефективних температур на початку вегетації, едафічні умови росту сосни [8, 14, 19]. Під впливом сезонних змін у рослин змінюється динаміка їх ростових процесів. Тому фенологічний розвиток рослин розуміють, як розвиток сезонний. Кожна територія має свої, притаманні їй властиві сезонні явища і свої календарні терміни їх настання. Із роками ці терміни не постійні [8].

Матеріали та методи дослідження. Фенологічні спостереження за *Pinus mugo* здійснювали впродовж вегетаційних періодів 2019-2021 рр. за різних орографічних та екологічних умов. Дату настання фенологічних фаз розвитку рослин визначали за методикою [20]. За даними двох найближчих метеостанцій (сmt Верховина та с. Селятин) фіксували середні добові температури повітря, кліматичні показники на пробних площах вимірювали портативною метеостанцією Sunroad FR-510 і їх порівнювали з даними метеостанцій.

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

Для Високогір'я Чивчино-Гринявських гір характерна достатня кількість щорічних атмосферних опадів, середньорічна сума яких становить 956 мм. Чивчино-Гринявські гори виділено як окремий флористичний район [4, 5], однак згодом дослідники І. І. Чорней, В. В. Буджак і А. І. Токарюк [6] запропонували в виокремити три флористичні райони: Чивчинські і Гринявські гори та Покутсько-Буковинські Карпати (рис. 1).

Місця зростання сосни гірської, де проводили спостереження за сезонним розвитком рослин, зокрема, біля підніжжя Гринявських гір і у високогір'ї Чивчино-Гринявських гір можна охопити фотознімками із квадрокоптера. Отже, експозиційно-орографічні особливості місць розташування лісових ділянок на пробних пло-

щах можуть визначати вплив на ріст і фенологічний розвиток сосни гірської.

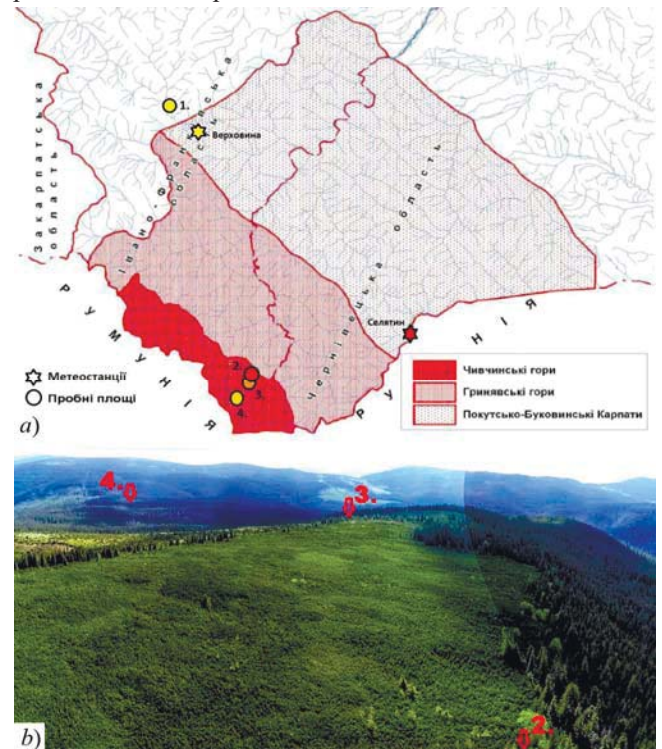


Рис. 1. Картохема (а) та розташування (b) пробних площ і найближчих метеостанцій на схилах гори Хітанка та на полонині Веснарка (Фото із квадрокоптера Б. І. Вихора, 24.05.2018 р.) / Map scheme (a) and location (b) of trial plots and the nearest meteorological station on the slopes of Mount Hitanka and on the plain of Vesnarka (Photo from a quadcopter by B.I. Vykhor, 05/24/2018)

В ур. Гучівка на заболочених ґрунтах у куртині гірськососнового криволісся закладено одну пробну площу (ПП № 1), дві – на схилах гори Хітанка (ПП № 2 – на північно-західному, ПП № 3 – на південному) і одну – на полонині Веснарка на каменистих ґрунтах у заростях (ПП № 4). Отже, пробні площі розташовані на різних схилах і висотах н.р.м. (табл. 1). Згідно з публічною картою України (<https://map.land.gov.ua>), в урочищі Гучівка переважають бурі та гірсько-лісові неглибокі щербеністі ґрунти, однак в місці зростання сосни гірської експедиційним методом встановлено локальне поширення гірсько-болотних ґрунтів. На схилах гори Хітанка переважають буроземно-підзолесті поверхнево-оглеєні ґрунти. А на полонині Веснарка поширені гірсько-лісові середньоглибокі та глибокі опідзолені ґрунти.

Табл. 1. Місцезнаходження та характеристика орографічних умов на пробних площах /
Location and characteristics of orographic conditions on trial plots

№ ПП	Назва урочища, гори, полонини	Координати точок, десяткові градуси (широта, довгота)	Висота н.р.м., м	Експозиція схилу, крутизна, градуси	Найближча метеостанція до пробної площі	Координати метеостанції, десяткові градуси (широта, довгота)
1	ур. Гучівка	48.172481, 24.735623	700	–	сmt Верховина (з грудня 2019 р.)	48.147596, 24.785878
2	г. Хітанка	47.800901, 24.896642	1602	Пн.-Зх, 25°	с. Селятин	47.876734, 25.215843
3	г. Хітанка	47.797661, 24.890701	1612	Пд, 10°	с. Селятин	47.876734, 25.215843
4	пол. Веснарка	47.783511, 24.887054	1514	Сх., 5°	с. Селятин	47.876734, 25.215843

Фенологічні фази розвитку сосни гірської на ПП № 1 встановлюють експедиційними методами, через кожні 3-5 днів, на ПП № 3 – через 5-7 днів. Також на

ПП № 2 і 4 встановили фотопастки марки Cuddeback E3 Black Flash, що працювали в режимі "Time-lapse" (уповільнена кінозйомка) через кожні три години. Ка-

меральним опрацюванням знімків із двох фотопасток визначали дати відповідних фенофаз (рис. 2).

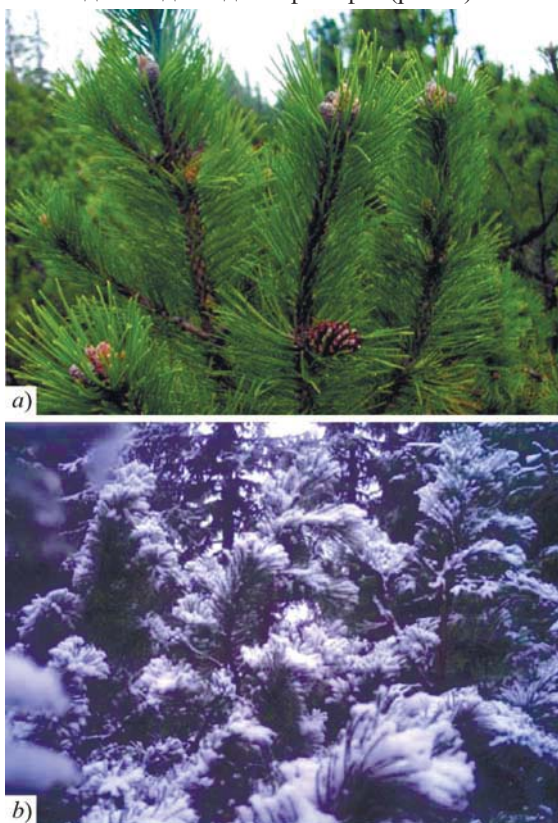


Рис. 2. Фенорозвиток *Pinus mugo* / Phenodevelopment of *Pinus mugo*: a) бубнявіння бруньок *Pinus mugo* на полонині Веснарка (Фото І. І. Коляджина, 25.05.2021 р.) / swelling of buds of *Pinus mugo* buds on Vesnarka's plain (Photo by I. I. Kolyadzhin, 05/25/2021); b) сніговий покрив, який часто випадає на початку літа на північно-західному схилі г. Хітанка (формат дати знімка з фотопастки ММ/ДД/РРРР) / snow, which often falls at the beginning of summer on the north-western slope of Hitanka Mountain (photo trap date format MM/DD/YYYY)

Результати досліджень фенологічного розвитку соснового криволісся у Чивчино-Гринявських горах свідчать про залежність термінів проходження фенофаз розвитку рослин від суми ефективних температур (вище $+5^{\circ}\text{C}$), а вегетаційний період на великих висотах зазвичай короткий, але незначне потепління на початку і наприкінці періоду спокою призводить до його подовження та деякого збільшення суми ефективних температур. (табл. 2).

Веgetація рослин розпочинається з "бубнявіння бруньок", коли під дією температури повітря і сонячного проміння порушуються смоляний покрив у верхній частині бруньки, брунькові луски закручуються донизу, а у верхівці бруньки вони світлішають [19]. Зокрема, бубнявіння бруньок у *Pinus mugo* збігається з періодом, коли стійкі середньодобові температури повітря перевищують $+5^{\circ}\text{C}$ (рис. 3). Так, в ур. Гучівка воно розпочиналося у третій декаді квітня за середньодобової температури повітря від $+8,5$ до $+15,6^{\circ}\text{C}$, при цьому збільшення суми ефективних температур вище $+5^{\circ}\text{C}$ становила від 18,9 до 122,6 $^{\circ}\text{C}$. Проте виявлено максимальну відмінність $\pm 3^{\circ}\text{C}$ між показниками портативної та стаціонарної метеостанцій, а похибка середньодобової температури повітря становила менше $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Згідно з даними табл. 2, на полонині Веснарка бубнявіння бруньок розпочалося наприкінці другої – на початку третьої декади травня, за середньодобової температури повітря від $+11,3$ до $+15,7^{\circ}\text{C}$, при цьому суми ефективних температур становили від 101,2 до 125,6 $^{\circ}\text{C}$. На південному схилі Хітанка – в середині третьої декади травня за середньодобової температури повітря від $+8,8$ до $+16,2^{\circ}\text{C}$, за середньорічної суми ефективних температур 144,9 $^{\circ}\text{C}$. На північно-західному схилі гори Хітанка ця фенофаза розпочалася у середньому, наприкінці третьої декади травня за середньодобової температури повітря від $+7$ до $+12,1^{\circ}\text{C}$, а середньорічна сума ефективних температур упродовж 2019-2021 рр. становила 160,4 $^{\circ}\text{C}$.

Табл. 2. Строки основних фаз розвитку вегетативних органів виду *Pinus mugo* та суми ефективних температур наростаючим підсумком вище $+5^{\circ}\text{C}$ у Чивчино-Гринявських горах / Onset of the main phases of the development of the vegetative organs of the species *Pinus mugo* and the sum of the effective temperatures with a cumulative total above $+5^{\circ}\text{C}$ in the Chivchyono-Hrynyavsky Mountains

Рік спостереження	Показник	Бубнявіння бруньок	Розпускання бруньок	Лінійний ріст пагонів			Поява бруньок відновлення	Завершення росту хвої	Тривалість росту хвої, днів	Часткове здерев'яніння пагонів,	Повне здерев'яніння пагонів.
				Початок	Завершення	Тривалість, днів					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Урочище Гучівка (ПП № 1)											
2019*	Дата	24.04	12.05	2.05	9.06	38	9.06	8.07	29	8.07	19.08
	$t_{\text{сеп}}, ^\circ\text{C}$	10,1	10,5	6,3	18,3		18,3	13,8		13,8	17,0
	$\Sigma t_{\text{эф}}, ^\circ\text{C}$	18,9	84,7	51,4	335,8		335,8	713,6		713,6	1171,3
2020**	Дата	27.04	14.05	4.05	11.06	41	11.06	10.07	29	10.07	20.08
	$t_{\text{сеп}}, ^\circ\text{C}$	8,5	14,6	10,1	19,0		19,0	22,3		22,3	16,8
	$\Sigma t_{\text{эф}}, ^\circ\text{C}$	67,4	192,1	115,4	433,0		433,0	887,6		887,6	1643,6
2021**	Дата	30.04	18.05	10.05	26.06	39	14.06	20.07	24	20.07	30.08
	$t_{\text{сеп}}, ^\circ\text{C}$	15,6	14,4	22,7	23,8		14,8	22,5		22,5	14,9
	$\Sigma t_{\text{эф}}, ^\circ\text{C}$	122,6	303,9	215,8	855,2		630,3	1327,7		1327,7	1876,8
Середнє значення	Дата	27.04	15.05	5.05	15.06	39	11.06	13.07	27	13.07	23.08
	$t_{\text{сеп}}, ^\circ\text{C}$	11,4	13,2	13,0	20,4		17,4	19,5		19,5	16,2
	$\Sigma t_{\text{эф}}, ^\circ\text{C}$	69,6	193,6	127,5	541,3		466,4	976,3		976,3	1563,9
Північно-західний схил гори Хітанка (ПП № 2)											
2019*	Дата	23.05	12.06	30.05	8.07	38	13.07	14.08	37	23.08	12.09
	$t_{\text{сеп}}, ^\circ\text{C}$	12,1	20,7	13,9	13,8		12,9	21,4		16,3	13,5
	$\Sigma t_{\text{эф}}, ^\circ\text{C}$	165,9	380,5	232,4	713,6		747,6	1128,2		1222,9	433,2
2020*	Дата	25.05	8.06	2.06	9.07	37	15.07	12.08	34	25.08	15.09

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2021*	$t_{сер}, ^\circ\text{C}$	7,0	15,5	7,8	14,4	43	15,1	16,6	38	15,5	13,3
	$\Sigma t_{эф}, ^\circ\text{C}$	139,3	222,8	167,5	586,1		642,7	968,0		1117,0	1328,8
	Дата	4.06	25.06	9.06	13.07		5.08	20.08		31.08	19.09
	$t_{сер}, ^\circ\text{C}$	12,1	19,0	13,0	19,5		17,8	12,7		12,3	9,3
Середнє значення	$\Sigma t_{эф}, ^\circ\text{C}$	176,1	376,8	212,3	606,4	39	907,4	1077,6	36	1175,3	1305,5
	Дата	28.05	15.06	3.06	10.07		21.07	15.08		26.08	15.09
	$t_{сер}, ^\circ\text{C}$	10,4	18,4	11,6	15,9		15,3	16,9		14,7	12,0
	$\Sigma t_{эф}, ^\circ\text{C}$	160,4	326,7	204,1	635,4		765,9	1057,9		1171,7	1355,8
Південний схил гори Хітанка (ПП № 3)											
2019*	Дата	20.05	10.06	26.05	5.07	40	10.07	10.08	36	17.08	13.09
	$t_{сер}, ^\circ\text{C}$	16,2	19,2	14,1	17,2		11,7	18,2		13,3	14,8
	$\Sigma t_{эф}, ^\circ\text{C}$	145,5	350,1	190,1	684,4		727,8	1063,6		1150,6	1442,9
2020*	Дата	23.05	6.06	29.05	7.07	39	12.07	9.08	33	20.08	8.09
	$t_{сер}, ^\circ\text{C}$	8,8	17,8	9,3	10,5		10,0	15,7		16,8	12,6
	$\Sigma t_{эф}, ^\circ\text{C}$	135,1	200,3	154,2	569,8		621,3	933,0		1056,5	1263,9
2021*	Дата	30.05	21.06	8.06	15.07	37	3.08	18.08	33	25.08	18.09
	$t_{сер}, ^\circ\text{C}$	8,9	17,5	13,1	21,1		16,0	12,8		12,8	12,3
	$\Sigma t_{эф}, ^\circ\text{C}$	154,2	317,0	204,3	638,0		883,8	1061,0		1128,1	1301,2
Середнє значення	Дата	24.05	12.06	31.05	9.07	39	19.07	12.08	34	21.08	13.09
	$t_{сер}, ^\circ\text{C}$	11,3	18,2	12,2	16,3		12,6	15,6		14,3	13,3
	$\Sigma t_{эф}, ^\circ\text{C}$	144,9	289,1	182,9	630,7		744,3	1019,2		1111,7	1336,0
Полонина Веснарка (ПП № 4)											
2019*	Дата	15.05	6.06	23.05	1.07	38	6.07	4.08	35	7.08	14.09
	$t_{сер}, ^\circ\text{C}$	11,3	15,5	12,1	20,9		16,6	13,4		17,5	10,9
	$\Sigma t_{эф}, ^\circ\text{C}$	101,2	300,8	165,9	632,1		696,0	992,1		1021,4	1448,9
2020*	Дата	19.05	3.06	25.05	3.07	38	8.07	5.08	33	10.08	2.09
	$t_{сер}, ^\circ\text{C}$	12,8	7,4	7,0	19,1		17,7	17,4		17,2	15,4
	$\Sigma t_{эф}, ^\circ\text{C}$	125,6	169,9	139,3	522,7		576,8	882,8		945,1	1209,4
2021*	Дата	25.05	15.06	5.06	18.07	43	30.07	16.08	29	19.08	16.09
	$t_{сер}, ^\circ\text{C}$	15,7	13,0	11,3	20,6		19,1	19,1		13,9	13,3
	$\Sigma t_{эф}, ^\circ\text{C}$	124,4	252,6	182,4	685,3		831,1	1037,4		1069,9	1284,3
Середнє значення	Дата	20.05	8.06	28.05	7.07	40	15.07	8.08	32	12.08	11.09
	$t_{сер}, ^\circ\text{C}$	13,3	12,0	10,1	20,2		17,8	16,6		16,2	13,2
	$\Sigma t_{эф}, ^\circ\text{C}$	117,1	241,1	162,5	613,4		701,3	970,8		1012,1	1314,2

Примітка: $t_{сер}$ – середньодобова температура, $^\circ\text{C}$; $\Sigma t_{эф}$ – сума ефективних температур з наростаючим підсумком $+5\text{ }^\circ\text{C}$; * – Показники температури повітря взято із метеостанції у с. Селятин; ** – дані температури повітря взято із метеостанції у смт Верховина.

На початок вегетації і перебіг фенологічного розвитку сосни гірської у високогір'ях впливають різкі коливання температури повітря, від яких залежить і сума ефективних температур $+5\text{ }^\circ\text{C}$. Зокрема, 7 травня 2019 р. середня температура повітря становила тільки близько $+1,7\text{ }^\circ\text{C}$, але через 5 днів досягала $+10\text{ }^\circ\text{C}$ і вище, що сприяло виходу рослин із стану спокою та початку фенологічного розвитку. Влітку у Чивчино-Гринявських горах може іноді випадати сніг, наприклад 3 червня 2020 р. (рис. 2). Тому початок вегетації та перебіг усіх наступних фенофаз у сосни гірської залежить від суми ефективних температур вище ніж $+5\text{ }^\circ\text{C}$.

Фенофаза видовження бруньок у сосни гірської відбувається одночасно із початком внутрішньобрунькового росту пагона у довжину і позначається як початок лінійного росту пагонів. Згідно з методикою, фіксували настання цієї фенофази у період, коли довжина вегетативних бруньок збільшувалася майже у три рази, порівняно із розміром самої бруньки у стані спокою (рис. 3). Фенологічна фаза "розпускання бруньок" означає початок позабрунькового росту пагона та появи хвоїнок у покривних чохлах із-під брунькових лусок, що розходяться.

Найшвидше фенологічний розвиток сосни гірської розпочинався в урочищі Гучівка – вже в другій декаді травня, за середньодобової температури повітря від $+10,5$ до $+14,6\text{ }^\circ\text{C}$ (середньорічна сума ефективних температур становила $193,6\text{ }^\circ\text{C}$, пізніше, в період з першої декади до середини другої декади червня відбувалося

розпускання бруньок на полонині Веснарка за середньодобової температури повітря від $+7,4$ до $+15,5\text{ }^\circ\text{C}$ (середньорічна сума ефективних температур за період спостережень становила $241,1\text{ }^\circ\text{C}$), далі – на південному схилі гори Хітанка – у середині першої декади – на початку другої декади червня за середньодобової температури повітря від $+17,5$ до $+19,2\text{ }^\circ\text{C}$ (середньорічна сума ефективних температур становила $289,1\text{ }^\circ\text{C}$ за 2019-2021 рр.), а найпізніше бруньки сосни гірської розпускалися на північно-західному схилі гори Хітанка – у першій половині – середині третьої декади червня за середньодобової температури повітря від $+15,5$ до $+20,7\text{ }^\circ\text{C}$ (середньорічна сума ефективних температур за період досліджень становила $326,7\text{ }^\circ\text{C}$).

Початок росту пагонів сосни гірської спостерігали в такій послідовності: урочище Гучівка – перша декада травня, за середньодобової температури повітря у різні роки від $+6,3$ до $+22,7\text{ }^\circ\text{C}$, при цьому суми ефективних температур становили від $51,4$ до $215,8\text{ }^\circ\text{C}$ в різні роки. На полонині Веснарка, відповідно, у третій декаді травня – середині першої декади червня за середньодобової температури повітря від $+7$ до $+12,1\text{ }^\circ\text{C}$ (суми ефективних температур становили від $139,3$ до $182,4\text{ }^\circ\text{C}$), на південному схилі гори Хітанка – наприкінці третьої декади травня – завершення першої декади червня за середньодобової температури повітря у різні роки від $+9,3$ до $+14,1\text{ }^\circ\text{C}$ (суми ефективних температур становили від $154,2$ до $190,1\text{ }^\circ\text{C}$) та на північно-західному схилі гори

Хітанка видовження бруньок в середньому фіксували наприкінці першої декади травня – першої декади червня, за середньодобової температури повітря у різні роки від +7,8 до +13,9 °С (суми ефективних температур становили від 167,5 до 232,4 °С). Лінійний ріст пагонів

за роки дослідження (2019-2021 рр.) тривав у сосни гірської в урочищі Гучівка – 38-41 діб, на полонині Веснарка – 38-43 діб, на південному схилі гори Хітанка – 37-40 діб, водночас як на північно-західному схилі г. Хітанка – 37-43 діб.



Рис. 3. Фенологічний розвиток пагонів *Pinus mugo* / Phenological development of *Pinus mugo* shoots: a), b) – фенофаза видовження бруньок – початок лінійного росту пагонів сосни гірської на ПП № 4 (полонина Веснарка, 25.05.2018 р.) / phenophase of bud elongation – beginning of linear growth of mountain pine shoots on trial plot 4 (Vesnarka plain, May 25, 2018); c), d) – фенофаза розпускання бруньок сосни гірської на ПП № 2 (північно-західний схил г. Хітанка, 8.06.2020 р.). Фото І. І. Коляджина (формат дати знімка з фотопастки ММ/ДД/РРРР) / phenophase of mountain pine tree budding on the trial plot. 2 (north-western slope of Mount Hitanka, June 8, 2020). Photo by I. I. Kolyazhin (photo trap date format MM/DD/YYYY)

Ріст хвої у сосни гірської переважно відбувався після завершення лінійного росту пагонів: найшвидше – в урочищі Гучівка (на ПП № 1 ріст хвої в окремі роки розпочинався після появи верхівкових бруньок відновлення) зі середини другої декади червня, на полонині Веснарка – зі середини першої декади липня, на південному схилі гори Хітанка – завершення першої декади липня, на північно-західному схилі гори Хітанка – зі початку другої декади липня. Тривалість росту хвої сосни гірської за період дослідження (2019-2021 рр.) становив в урочищі Гучівка 24-29, на полонині Веснарка – 29-35, на південному схилі гори Хітанка – 33-36 та на північно-західному схилі – 34-38 днів.

Приблизно тоді ж на верхівці пагона закладаються верхівкові бруньки відновлення. За нашими спостереженнями за сосною гірською в Чивчино-Гринявських горах, формування бруньок відновлення відбувалося в тій самій послідовності і розпочиналося з висоти 700 м н.р.м. в урочищі Гучівка разом із лінійним ростом пагона і до початку росту хвої на початку другої декади червня, на полонині Веснарка – середина другої декади липня, на південному схилі гори Хітанка – завершення другої декади липня та на північно-західному схилі – початок третьої декади липня.

Часткове здерев'яніння пагонів (у середньому за роки спостереження) відзначено у сосни гірської в урочищі Гучівка, одночасно із закінченням росту хвої, в середині другої декади липня. На інших пробних площах часткове здерев'яніння пагонів відбувається після закінчення росту хвої. Пізніше часткове здерев'яніння паго-

нів спостерігали на полонині Веснарка – початок другої декади серпня, на південному схилі гори Хітанка – початку третьої декади серпня та на північно-західному схилі гори Хітанка – в середині третьої декади серпня. Повне здерев'яніння пагонів у сосни гірської зафіксували в урочищі Гучівка в середині третьої декади серпня, на полонині Веснарка – на початку другої декади вересня, на південному схилі гори Хітанка – у першій половині другої декади вересня, а на північно-західному схилі гори Хітанка – в середині другої декади вересня.

Отримані дані підтверджують різницю між термінами проходження фенофаз і тривалості лінійного росту пагонів у представників виду *Pinus mugo* на різних ділянках у регіоні Чивчино-Гринявських гір (рис. 4). Причинами виявленої відмінності перебігу вегетації пагонів *Pinus mugo* на рівні виду є вплив природного середовища (експозиція схилів, висота н.р.м.) та кліматичні чинники (температура повітря, відносна вологість повітря, кількість опадів, швидкість вітру тощо).

Цікаво, що біля підніжжя Гринявських гір в урочищі Гучівка, спостерігали появу верхівкових бруньок відновлення при продовженні росту пагонів, ще до початку росту хвої. На цій ділянці спостерігалось майже одночасне закінчення росту хвої та часткове здерев'яніння пагонів. На нашу думку, ці явища пов'язані із низькою висотою зростання сосни гірської н.р.м., швидким нагромадженням ефективних температур та високою середньодобовою температурою повітря на ПП № 1, коли розвиток деяких фенологічних фаз відбувався практично одночасно.

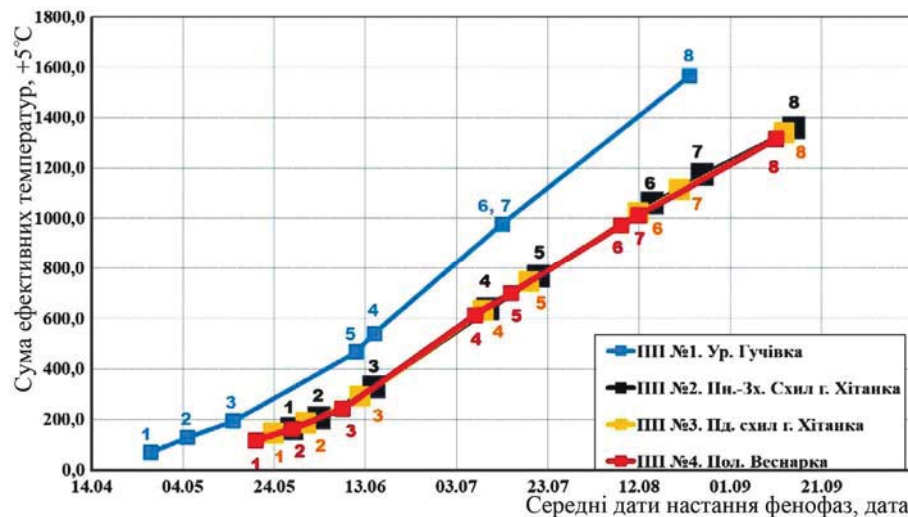


Рис. 4. Графік перебігу фенофаз *Pinus mugo*. Фенофази / Phenophases of *Pinus mugo*. Phenophases: 1 – бубнявіння бруньок / swelling of buds; 2 – початок лінійного росту пагонів / beginning of linear growth of shoots; 3 – розпускання бруньок / budding; 4 – закінчення росту пагонів і початок росту хвої / end of the growth of shoots and beginning of the growth of needles; 5 – поява бруньок відновлення / appearance of recovery buds; 6 – завершення росту хвої / end of needle growth; 7 – часткове здерев'яніння пагонів / partial lignification of shoots; 8 – повне здерев'яніння пагонів / complete lignification of shoots

Обговорення результатів дослідження. Дослідження, проведені на південній межі поширення гірської сосни в Альпах на ділянках вздовж висотного градієнта свідчать, що на ріст і розвиток *Pinus mugo* впливають саме весняна температура та літні опади. По суті, три місяці відіграють ключове значення у вегетаційному розвитку *Pinus mugo*: квітень, травень (початок вегетаційного періоду) і жовтень (завершення вегетаційного періоду) [15, 18]. Відомі літературні дані, що стосуються сезонного розвитку *Pinus mugo* в культурі за межами природного ареалу. Зокрема, набухання бруньок в особин спостерігали у дендропарку "Асканія-Нова" – у третій декаді березня – першій декаді квітня, у Ботанічному саду ім. акад. О. В. Фоміна – 16 квітня ± 17 днів. Розпускання бруньок у представників сосни гірської у дендропарку "Асканія-Нова" розпочиналося з третьої декади березня. Початок росту хвої зафіксовано в другій декаді травня, завершення її росту та визрівання – в першій-другій декадах липня, у Ботанічному саду ім. акад. О. В. Фоміна – 8 квітня ± 9 , завершення її росту, відповідно – 17 червня ± 6 діб. Ріст пагонів в умовах біосферного заповідника "Асканія-Нова" тривав 60-77 днів (з третьої декади березня – третьої декади квітня до першої-другої декад червня); у Ботанічному саду ім. акад. О. В. Фоміна ріст завершувався в третій декаді червня [19]. Отже, в умовах інтродукції розвиток фенологічних фаз відбувався набагато швидше і це безпосередньо пов'язано із ґрунтово-кліматичними умовами певної території.

Отже, за результатами виконаної роботи можна сформулювати такі наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – для умов Чивчино-Гринявських гір Українських Карпат отримано дані щодо впливу орографічних умов та мінливості клімату на сезонний розвиток сосни гірської.

Практична значущість результатів дослідження – отримані результати досліджень вказують, що сосна гірська може бути перспективним видом для моніторингу кліматичних змін у певних середовищах, зокрема Українських Карпатах.

Висновки / Conclusions

Внаслідок проведеного дослідження встановлено, що фенологічні зміни в кліматичній реакції вторинного росту пагонів дають змогу *Pinus mugo* справлятися з висотною та часовою мінливістю кліматичних умов високогір'я Чивчино-Гринявських гір, які загалом сприятливі для росту і розвитку.

Сезонний розвиток *Pinus mugo* Турта в сосновому криволіссі у різних умовах Чивчино-Гринявських гір свідчить, що сосна гірська (*Pinus mugo*) найшвидше розпочинала і завершувала вегетацію в урочищі Гучівка (ПП № 1). Це найнижче місцезростання сосни гірської в Українських Карпатах. Дещо пізніше вегетаційний розвиток сосни гірської розпочинався на полонині Веснарка (ПП № 4), лінійний ріст пагонів. Ще пізніше фенорозвиток розпочинався на південному схилі гори Хітанка (ПП № 3), тут сосна гірська займає проміжне положення у фенологічному розвитку на високогір'ї за часовим проміжком. Найпізніше вегетація сосни гірської розпочиналася та завершувалася на північно-західному схилі гори Хітанка (ПП № 2). Тривалість вегетаційного періоду пов'язана з кліматичними умовами на цій території, оскільки рослини чітко реагували на збільшення суми ефективної температури повітря.

Встановлені ритми росту визначаються еколого-кліматичними умовами місць зростання, що свідчить про широкі адаптивні можливості виду в умовах регіону дослідження. Усі досліджувані екосистеми соснового криволісся добре пристосовані до змін клімату, інтенсивно розвиваються та утворюють густі зарості у високогір'ї Чивчино-Гринявських гір (вершини гір Хітанка, Палениця, Коман, Команова, Гнатася (Гнітеса)) та може бути перспективним видом для моніторингу кліматичних змін у регіоні дослідження.

References

1. Baitsar, A. (2014). The upper limit of the forest in the landscapes of the Ukrainian Carpathians, its protection and optimization. Scientific bulletin of the Lviv University. Geographical series, 45, 166–177. <https://doi.org/10.30970/vgg.2014.45.1162>
2. Bilyk, Y. Ya., Hryniuk, Y. G. (2010). Phenological observations at the objects of the nature reserve fund as a component of clima-

- te change monitoring. The Nature Reserve Fund of Ukraine – past, present, future: Procedures of international science and practice conference, Ternopil: Textbooks and manuals, 237–241.
3. Chaskovskyy, O. H., & Hrynyk, H. H. (2020). Estimation of losses of forest cover of the Ukrainian Carpathians by remote methods based on the materials of open sources of satellite information. *Scientific Bulletin of UNFU*, 30(1), 66–73. <https://doi.org/10.36930/40300111>
 4. Chopyk, V. I. (1969). Floristic zoning of the Ukrainian Carpathians. *Ukrainian botanical journal*, 26(4), 3–15.
 5. Chopyk, V. I. (1977). Explanatory text to the map of the floristic regions of the Ukrainian Carpathians. Identifier of plants of the Ukrainian Carpathians. Kyiv: Nauk. dumka, 5–11.
 6. Chorney, I. I., Budzhak, V. V., & Tokariuk, A. I. (2016). Adventitious fraction of the flora of the Chivchyno-Hryniav mountains. Regional aspects of floristic and faunistic research: proceedings of the Third International Scientific and practical conf., Chernivtsi: Druk Art, 11–18.
 7. Chubatyj, O. V. (1965). Pine scrub forest of the Ukrainian Carpathians. Kyiv: Urozhaj.
 8. Feketa, I. Y. (2011). Phenosupervisions as component part of monitoring of climatic changes. Retrieved from: <https://www.researchgate.net/publication/321038614>. [In Ukrainian].
 9. Felbaba-Klushyna, L. M. (2010). Marshland and Aquatic Vegetation Cover in the Tysa River Upper Course (the Ukrainian Carpathians), and Fluvial Concept of its Protection. Uzhorod: Lira. URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/16124>
 10. Grabar, V. A. (1953). Study of seed regeneration of mountain pine in Transcarpathia. *Proceedings of the Uzhorod University*, 8, 82–85.
 11. Hordiychuk, V. A., & Zelenchuk, I. M. (2013). Abiotic environment. – Annals of the nature of the Verkhovynskyi National Nature Park I. Verkhniy Yaseniv, Registration number of UkrINTEI 0114U005488, 52–55.
 12. Horohivska, I. (2010). Microclimate the conditioned dynamics of the states of the territorial systems of Mountain-Carpathian of covered mountain-pine krummhols. *Natural and anthropogenic landscapes in the field of nature management Scientific notes* 1, 96–101.
 13. Kolishchuk, V. H. (1958). Modern upper forest boundary in the Ukrainian Carpathians. Kyiv: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR. Malynovskyy, K. A. (2003). Contemporary conditions of the upper forestry line and mountain valleys vegetation. Proceedings of the Shevchenko Scientific Society, XII, 66–80. URL: <https://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/73503>
 14. Kolisnichenko, O. M. (2004). Seasonal biorhythms and winter hardiness of woody plants. Kyiv: Phytosocial Center, 176.
 15. Lukasová, V., Bucha, T., Mareková, L., Buchholcerová, A., & Bičárová, S. (2021). Changes in the Greenness of Mountain Pine (*Pinus mugo* Turra) in the Subalpine Zone Related to the Winter Climate. Remote Sensing, 13. <https://doi.org/10.3390/rs13091788>
 16. Lytvynenko, Yu. S. (2012). Preliminary assessment of the adaptation of representatives of the genus *Pinus* L. in the Arboretum "Askania Nova" based on phenological observations. Dendrology, floriculture and garden and park construction: Proceedings of international science conf. dedicated to the 200th anniversary of the Nikita Botanical Garden, Yalta, 2, 112.
 17. Osadchuk, L., Koliadzhyn, I., & Kondratiuk, L. (2021). Present condition and distribution of *Pinus mugo* in the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 22, 68–76. <https://doi.org/10.15421/412105>
 18. Palombo, C., Battipaglia, G., Cherubini, P., Chirici, G. et al. (2013). Warming-related growth responses at the southern limit distribution of mountain pine (*Pinus mugo* Turra subsp. *mugo*). *Journal of Vegetation Science*, 25(2), 571–583. <https://doi.org/10.1111/jvs.12101>
 19. Ponomarenko, G. M. (2014). Peculiarities of seasonal development of vegetative shoots of *Pinus mugo* Turra under the conditions of introduction in the Right Bank forest-steppe of Ukraine. Autochthonous and introduced plants. *Journal of Native and Alien Plant Studies*, 10, 138–143.
 20. Shovhan, A. D. (1998). Phenological observations of woody plants. Lviv: UkrDLTU, 23.
 21. Smaglyuk, K. K. (1972). Autochthonous coniferous forest formers. Uzhorod: Karpaty.
 22. Solár, Jaroslav. (2013). Effect of climate change on mountain pine distribution in western Tatra Mountains. Climate Change: Realities, Impacts Over Ice Cap, Sea Level and Risks, 437–458. <https://doi.org/10.5772/54724>

I. I. Koliadzhyn, L. M. Kondratiuk

Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

PECULIARITIES OF THE SEASONAL DEVELOPMENT OF VEGETATIVE SHOOTS OF *PINUS MUGO* TURRA IN THE CONDITIONS OF THE CHIVCHYNO-HRYNIAV MOUNTAINS (THE UKRAINIAN CARPATHIANS)

Research on the seasonal development of *Pinus mugo* Turra during the growing seasons of 2019–2021 in the pine scrub forest of the Chivchyno-Hryniav Mountains was carried out. Mountain pine is established to be widespread in the Ukrainian Carpathians at altitudes from 700 to 2000 m above sea level. The results of research have revealed that the highlands of the Chivchyno-Hryniav Mountains are characterized by a sufficient amount of annual precipitation, with minor fluctuations, the average annual amount of which is 956 mm. The obtained data indicate the difference between the periods of the same phenophases and the duration of linear growth of *Pinus mugo* shoots at different sites in the Chivchyno-Hryniav Mountains region. The reasons for the identified difference in the course of vegetation of *Pinus mugo* shoots are the influence of the natural environment (slope exposure, altitude above sea level) and climatic factors (air temperature, relative air humidity, precipitation, wind speed, etc.). In winter, snow completely covers the mountain pine stands. The following factors directly influence the course of phenological phases: air temperature, the accumulation rate of effective temperatures above +5 °C, exposure and steepness of slopes, and altitude above sea level. In the Guchivka Tract, the foothills of the mountain of the Hryniav Mountains, the air temperature is higher than in the highlands, so the seasonal development of shoots occurs here the fastest. A little later, the seasonal development of the shoot occurs in Vesnarka Meadow. At the latest, the seasonal development of mountain pine begins on the slopes of Mount Hitanka, where there are two trial areas, located at altitudes above 1,600 m above sea level, at a distance of about 700 m from each other, where the air temperature is almost the same. However, these trial areas are located on the slopes of different exposures. On the north-western slope of Mount Hitanka, the snow cover is delayed longer in the spring; therefore, the sequence of phenological phases in the trial area 2 occurs at the latest, with a certain delay compared to the southern slope.

Keywords: phenophases; sum of effective air temperature; linear growth of shoots; slope exposure; steepness of slopes; altitude above sea level.