

© Родінкова В.В., Кременська Л.В.

УДК: 581.162:582.632:616-056.3:(477)

Родінкова В.В., Кременська Л.В.

Вінницький національний медичний університет імені М.І. Пирогова (вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, Україна, 21018)

ВПЛИВ СЕЗОННОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ У ВІННИЦІ НА ТЕРМІНИ ВИКИДУ ДЕРЕВАМИ АЛЕРГЕННОГО ПИЛКУ

Резюме. *Зміни клімату впливають на всі процеси у живих організмах, в тому числі - і на утворення та викид ними у атмосферен повітря пилку, який може спричиняти симптоми сезонної алергії. У роботі, метою якої було проаналізувати вплив характеру зміни клімату на пилкування дерев у Вінниці, місті центральної України, розглядаються зміни у термінах пилкування дерев за останні 15 років у контексті профілактики спалахів полінозів. Дослідження пилкування проводилось у 1999-2000 роках гравіметричним методом та з 2009 року по теперішній час - волюметричним. Було встановлено, що пік пилкування вільхи та берези у поточному періоді може реєструватись приблизно на місяць раніше, ніж це було наприкінці 20-го сторіччя. Рання пилкопродукція дерев роду *Alnus* корелює із кількісним накопиченням тепла напередодні сезону пилкування та із величиною середніх температур січня та лютого відповідного сезону палінації. Для стимулювання ранніх початку, піку та закінчення сезону пилкування дерев'янистих рослин роду *Betula* була важливою швидкість накопичення градусоднів. Ефект, схожий на такий для *Betula*, спостерігався і для *Corylus*, *Ulmus*, *Fraxinus* та *Carpinus*. Інші дерева такі як *Populus*, *Acer*, *Juglans*, *Aesculus*, *Quercus* та *Pinus* не продемонстрували виразних змін у характері пилкування за останні десятиліття. Виявлені тенденції є важливими для коректного прогнозування ризиків виникнення сезонних алергічних захворювань, викликаних пилом анемофільних рослин.*

Ключові слова: *пилко дерев, профілактика сезонної алергії, зміна сезону палінації, градусо-день.*

Вступ

Глобальне потепління - це незворотній на сьогоднішній день процес, який став очевидним в останні десятиліття [Fletcher, Doran, 2015]. Багатьма ознаками цього процесу є підвищення вологості та температури повітря, рівня світового океану, зникнення гірських снігів і танення арктичних льодів. Зміна клімату призводить і до змін у пилкуванні рослин, зокрема, спонукає більш ранню, у порівнянні із попередніми періодами, пилкопродукцію дерев. Позаяк пилок дерев'янистих рослин є важливим чинником виникнення алергії на початку сезону пилкування (СП), відстеження змін у періодизації сезону палінації (СП) дерев, пов'язаних із поступовим підвищенням температури повітря, є життєво необхідною передумовою адекватного алергопрогнозування, зокрема, і в Україні. Адже для контролю і профілактики

симптомів сезонної алергії важливо знати час інтенсивного пилкування рослин. І саме початок, пік і кінець СП є важливими параметрами, які повинен передбачити дослідник. Особливо важливим є прогнозування термінів настання пікового періоду, адже це - час, коли симптоми сінної лихоманки можуть спостерігатися у найбільшій кількості чутливого населення.

Тому метою нашого дослідження було проаналізувати вплив характеру зміни клімату на пилкування дерев у Вінниці, місті центральної України.

Матеріали та методи

Дані вмісту пилку у повітрі у 1999 та 2000 роках були отримані гравіметричним методом на трьох станціях моніторингу в різних районах міста Вінниці. Для збору

пилку з 2009 по 2014 роки використовувався волюметричний метод із застосуванням пробовідбірника Burkard британського виробництва, розміщеного на відносній висоті 25 метрів над поверхнею землі на даху хімічного корпусу Вінницького національного медичного університету. Зразки відбирались з 1 березня до 31 жовтня у всі роки спостереження. Для кожного з сезонів, коли спостереження відбувалось волюметричним методом, на прозору стрічку Melinex були відібрані 252 щодобові зразки повітря, з кожного з яких був зроблений мікроскопічний зразок для аналізу. Зразки були проаналізовані за допомогою світлового мікроскопа при збільшеннях $\times 400$ і $\times 1000$ методом горизонтальних (2009-2011 роки) та вертикальних трансект (2012-2014 роки), відповідно. Для аналізу використовувались дані середньодобових концентрацій пилоквих зерен (п.з.) дерев.

Статистичний аналіз отриманих даних був зроблений за допомогою програми Excel та інструментів Європейської Аероалергенної мережі (eap.polleninfo.eu/Eap/). Для встановлення дат початку та кінця СП використовувався стандартний 95%-ий метод, при якому стартом СП вважається день, коли було зібрано 1% річної суми пилку, а датою закінчення - день, коли сума зібраних п.з., що їх продукували рослини певної таксономічної одиниці, досягла 95% загальної кількості п.з., ідентифікованих впродовж СП.

Метеорологічні дані були отримані шляхом відкритого доступу на ресурсі TuTiempo (<http://en.tutiempo.net/climate>).

Результати. Обговорення

Аналіз зміни сезонної температури повітря показав її збільшення вдвічі у 2009-2014 роках у порівнянні з 1999-2000 роками. Так, сума середньодобових температур з 1 березня по 31 жовтня 1999 і 2000 років складала $1494,5^{\circ}\text{C}$ та $1378,0^{\circ}\text{C}$ відповідно. Тоді як цей же параметр коливався від $3151,0^{\circ}\text{C}$ до $3607,4^{\circ}\text{C}$ в "найхолоднішому" 2010 році та в "найтеплішому" 2012 році, відповідно (табл. 1).

Найбільш істотні зміни параметрів пилкування були помічені для вільхи (*Alnus*) та берези (*Betula*). СП інших видів дерев, що належали, зокрема, родам Клен (*Acer*), Гіркокаштан (*Aesculus*), Тополя (*Populus*), Дуб (*Quercus*), Горіх (*Juglans*), Сосна (*Pinus*) були зареєстровані в періоди, властиві для них і у минулий період спостереження.

У 1999-2000 роках пік пилкування вільхи був зареєстрований у другу декаду квітня в атмосферному повітрі міста Вінниці. Пікові значення перебували в межах декількох десятків п.з. (62 п.з./см^2 покривного скла у 2000 році) у цей період. Однак, моніторинг пилку, відновлений у Вінниці у 2009 році, показав, що піки дерев роду *Alnus* виникають, в основному, у третій декаді березня. Така періодизація пікових концентрацій була властива вільсі протягом 2010-2012 і 2014 років. У 2009 і 2013 роках СП *Alnus* був малоінтенсивним, і піки палінації

були зареєстровані у період, властивий для *Alnus* у попередній період спостереження. Це була друга декада квітня. Однак, сонячна і тепла погода 2015 року сприяла формуванню надзвичайно високого піку палінації вільхи. Її СП розпочався, як і зазвичай, у першій декаді березня, проте, закінчився рано, 23 березня, а пік пилкування був зареєстрований 13 березня. Це на місяць раніше, ніж у 1999-2000 роках і у 2009 і 2013 роках відповідно (табл. 2).

Як було встановлено [Rodriguez-Rajo, Rodriguez-Rajo, 2009], характер пилкування вільхи визначається температурою січня і лютого, а також накопиченням тепла до початку СП. Суми температур, накопичені впродовж січня та лютого 2015 року, були найвищими серед усіх років спостережень (табл. 1). Фактор підвищення температури повітря перед СП може стимулювати раннє цвітіння дерев та провокувати виникнення симптомів сезонної алергії у незвичайно ранній період, що потрібно враховувати при складанні адекватних алергопрогнозів для населення. Цікаво, що пікові значення пилкування вільхи були більшими у поточному періоді і коливалися в межах від 200 п.з./м^3 (2011 рік) до 1600 п.з./м^3 (2010 рік).

При аналізі пилкування берези був відмічений дволітній цикл її активності. Пилкопродукція берези була більш інтенсивною у 2000 році в порівнянні з 1999 роком. Загальна річна сума п.з. була у 2000 році у 25.13 разів більшою, ніж у 1999 році. Дослідження, проведене волюметричним методом, також виявило збільшення зібраної суми п.з. кожного парного року. Натомість, 2009, 2011, 2013 і 2015 роки характеризувались відносно низькою інтенсивністю пилкування дерев роду *Betula*. Кількість п.з. берези, зібраних у 2010 р. в 19.17 разів перевищувала кількість п.з., зібраних 2009 року. У 2012 році було зібрано у 7.32 рази більше пилку у порівнянні з роком 2011. Так само, менше, ніж у 2014, було зібрано пилку у 2013 році. Піки пилкування для парних років становили 1450 і 1681 п.з./м^3 у 2010 та 2012 роках відповідно.

Початок СП берези, його закінчення та пікові значення були зареєстровані у одні й ті ж самі періоди 2009-2015 років, за винятком 2014 року (табл. 2). Так, сезонний максимум *Betula* був зареєстрований у один і той же день, 21 квітня, у 2009-2012 роках. Пік 2015 року спостерігався 20 квітня, а 2013 - лише на кілька днів раніше, 18 квітня. Така майже однакова періодизація сезонних максимумів, які і описаний вище дворічний цикл пилкування рослин роду Береза, може бути обумовлена фізіологічними причинами. Проте, у СП 2014 року пік *Betula* спостерігався незвичайно рано, 2 квітня. Ці дати настання сезонних максимумів дуже добре корелювали із періодизацією симптомів пацієнтів у зазначений період.

З метою встановлення впливу клімату і погоди на пилкопродукцію берези також був проаналізований температурний режим на початку СП. За літературними

Таблиця 1. Кліматичні та погодні показники, які можуть впливати на продукування деревами алергенного пилку.

Рік / Параметр	1998	1999	2000	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ΣТсер/доб., °С (1березня -31 жовтня)		1494,5	1378,0		3363,5	3151,0	3339,0	3607,4	3161,3	3321,1	
ΣТсер/доб., °С (з 1 січня)*		106,6	-12,2		71,2	-182	-107,3	-242,9	-155	0,8	310,8
ΣТсер/доб., °С (з 1 лютого)*		187,7	141,1		190,9	89,2	-11,9	-89,5	5,8	141,9	347,2
ΣТсер/доб., °С (з 1 березня)*		273,3	161,9		231,7	200,3	157,9	229,0	34,2	187,5	386,0
ΣТпозитивн., °С (з 1 січня)*		294,5	201,2		276,7	281,6	247,3	347,5	130,5	239,8	437,6
ΣТпозитивн., °С (з 1 лютого)*		280,5	199,4		268,3	278,3	235,4	338,2	125,5	210,9	411,3
ΣТпозитивн., °С (з 1 березня)*		273,3	179,2		242,7	273,1	219,3	330,6	116,6	187,5	386,5
ΣТактивн., °С *, > 3,5° С		260	117,7		223,6	269,5	215,2	242,4	99,0	171,6	238,0
Градусо-день, С*		151,5	80,9		136,1	154	105,3	145,9	39,5	87,7	100,5
Градусо-день, °С (у березні)		33,5	14,8		14,8	43,9	33,9	45,1	0,0	87,7	31,5
Тсер.червень, °С	18,64	20,81		17,9	18,5	19,5	19,3	19,8	19,4	16,7	19,2
Опади, червеньмм	39,62	18,53		42,92	111,78	182,12	135,37	71,12	129,54	53,35	35,81
Тміллютий, °С		-8,3	-5,6		-5,9	-12,7	-14,1	-23,7	-4,8	-16,3	-16,7
Тсер. лютий, °С	0,4	-2,2	-0,7		-1,5	-4,0	-6,1	-11	-1	-1,6	-1,4

Примітка. * - із зазначеної дати до дня, що передує піку пилкування берези у відповідний СП.

Таблиця 2. Характеристика СП берези та вільхи, Вінниця, Україна, 1999-2000, 2009-2015 роки.

Рід	Дата початку сезону	Дата настання піку	Дата закінчення сезону	Пікова концентрація, п.з./м ³	Σп.з./сезон
Вільха (Alnus)	1999-03-20	1999-04-21	1999-04-20	213,0	71,0
	2000-03-10	2000-04-15	2000-05-14	1437,5	2750,7
	2009-04-17	2009-04-22	2009-05-04	20,0	124,0
	2010-03-17	2010-03-26	2010-04-05	1597,0	4852,0
	2011-03-10	2011-03-24	2011-04-25	198,0	1663,0
	2012-03-14	2012-03-26	2012-04-03	388,9	1532,2
	2013-04-03	2013-04-13	2013-04-22	271,6	1027,8
	2014-03-09	2014-03-30	2014-03-31	409,3	2236,4
	2015-03-04	2015-03-13	2015-03-23	344,5	1961,1
Береза (Betula)	1999-04-10	1999-04-19	1999-05-12	136,0	386,0
	2000-03-20	2000-04-15	2000-05-29	8171,50	43406,7
	2009-04-17	2009-04-21	2009-05-04	76,0	501,0
	2010-04-07	2010-04-21	2010-05-01	1450,0	9604,0
	2011-04-20	2011-04-21	2011-05-17	171,0	686,0
	2012-04-11	2012-04-21	2012-05-06	1680,9	5022,4
	2013-04-17	2013-04-18	2013-05-01	385,8	2421,6
	2014-04-02	2014-04-02	2014-04-20	3791,4	22832,7
	2015-04-10	2015-04-20	2015-04-25	74,7	375,9

даними [Piotrowska, 2012], викид пилку залежить від температури у лютому, що передує СП. Але, у нашому випадку середня температура лютого не корелювала із інтенсивністю цвітіння: інтенсивному пилкуванню у парні роки передували як відносно високі, так і відносно низькі середні температури лютого відповідного СП (табл. 1).

Інший параметр, який, на думку дослідників, може

впливати на пилкування берези - це температура червня року, що передує СП, позаяк генеративні бруньки закладаються саме у цей період [Piotrowska, 2012]. Тим не менш, ми не знайшли ніякої чіткої кореляції між середньою температурою червня у рік, що передує кожному наступному СП: червень 1999 характеризувався найвищою середньою температурою у ряду даних і па-

лінація *Betula* 2000 року була дуже інтенсивною. Проте, СП 2010 року, що також характеризувався дуже високими значеннями пилкопродукції берези, передував червень з однією з найнижчих у ряду середніх температур.

Чіткої кореляції з пилкуванням берези не було знайдено і при аналізі поєднаного впливу показника інтенсивності опадів та середньомісячної температури червня. Так, 2000 роковий з активною палінацією передував теплий, але найпосушливіший у ряду даних червень 1999 року (табл. 1). З іншого боку, тепла і відносно волога погода у червні 2010 року не сприяла активному пилкуванню берези уроці 2011 (табл. 2). Ці факти підтверджують ідею, що інтенсивний викид п.з. берези, що відбувається раз на роки, залежить радше від внутрішніх біологічних ритмів рослин роду *Betula* на Вінниччині, подібних до тих, які спостерігаються у плодкових дерев.

Ще одним фактором, що, за даними літератури [Sofiev] впливає на час та інтенсивність пилкопродукції берези є середньодобова температура, що перевищує 3,5° С. Однак, ні сума зазначених активних температур, ні акумуляція градусо-днів, що передувала сезонному максимуму, не мали чіткої кореляції з часом настання сезонного максимуму у Вінниці. Найважливішою була швидкість накопичення градусо-днів: показник градусо-днів березня для 2014 року не менш, як вдвічі перевищував аналогічні показники для всіх інших років спостереження, коли він коливався у межах від 14,8° С до 45,1° С в кожному СП, за винятком СП 2014 року, коли він склав 87,7° С. Саме швидкість накопичення активних температур може пояснювати ранній початок цвітіння та формування сезонного максимуму берези у 2014 році. Швидкість накопичення градусо-днів була, у нашому випадку, єдиним чітко визначеним чинником, що впливав на пилкопродукцію алергенного пилку рослинами роду *Betula*, який є одним із основних повітряних алергенів Європи [Sofiev].

Режим пилкування, схожий на такий для *Betula* з формуванням раннього піку палінації у 2014 році спостерігався й для грабу (*Carpinus*), ліщини (*Corylus*), в'язу (*Ulmus*) та ясени (*Fraxinus*). П.з. *Carpinus* та *Corylus* також відомі не лише своєю алергенністю, а й здатністю викликати перехресні реакції із п.з. берези, підсилюючи вплив останніх на організм чутливих осіб.

Для видів родів, які цвітуть пізніше, таких як *Pinus*, *Quercus*, *Juglans* не було виявлено чітких ознак впливу

підвищення річних температур та швидкості накопичення активних температур на терміни початку, закінчення та формування максимуму СП. Така ж тенденція була характерна і для рослин роду Тополя (*Populus*), що характеризується відносно ранньою палінацією.

Висновки та перспективи подальших розробок

1. У зв'язку із підвищенням сезонної суми температур та суми температур у січні та лютому, що передують СП, була відмічена загальна тенденція до більш ранньої палінації вільхи у Вінниці у останні 15 років. Пікові значення палінації дерев роду *Alnus* рееструються у поточний період спостережень на місяць раніше, ніж це було у 1999-2000 роках. Різка зміна періодизації настання СП *Alnus* у цілому та сезонних максимумів, зокрема, може впливати на людей, які чутливі до п.з. названої рослини.

2. Раннє пилкування берези, натомість, може бути пов'язане із швидким накопиченням градусо-днів у березні, що передує відповідному СП. У такий сезон 2014 року максимум *Betula* спостерігався приблизно на 20 днів раніше звичайної періодизації, обумовленої, очевидно, фізіологічними причинами. З ними пов'язаний і чіткий дворічний цикл пилкування берези, що спостерігався у Вінниці в усі роки спостереження з інтенсивною палінацією у кожному парному році. Непарні ж роки характеризувалися відносно малоінтенсивним пилкуванням *Betula*, незважаючи навіть на сприятливі для інтенсивного пилкування погодні умови, що передували СП.

3. Тенденція до формування раннього піку палінації, схожа на таку для *Betula*, спостерігалась у Вінниці для ліщини, граба, ясени та в'язу у 2014 році. Ці рослини відомі здатністю п.з. викликати перехресні реакції із пилком берези, підсилюючи його дію на організм потенційних пацієнтів.

4. Древа родів та видів, які пилкують у кінці квітня - на початку травня, у тому числі - Клен, Дуб, Волоський горіх, Гіркокаштан кінський та Сосна не показали істотних змін у характері палінації за останні десятиліття. Така ж тенденція була характерна і для рослин роду Тополя (*Populus*), єдиного у цьому списку роду рослин із ранньою палінацією.

Для коректного прогнозування виникнення симптомів сезонної алергії необхідні подальші дослідження термінів пилкування дерев.

Список літератури

- Fletcher A. J. Trading futures: Economism and gender in a changing climate / A. J. Fletcher // *International Social Work*. - 2015. - 1 May. - P. 364-374.
- Doran P. T. Examining the Scientific Consensus on Climate Change / P. T. Doran, M. K. Zimmerman // *Eos*. - 2009. - Vol. 90, № 3. - P. 22-23.
- Factors involved in the phenological mechanism of *Alnus* flowering in Central Europe / J. Rodriguez-Rajo, L. Grewling, A. Stach, M. Smith // *Ann. Agric. Environ. Med.* - 2009. - Vol. 16 (2). - P. 277-84.
- Rodriguez-Rajo F. J. Environmental factors affecting the start of pollen season and concentrations of airborne *Alnus* pollen in two localities of Galicia (NW Spain) / F. J. Rodriguez-Rajo, A. Dopazo, V. Jato // *Ann. Agric. Environ. Med.* - 2004. - Vol. 11 (1). - P. 35-44.
- Piotrowska K. The effect of meteorological factors on airborne *Betula* pollen concentrations in Lublin (Poland) / K. Piotrowska, A. Kubik-Komar // *Aerobiologia (Bologna)*. - 2012. - Vol. 28 (4). - P. 467-479.

A numerical model of birch pollen emission and dispersion in the atmosphere.

Description of the emission module / M. Sofiev, P. Siljamo, H. Ranta [et al.]

// Int. Journ. Biometeorol. - 2013. - Vol. 57 (1). - P. 45-58.

Родинкова В.В., Кременская Л.В.

ВЛИЯНИЕ СЕЗОННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ВИННИЦЕ НА СРОКИ ВЫБРОСА ДЕРЕВЬЯМИ АЛЛЕРГЕННОЙ ПЫЛЬЦЫ

Резюме. Изменения климата влияют на все процессы в живых организмах, в том числе - и на образование и выброс ими в атмосферный воздух пыльцы, которая может вызывать симптомы сезонной аллергии. В работе, целью которой было проанализировать влияние характера изменения климата на пыление деревьев в Виннице, городе центральной Украины, рассматриваются изменения в сроках пыления деревьев за последние 15 лет в контексте профилактики вспышек поллинозов. Исследование пыления проводилось в 1999-2000 годах гравиметрическим методом и с 2009 года по настоящее время - объемным. Было установлено, что пик пыления ольхи и березы в текущем периоде может регистрироваться примерно на месяц раньше, чем это было в конце 20-го столетия. Ранняя пыльцепродукция деревьев рода *Alnus* коррелирует с количественным накоплением тепла в преддверии сезона пыления и с величиной средних температур января и февраля соответственного сезона палинации. Для стимулирования ранних начала, пика и окончания сезона пыления древесных растений рода *Betula* была важной скоростью накопления градусо-дней. Эффект, похожий на таковой для *Betula*, наблюдался и для *Corylus*, *Ulmus*, *Fraxinus* и *Carpinus*. Другие деревья такие как *Populus*, *Acer*, *Juglans*, *Aesculus*, *Quercus* и *Pinus* не продемонстрировали выразительных изменений в характере пыления за последние десятилетия. Выявленные тенденции важны для корректного прогнозирования рисков возникновения сезонных аллергических заболеваний, вызванных пылью анемофильных растений.

Ключевые слова: пыльца деревьев, профилактика сезонной аллергии, смена сезона палинации, градусо-день.

Rodinkova V.V., Kremens'ka L.V.

THE SEASONAL TEMPERATURE IMPACT ON TREE TERMS OF EMISSION TREES ALLERGENIC POLLEN

Summary . Climate change impacts all the processes observed in living beings including allergenic pollen production and emission. The aim of study was to analyse the climate change impact on tree pollination in Vinnitsa, city of the Central Ukraine. The article deals with the tree pollen season changes through the 15 years of observations. Tree pollination pattern were recorded by using the gravimetric sampling for the years 1999-2000 and by employing the volumetric trap in the years 2009-2015. It was found alder and birch pollination can be recorded at about a month earlier in the current period than it was at the end of the 20th century. Early *Alnus* pollination correlates with the seasonal temperature sum increase and with the average month temperature value on January and on February preceding the corresponding pollen season. Factor promoting the earl start, peak and the end of the *Betula* pollen season was the speed of the degree-days accumulation. The effect similar to that observed for *Betula* was seen for *Ulmus*, *Corylus*, *Fraxinus* and *Carpinus*. Other trees like *Populus*, *Acer*, *Juglans*, *Aesculus*, *Quercus* and *Pinus* did not demonstrate the significant change of the pollination patterns over the investigation time. The tendencies established are important for the correct hay fever forecast.

Key words: tree pollen, hay fever control, pollen season change, degree-day.

Рецензент - д.мед.н., проф. Сергета І.В.

Стаття надійшла до редакції 03.06.2015 р.

Родінкова Вікторія Валеріївна - д.біол.н., доц. кафедри фармації ВНМУ ім. М.І.Пирогова; vikarodi@gmail.com

Кременська Лілія Вікторівна - асистент кафедри фармації Вінницького національного медичного університету імені М.І.Пирогова; skripchenko.l@mail.ru