

ГЕОБОТАНІЧНА ТА ФІТОІНДИКАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНОПОПУЛЯЦІЙ *AMORPHA FRUTICOSA* L. В УМОВАХ СЕРІЙНИХ ЦЕНОЗІВ ЗАПЛАВИ У НИЖНЬОМУ Б'ЄФІ КАНІВСЬКОЇ ГЕС

Т.В. Шевчик¹, Т.В. Фіцайло², І.В. Соломаха³

¹ ННЦ «Інститут біології та медицини» КНУ імені Тараса Шевченка

² Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України

³ Інститут агроєкології і природокористування НААН

На основі геоботанічних описів фітоценозів з участю *Amorpha fruticosa* L., що є окремими етапами первинної сукцесії різних висотних рівнів заплави, зроблених на території островів нижче Канівської ГЕС, наведено загальну характеристику динаміки рослинного покриву за участю цього виду. Використовуючи метод фітоіндикації, визначено основні характеристики показників екологічних чинників та напрями їхньої зміни в процесі ксеро-, мезо- та гідросерії. Виявлено, що *A. fruticosa*, маючи широкий фітоценотичний діапазон, входить до складу фітоценозів на всіх етапах сукцесії трьох рівнів заплави Середнього Дніпра. Закономірними в процесі сукцесії є якісні та кількісні зміни геоботанічних характеристик фітоценозів, як-от: кількість видів та їхній склад, роль *A. fruticosa* як ценозоутворювача, вікова структура її ценопопуляції. На основі методу фітоіндикації прослідковано відмінності фітоценозів, виявлено відносно широкий діапазон екотонів, що різняться за чинниками вологості та аерованості ґрунту, сприятливих для зростання *A. fruticosa*, а також закономірні тренди змін більшості екологічних чинників у процесі сукцесії.

Ключові слова: фітоіндикація екологічних чинників, *Amorpha fruticosa* L., ксеро-, мезо-, гідросерія.

Наразі активну участь у процесах динаміки рослинного покриву заплави Середнього Дніпра бере алохтонний вид аморфа кущова (*Amorpha fruticosa* L.). З огляду на його активне поширення, широкий ектопічний діапазон і значну роль у фітоценозах на заплаві та вздовж узбережжя р. Дніпра [1–4], важливо виявити головні чинники, що сприяють такому стану його популяції та впливу цього виду на процеси динаміки іншої рослинності. У цьому аспекті особливо важливо визначити показники деяких екологічних чинників, за яких популяції виду спроможні виживати та відтворюватись. Показники екологічних чинників, виміряні за допомогою приладів, характеризують лише стан середовища на момент вимірювання. Водночас всебічно й узагальнено відображають стан середовища конкретної ділянки ценопопуляції рос-

лин, що формують рослинне угруповання. Ця закономірність лежить в основі методу фітоіндикації, широко вживаного нині для узагальненої характеристики різноманітних екологічних показників конкретних умов місцезростань. Крім абіотичних чинників середовища, що мають прямий вплив на популяції, умови зростання ценопопуляції на певний момент у конкретному місці визначаються прямими та, здебільшого, опосередкованими конкурентними міжпопуляційними взаєминами. Зміна цих взаємин відбувається на тлі динаміки рослинності, особливо в процесі демутаційних сукцесій. Мета роботи — на основі характеристики геоботанічних описів угруповань з участю *A. fruticosa* та методики фітоіндикації виявити зміни головних геоботанічних характеристик та тренди змін показників екологічних чинників у процесі первинно-сукцесійних змін рослинності на трьох рівнях заплави.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У роботі використовували 52 повних геоботанічних описи, виконаних упродовж вегетаційного сезону 2019 р. Для угруповань лісової рослинності відбирали ділянки площею від 10×10 до 15×15 м, для чагарникової та трав'янистої — від 5×5 до 10×10 м. Описами було охоплено більшість варіантів рослинних угруповань із участю *A. fruticosa*, що формуються на різних гіпсометричних рівнях заплави нижче дамби Канівської ГЕС і репрезентують різні етапи формування рослинності. Обробку матеріалів здійснювали за Браун-Бланке методом перетворення фітоценотичних таблиць із використанням програми Ficen та подальшою обробкою в програмі Microsoft Excel. Назви рослин наведено за Мосякіним і Федорончуком [5]. Вираховували класи постійності (табл. 1), що мають таку градацію шкали: трапляння менше 10% — +, 10–29 — I, 30–49 — II, 50–69 — III, 70–89 — IV, понад 90% — V. Для оцінки проективного покриття видів послуговувались такою шкалою: + — проективне покриття виду менше 1%, 1 — від 1 до 5, 2 — від 6 до 15, 3 — від 16 до 25, 4 — від 26 до 50, 5 — понад 51%. Показники екологічних режимів визначали за методикою, розробленою у відділі геоботаніки та екології Інституту ботаніки НАН України [6, 7]. Основною синфітоіндикаційного аналізу слугували дані показників екологічних чинників, отримані у спосіб оцінювання в балах за шкалою Я.П. Дідуха [6] на основі конкретних геоботанічних описів (табл. 2). Методом синфітоіндикації оцінювали показники екологічних режимів як-от: вологість ґрунту (Hd), змінність зволоження ґрунту (fH), аерація ґрунту (Ae), загальний сольовий режим ґрунту, або трофність (SL), кислотність ґрунту (Rc), уміст мінерального азоту (Nt) та карбонатів (Ca) у ґрунті, термічний режим (Tm), континентальність (Kn), морозність, або кріорежим (Cr), вологість клімату, або гумідність (Om), освітленість (Lc). Для з'ясування екологічних амплітуд ценозів за відношенням до провідних чинників середовища застосовували базовий статистичний аналіз у

програмі STATISTICA 8.0. Для порівняння екологічної амплітуди та з'ясування зв'язків між ценозами використовували методику кластерного аналізу та метод зміщеного аналізу співвідношень (DCA) у програмі PAST. Назви синтаксонів рослинності наведено за останніми синтаксономічними зведеннями [8, 9] та з урахуванням робіт про рослинність регіону досліджень [10].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Найбільш вираженими змінами рослинного покриву заплави є первинна сукцесія. В умовах заплавних екотопів головними чинниками, що визначають процеси сукцесії, є вік ділянки заплави, інтенсивність акумуляції алювію, характер алювіальних наносів, активність перевідкладення їх вітром, висота заплавної ділянки над рівнем моря (н.р.м.) та сезонні зміни рівня води. У цьому аспекті для заплави слід розрізняти три варіанти сукцесійних змін: ксеро-, мезо- та гідросерію [11].

Загальний напрям первинно-сукцесійних змін для всіх варіантів, у доволі узагальненому та спрощеному вигляді, описується такою етапністю: 1 — угруповання малорічних та багаторічних трав'янистих рослин; 2 — чагарникові угруповання; 3 — лісові угруповання (табл. 1).

Угруповання малорічних та багаторічних трав'янистих рослин, що репрезентують перший етап ксеросерії, є поширеними у найсухіших екотопах заплави. Вони розповсюджуються в її прирусловій частині, де спостерігаються найвищі відмітки її поверхні. Здебільшого у нашому регіоні це поверхні із висотою 83–87 м н.р.м. За синтаксономічним складом — це угруповання класів *Koelerio-Corynephoretea* Klika in Klika et Novak 1941, *Festucetea vaginatae* Soo 1968 em Vicherek 1972. В умовах заплави Середнього Дніпра їх представляють угруповання союзів *Koelerion glauca* Volk 1931, *Festucion beckeri* Vicherek 1972 [8, 9]. У цих фітоценозах *A. fruticosa* з'являється лише у разі затоплення високими повеневими водами. Зазвичай у такі роки з цим типом угруповання відбуваються дигресійно-демутаційні зміни, суть яких зводиться

Таблиця 1

Узагальнені геоботанічні описи різних етапів ксеро-, мезо- та гідросерії

Ярус	Етапи серії	Угрупування								
		гідросерії			мезосерії			ксеросерії		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Кількість описів		6	6	6	5	8	6	5	5	5
А	<i>Acer negundo</i>			II ¹			V ¹⁻⁵			
	<i>Acer platanoides</i>									I ¹
	<i>Betula pendula</i>									II ²
	<i>Populus alba</i>						I ⁴			I ¹
	<i>Populus nigra</i>			III ³			I ¹			I ²
	<i>Robinia pseudoacacia</i>						I ²			
	<i>Salix alba</i>			V ²⁻⁴			III ²⁻⁴			
	<i>Ulmus laevis</i>						II ^{4, 5}			II ⁺¹
	<i>Pyrus communis</i>									II ⁺
	<i>Pinus sylvestris</i>									IV ^{3, 4}
	<i>Morus nigra</i>									I ¹
	<i>Fraxinus lanceolata</i>			I ¹						
В	<i>Amorpha fruticosa</i>	III ^{1, 2}	V ^{4, 5}	V ⁺⁴	III ¹⁻²	V ⁴	V ^{1, 4}	IV ¹	V ⁺⁴	V ⁺²
	<i>Acer negundo</i>	I ⁺		III ⁺¹			II ⁺³		I ²	
	<i>Acer tataricum</i>						I ⁺		II ²	II ⁺²
	<i>Crataegus pseudocyrstostyla</i>								I ²	
	<i>Populus alba</i>			I ⁺						
	<i>Robinia pseudoacacia</i>						I ³			
	<i>Rhamnus cathartica</i>								I ⁺	
	<i>Salix acutifolia</i>		I ¹		I ⁺			I ¹	IV ¹⁻⁴	
	<i>Morus nigra</i>			II ¹						I ¹
	<i>Salix alba</i>						I ⁺			
	<i>Frangula alnus</i>		III ⁺²	III ⁺¹			I ⁺	II ⁺		II ⁺¹
	<i>Quercus robur</i>									II ⁺²
	<i>Fraxinus lanceolata</i>			II ⁺¹						
	<i>Rubus suberectus</i>									II ⁺¹
	<i>Viburnum opulus</i>									I ⁺
<i>Sambucus racemosa</i>									II ⁺	
<i>Ulmus laevis</i>									I ⁺	
С	<i>Amorpha fruticosa</i>	V ⁺⁴	III ⁺¹	IV ⁺²	IV ⁺²	III ^{1, 2}	III ⁺¹	IV ⁺	II ⁺²	II ⁺¹
	<i>Carex appropinquata</i>			I ⁺						
	<i>Carex acuta</i>	II ^{2, 3}	II ⁺¹	II ⁺⁴	II ⁺	I ⁺				
	<i>Lysimachia vulgaris</i>	III ^{1, 2}	II ⁺	III ⁺¹	I ⁺	I ⁺				I ⁺
	<i>Lythrum salicaria</i>	II ⁺¹	II ⁺	III ⁺¹						
	<i>Phragmites australis</i>	IV ¹⁻⁵	IV ⁺³							
	<i>Phalaroides arundinacea</i>		I ¹							
	<i>Caltha palustris</i>	I ⁺		II ⁺¹		I ⁺				

Ярус	Етапи серій	Угруповання								
		гідросерії			мезосерії			ксеросерії		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Кількість описів	6	6	6	5	8	6	5	5	5
C	<i>Carex acutiformis</i>	I ⁺	I ⁺	I ²						
	<i>Carex cespitosa</i>		I ¹	I ⁺						
	<i>Veronica longifolia</i>	I ¹	III ⁺		II ¹					
	<i>Carex vulpina</i>	I ⁺	I ⁺		I ⁺					
	<i>Galium palustre</i>	II ⁺¹	II ⁺¹	III ⁺¹						
	<i>Iris pseudacorus</i>	III ⁺¹	I ⁺	III ⁺¹						
	<i>Myosotis palustris</i>	II ¹		III ⁺¹						
	<i>Symphytum officinale</i>	II ⁺		I ⁺						
	<i>Leersia oryzoides</i>	I ⁺		I ⁺						
	<i>Mentha aquatica</i>	I ⁺		I ¹						
	<i>Rumex hydrolapathum</i>		II ⁺	II ⁺						
	<i>Poa palustris</i>	II ⁺¹	III ⁺²	I ⁺	II ^{1, 2}	II ^{1, 2}				
	<i>Ranunculus repens</i>	I ¹	II ⁺	I ⁺	I ⁺					
	<i>Senecio tataricus</i>		I ⁺	III ⁺¹						
	<i>Agrostis stolonifera</i>	I ⁵	III ⁺	I ⁺		I ⁺				
	<i>Typha angustifolia</i>	II ⁺⁴								
	<i>Rorippa amphibia</i>	II ⁺¹								
	<i>Polygonum hydropiper</i>	I ⁺								
	<i>Alisma lanceolata</i>	I ¹								
	<i>Eleocharis acicularis</i>	I ¹								
	<i>Lysimachia nummularia</i>		I ³	I ²	I ⁺		I ⁺			
	<i>Butomus umbellatus</i>		II ⁺							
	<i>Stachys palustris</i>	III ⁺¹	I ⁺	III ⁺¹		I ⁺				
	<i>Lycopus europaeus</i>	II ^{1, 2}	I ⁺	I ⁺						
	<i>Glyceria maxima</i>	I ⁺		I ⁺						
	<i>Teucrium scordium</i>	III ¹⁻⁴	I ⁺							
	<i>Artemisia campestris</i>							III ⁺	I ⁺	
	<i>Alopecurus pratensis</i>								II ⁺¹	
	<i>Aristolochia clematitis</i>				I ⁺	II ^{1, 2}	V ⁺³	I ¹	II ⁺¹	II ⁺²
	<i>Scirpoides holoschoenus</i>				I ¹					
	<i>Bromopsis inermis</i>				III ¹	II ⁺		I ⁺	II ⁺²	II ⁺²
	<i>Glechoma hederacea</i>		I ⁺		IV ⁺³	I ⁺	III ²⁻⁴		II ²⁻⁴	I ²
	<i>Calamagrostis epigejos</i>		II ⁺	I ⁺	III ¹⁻⁴	IV ⁺²		IV ⁺²	III ⁺¹	IV ⁺²
	<i>Carex praecox</i>				III ¹⁻⁴	I ⁺¹	I ¹	III ²⁻⁴	V ⁺²	IV ⁺³
	<i>Elytrigia repens</i>		I ¹	I ⁺	IV ⁺³	II ^{1, 2}			IV ⁺³	III ²⁻⁴
	<i>Gratiola officianalis</i>		I ⁺		IV ⁺¹	I ⁺				
<i>Rubus caesius</i>	I ¹		III ¹⁻⁴		I ⁺	III ⁺⁴				
<i>Asparagus officinalis</i>		I ⁺					I ⁺		I ⁺	

Продовження таблиці 1

Ярус	Етапи серій	Угруповання								
		гідросерії			мезосерії			ксеросерії		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Кількість описів	6	6	6	5	8	6	5	5	5	
C	<i>Bidens frondosa</i>			I ¹						
	<i>Carex hirta</i>				I ¹	I ⁺			I ⁺	I ⁺
	<i>Carex melanostachya</i>								I ²	
	<i>Carex muricata</i>					I ⁺	I ⁺			
	<i>Carex caryophylea</i>									I ⁺
	<i>Dianthus borbasii</i>				I ⁺			II ⁺	I ⁺	
	<i>Helichrysum arenarium</i>							I ⁺		
	<i>Galium verum</i>				II ¹			III ⁺²	IV ⁺³	IV ⁺²
	<i>Poa angustifolia</i>				II ¹⁻⁴				III ^{1, 2}	II ²⁻⁴
	<i>Festuca beckeri</i>				I ⁺			II ²⁻⁴	III ¹⁻⁴	II ⁺³
	<i>Rumex acetosella</i>							IV ⁺		III ⁺
	<i>Verbascum lychnitis</i>							II ⁺	III ⁺	
	<i>Corispermum nitidum</i>							I ¹		
	<i>Agrostis tenuis</i>							I ¹		
	<i>Chondrilla juncea</i>									I ⁺
	<i>Secale sylvestre</i>							I ¹		
	<i>Peucedanum oroselinum</i>									II ⁺²
	<i>Pilosella officinarum</i>									II ⁺¹
	<i>Dryopteris carthusiana</i>									I ⁺
	<i>Hypericum perforatum</i>							I ⁺		II ⁺
	<i>Centaurea sumensis</i>									I ⁺
	<i>Carex colhica</i>						I ⁺	I ⁺		
	<i>Viscaria viscosa</i>									I ⁺
	<i>Campanula rotundifolia</i>									I ⁺
	<i>Carex ericetorum</i>									I ⁺
	<i>Euphorbia virgata</i>				I ¹				II ⁺	I ⁺
	<i>Euphorbia cyparissias</i>									II ⁺¹
	<i>Agrostis capillaris</i>									III ⁺
	<i>Dicranum rugosum</i>									II ⁺
	<i>Politrichum commune</i>									I ⁺
	<i>Pleurozium schreberii</i>									II ⁺
	<i>Anisantha tectorum</i>							II ⁺	I ⁺	
	<i>Myosotis micrantha</i>							I ⁺		
	<i>Veronica spicata</i>							I ⁺		
<i>Chaerophyllum temulum</i>						I ¹				
<i>Chaiturus marrubiastrum</i>		I ¹								
<i>Crepis tectorum</i>						I ⁺				
<i>Cucubalus bacifer</i>									I ⁺	

Ярус	Етапи серій	Угруповання								
		гідросерії			мезосерії			ксеросерії		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Кількість описів	6	6	6	5	8	6	5	5	5
C	<i>Potentilla argentea</i>				I ⁺			I ⁺		
	<i>Equisetum hiemale</i>						I ¹			
	<i>Equisetum pratense</i>					I ⁺				
	<i>Conyza canadensis</i>				I ¹	I ⁺				
	<i>Festuca gigantea</i>						I ⁺			
	<i>Frangula alnus</i>			I ¹						
	<i>Fraxinus lanceolata</i>		I ⁺							
	<i>Galium boreale</i>				I ⁺	I ⁺				
	<i>Geum urbanum</i>						II ⁺		I ⁺	
	<i>Genista tinctoria</i>				I ⁺					I ⁺
	<i>Koeleria glauca</i>								I ⁺	I ⁺
	<i>Humulus lupulus</i>						I ⁺			
	<i>Hierochloe odorata</i>				I ⁺					
	<i>Chaerophyllum temulum</i>						I ⁺			
	<i>Jasione montana</i>									I ⁺
	<i>Convallaria majalis</i>									I ⁺
	<i>Impatiens parviflora</i>						III ¹⁻⁵			
	<i>Lapsana communis</i>						I ¹			
	<i>Lythrum virgatum</i>	I ⁺					I ⁺			
	<i>Mentha arvensis</i>		I ⁺				I ⁺			
	<i>Moehringia trinervia</i>							II ⁺¹		
	<i>Petasites spurius</i>						I ¹		I ²	
	<i>Phalacrolooma annuum</i>		II ⁺			II ⁺				
	<i>Poa nemoralis</i>							I ⁺		I ⁺
	<i>Poa compressa</i>						I ¹			
	<i>Poa pratensis</i>					II ¹				
	<i>Elymus caninus</i>							II ⁺		
	<i>Populus nigra</i>						I ⁺			
	<i>Rumex confertus</i>									I ¹
	<i>Rumex thyrsiflorus</i>					III ⁺	I ⁺			
	<i>Scutellaria galericulata</i>	I ⁺		I ⁺			I ⁺	I ⁺		
	<i>Solanum dulcamara</i>			I ⁺						
	<i>Swida sanguinela</i>							II ⁺		
	<i>Thalictrum flavum</i>	I ⁺								
<i>Thalictrum lucidum</i>			I ⁺							
<i>Tanacetum vulgare</i>					I ¹	I ⁺		II ⁺	I ⁺	
<i>Torilis japonica</i>							II ¹⁻²			
<i>Urtica dioica</i>			II ¹				III ⁺¹			

Ярус	Етапи серій	Угруповання								
		гідросерії			мезосерії			ксеросерії		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Кількість описів	6	6	6	5	8	6	5	5	5
С	<i>Veronica scutellata</i>		I ⁺							
	<i>Vicia hirsuta</i>								I ⁺	
	<i>Vicia tetrasperma</i>	I ²			III ⁺¹				I ²	
	<i>Valeriana officinalis</i>			I ¹	I ⁺					
	<i>Acer negundo</i>						I ⁺			
	<i>Acer platanoides</i>						I ⁺			
	<i>Acer tataricum</i>						I ⁺			I ⁺
	<i>Alliaria petiolata</i>						I ²		I ⁺	
	<i>Valerianella locusta</i>				I ⁺					

до різкого зменшення чисельності, іноді до повного зникнення видів-ксерофітів та псамофітів, та появи масових сходів деревних рослин, у т.ч. *A. fruticosa*. Так, зокрема, за високого рівня повневих вод і тривалого повені у 2013 р. (рис. 1) зафіксовано ділянки, де частка повністю відмерлої дернини *Festuca beckeri* (Hack.) Trautv. становила близько 50% проєктивного покриття. Натомість з'явилося угруповання винятково стійких до затоплення трав'янистих багаторічників та однорічників: ефемеретуму (*Scirpus melanospermus* C.A. Mey. (70%), *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth (10), *Gratiola officinalis* L. (5), *Peplis alternifolia* M. Bieb. (5%). Сіянци *A. fruticosa* у цих фітоценозах становили близько 5% проєктивного покриття. У наступні роки більшість рослин *A. fruticosa* загинули, однак сформувалась малочисельна одновікова (ім 1, ім 2) інвазійна популяція цього виду.

Наступний етап ксеросерії репрезентують чагарникові угруповання класу *Salicetea purpureae* Moor 1958, союзів *Galio veri-Aristolochion clematidis* Shevchyk et Solomakha in Shevchyk et al. 1996 та *Artemisio dniproicae-Salicetum acutifoliae* Shevchyk et Solomakha 1996 [8, 9]. Здебільшого для популяцій *A. fruticosa* у таких угрупованнях характерними є наявність особин однієї або кількох близьких вікових груп (g1-g3).

Лісову рослинність репрезентує клас *Pyrolo-Pinetea sylvestris* Korneck 1974 (союз *Koelerio glaucae-Pinion sylvestris* Ermakov 1999), де популяції *A. fruticosa* також мають подібні характеристики вікової структури.

Основним чинником явища ксеросерії є тривалий (десятки та сотні років) ендекогенетичний процес, під час якого відбувається збільшення чисельності видів у фітоценозах, що репрезентують більш пізні її етапи. Так, для етапу угруповань трав'янистих рослин нами зафіксовано в середньому 9 (7–11) видів на описовій площі (5×5 м); для чагарникового – 13 (11–15) на такій самій площі описової ділянки; для лісового етапу на описовій ділянці площею 10×10 м – 19 (11–28) видів. Ці показники відображають закономірність флористичного доповнення фітоценозів унаслідок ущільнення екологічних ніш видів у процесі розвитку вказаного варіанта сукцесії.

На першому етапі мезосерійного ряду в умовах заплави Середнього Дніпра формуються угруповання вологих та свіжих лук, здебільшого з різко перемінним режимом вологозабезпеченості, що в синтаксономічному аспекті представляють клас *Molinio-Arrhenatheretea* R. Tx. 1937 (союз *Agrostion vinealis* Sipaylova et al. 1985) [8, 9]. Ці рівні заплави (81–83 м н.р.м.) нижче Канівської

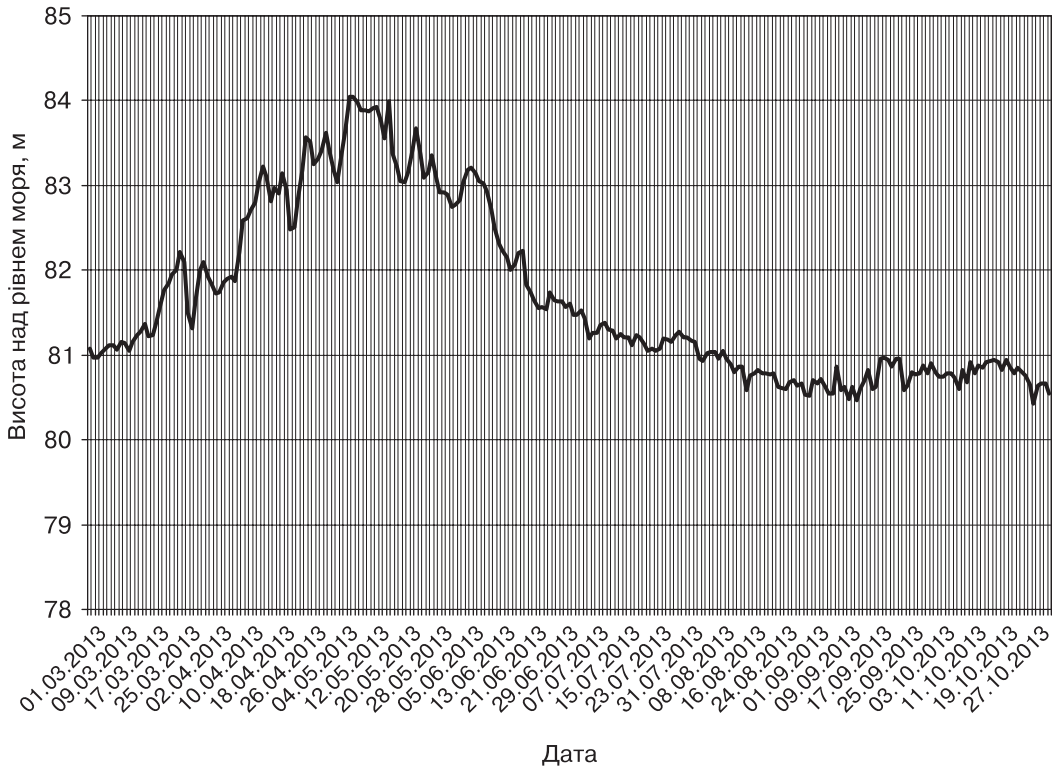


Рис. 1. Рівень та тривалість повені у нижньому б'єфі Канівської ГЕС

ГЕС майже щороку затоплюються повинню, й сюди постійно заносяться водою плоди *A. fruticosa*. Інвазійні фрагменти ценопопуляцій *A. fruticosa*, тобто з перевагою рослин догенеративного віку, тут трапляються найчастіше як смуги довкола фрагментів із різновіковими особинами у складі. Наразі ці фітоценози найбільшою мірою трансформувалися в чагарникові, що, власне, і є наступним, другим етапом мезосерії. У синтаксономічному аспекті — це угруповання союзу *Rubo caesi-Amorphion fruticosae* Shevchuk et V.Sl. 1996 класу *Salicetea purpureae*. У подальшому вони демутують у заплавно-лісові фітоценози союзу *Salicion albae* Soo 1930 того самого класу. Для чагарникового та лісового етапу мезосерії характерними є повночленні за віковим спектром ценопопуляції *A. fruticosa*.

Унаслідок швидкоростлості більшості чагарникових та деревних порід за мезо-

серії відбувається різка зміна умов освітлення впродовж відносно короткого часу (від кількох до десяти років), що сприяє елімінації популяцій багатьох світлолюбних лучних трав на чагарниковій стадії, і зрештою — збагаченню факультативно-геліофільними видами трав та сціофітами. Зокрема, на описових площах (з аналогічними розмірами, як і для ксеросерії, відповідно) для фітоценозів поступових етапів мезосерії нами зафіксовано таку середню (мінімальна-максимальна) кількість видів: 13 (11–19); 8 (5–11); 13 (9–16).

Унаслідок різких перепадів рівнів води впродовж вегетаційного періоду та особливості алювіального процесу на початковому етапі гідросерії на різних ділянках заплави низького рівня формуються доволі відмінні фітоценози, що в синтаксономічному аспекті відносяться до різних класів рослинності. Зокрема, на ділянках,

які певну частину вегетаційного сезону є суходільними і де можливий початок інвазії *A. fruticosa*, це: угруповання класів *Isoeto-Nanojuncetea* Br.-Bl. et R. Tx. 1943 (союз *Eleocharition ovatae* Philippi 1968), *Phragmiti-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novak 1941 (союзи *Phragmition communis* W. Koch 1926, *Oenanthion aquaticae* Hejny 1948 ex Neuhausl. 1959, *Phalaridion arundinaceae* Kopecky 1961, *Magnocaricion elatae* (Br.-Bl. 1925) W. Koch 1926, *Caricion gracilis* Neuhausl. 1959 em Bal.-Tulac. 1963, *Cicution virosae* Hejny ex Segal in Westhoff et Den Held 1969), *Molinio-Arrhenatheretea* R. Tx. 1937 (союз *Calthion* R. Tx. 1937) [4, 5].

Занос насіння та ініціальні стадії розвитку популяцій *A. fruticosa* спостерігаються у момент спаду води — всередині — наприкінці літа та восени. Більшість локусів таких інвазійних популяцій гинуть через тривале затоплення в наступний вегетаційний період, але часто поодинокі рослини проходять початкові етапи онтогенезу завдяки особливості мікрорельєфу. Здебільшого, це рослини, що зростають на купинах осок, на гниючому «плавняку», «сплавинах та плотиках» відмерлих решток рослин, пеньках та повалених стовбурах дерев. Якщо надземна частина цих особин досягає відповідних розмірів, і це надає змогу вегетувати їм в умовах затоплення, відбувається розростання генеративних особин вегетативним шляхом. Для гідросерії, як і для ксеросерії, характерним є збільшення кількості видів на одиницю площі. Так, зокрема, на описових площах (з аналогічними розмірами, як і для ксеросерії та мезосерії, відповідно) для фітоценозів поступових етапів гідросерії нами зафіксовано таку середню (мінімальна-максимальна) кількість видів: 10 (7–13); 10 (7–14); 15 (9–20).

Місця зростання *A. fruticosa* на заплаві мають найбільшу амплітуду значень показників зволоженості та аерованості ґрунту (рис. 2). Очевидно, така невисока чутливість виду до вказаних чинників визначається специфікою заплавної екотопи, а саме — змінністю цих показників упродовж вегетаційного періоду, що спричинено змінами рівня води. Загалом, за зволоженістю

ґрунту для виду характерними є гігрозифітні умови (вологі лісо-лучні екотопи з тимчасовим надмірним зволоженням кореневмісного шару ґрунту), а щодо аерації, досліджуваним місцезростанням з *A. fruticosa* властивими є субаерофобні умови (слабоаеровані вологі глинисті ґрунти з фактично сталим капілярним зволоженням кореневмісного шару). Поряд із тим *A. fruticosa* є найбільш чутливою до кислотності та терморезиму. За кислотністю ґрунту місцезростання характеризуються субацидофільними умовами (слабокислі ґрунти з рН 5,5–6,5), а за терморезимом — неморальним типом терморезиму ($45 \text{ ккал} \times \text{см}^{-2} \times \text{рік}^{-1}$). Стосовно інших екологічних чинників, аморфу слід характеризувати як середньовимогливу рослину.

Так, за змінністю зволоження місцезростання *A. fruticosa* відповідають гемігідроконтрастофільним умовам (сухуваті лісо-лучні і лучно-степові екотопи з нерівномірним зволоженням кореневмісного шару ґрунту). За вмістом мінерального азоту в ґрунті угруповання надають перевагу ділянкам з гемінітрофільними умовами (відносно бідні на мінеральний азот ґрунти — 0,2–0,3%).

Отримані показники за загальним сольовим режимом характеризують умови місцезростання з *A. fruticosa* як семіевтрофні (бідні на солі, сильно вилугувані (75–100 мг/л) ґрунти). Показники насичення ґрунту карбонатами відповідають гемікарбонатобним умовам екотопів — дуже незначний вміст карбонатів у ґрунті (CaO, MgO = 0,5%) (підзолисті ґрунти, лучні глеєві).

Амплітуда кліматичного показника, як-от морозність клімату (кріорезим) для досліджених угруповань характеризує субкріофітні умови зростання, тобто це види, які витримують морозність зим у межах $-10 \dots -14^\circ\text{C}$. Принагідно відзначимо, що у деякі роки значна частина ортотропних пагонів першого порядку галуження рослин *A. fruticosa*, що зростають на безлісних ділянках і на значній відстані від непокритого льодом плеса, повністю обмерзають, а потім поновлюються від плагіотропних частин куща та коренів.

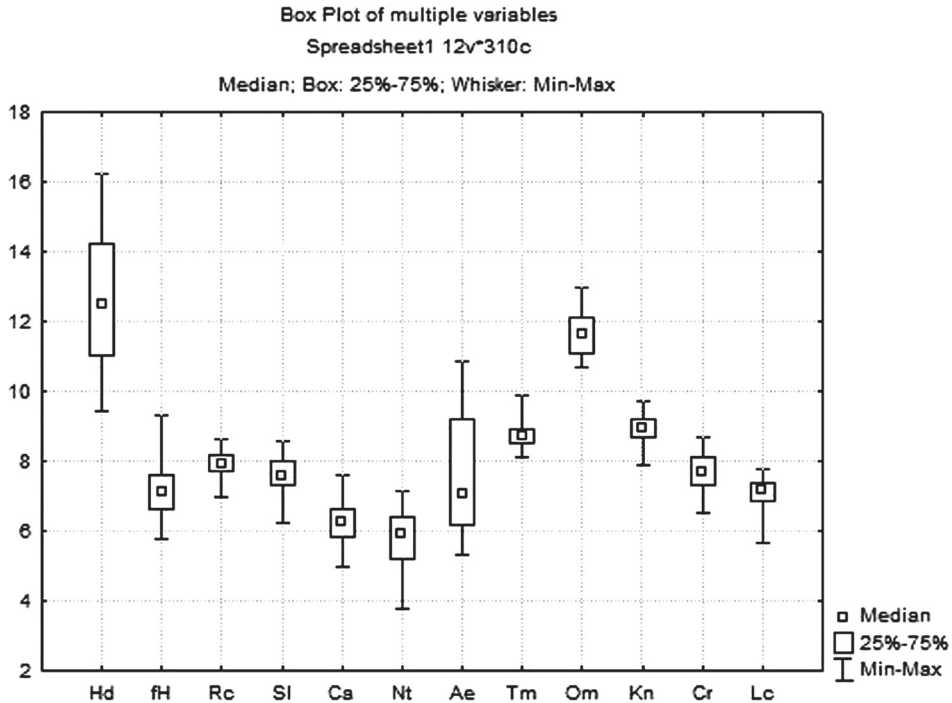


Рис. 2. Загальна характеристика всіх місцезростань з участю *A. fruticosa* (без розподілу на серії та стадії); загальні амплітуди, оптимальні екологічні межі та медіани екологічних чинників для угруповань з участю виду: вологість ґрунту (Hd), змінність зволоження ґрунту (fH), аерація ґрунту (Ae), загальний сольовий режим ґрунту (трофність) (SL), кислотність (Rc) ґрунту, вміст мінерального азоту (Nt) та карбонатів (Ca) у ґрунті, термічний режим (Tm), континентальність (Kn), морозність (кріорежим) (Cr), вологість (гумідність) (Om) клімату, освітленість (Lc)

Континентальність клімату (контрас-торезим) має помірний (111–125%) характер. За гумідністю, або омброрезимом, характеризується як субарідофитний тип (–400 ... –200 мм). Освітленість місцезростань відповідає напівосвітленим ділянкам.

На основі синфітоіндикації та методу зміщеного аналізу співвідношень визначили, що диференційними чинниками для угруповань з участю *A. fruticosa* є вологість, аерація, змінність зволоження ґрунту, вміст у ньому карбонатів та азоту; серед кліматичних чинників – гумідність клімату, терморезим (рис. 3).

Так, для гідросерії диференційними екологічними чинниками є: вологість ґрунту, аерація ґрунту та загальний сольовий режим ґрунту (табл. 2). Мезосерія займає

проміжне положення і формується як під впливом властивих тільки їй чинників (кислотність ґрунту, терморезим), так і спільних з гідросерією, як-от: вологість (гумідність) клімату та вміст мінерального азоту. Ксеросерія також має спільні з мезосерією диференційні чинники – вміст карбонатів у ґрунті, змінність зволоження ґрунту та континентальність. Чинники, як-от морозність (кріорежим) та освітленість, можливо мають опосередкований вплив на формування угруповань з гідросерії.

Для аналізу змін екологічних показників за стадіями в межах серії обрано середні значення кожної вибірки, тому можна відзначити певний тренд показників (рис. 4).

Найбільші амплітуди значень (1–1,37 бала) спостерігаються за вологістю ґрунту (Hd) – для гідросерії показники

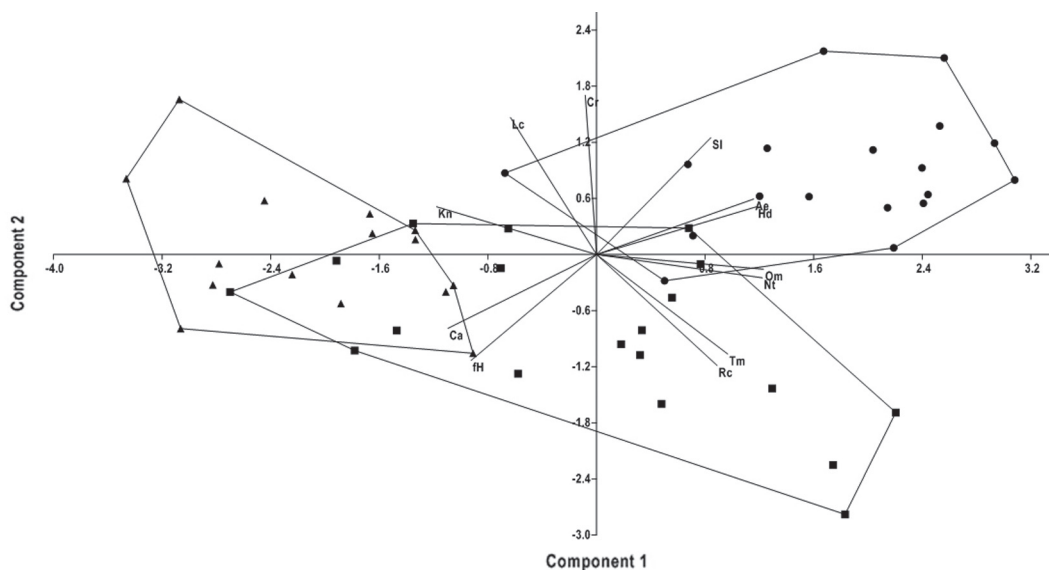


Рис. 3. Ординаційна діаграма методу зміщеного аналізу співвідношень (DCA): для гідросерії (1), мезосерії (2), ксеросерії (3)

Таблиця 2

Фітоіндикаційні показники екологічних чинників

Стадія	Значення*	Чинники**											
		Hd	fH	Rc	Sl	Nt	Ca	Ae	Tm	Om	Kn	Cr	Lc
<i>Гідросерія</i>													
I	Min	14,35	6,04	7,83	7,88	5,86	5,39	9,45	8,55	10,67	8,33	7,11	6,82
	Max	16,22	7,61	8,64	8,57	6,56	5,95	10,86	9,05	12,55	9,25	8,67	7,56
	St	0,65	0,53	0,29	0,26	0,24	0,18	0,48	0,19	0,67	0,32	0,52	0,22
	Ср. знач.	15,18	6,47	8,13	8,15	6,36	5,72	10,05	8,82	11,66	8,74	7,94	7,22
II	Min	13,58	6,50	7,22	7,33	5,56	5,39	8,39	8,33	11,22	8,67	6,58	7,13
	Max	15,17	8,00	8,50	8,12	6,54	6,79	9,82	8,72	12,94	9,25	7,86	7,36
	St	0,54	0,47	0,37	0,26	0,29	0,46	0,48	0,12	0,60	0,19	0,44	0,10
	Ср. знач.	14,41	7,12	7,89	7,82	6,15	5,85	9,29	8,56	11,85	8,98	7,43	7,25
III	Min	13,68	5,78	7,33	6,83	5,89	5,46	8,21	8,65	11,71	8,46	7,67	6,61
	Max	15,23	7,00	8,08	7,75	6,56	6,36	9,59	9,11	12,82	8,88	8,36	7,04
	St	0,56	0,44	0,25	0,28	0,24	0,31	0,51	0,15	0,35	0,13	0,26	0,14
	Ср. знач.	14,52	6,50	7,77	7,36	6,30	5,94	9,02	8,84	12,14	8,70	8,07	6,87

Стадія Значення*		Чинники**											
		Hd	fH	Rc	Sl	Nt	Ca	Ae	Tm	Om	Kn	Cr	Lc
<i>Мезосерія</i>													
I	Min	10,45	7,20	7,58	7,50	5,05	6,04	5,95	8,15	10,90	8,88	6,85	7,21
	Max	13,15	7,47	8,38	8,18	6,35	7,10	7,85	8,75	12,46	9,18	7,50	7,50
	St	1,14	0,12	0,28	0,27	0,51	0,40	0,81	0,20	0,50	0,12	0,22	0,11
	Ср. знач.	12,04	7,32	8,03	7,82	5,70	6,47	7,05	8,37	11,70	9,04	7,23	7,41
II	Min	10,90	6,78	7,61	6,82	4,92	5,41	5,90	8,14	11,00	8,00	6,50	7,11
	Max	13,20	8,57	8,50	8,17	6,44	7,58	8,91	9,17	12,95	9,23	7,70	7,79
	St	0,93	0,63	0,33	0,43	0,55	0,64	0,86	0,32	0,62	0,40	0,34	0,21
	Ср. знач.	11,96	7,95	8,02	7,60	5,70	6,24	6,86	8,60	11,62	8,90	7,23	7,33
III	Min	11,72	6,17	7,39	6,23	5,44	6,14	6,61	8,96	11,61	7,88	7,93	5,64
	Max	12,51	7,33	8,56	7,39	7,13	7,17	7,67	9,89	12,15	9,00	8,57	6,33
	St	0,34	0,35	0,39	0,42	0,57	0,31	0,37	0,28	0,20	0,36	0,22	0,23
	Ср. знач.	12,23	6,74	8,11	6,87	6,51	6,53	7,15	9,32	11,86	8,59	8,29	6,02
<i>Ксеросерія</i>													
I	Min	9,42	7,65	7,17	6,45	3,75	5,00	5,30	8,60	10,75	9,00	6,94	7,29
	Max	10,35	9,33	8,10	8,17	4,71	6,57	5,71	9,00	11,10	9,67	8,28	7,70
	St	0,32	0,66	0,42	0,63	0,36	0,55	0,15	0,15	0,14	0,22	0,47	0,15
	Ср. знач.	9,77	8,01	7,57	7,56	4,33	5,99	5,43	8,77	10,95	9,37	7,78	7,56
II	Min	9,92	7,14	7,71	7,33	5,00	6,46	5,42	8,36	10,92	8,77	7,27	6,54
	Max	11,82	7,67	8,19	7,79	5,89	7,00	6,50	9,08	11,86	9,41	8,05	7,54
	St	0,76	0,21	0,18	0,17	0,30	0,19	0,43	0,25	0,34	0,23	0,25	0,35
	Ср. знач.	10,76	7,36	8,02	7,50	5,35	6,76	5,95	8,62	11,23	9,20	7,65	7,16
III	Min	10,97	6,14	7,00	6,48	4,61	6,65	5,98	8,41	11,19	8,68	7,54	6,66
	Max	11,30	7,00	8,19	8,13	5,66	7,33	6,38	8,81	12,46	9,72	8,32	7,27
	St	0,11	0,31	0,49	0,73	0,41	0,25	0,16	0,15	0,57	0,35	0,28	0,24
	Ср. знач.	11,14	6,71	7,60	7,37	5,18	6,85	6,19	8,63	11,77	9,12	7,94	6,94

Примітка: * Min – мінімальні; Max – максимальні; St – стандартне відхилення; Ср. знач. – середні значення; ** пояснення позначень чинників наведено у тексті.

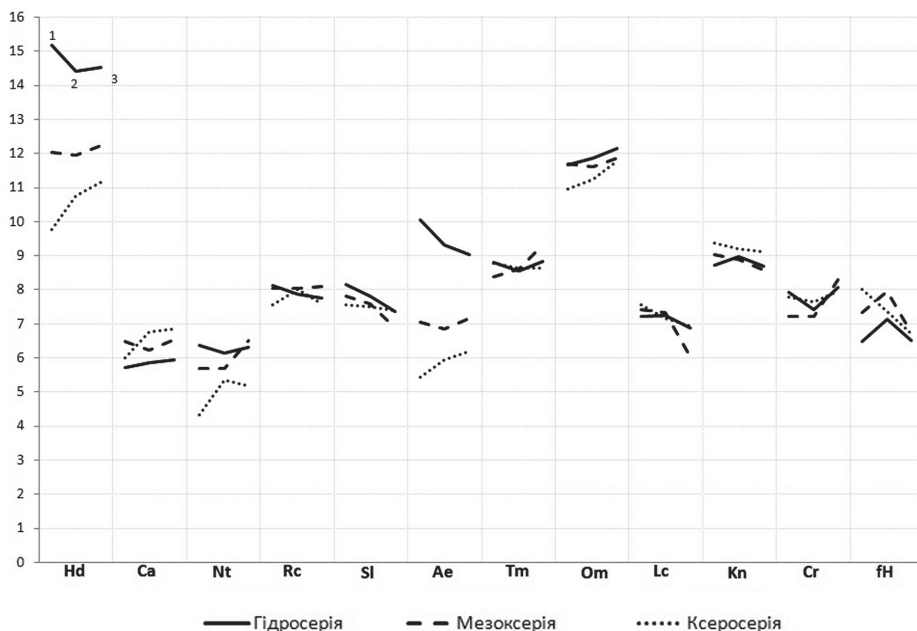


Рис. 4. Співвідношення між середніми значеннями показників екологічних чинників (рис. 2) для трьох стадій: 1 — незімкнених чагарників, 2 — зімкнених чагарників, 3 — заплавних лісів

зменшуються на 1,16 бала (але залишаються в межах гігрофітних умов), для ксеросерії — збільшуються на 1,37 бала (від субмезофітних до мезофітних умов). Такий характер тренду є цілком закономірним і пояснюється значним впливом деревної рослинності на посилення мезофітизації умов у процесі сукцесії. Щодо змін аерації (Ae) ґрунту — вони мають подібний характер. Зокрема, для гідросерії (субаерофобні умови) зменшується на 1, для ксеросерії (субаерофільні) — збільшується на 0,76 бала. Незначні зміни у процесі сукцесії спостерігаються за вмістом мінерального азоту (Nt) для мезо- та гідросерії. Для мезосерії показник змінюється від гемінітрофільних до нітрофільних умов, для ксеросерії — від стадії незімкнених до стадії зімкнених чагарників збільшується на 1 бал (гемінітрофільні умови), а до стадії заплавних лісів дещо зменшується (0,17 бала). Змінності зволоження ґрунту (fH) — показники гідро- та мезосерії — варіюють у межах 0,5–1,2 бала, що відповідає гемігідроконтрастострофільним умовам, і лише для ксеро-

серії значно зменшуються (1,3 бала) — від гемігідроконтрастострофільних до гемігідроконтрастострофобних умов. Щодо загального сольового режиму (Sl), показники мезосерії зменшуються на 1 бал (семіевтрофні умови), натомість майже стабільними залишаються для ксеросерії. За кріорежимом — для мезосерії показник змінюється в межах одного бала, а саме — від субкріофітних до гемікріофітних умов. За вмістом карбонатів у ґрунті — для ксеросерії показник змінюється лише на 0,8 бала, але якісна характеристика змінилася на одну категорію: від першої стадії (акарбонатострофобні умови) до третьої (акарбонатострофільні умови). Щодо континентальності (Kn) та освітленості (Lc), під час сукцесії показники зменшуються, що є закономірним відображенням процесу сціофітизації та формування лісового мікроклімату. Також вирівнюються показники омброрежиму (Om) та терморежиму. Щодо змін кислотності ґрунту (Rc), вони — незначні і, очевидно, нівелюються гострим проточним режимом на заплаві р. Дніпра.

ВИСНОВКИ

Маючи широкий фітоценотичний діапазон, *A. fruticosa* бере участь у фітоценозах на всіх етапах сукцесії трьох рівнів заплави Середнього Дніпра, що представляють ксеро-, мезо- та гідросерію. Закономірними в процесі сукцесії є якісні та кількісні зміни геоботанічних характеристик фітоценозів, як-от: кількість видів та їх склад, роль *A. fruticosa* як ценозоутворювача; а в аспекті станів популяції *A. fruticosa* є доволі динамічною її вікова структура. Також на основі методу фітоіндикації прослідковується чіткі відмінності фітоценозів, що

репрезентують ксеро-, мезо- та гідросерії. У межах заплавних біотопів ценопопуляції *A. fruticosa* проявляють найширший діапазон (у межах 7-ми балів) до чинників вологості та аерованості ґрунту, середній діапазон (у межах 4-х балів) до змін вологості ґрунту, освітленості, гумідності клімату, вмісту мінерального азоту та кальцію і сольового режиму; найвужчий діапазон (у межах 2-х балів) — до кріо- та терморезиму, континентальності клімату та кислотності ґрунту. У процесі гідро- та ксеросерій закономірним трендом для більшості екологічних чинників є їх зміна у напрямі показників мезосерії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Любченко В.М. Рослиність Канівського державного заповідника (за даними великомасштабного геоботанічного картування) / В.М. Любченко, М.М. Бортняк // Укр. бот. журн. — 1986. — Вип. 43 (5). — С. 15–20.
2. Любченко В.М. Распространение аморфы кустарниковой в фитоценозах Каневского заповедника / В.М. Любченко // Бюллетень ГБС. — 1987. — Вип. 146. — С. 48–50.
3. Karmyzo L. Ecological study of invasive *Amorpha fruticosa* at research biological stations within steppe zone, Ukraine / L. Karmyzo // Вісник Харківського нац. університету ім. В.Н. Каразіна. — 2014. — Вип. 20, № 1100. — С. 300–304. — (Серія: біологія).
4. Шевчик В.Л. Фітоценотична характеристика угруповань із участю *Amorpha fruticosa* (Fabaceae) у Середньому Придніпров'ї (Україна) / В.Л. Шевчик, Т.В. Шевчик // Укр. бот. журн. — 2019. — Вип. 76 (1). — С. 42–51. — doi:10.15407/ukrbotj76.01.042
5. Mosyakin S.L. Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist / S.L. Mosyakin, M.M. Fedorovich. — K., 1999. — 345 p.
6. Дідух Я.П. Фітоіндикація екологічних факторів / Я.П. Дідух, П.Г. Плюта. — К., 1994. — 280 с.
7. Didukh Ya.P. The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication / Ya.P. Didukh. — K.: Phytosociocentre, 2011. — 176 p.
8. Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities / L. Mucina, H. Bültmann, K. Dierßen et al. // Appl. Veg. Science. — 2016. — Vol. 19 (1). — P. 3–264. — doi:10.1111/avsc.12257
9. Соломаха І.В. Огляд вищих одиниць рослинності України за методом Браун-Бланке та їх діагностичні види / І.В. Соломаха, В.Л. Шевчик, В.А. Соломаха. — К.: Фітосоціоцентр, 2017. — 116 с.
10. Шевчик В.Л. Синтаксономія рослинності островів Круглик та Шелестів Канівського природного заповідника / В.Л. Шевчик, В.А. Соломаха // Укр. фітоцен. збірник. — 1996. — Вип. 1. — С. 12–27. — (Серія «А»).
11. Шевчик В.Л. Геоботанічна характеристика основних стадій первинної сукцесії заплавних островів Канівського природного заповідника / В.Л. Шевчик, О.О. Сенчило, О.Д. Полішко // Заповідна справа в Україні. — 2001. — 7. — С. 15–22.

REFERENCES

1. Lyubchenko, V.M. & Bortnyak, M.M. (1986). Roslynnist' Kaniv'skogo derzhavnogo zapovidnyka (za danymy velykomasshtabnogo geobotanichnogo kartuvannya) [Kaniv State Reserve vegetation (according to large-scale geobotanical mapping)]. *Ukrai'ns'kyj botanichnyj zhurnal — Ukrainian Botanical Journal*, 43 (5), 15–20 [in Ukrainian].
2. Lyubchenko, V.M. (1987). Rasprostraneniye amorfy kustarnikovoy v fitocenozach Kanevskogo zapovednika [Distribution of shrub amorphous in the Kaniv Reserve phytocoenoses]. *Bulleten' GBS — Bulletin SBG*, 146, 48–50 [in Russian].
3. Karmyzo, L. (2014). Ecological study of invasive *Amorpha fruticosa* at research biological stations within steppe zone, Ukraine. *Visnyk Harkiv's'kogo nacional'nogo universytetu im. V.N. Karazina. Seriya: biologiya — The Journal of V.N. Karazin Charkiv National University. Ser. Biology*, 20, № 1100, 300–304 [in English].
4. Shevchuk, V.L. & Shevchuk, T.V. (2019). Fitoceno-tychna harakterystyka ugrupovan' iz uchastju *Amorpha fruticosa* (Fabaceae) u Seredn'omu Prydniprov'i (Ukrai'na) [Phytocenotic characteristics of plant communities with *Amorpha fruticosa* (Fabaceae) in the Middle Dnipro area (Ukraine)]. *Ukrai'ns'kyj botanichnyj zhurnal — Ukrainian Botanical Journal*, 76 (1), 42–51. doi:10.15407/ukrbotj76.01.042 [in Ukrainian].

5. Mosyakin, S.L. & Fedoronchuk, M.M. (1999). *Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist*. Kyiv [in English].
6. Didukh, Ya.P. & Pliuta, P.H. (1994). *Fitoindykacija ekologicznyh faktoriv [Phytoindication of ecological factors]*. Kyiv [in Ukrainian].
7. Didukh, Ya.P. (2011). *The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication*. Kyiv: Phytosociocentre [in English].
8. Mucina, L., Bültmann, H., Dierßen, K. & al. (2016). Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities. *Appl. Veg. Science*, 19 (1), 3–264. doi:10.1111/avsc.12257 [in English].
9. Solomakha, I.V., Shevchyk, V.L. & Solomakha, V.A. (2017). *Ogljad vyshhyh odynyc' roslynnosti Ukraini'ny za metodom Braun-Blanke ta i'h diagnostychni vydy [Review of the higher vegetation units and diagnostic species of Ukraine according to the Braun-Blanquet approach]*. Kyiv: Phytosociocentre [in Ukrainian].
10. Shevchyk, V.L. & Solomakha, V.A. (1996). Syntaksonomija roslynnosti ostroviv Kruglyk ta Shelestiv Kanivs'kogo pryrodnoho zapovidnyka [The syntaxonomy of vegetation Kruglyk and Shelestiv islands of Kaniv natural reservation]. *Ukrain's'kyj fitocentrichnyj zbirnyk – Ukrainian Phytosociological Collection, Ser. A, 1*, 12–27 [in Ukrainian].
11. Shevchyk, V.L., Senchylo, O.O. & Polishko, O.D. (2001). Geobotanichna charakterystyka osnovnyh stadij pervynnoi' sukcesii' zaplavnyh ostroviv Kanivs'kogo pryrodnoho zapovidnyka [Geobotanical characteristics of the primary succession main stages of the Kaniv Nature Reserve floodplain islands]. *Zapovidna sprava v Ukraini' – Conservation in Ukraine*, 7, 15–22 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 28.10.2019

УДК 57.085.25

DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2019.189467>

ТОКСИЧНІСТЬ КОМПОЗИЦІЇ НАНОЧАСТИНОК НЕМЕТАЛІВ У КУЛЬТУРІ КЛІТИН НИРКИ ЕМБРІОНА СВИНІ

С.В. Дерев'яно¹, Л.М. Решотько¹, А.В. Васильченко¹,
О.О. Дмитрук¹, М.С. Харчук²

¹ Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН

² Інститут мікробіології і вірусології імені Д.К. Заболотного НАН України

Встановлено, що композиція наночастинок (НЧ) йоду та сірки містить частинки трикутної форми розміром 30–50 нм, округлі й неправильної форми частинки розміром 60–70 нм та їх агрегати округлої й неправильної форми розміром 150–200 нм. В композиції НЧ селену та йоду виявлено поодинокі частинки трикутної форми з довжиною сторони близько 30 нм та неправильної форми розміром 10–60 нм, а також їх агрегати округлої та неправильної форми розміром 150–200 нм. Максимально допустима концентрація композиції НЧ йоду та сірки для перещеплюваної культури клітин нирки ембріона свині становить 5 мкг/см³, композиції НЧ селену та йоду — 0,5 мкг/см³. Встановлено, що обидві композиції НЧ неметалів є нетоксичними для білих мишей у концентрації 2000 мг/кг.

Ключові слова: наночастинок неметалів, цитотоксичність, максимально допустима концентрація, гостра токсичність.

У всьому світі та в Україні зокрема наночастинок (НЧ) та нанотехнології дедалі частіше використовують для потреб сіль-

ського господарства [1, 2]. Застосування біогенних речовин у формі НЧ відкриває перед людством не тільки нові перспективи, але й створює нові ризики, зумовлені ймовірністю токсичного впливу на організм людини. Тому існує необхідність

© С.В. Дерев'яно, Л.М. Решотько, А.В. Васильченко, О.О. Дмитрук, М.С. Харчук, 2019