

ДОСЛІДЖЕННЯ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ МОРФОГЕНЕЗУ *CAPSELLA BURSA-PASTORIS* (L.) MEDIC. ЗА ДОПОМОГОЮ ІНДИКАЦІЙНО-ДІАГНОСТИЧНОЇ ШКАЛИ (НА ПРИКЛАДІ АВДІЇВСЬКОГО КОКСОХІМІЧНОГО ЗАВОДУ)

Ю. Б. Сулейманова, А. І. Сафонов

Резюме. У проведеному експерименті нами вивчені та проаналізовані основні принципи пластичності та варіабельності найбільш виражених морфологічних параметрів *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic. на основі фітоіндикаційного підходу в умовах техногенного навантаження. Отримані результати досліджень екотопів свідчать про широкий спектр варіабельності індикаційних ознак в залежності від умов місцезростання.

Ключові слова: морфогенез, індикаційна шкала, тератогенез, пластичність.

Практично будь-який антропогенний вплив на середовище внаслідок тісного взаємозв'язку його компонентів супроводжується цілим ланцюгом змін всіх екологічних факторів, включаючи важливі та незамінні. Нові, створені людиною, техногенні фактори можуть безпосередньо впливати на морфогенез рослин. В сучасному Донбасі, який з екологічної точки зору є регіоном з антропогенно трансформованим середовищем, рослини, які здатні існувати в таких умовах, змінюючи при цьому свої морфологічні характеристики, єдині виступають як об'єкт індикації постійного та інтенсивного техногенного забруднення [1].

Фітоіндикаційні дослідження в сучасний період знаходяться на тому рівні інтенсивного розвитку, коли нові підходи та розробка нових методів в значній мірі змінюють обсяг і суть самого поняття [2].

На сучасному етапі екологічних досліджень, як зазначає Я.П.Дідух, все частіше індикаторами стану виступають не види рослин, а їх морфологічні ознаки. Дослідження морфогенезу досить часто застосовується в ботанічних дослідженнях, оскільки це дає можливість здійснювати діагностику життєздатності рослин. Відмічено, що в екстремальних умовах морфологічна мінливість у рослин дещо збільшується або, навпаки, зменшується. В.М. Голубев одним із перших висловлює думку, що навіть такі елементарні кількісні характеристики, як висота рослин, довжина і ширина листків тощо, мають велике індикаційне значення. Але до теперішнього часу ця проблема практично не розробляється і представлена окремими науковими роботами стосовно індикаційного значення кількісних морфологічних ознак деяких рослин [1].

Актуальність дослідження визначається вивченням реакцій рослинного індикатора в умовах техногенного навантаження на території Авдіївського коксохімічного заводу з високим рівнем трансформації території. Це необхідно для виявлення параметрів, які діагностують стан навколишнього середовища.

На фітотоксичних субстратах виявлені тератологічні зміни, які можуть мати індикаційне і діагностичне значення та є надійними індикаторами екологічного неблагополуччя конкретних локальних техногенних територій.

Нами поставлена задача оцінки стану локальних екотопів на основі вивчення мінливості та пластичності індикаторних ознак виду *C. bursa-pastoris*. Нами був проведений фітоіндикаційний експеримент аналізу морфогенезу тест-виду на основі 13-ти бальної індикаційної шкали (патент України № 201309269 від 23.07.2013 року).

13-ти бальна індикаційно-діагностична шкала складається з трьох діагностичних блоків – фоліологічний, карпологічний та загальний морфологічний. Кожний блок містить певний набір кількісних та якісних показників *Capsella bursa-pastoris* (L.)

Medic. Найменша загальна кількість балів за один досліджуваний екотоп починається від 13-и. Чим більше отриманих балів за кожний діагностичний блок, тим дія факторів техногенного середовища проявляється більш виявлено на рослинний індикатор.

Досліджувані екземпляри фітоіндикатора були зібрані на наступних моніторингових точках:

№ 1 – територія Авдіївського коксохімічного заводу (АКХЗ), м. Авдіївка, Донецька область;

№ 2 – територія близько 300 м від АКХЗ – буферна зона;

№ 3 – територія близько 600 м від АКХЗ – буферна зона;

№ 4 – покинутий агроландшафт на території селитебної зони м. Авдіївки – умовний контроль.

Таблиця 1

Фітодіагностична шкала показників *Capsella bursa-pastoris*

Індикаційно-діагностичний блок	Індикаторні ознаки*	Характеристика ознаки		% участі блоку	Загальна індикаційна оцінка за блок
		Показники значень ознак	Бал (з урахуванням контролю) від 1 до 2		
Фоліологічний	А	>12	2	30.77	4
		12-20	1		
		<20	2		
	В	Heteris	1		
		Rhomboidea	2		
		Tenuis	1.5		
		Simplex	2		
	С	>12	2		
		12-20	1		
		<20	2		
	D	часто*	2		
		Рідко	1.5		
Відсутня		1			
Карпологічний	Е	>17	2	46.15	6
		17-30	1		
		<30	2		
	F	>55	2		
		55-72	1		
		<72	2		
	G	>1.5	2		
		1.5-2	1		
		<2	2		
	H	>2	2		
		~2	1		
		<2	2		
	I	Часто	2		
		Рідко	1.5		
		Відсутня	1		
J	Часто	2			
	Рідко	1.5			
	Відсутня	1			
Загальний морфологічний	R	>25	2	23.07	3
		25-35	1		
		<35	2		
	S	>11	2		
		11-19	1		

		<19	2		
	T	>0.6	2		
		0.6-0.68	1		
		<0.68	2		
Усього	–	–	–	100	13

* А – кількість розеткових листків; В – вид розеткових листків (*heteris*, *rhomboidea*, *tenuis*, *simplex*); С – діаметр прикореневої розетки (см); D – поліморфізм рослин; Е – кількість плодів на 10 см осі рослини; F – кут відхилення плодоніжки (°); G – довжина плодоніжки (мм); Н – максимальна довжина плодоніжки (мм); I – варіабельність форми плоду; J – тератологічність форми плоду; R – висота рослини (см); S – довжина суцвіття (см); Т – довжина квітучої частини суцвіття (см).

* часто – більше 10 особин (від 30% і більше) на 30 особин вибірки;

рідко – від 5 до 9 особин на 30 особин вибірки;

відсутня – до 5 особин на 30 рослин вибірки.

Рослини в кількості 30 особин збирали в період квітень-травень 2013 року.

Нами були вивчені наступні ознаки: А – кількість розеткових листків; В – вид розеткових листків (*heteris*, *rhomboidea*, *tenuis*, *simplex*); С – діаметр прикореневої розетки (см); D – поліморфізм рослин; Е – кількість плодів на 10 см осі рослини; F – кут відхилення плодоніжки (°); G – довжина плодоніжки (мм); Н – максимальна довжина плодоніжки (мм); I – варіабельність форми плоду; J – тератологічність форми плоду; R – висота рослини (см); S – довжина суцвіття (см); Т – довжина квітучої частини суцвіття (см). Повторність експерименту – 30 особин.

Результати були оброблені первинними статистичними методами для наступних показників: кількість розеткових листків, діаметр прикореневої розетки, кількість плодів на 10 см осі рослини; кут відхилення плодоніжки; довжина плодоніжки; загальна висота рослини; загальна довжина суцвіття; довжина квітучої частини суцвіття.

Обчислення результатів були виконані за допомогою пакетів програм Excel 2007, SPSS Statistics 7.0. Рівень вірогідності для біометричних досліджень відповідав 95% або 0,95 (надійний інтервал – 5%) [3].

Фоліологічний індикаційно-діагностичний блок. Кількість розеткових листків (індикаційний параметр А) для екоотопу № 1 в обчисленні на середнє арифметичне значення складає 26 прикореневих листків (2 бали); для екоотопу № 2 – 17 листків (2 бали), для екоотопу № 3 – 21 (2 бали). Показники параметра А на території умовного контролю – 18 розеткових листків (2 бали).

Важливу роль відіграє співвідношення розеткових типів листків, характерних для кожного екоотопу. Нами було встановлено, що на території ділянки № 4 (умовний контроль) характерно домінування розеткових листків типів *heteris* (H) и *tenuis* (T). При чому тип *heteris* є найбільш багаточисленним на даній території у порівнянні з іншими типами розеткових листків. Такі зміни в типах розеткових листків характерні в результаті взаємодії генотипу індикатора і факторів середовища. Для буферних зон (№2 і №3) домінуючими формами є *heteris* (H), *rhomboidea* (R). Екоотоп №1 включає весь спектр форм прикореневих листків, але домінуючими є також *rhomboidea* (R), *heteris* (H). Нами отримані наступні бали: екоотоп №1 – 2 бали, №2, №3 – 1 бал; контрольний екоотоп – 1 бал.

Індикаційний показник С (діаметр прикореневої розетки) проявляє себе в умовах промислового регіону як досить мінливий і включає широкий спектр варіації. Нами отримані наступні результати дослідження: №1 – діаметр складає 24 см (2 бали); №2 – 18 см (1 бал); №3 – 22 см (2 бали); №4 – 19 см (1 бал).

Поліморфізм тест-виду характеризується такими даними: досліджувані екоотопи №1, №2, №3 – проявляється більше, ніж у 10 рослин з 30 екземплярів (2 бали).

Умовний контроль складає близько 15-20% поліморфізму рослин від загальної вибірки (1,5 бали).

Карпологічний індикаційно-діагностичний блок проявляє себе як досить показовий та репрезентативний. Відсоток участі блоку в загальному фітоіндикаційному експерименті складає близько 46%, оскільки окрім морфологічного дослідження плодів *Capsella bursa-pastoris*, з одного боку, шкала включає аналіз тератогенезу плодів, з іншого. Це дає можливість розширити значимість тест-виду як стійкого та надійного індикатора в умовах різного ступеня техногенного навантаження. Результати аналізу даного блоку наведені у таблиці 2.

Таблиця 2

Результати аналізу карпологічного індикаційно-діагностичного блоку

Індикаційні Ознаки	Екотоп №1		Екотоп №2 (БЗ)*		Екотоп №3 (БЗ)		Контроль (№4)	
	Показники значень	Бали	Показники значень	Бали	Показники значень	Бали	Показники значень	Бали
Е*	42	2	34	2	31	2	28	1
F	51	2	64	1	69	1	63	1
G	2,1	2	2,4	2	2, 1	2	1,7	1
H	2,8	2	2	2	2,3	2	2,1	2
I	часто	2	рідко	1	часто	2	рідко	1
J	часто	2	часто	2	часто	2	рідко	1

* Е – кількість плодів на 10 см осі рослини; F – кут відхилення плодоніжки (°); G – довжина плодоніжки (мм); H – максимальна довжина плодоніжки (мм); I – варіабельність форми плоду; J – тератологічність форми плоду;

* БЗ – буферна зона.

В результаті морфоструктурного аналізу особин також були визначені деякі тератоморфи (Рис.1), характерні для цього виду [4,5]. Частота зустрічальності і прояв поліморфізму листових пластинок є характерними практично для всіх досліджуваних екоотопів, але найбільше виражені на територіях с підвищеним антропогенним навантаженням (№1, №2, №3). Це вказує на проявлення морфо-фізіологічних відповідних реакцій у відповідності зі специфічністю хімізму едафотопу. Вивчення тератологічності форми плодів *C. bursa-pastoris* – важливий кількісний індикаційний показник, який відображає рівень антропогенного навантаження на рослини (по мірі віддаленості від коксохімічного заводу).

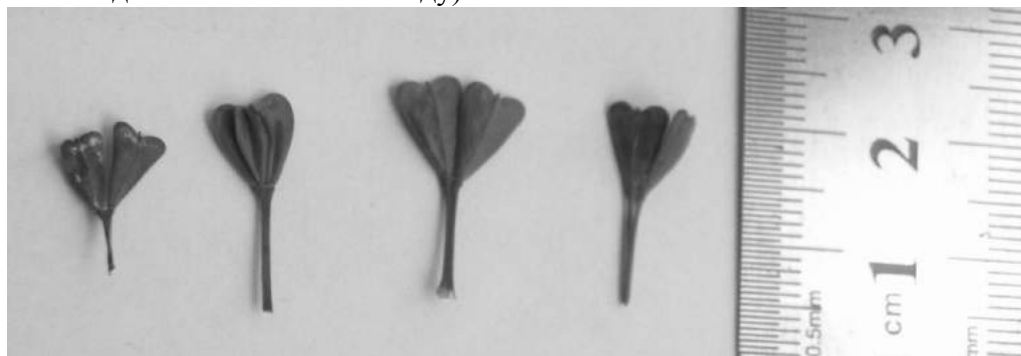


Рис 1. Тератоморфні форми плодів *Capsella bursa-pastoris* на території локального екоотопу близько 600 м від АКХЗ.

В нормальних умовах для *C. bursa-pastoris*, як представника родини *Brassicaceae*, характерний двогранний стручечок [4,5]. Але для деяких форм плодів буферних зон були виявлені трьохгранні плоди, замість типових двогранних.

Загальний морфологічний індикаційно-діагностичний блок. За нашими даними показано, що в умовах промислових навантажень на місцезростання тест-виду характерні прояви тератоморфізму, а саме – гігантизму особин (параметр R). Загальний склад блоку наведений у таблиці 3.

Таблиця 3

Результати аналізу загального морфологічного блоку

Індикаційні Ознаки	Екотоп №1		Екотоп №2 (БЗ)		Екотоп №3 (БЗ)		Котнрль (№4)	
	Показники значень	Бали	Показники значень	Бали	Показники значень	Бали	Показники значень	Бали
R*	43	2	39	2	46	2	28	1
S	19	2	16	1	21	2	17	1
T	0,75	2	0,7	2	0,68	1	0,62	1

* R – висота рослини (см); S – довжина суцвіття (см); T – довжина квітучої частини суцвіття (см).

Висновки

За результатами наших досліджень мінливості морфогенезу тест-виду встановлено: **№1 – 26 балів; №2 – 21 бал; №3 – 23 бали; умовний контроль – 15,5 балів.** Це дає змогу зробити такі висновки:

- найбільш варіабельні ознаки проявляють граничний діапазон в умовах техногенного навантаження;
- найбільш показовими та репрезентативними параметрами є тератоморфи тест-виду (гігантизм особини та тератогенез плодів).

Метод дослідження з використанням показників фітоіндикаторної шкали являє собою аналіз локальних екотопів за допомогою біоіндикації з використанням найбільш пластичних показників.

Таким чином, якщо техногенне навантаження впливає на досліджуваний екотоп в умовах середнього та високого рівня токсичного навантаження, то варіабельність індикаторних параметрів збільшується до певних значень. І це потребує проведення більш детальних подальших досліджень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Глухов О.З. Індикаційно-діагностична роль синантропних рослин в техногенному середовищі / О.З. Глухов, С.І. Прохорова, Г.І. Хархота; Донецький ботанічний сад Національної академії наук України – Донецьк: «Вебер» (Донецька філія), 2008. – С. 5–113.
2. Глухов О.З. Індикація стану техногенного середовища за морфологічною мінливістю рослин / О.З. Глухов, С.І. Прохорова. – Промышленная ботаника. – 2008. – Вып. 8. – С. 3–7.
3. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Изд-во «Высшая школа», 1990. – 351 с.
4. Дорофеев В.И. Плоды крестоцветных: разнообразие строения, классификация, происхождение. – С-Пб.: Turczanowia, 2002. – №7 (3). – С. 76–78.
5. Дорофеев В.И. Тераты крестоцветных: им место в эволюции и систематике семейства. – С-Пб.: Turczanowia, 2004. – №5 (4). – С. 23–30.