

АНАЛІЗ МОРФОЛОГІЧНОЇ МІНЛИВОСТІ КУКУРУДЗИ ПІД ВПЛИВОМ ІОНІЗУЮЧОЇ РАДІАЦІЇ

У статті наводяться результати експериментальних досліджень впливу γ -опромінення насіння на ростову реакцію рослин. Було проведено аналіз мінливості таких морфологічних ознак, як довжина листків та коренів двотижневих проростків кукурудзи, отриманих з насіння, опроміненого в дозах 10 та 100 Гр. На основі отриманих даних розраховано показник внутрішньопопуляційного різноманіття, запропонований Л. А. Животовським.

Результати досліджень дозволяють говорити про можливість використання показника внутрішньопопуляційного різноманіття в біоіндикації, і зокрема біоіндикації впливу такого зовнішнього фактора, як іонізуюча радіація. Найбільш доцільно й ефективно використовувати цей показник для виявлення невеликих (малих) доз опромінення.

Розгляд змін навколишнього середовища за допомогою біологічних систем та їх реакцій є перспективним напрямком сучасних екологічних досліджень. Такий підхід дає змогу судити про вплив антропогенних стресорів на екосистеми з нового погляду, оцінити вплив на середовище в показниках, які мають біологічний зміст, що дуже важко зробити за допомогою прямих фізичних або хімічних вимірів у природі. При цьому можна встановити довготривалі тенденції та буферну здатність екосистем змінюватись під впливом різноманітних факторів, які діють одночасно.

Переваги «живих індикаторів» полягають передусім у можливості реагувати на відносно слабкі навантаження, в можливості фіксувати швидкість змін, що проходять у навколишньому середовищі. Біологічні індикатори можуть розкривати тенденції розвитку зовнішнього середовища, дають змогу судити про ступінь токсичності будь-яких синтетичних речовин для живої природи і для людини. Рослини є зручними об'єктами-індикаторами, оскільки вони не мають можливості активно уникати дії екологічних чинників і реагують на всі зміни в навколишньому середовищі.

Одним із головних завдань біомоніторингу є оцінка стану природних популяцій. Характеризувати стан популяції можна з різних точок зору, з використанням різноманітних підходів, таких як екологічні, фізіологічні тощо. Застосування більшості з них звичайно потребує трудомістких (у тому числі й експериментальних) досліджень, що ускладнює одержання інформації про велику кількість популяцій різних видів тварин і рослин.

Аналіз морфологічної мінливості є одним з відносно простих і придатних для використання на різних видах тварин і рослин підходів до ви-

вчення стану популяцій [5]. Найважливішим для оцінки стану популяції повинно бути не з'ясування специфічних морфологічних особливостей, що, як правило, є результатом дії добору на шляху пристосування до певних специфічних умов, а врахування розміру фенотипічного різноманіття. Будь-яка популяція тварин або рослин може розглядатися як динамічна система, характеристики якої змінюються з часом. До таких мінливих характеристик належать різноманітні морфологічні ознаки організмів [6]. Розмір мінливості змінюється не спонтанно, а, як правило, під дією певних чинників – як природних, так і антропогенних. Серед таких чинників можна назвати іонізуючу радіацію [1, 4].

У біоіндикації використовують цілий ряд різних методів і показників. Так, варіабельність якісних ознак організму може бути оцінена за розміром дисперсії або аналізом асиметрії розподілу значень певної ознаки [5, 6]. Іншим підходом в оцінці різноманіття є обчислення розміру показника внутрішньопопуляційного різноманіття (μ), запропонованого Л. А. Животовським для тваринних організмів [2]. Цей метод може бути використаний як для якісних, так і для кількісних ознак, значення яких групуються в певні класи. Перевагою показника внутрішньопопуляційного різноманіття є те, що його використання не накладає ніяких обмежень на розподіл значень по аналізованих ознаках, він є більш універсальним і кращим для оцінки мінливості ознак з рівноцінними класами значень, і навпаки, використання дисперсії бажане в тому випадку, коли важливо врахувати не тільки розподіл значень ознаки по окремих класах, а й те, наскільки певний клас значень відрізняється від середнього значення.

У нашій роботі показник внутрішньопопуляційного різноманіття був застосований для виявлення змін у морфологічній мінливості рослин під впливом іонізуючої радіації.

Матеріали і методи

У дослідах було застосовано передпосівне опромінення насіння. Для часу опромінення було вибрано однакову та найбільш незалежну від випадкових коливань певних факторів стадію розвитку – стадію нормального, стиглого насіння в стані спокою.

Повітряно-сухе насіння кукурудзи сорту Дніпровський опромінювали γ -променями Co^{60} на установці «Исследователь» у відділі біофізики та радіобіології Інституту клітинної біології та генетичної інженерії НАН України. Потужність дози становила 0,06 Гр/с. Досліджували вплив доз 10 і 100 Гр. Дози були підібрані таким чином, що мінімальна – 10 Гр мала ефект стимуляції ростових реакцій у кукурудзи, а максимальна – 100 Гр суттєво пригнічувала ріст і розвиток рослин [3]. Контролем слугувало неопромінене насіння. Вибірка становила 200 насінин.

Перед пророщуванням насіння замочували у воді кімнатної температури. Замочування насіння тривало одну добу, після чого насіння перебувало у вологому середовищі до появи коренів і листків. Після проростання насіння висадили в ґрунт.

Через два тижні провели вимірювання висоти рослин, довжини коренів та здійснили статистичну обробку даних.

Оцінку мінливості морфологічних ознак проводили за показником внутрішньопопуляційного різноманіття (μ), запропонованим Л. А. Животовським [2]:

$$\mu = (\sqrt{p_1} + \sqrt{p_2} + \dots + \sqrt{p_m})^2,$$

де p_1, p_2, p_m – вибіркові значення частот окремих класів (морф).

Результати і обговорення

Передпосівне опромінення насіння кукурудзи суттєво впливало на ростові показники проростків. У дослідах було свідомо використано дві дози опромінення: стимулюючу ріст і таку, що помітно його пригнічує.

Результати вимірювання довжини листків представлено у табл. 1. Довжина листків у неопромінених проростків коливалася від 60 до 300 мм, а в середньому становила 180,13 мм ($n_1 = 96, x^1_{сер} = 180,13 \pm 5,65, \delta^1 = 3001,16$).

Таблиця 1. Залежність довжини листків і дисперсії від дози опромінення

	Контроль	10 Гр	F_{St}	100 Гр	F_{St}
Середня довжина	180,12 \pm 5,65	158,07 \pm 5,57	0,048	133,03 \pm 4,91	0,11
Дисперсія	3001,16	3781,54		2818,03	

При опроміненні в дозі 10 Гр довжина листків у проростків коливалася від 20 до 310 мм, а в середньому становила 158,07 мм ($n_2 = 123, x^2_{сер} = 158,07 \pm 5,57, \delta^2 = 3781,54$).

При опроміненні в дозі 100 Гр довжина листків у проростків коливалася від 20 до 262 мм, а в середньому становила 133,03 мм ($n_3 = 118, x^3_{сер} = 133,03 \pm 4,91, \delta^3 = 2818,03$).

Отримані дані свідчать про зростання середньої довжини листків при опроміненні в дозі 10 Гр та істотне зменшення довжини листків при опроміненні в дозі 100 Гр. При цьому спостерігалася зміна значень дисперсії відповідно до дози. Найбільшою вона виявилася для рослин, що були опромінені у стимулюючій ріст дозі.

Аналогічна картина спостерігалась при вимірюванні довжини коренів проростків кукурудзи. Результати представлено у табл. 2. Довжина коренів у неопромінених проростків коливалася від 30 до 300 мм, а в середньому становила 149,80 мм ($n_1 = 96, x^1_{сер} = 149,80 \pm 6,28, \delta^1 = 3747,00$).

При опроміненні в дозі 10 Гр довжина коренів у проростків коливалася від 10 до 320 мм, а в середньому становила 158,69 мм ($n_2 = 123, x^2_{сер} = 158,69 \pm 5,69, \delta^2 = 3955,62$).

При опроміненні в дозі 100 Гр довжина коренів у проростків коливалася від 15 до 255 мм, а в середньому становила 110,08 мм ($n_3 = 118, x^3_{сер} = 110,08 \pm 5,10, \delta^3 = 3045,05$).

При опроміненні в дозі 10 Гр спостерігалася збільшення середньої довжини коренів та істотне зменшення середньої довжини коренів при опроміненні в дозі 100 Гр. Дисперсія цієї ознаки виявилася найвищою для рослин, що були опромінені в стимулюючій дозі. Цікаво, що дисперсія для рослин, опромінених у високій дозі, виявилася навіть нижчою за контроль.

Таблиця 2. Залежність довжини коренів і дисперсії від дози опромінення

	Контроль	10 Гр	F_{St}	100 Гр	F_{St}
Середня довжина	149,80 \pm 6,28	158,69 \pm 5,69	0,02	110,0769 \pm 5,10	0,08
Дисперсія	3747,00	3955,62		3045,05	

Таблиця 3. Довжина листка.
Розподіл частот за виділеними морфами

Номер класу	Класи (морфи)	Контроль	10 Гр	100 Гр
1	0-20	0	1	1
2	21-50	0	6	7
3	51-80	4	11	11
4	81-120	11	18	33
5	121-150	12	12	14
6	151-180	21	25	26
7	181-210	20	23	20
8	211-240	14	21	3
9	241-270	8	3	2
10	271-300	5	1	0

Таблиця 4. Довжина кореня.
Розподіл частот за виділеними морфами

Номер класу	Класи (морфи)	Контроль	10 Гр	100 Гр
1	10-40	3	5	11
2	41-70	8	7	27
3	71-100	13	12	21
4	101-130	14	16	14
5	131-170	21	26	22
6	171-200	16	24	18
7	201-230	9	19	3
8	231-260	9	8	1
9	261-290	1	4	0
10	291-320	1	1	0

Таблиця 5. Показник внутрішньопопуляційного різноманіття

	Контроль	10 Гр	100 Гр
μ для довжини листків	6,1029 ± 0,4292	7,7007 ± 0,0813	6,8087 ± 0,1264
μ для довжини коренів	8,4558 ± 0,1360	8,6034 ± 0,0977	6,8839 ± 0,1818

Для проведення частотного аналізу обох морфологічних ознак – довжини листка і довжини кореня – було виділено 10 класів (морф). У табл. 3 представлено класи і відповідні частоти для довжини листків. Кожен клас характеризується певним значенням довжини листка (у міліметрах).

Розподіл частот довжини листків представлено графічно (рис. 1).

Порівняння розподілу частот довжин неопромінених і опромінених рослин свідчить про порушення нормального розподілу при опроміненні.

Для довжини коренів також виділяємо 10 класів (морф). У табл. 4 представлено класи і відповідні частоти для довжини коренів. Кожна морфа представляє групу рослин з діапазоном значення ознаки в 30 мм.

Розподіл частот довжини коренів також представлено графічно (рис. 2). Опромінення викликало відхилення частот від нормального розподілу, що свідчило про збільшення мінливості даної ознаки.

За отриманими даними були зроблені розрахунки показника внутрішньопопуляційного різноманіття окремо для довжини листків і для довжини коренів. Розраховані значення показника μ наведено у табл. 5.

Було відмічено зростання показника внутрішньопопуляційного різноманіття як для довжини листків рослин, так і для довжини коренів при дії γ-випромінювання. Найпомітніші відмінності спостерігались при опроміненні у дозі 10 Гр.

Результати дослідження свідчать про те, що під впливом γ-випромінювання спостерігається

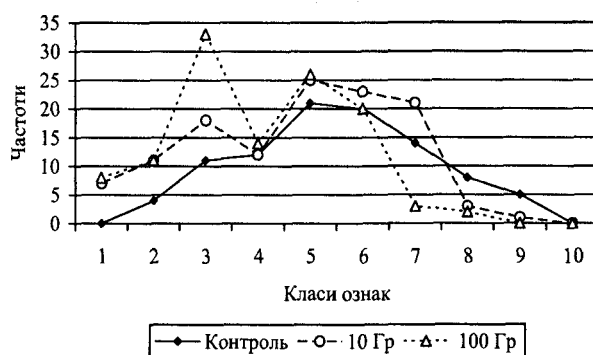


Рис. 1. Довжина листків. Розподіл частот

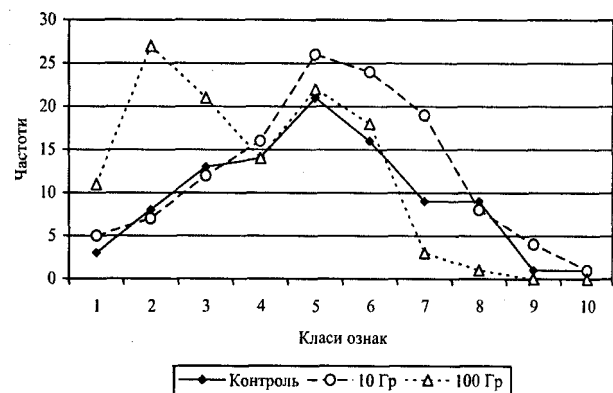


Рис. 2. Довжина коренів. Розподіл частот

порушення розподілу частот морфологічних показників. Найбільша дестабілізація спостерігалась при опроміненні насіння кукурудзи в дозі 10 Гр, тобто при стимулюючій ріст і розвиток дозі. Порушення нормального розподілу морфологічних параметрів під впливом радіації може бути використано для оцінки зовнішнього впливу. Вплив іонізуючої радіації на проростки кукурудзи привів до збільшення показника внутрішньопопуляційного різноманіття.

Таким чином, отримані результати дозволяють нам стверджувати, що показник внутрішньопопуляційного різноманіття може використовуватись для аналізу мінливості морфологічних ознак у рослин під впливом факторів довкілля. Для іонізуючого випромінювання доцільно використовувати такі морфологічні ознаки рослин, як розмір листових пластинок та довжину коріння. Найбільш доцільно і ефективно використовувати цей показник для виявлення невеликих (малих) доз опромінення.

1. Гродзинський Д. М. Радіобіологія. – К.: Либідь, 2000. – 448 с.
2. Животовский Л. А. Показатель внутривидовой изменчивости // Журнал общей биологии, 1980. – Т. 41, № 6. – С. 828–836.
3. Преображенская Е. И. Радиоустойчивость семян растений. – М.: Атомиздат, 1971. – 232 с.
4. Худадатов А. И. Радиочувствительность и мутабельность

- растений / Под ред. Аратяна А. Г. – Ереван: Изд-во АН Армянской ССР, 1974. – 118 с.
5. Шварц С. С. Опыт изучения направления изменчивости в природных популяциях животных // Докл. АН СССР, 1966. – Т. 166, № 6. – С. 1476–1479.
6. Яблоков А. В. Некоторые проблемы изучения изменчивости животных // Журнал общей биологии, 1966. – Т. 27, № 2. – С. 177–190.

I. Vyshenska, O. Valyakhina-Konkova

THE ANALYSIS OF MORPHOLOGICAL VARIABILITY OF CORN PLANTS INDUCED BY IONIZING RADIATION

The experimental data of γ -irradiation influence on corn seeds and followed plant growth are presented in the article. Variability of leaf and root length were examined and analyzed on two-week plants grown from irradiated in 10 and 100 Gray seeds. Intra-population variability index was calculated according to L. A. Zhyvotovskyy's method.

The results of the investigation allow to confirm the possibility of using the intra-population variability index for bioindication of external factors, including ionizing radiation. The index was the most useful for identification of small doses of radiation.