

© А. В. Калинина

ИНДИКАЦИОННАЯ ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ *PLANTAGO MAJOR* L. В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ДОНБАССА

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
283050, РФ, ДНР, г. Донецк, ул. Щорса, 46

Калинина А. В. Индикационная фенотипическая пластичность *Plantago major* L. в условиях антропогенной трансформации Донбасса. Представлены результаты изучения уровня и специфики изменчивости, скоррелированности структур по морфометрическим признакам в ценопопуляциях *P. major* в условиях антропогенно трансформированных экотопов одного из промышленных центров Донбасса – г. Макеевки. Выявлено 3 группы системных признаков индикаторов: таксономические, эколого-биологические, экологические. Признаком, который имеет наибольшее диагностическое значение, является количество генеративных побегов (N_r). Установлена закономерность увеличения изменчивости и силы связи изученных признаков особей ценопопуляций *P. major* при увеличении антропогенной нагрузки.

Ключевые слова: ценопопуляция, изменчивость, морфометрические признаки, корреляция, скоррелированность, антропогенно трансформированные экотопы, *Plantago major* L., г. Макеевка.

Введение

Популяционный фитомониторинг на антропогенно трансформированных территориях является перспективным научным направлением в ботанике и экологии [1–4, 11, 12]. На сегодняшний момент выделяют такие важные задачи ценопопуляционного мониторинга, как поиск методов диагностики и изучения нарушенных экосистем, а также накопление данных о реакциях сообществ, популяций и видов на изменения окружающей среды [4, 9].

Исследования морфометрической изменчивости признаков особей ценопопуляций позволяют оценить степень антропогенных нарушений экосистем, определить современное состояние популяций, механизмы адаптационных процессов видов, тенденции флорогенеза растительных сообществ на нарушенных местообитаниях [2–4, 12, 13].

Экосистемы Донбасса значительно трансформированы под воздействием антропогенных факторов, поэтому для Донецкого региона мониторинг преобразованных экосистем является актуальным научным направлением [5, 10, 11, 13, 14].

Цель исследования – выполнить анализ изменчивости морфометрических признаков особей ценопопуляций *Plantago major* L., произрастающих в различных антропогенно трансформированных экотопах г. Макеевки, определить структуру связей изученных признаков, выявить признаки, имеющие диагностическое значение для фитомониторинга в нарушенных экотопах.

Материал и методы исследования

Объектом исследования был выбран *Plantago major* L. – многолетнее травянистое растение, которое повсеместно распространено на территории России. В Донецко-Макеевской агломерации чаще встречается подвид *Plantago major* ssp. *major* Pilger.

Выбранный объект исследования оптимально соответствует требованиям для индикационных видов при проведении фитомониторинга: широко распространен на урбанизированных и техногенных территориях Донбасса; отличается преобладанием семенного размножения, обладает высокой антропотолерантностью, высоким адаптивным потенциалом к экстремальным условиям нарушенных экосистем, биология и онтогенез вида хорошо изучены, накоплен большой фактический материал [7].

Изучение морфометрической изменчивости ценопопуляций *P. major* на трансформированных территориях Донецкого региона раньше не осуществлялось.

Исследование проводили в августе 2023 г., изучили 4 ценопопуляции (ЦП), которые сформированы в антропогенно трансформированных экотопах г. Макеевки.

ЦП 1 обнаружена на территории парка им. В. Джарты, на газоне вблизи спортивной площадки. Ценопопуляция подвергается рекреационной нагрузке, нерегулярному скашиванию.

ЦП 2 размещена на придорожной территории ул. Ленина. Данная автомобильная дорога характеризуется высокой интенсивностью движения. На популяцию воздействует автотранспорт, рекреационная нагрузка, отмечено периодическое скашивание.

ЦП 3 произрастает на территории гаражного кооператива квартала «Строитель». Данная популяция подвержена рекреационной нагрузке, воздействию со стороны автотранспорта, в том числе и механическому, а также находится под техногенным влиянием, т. к. на расстоянии 1,2 км от экспериментального участка находится Ясиновский коксохимический завод. На участке отмечено единичное скашивание.

ЦП 4 выявлена на территории, прилегающей к шахте Калиновская-Восточная. Экспериментальный участок отличается низкой рекреационной нагрузкой, отмечен небольшой поток прохожих рядом с ЦП 4. Ценопопуляция находится под техногенным воздействием со стороны угольной шахты, а также железной дороги, которая находится на расстоянии 10 м от ценопопуляции. Скашивание отсутствует.

Геоботанические описания растительных сообществ с участием *P. major* осуществляли по общепринятым методикам [2]. Были изучены 8 морфометрических признаков особей ценопопуляций: высота (H), количество листьев (N_L), длина листовой пластинки (L_{fol}), ширина листовой пластинки (W_{fol}), количество жилок (N_{leaf}), количество генеративных побегов (N_r), длина генеративной побега (L_r), длина соцветия (L_{inflo}).

Для анализа изменчивости признаков определяли его среднее арифметическое значение и ошибку ($\bar{x} \pm S_x$), пределы варьирования признака, коэффициент вариации (CV , %). Для оценки уровня изменчивости использовали шкалу, разработанную С. А. Мамаевым [6].

Для определения связей признаков и их структуры вычисляли матрицу корреляций для признаков каждой ЦП, находили среднюю корреляционную связь признаков ценопопуляций, коэффициент детерминации (R^2) [1, 8]. Также использовали метод анализа корреляционных матриц и связей признаков, разработанный Н. С. Ростовской. Определяли общий коэффициент детерминации (R^2_m) и коэффициент детерминации отдельных признаков (R^2_{ch}) [8, 9]. На основании сопоставления общей (коэффициент вариации) и согласованной изменчивости (коэффициент детерминации) определяли принадлежность признаков к группам системных признаков-индикаторов.

Результаты и обсуждение

Участок, на котором сформирована ЦП 1, характеризуется незначительным затенением, высота травянистого покрова достигает 15 см. Общее проективное покрытие (ОПП) фитоценоза составило 100 %. Видовое богатство составило 17 видов. Преобладающими видами являются *Elytrigia repens* (L.) Nevski (частное проективное покрытие (ЧПП) – 45 %), *P. major* (17 %), *Geum urbanum* L. (15 %). Средняя плотность ценопопуляции *P. major* составила 39,2 особи на 0,25 м² (рис. 1).

ЦП 2 расположена на открытом участке с высокой интенсивностью освещения, высота травянистого покрова от 15 до 25 см, ОПП – 97 %. Видовое разнообразие составило 21 вид. Доминируют *E. repens* (40 %), *Taraxacum officinale* F. H. Wigg (28 %), *P. major* (25 %). Плотность ценопопуляции *P. major* – 37,4 особи на 0,25 м².

ЦП 3 произрастает на территории с открытым пространством, высота травостоя около 30 см, ОПП равно 90 %. Видовое богатство представлено 16 видами растений. В сообществе преобладают *P. major* (27 %), *E. repens* (8 %), *Ambrosia artemisiifolia* L. (5 %). Средняя плотность ценопопуляции *P. major* – 37,8 особи на 0,25 м².

На участке, на котором сформирована ЦП 4, затенение отсутствует, высота травостоя 20–25 см. Общее проективное покрытие составило 95 %, в сообществе отмечено 12 видов

растений. Доминирует *P. major* (37 %), *E. repens* (25 %), *Polygonum aviculare* L. Средняя плотность ценопопуляции *P. major* составила 38,5 особи на 0,25 м².

Высота (Н) особей изученных ценопопуляций *P. major* на нарушенных участках в среднем составляла 32,2 см, варьирует в пределах от 15 до 60 см; среднее количество листьев особи (N_L) – 9,2 шт., изменяется от 5 до 25 шт.; средняя длина листовой пластинки (L_{fol}) – 8,7 см, варьирует от 4,3 до 17 см; средняя ширина листовой пластинки (W_{fol}) – 6,2 см, амплитуда варьирования от 2,6 до 13,9 см; среднее количество жилок (N_{leaf}) – 6,7 шт., количество жилок изменяется от 5 до 9 шт., среднее значение количества генеративных побегов (N_r) – 8,0 шт., размах изменчивости от 3 до 16 шт.; средняя длина генеративного побега (L_r) – 28,9 см, значение признака варьирует от 10 до 58 см; средняя длина соцветия (L_{inflo}) – 14,5 см, изменяется от 5 до 31 см. Наибольшая амплитуда варьирования отмечена для параметров длина генеративного побега (L_r) и высота (Н) особей.



А

Б

В

Г

Рис. 1. Ценопопуляции *Plantago major* L. в условиях антропогенно трансформированных экотопов г. Макеевки:

А – ЦП 1, сформированная на территории парка им. В. Джарты; Б – ЦП 2, размещена на придорожной территории ул. Ленина; В – ЦП 3, произрастает на территории гаражного кооператива квартала «Строитель»; Г – ЦП 4, находится на территории, прилегающей к шахте Калиновская-Восточная

Более мощным развитием характеризуются особи ЦП 3, отмечено увеличение всех изученных параметров (табл. 1). Большее количество признаков с пониженными значениями параметров, зафиксировали для особей ЦП 4, более низкими величинами характеризуются высота особей (Н), длина генеративного побега (L_r) и длина соцветия (L_{inflo}).

Таблица 1

Средние значения морфометрических признаков ценопопуляций *Plantago major* L., сформированных на антропогенно трансформированных экотопах г. Макеевки

Морфологические признаков	Исследованные ценопопуляции (ЦП)			
	1	2	3	4
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$
Высота Н, см	29,75 ± 1,61	29,22 ± 1,16	43,51 ± 4,02	26,13 ± 1,51
Количество листьев N_L , шт.	8,87 ± 0,29	7,51 ± 0,36	11,10 ± 1,26	9,38 ± 0,32
Длина листовой пластинки L_{fol} , см	9,62 ± 0,45	7,35 ± 0,23	9,94 ± 0,70	7,89 ± 0,26
Ширина листовой пластинки W_{fol} , см	6,61 ± 0,42	4,90 ± 0,23	7,57 ± 0,65	5,42 ± 0,24
Количество жилок N_{leaf} , шт.	6,00 ± 0,19	6,65 ± 0,13	7,60 ± 0,37	6,71 ± 0,19
Количество генеративных побегов N_r , шт.	4,71 ± 0,22	4,93 ± 0,46	9,44 ± 1,42	6,63 ± 0,47
Длина генеративной побега L_r , см	25,61 ± 1,44	29,27 ± 1,58	37,41 ± 4,25	23,13 ± 1,44
Длина соцветия L_{inflo} , см	13,08 ± 1,01	14,12 ± 1,00	19,51 ± 2,63	11,28 ± 0,79

Примечание – $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ – среднее арифметическое значение и его ошибка.

Изученные морфометрические признаки особей ценопопуляций *P. major* обладают высоким варьированием изменчивости, коэффициенты вариации (CV,%) в исследованных популяциях изменяются несогласованно (табл. 2). ЦП 3 отличается наиболее высоким уровнем вариации практически для всех рассматриваемых признаков, пять из восьми признаков обладают высокими значениями коэффициента вариации. ЦП 4 характеризуется повышением коэффициента вариации для признаков генеративной сферы (N_r , L_r , L_{infl}). Пониженными значениями коэффициента вариации большинства параметров характеризуется ЦП 2.

Таблица 2

Изменчивость и структура связей морфометрических признаков *Plantago major* L.

Морфологические признаки	Исследованные ценопопуляции (ЦП)											
	1			2			3			4		
	CV, %	r	R^2_{ch}	CV, %	r	R^2_{ch}	CV, %	r	R^2_{ch}	CV, %	r	R^2_{ch}
Высота Н, см	27,01	0,51	0,30	19,89	0,55	0,41	24,48	0,71	0,53	28,85	0,71	0,57
Количество листьев N_L , шт.	16,43	0,43	0,24	24,27	0,17	0,20	33,82	0,58	0,34	17,05	0,39	0,25
Длина листовой пластинки L_{fol} , см	23,49	0,51	0,33	8,71	0,56	0,34	27,31	0,66	0,47	16,40	0,21	0,16
Ширина листовой пластинки W_{fol} , см	32,02	0,61	0,43	23,52	0,47	0,31	33,45	0,59	0,40	22,50	0,29	0,16
Количество жилок N_{leaf} , шт.	15,78	0,43	0,25	10,09	0,10	0,14	12,77	0,50	0,26	14,25	0,50	0,29
Количество генеративных побегов N_r , шт.	23,60	0,35	0,25	30,47	0,29	0,16	39,66	0,47	0,25	35,11	0,14	0,12
Длина генеративной побега L_r , см	28,15	0,35	0,23	21,04	0,47	0,28	30,04	0,67	0,47	31,18	0,57	0,40
Длина соцветия L_{infl} , см	38,67	0,39	0,23	27,57	0,45	0,29	35,68	0,62	0,42	35,18	0,57	0,38

Примечание – CV, % – коэффициент вариации, r – коэффициент корреляции, R^2_{ch} – коэффициент детерминации по отдельным признакам.

Анализ коэффициентов вариации показал, что наиболее изменчивыми признаками особей ценопопуляций нарушенных экотопов являются количество генеративных побегов (N_r), длина соцветия (L_{infl}), которые характеризуются высоким уровнем изменчивости. Средний уровень отмечен для признаков длина листовой пластинки (L_{fol}) и количество жилок (N_{leaf}), остальные морфометрические параметры изученных ЦП характеризуются повышенным уровнем изменчивости (Н, N_L , W_{fol} , L_r).

Изученные морфометрические признаки особей имеют разную силу связей в различных ценопопуляциях.

Коэффициенты корреляции (r), рассчитанные для признаков ЦП 1, изменяются в незначительных пределах от 0,35 до 0,61, что указывает на умеренную связь между большинством признаков, её стабильность. Средней скоррелированностью с другими изученными признаками характеризуется ширина листовой пластинки (W_{fol}), длина листовой пластинки (L_{fol}), высота особей (Н). Данные признаки являются высоко детерминированными (R^2_{ch}). Сравнивая со значениями вариации отметили, что высота особей (Н) имеет высокий уровень изменчивости для параметров ширины листовой пластинки (W_{fol}) и длины листовой пластинки (L_{fol}) вариация соответствует повышенному уровню.

Коэффициенты корреляции морфометрических признаков особей ЦП 2 изменяются в широких пределах от 0,1 до 0,55. Наибольшие значения связи отмечены для длины листовой пластинки (L_{fol}) и высоты растения (Н). Изменчивость для длины листовой пластинки имеет низкий уровень, для высоты – средней. Однако коэффициенты детерминации показали

увеличение связи с другими признаками и для параметра ширины листа (W_{fol}), когда как коэффициент вариации данного признака повышенный, а корреляции – умеренный.

Для признаков особей ЦП 3 отмечены более высокие значения коэффициентов корреляции, в сравнении с остальными исследованными ЦП, они варьируют от 0,47 до 0,71. Наибольшей связью с другими признаками характеризуется высота растений (H), средней связью характеризуются длина листовой пластинки (L_{fol}), ширина листовой пластинки (W_{fol}), количество жилок (N_{leaf}), длина генеративного побега (L_r), длина соцветия (L_{inflo}). Для всех перечисленных признаков, кроме количества жилок листа, отмечена сильная детерминированность. Отмечаем следующие показатели вариации перечисленных параметров: высота особей (H) и длина листовой пластинки (L_{fol}) имеют повышенную изменчивость, длина генеративного побега (L_r), длина соцветия (L_{inflo}) высоко изменчивы, количество жилок (N_{leaf}) листа – слабо изменчивый признак.

Признаки особей ЦП 4 характеризуются значительным размахом корреляционных коэффициентов от 0,14 до 0,71. Высоким уровнем связи обладает высота особей (H), незначительно уступают такие признаки, как длина генеративного побега (L_r), длина соцветия (L_{inflo}) – средний уровень связи. Коэффициенты детерминации имеют высокие значения для перечисленных признаков. Показатели изменчивости отличаются от данных корреляции: высота имеет повышенную вариабельность, длина генеративного побега, длина соцветия имеют высокую изменчивость.

Проанализированные параметры особей ЦП 2 характеризуются наименьшей скоррелированностью и изменчивостью, что свидетельствует об относительно благоприятных условиях экотопа и допустимой степени антропогенной нагрузки на ценопопуляцию *P. major*. Это свидетельствует о поливариантности особей, увеличении адаптационных возможностей к условиям экотопа. В случае с ЦП 3 отмечаем увеличение изменчивости признаков и их связи между собой, что является следствием увеличения негативного воздействия.

Повышение детерминированности, значений корреляции высоты растений и отсутствие высокого уровня вариации демонстрируют наиболее сильную скоррелированность высоты со всеми признаками, которая возрастает с увеличением нагрузки.

Высокое варьирование и низкая скоррелированность такого признака, как количество генеративных побегов демонстрирует зависимость признака от условий внешней среды и слабую его связь с другими признаками особи.

Для таких признаков, как высота особей, длина генеративного побега, длина соцветия изменчивость зависит от внешних факторов и влечет за собой согласованные изменения всей структуры связей морфологической системы растения.

Для характеристики закономерности изменчивости признаков их взаимосвязей и структуры, сравнивали общую (коэффициент вариации CV , %) и согласованную изменчивость (коэффициент детерминации R^2_{ch}) изученных признаков особей *P. major* (рис. 2).

В ходе анализа 8 морфометрических признаков ЦП в различных условиях нарушенных экотопов установили, что высокая общая изменчивость и согласованность соответствует количеству генеративных побегов (N_r), длине генеративного побега (L_r), длине соцветия (L_{inflo}), ширина листовой пластинки (W_{fol}), высота растений (H), количество листьев (N_L).

В структуре морфологической изменчивости особей *P. major* и структуре связей между ними выявлено три группы системных признаков-индикаторов: таксономические индикаторы, эколого-биологические, экологические системные индикаторы. Таксономические индикаторы являются слабо изменчивыми и слабо детерминированными, они являются автономными и слабо реагируют на внешние факторы – количество листьев (N_L), количество жилок (N_{leaf}). К экологическим признакам-индикаторам относим количество генеративных побегов (N_r), для которых характерна сильная изменчивость и слабая детерминированность, такие признаки зависят от влияния внешних факторов. Эколого-биологические системные индикаторы сильно изменчивы и детерминированы, к ним

относятся все, кроме вышеуказанных, эти признаки (H , L_{fol} , W_{fol} , N_r , L_r , L_{inflo}), отражают согласованную изменчивость особей в неоднородной среде.

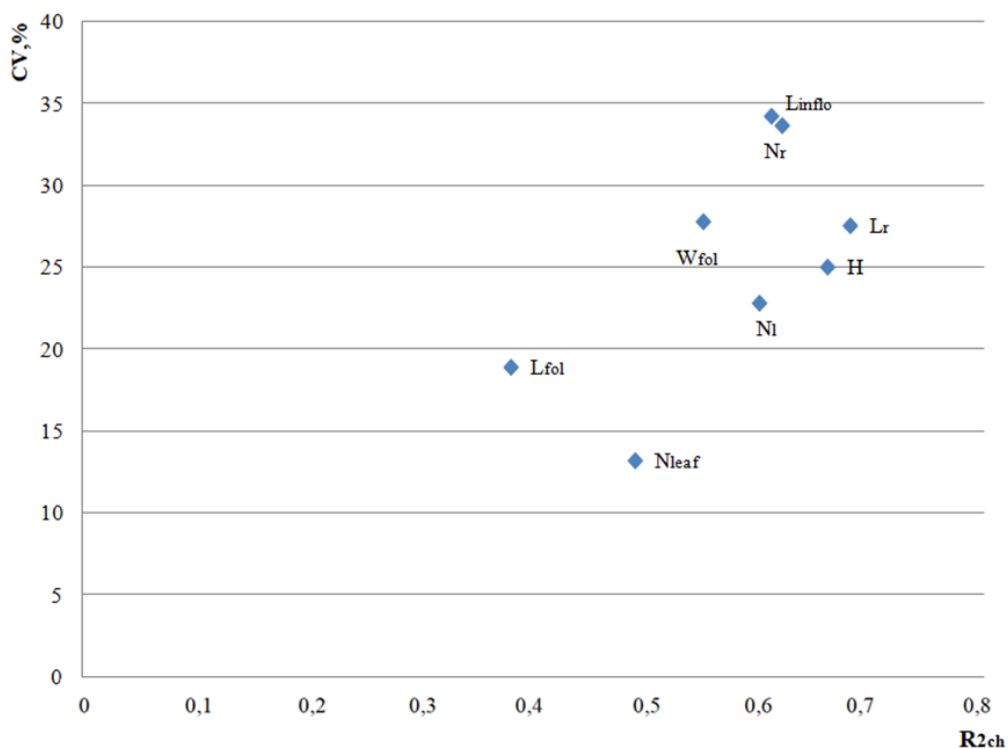


Рис. 2. Общая и согласованная изменчивость морфометрических признаков *Plantago major* L.:

По оси X – согласованная изменчивость (R^2_{ch}), по оси Y – общая изменчивость (CV, %).

H – высота растений, N_L – количество листьев, L_{fol} – длина листовой пластинки, W_{fol} – ширина листовой пластинки, N_{leaf} – количество жилок, N_r – количество генеративных побегов, L_r – длина генеративной побега, L_{inflor} – длина соцветия

Анализируя среднюю корреляционную связь изученных морфометрических признаков, выявили, что наибольшим значением коэффициента характеризуется ЦП 3 ($r = 0,61$ $p = 0,05$), далее ценопопуляции распределили в порядке убывания значения связи – ЦП 1 ($r = 0,46$ $p = 0,05$), ЦП 4 ($r = 0,43$ $p = 0,05$), ЦП 3 ($r = 0,38$ $p = 0,05$).

Коэффициент детерминации – более автономный и прямой способ выражения зависимости связи между признаками, демонстрирует другое распределение ценопопуляций *P. major* в зависимости от силы связи ЦП 3 ($R^2_m = 0,39$), ЦП 4 ($R^2_m = 0,29$), ЦП 1 ($R^2_m = 0,28$), ЦП 1 ($R^2_m = 0,27$).

Сопоставив полученные результаты изменчивости признаков особей *P. major*, их связи и структуру, обнаружили закономерность увеличения рассмотренных характеристик определенных для ценопопуляций с увеличением антропогенного влияния на экотопы.

Выводы

В ходе исследования установили определенную закономерность относительно реакций морфометрических параметров особей ценопопуляций *P. major* на антропогенную нагрузку в трансформированных экотопах г. Макеевки: при увеличении рекреационной нагрузки на ценопопуляцию выявили рост изменчивости и скоррелированности параметров листовой пластинки (длина листовой пластинки (L_{fol}), ширина листовой пластинки (W_{fol}), а при возникновении техногенной нагрузки увеличивается изменчивость и скоррелированность признаков генеративной сферы (количество генеративных побегов (N_r), длина генеративной побега (L_r), длина соцветия (L_{inflor})).

Анализ совокупности полученных данных позволил дать обобщенную оценку состоянию ценопопуляций и распределить изученные ценопопуляции *P. major* в порядке увеличения антропогенной нагрузки:

$$\text{ЦП } 2 < \text{ЦП } 1 < \text{ЦП } 4 < \text{ЦП } 3.$$

Исследование изменчивости признаков особей *P. major* и структуры связей между ними позволили выделить 3 группы системных индикаторных признаков для ценопопуляций нарушенных экотопов:

- таксономические признаки – количество листьев (N_L), количество жилок (N_{leaf}), которые обладают высокой устойчивостью к внешним факторам среды;
- эколого-биологические признаки – высота растений (H), длина листовой пластинки (L_{fol}), ширина листовой пластинки (W_{fol}), количество генеративных побегов (N_r), длина генеративного побега (L_r), длина соцветия (L_{inflo}), которые отражают согласованную изменчивость особей в результате изменений в окружающей среде;
- экологические признаки – количество генеративных побегов (N_r), данный признак чувствительно реагирует на влияние внешних факторов и слабо скоррелирован с другими признаками особей.

Морфометрическим признаком *P. major*, имеющим наибольшее диагностическое значение для фитомониторинга на нарушенных экотопах г. Макеевки, определено количество генеративных побегов (N_r). Такие признаки, как высота растений (H), длина листовой пластинки (L_{fol}), ширина листовой пластинки (W_{fol}), количество генеративных побегов (N_r), длина генеративного побега (L_r), длина соцветия (L_{inflo}) также имеют диагностическое значение и могут использоваться для целей фитомониторинга на антропогенно трансформированных экотопах.

Подтвердили, что использование коэффициента детерминации для осуществления анализа изменчивости морфометрических признаков особей ценопопуляций, сформированных на нарушенных экотопах, является более информативным в сравнении с коэффициентом корреляции.

Для подтверждения полученных результатов о закономерностях изменчивости и скоррелированности признаков *P. major* на нарушенных территориях, а также верификации обозначенных диагностических признаков-индикаторов в зависимости от изменения погодных условий необходимо проведение дальнейших исследований по данному научному направлению.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ НИОКТР 124051400023-4).

Список литературы:

1. Асташенков А. Ю., Годин В. Н., Черемушкина В. А., Таловская Е. В. Анализ функциональных признаков и структура из связей в ценопопуляциях *Panzerina lanata* (Lamiaceae) // Ботанический журнал. 2022. Т. 107, № 6. С. 544–560. DOI: 10.31857/S0006813622060047.
2. Злобин Ю. А. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста. Сумы: Унив. книга, 2009. 263 с.
3. Калинина А. В. Изменчивость морфометрических параметров *Oenothera depressa* Greene в ценопопуляциях трансформированных экотопов г. Макеевки // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2022. № 3–4. С. 16–20.
4. Калинина А. В. Состояние ценопопуляций видов рода *Oenothera* L. в трансформированных экотопах Донбасса // Лесохозяйственная информация. 2022. № 3. С. 135–144. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2022.3.12.
5. Корниенко В. О., Яицкий А. С. Онтогенетические изменения механической устойчивости основных видов древесных растений в экосистемах города Донецка // Самарский научный вестник. 2024. Т. 13, № 1. С. 30–38. DOI 10.55355/snvn2024131104.
6. Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере сем. Pinaceae на Урале). М.: Наука, 1973. 284 с.

7. Османова Г.О. Состояние ценопопуляций *Plantago major* L. и *Plantago media* L. в лесных фитоценозах Республики Марий Эл // Вестник Московского государственного университета леса, Лесной вестник. 2007. № 5. С. 75–79.
8. Ростова Н. С. Изменчивость системы корреляций морфологических признаков. 1. Естественные популяции *Leucanthemum vulgare* (Asteraceae) // Ботанический журнал. № 11. 1999. С.50–66.
9. Ростова Н. С. Корреляции: структура и изменчивость. СПб. 2002. 308 с.
10. Сафонов А. И., Гермонова Е. А. Экологический мониторинг в Донбассе: ГИС-технологии фитоколичественной оценки // География, экология, туризм: новые горизонты исследований: Материалы Всеросс. научно-практ. конф. с международ. участием, посвященной 90-летию создания факультета географии, геоэкологии и туризма ВГУ. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2024. С. 203–205.
11. Сафонов А. И., Глухов А. З. Ведущие семейства для фитомониторинга в условиях техногенной среды Донбасса // Теоретические и прикладные аспекты организации, проведения и использования мониторинговых наблюдений: Материалы международ. науч. конф., посвященной 95-летию со дня рождения члена-корреспондента НАН Беларуси Е. А. Сидоровича. – Минск: ИВЦ Минфина, 2023. С. 96–97.
12. Удод Я. А. Изменчивость морфологических признаков и виталитетная структура *Tragopogon major* L. в условиях урбосистемы Донецко-Макеевской агломерации // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». 2021. Т. 1, № 13. С. 172–175.
13. Nespirnyi V., Safonov A. The importance of principal component analysis for environmental biodiagnostics of Donbass // E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 555. P. 01007. DOI 10.1051/e3sconf/202455501007.
14. Safonov A. Ecological scales of indicator plants in an industrial region // BIO Web Conf. 2022. Vol. 43. 03002. 8 p. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224303002>.

Поступила в редакцию 15.11.2024 г.

Kalinina A. V. Indicative phenotypic plasticity of *Plantago major* L. in conditions of anthropogenic transformation of Donbass. – The article presents the results of studying the level and specificity of variability, correlation of structures by morphometric features in *Plantago major* L. cenopopulations in conditions of anthropogenically transformed ecotopes of one of the industrial centers of Donbass – Makeyevka. Three groups of systemic features of indicators were revealed: taxonomic, ecological-biological, ecological. The feature that has the greatest diagnostic value is the number of generative shoots (Nr). A pattern of increasing variability and strength of connection of the studied features of *P. major* cenopopulation individuals with increasing anthropogenic load was established.

Key words: cenopopulation, variability, morphometric features, correlation, correlation, anthropogenically transformed ecotopes, *Plantago major* L., Makeyevka.

Калинина Анжела Викторовна,
младший научный сотрудник НИЧ,
зав. лабораторией кафедры ботаники и экологии
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»,
г. Донецк, ДНР, РФ.
E-mail: kalinina.angela91@mail.ru
ORCID: 0009-0007-0789-5512
AuthorID: 1040324

Kalinina Anzhela Viktorovna,
Junior researcher of the Research Department of
Donetsk State University, Assistant at the Department of
Botany and Ecology of Donetsk State University,
Donetsk, DPR, Russian Federation.