

ФЛУКТУАЦІЙНА АСИМЕТРІЯ ЛИСТКІВ ДЕЯКИХ ВИДІВ ЛУЧНОГО РІЗНОТРАВ'Я НА ПАСОВИЩАХ

Ключові слова: лучне різнотрав'я, структура листка, флуктуаційна асиметрія, пасовищна дигресія, *Convolvulus arvensis*, *Prunella vulgaris*, *Phalacrolooma annua*

Рослини лучних пасовищ зазнають комплексу прямих та опосередкованих впливів, які зумовлюють різноманітні трансформації морфогенезу лучних трав. Досі малодослідженою є реакція листків рослин на пасквальні навантаження (Злобин, 2009).

Листки рослин — білатерально симетричні структури з природними невеликими відхиленнями, які отримали назву флуктуаційної асиметрії (ФА) (Захаров и др., 2000; Трубянов, 2007; Баранов и др., 2008). Показано, що стреси різних типів можуть суттєво змінювати симетричність листкових пластинок (Zvereva et al., 1997; Velickovic et al., 2006). Оцінка рівня ФА листків виявилась перспективною для встановлення ступеня впливу стресового чинника на рослину. Такий метод використовували багато науковців (Kozlov et al., 2002; Захаров и др., 2005; Легета та ін., 2009). Роботи цих авторів спрямовувалися, здебільшого, на вивчення реакції листків рослин на різного роду забруднення навколишнього середовища. Рівень ФА листків в умовах пасовищних впливів на рослини не вивчався.

Мета нашого дослідження — виявити ступінь впливу пасквального градієнта на морфогенез листків трьох видів лучного різнотрав'я і з'ясувати характер зміни ФА листків.

Матеріали та методи дослідження

Дослідження проводились упродовж 2009—2010 рр. на заплавах луках річки Псел у межах Сумської обл. за градієнтом пасквальної дигресії, який ділився на 5 ступенів (ПД0 — ПД4). Ділянки підбирали за ступенем пасовищної дигресії: ПД0 ступеню відповідали ділянки лук, які не зазнавали антропогенних навантажень; ПД1 — ПД3 — ділянки із відповідним збільшенням поголів'я великої рогатої худоби від 2—3 до 10—12 голів на га, ПД4 — ділянки із безсистемними пасовищними навантаженнями.

© Т.О. КОРОВЯКОВА, 2013

Як об'єкти дослідження використали три види лучного різнотрав'я: *Convolvulus arvensis* L., *Prunella vulgaris* L., *Phalacrolooma annua* (L.) Dumort. (*Erigeron annuus* (L.) Pers., *Stenactis annua* (L.) Cass.), які характерні для лучних фітоценозів р. Псел, що перебувають в активному господарському користуванні. По кожному виду формувалися вибірки із 25—30 шт. листків, узятих із середньої частини пагона так, щоб загальний обсяг вибірки становив понад 400 шт. листків. Для точності результату листки попередньо відсканували, вимірювання проводили за допомогою комп'ютерної програми Image Tool: довжина визначалась у пікселях, кут — у градусах. Вимірювали довжину і ширину листкової пластинки, листки досліджували також за кількома параметрами правого та лівого боків пластинки (рис. 1).

Величину ФА обчислювали з використанням програми FLAS 5 Ю.А. Злобіна. Вона дає змогу встановити коефіцієнти ФА та їхню статистичну достовірність.

Результати дослідження та їх обговорення

Стійкість досліджуваних лучних трав до пасовищних навантажень неоднакова: популяції *C. arvensis* проходять по всіх стадіях градієнта, тоді як популяції *Prunella vulgaris* та *Phalacrolooma annua* можна знайти на луках, що відповідають стадіям градієнта ПД0 — ПД1 — ПД2 — ПД3, на збої (ПД4) популяції цих видів трапляються зрідка, здебільшого вид представлений поодинокими рослинами.

З'ясовано, що за градієнтом пасквальної дигресії спостерігається зменшення розмірів листкової пластинки в усіх трьох досліджуваних видів (табл. 1). Змінюється також форма листкової пластинки: у *C. arvensis* та *Phalacrolooma annua* вона стає більш видовженою, а у *Prunella vulgaris* — округлішою (табл. 1).

Доведено, що за градієнтом пасквальної дигресії статистично достовірно змінюється середнє значення досліджуваних параметрів листкової пластинки.

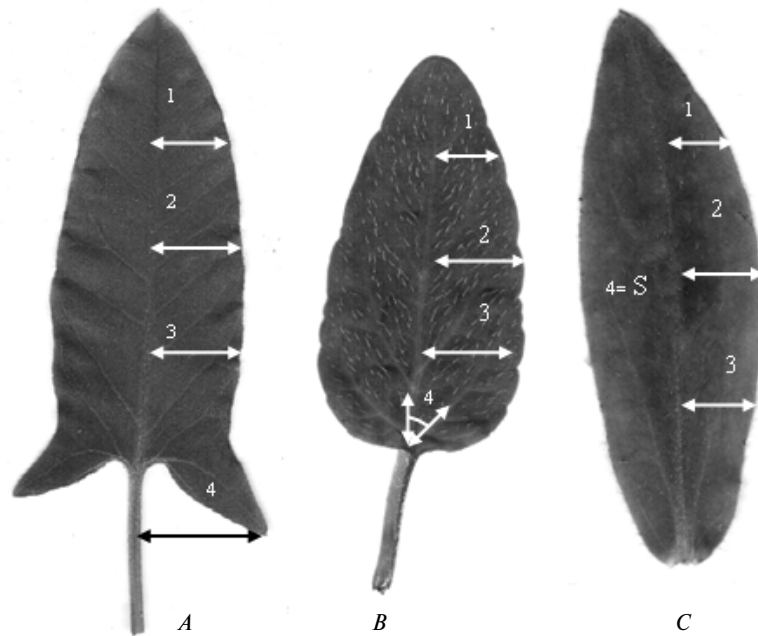


Рис. 1. Параметри листкової пластинки, що вимірювалися для вивчення ФА: *A* — *Convolvulus arvensis* (1, 2, 3 — ширина листкової пластинки в точках, які ділять довжину на чотири рівні частини, 4 — довжина від краю основи листка до черешка), *B* — *Prunella vulgaris* (1, 2, 3 — аналогічні попередньому виду, 4 — кут між центральною жилкою і першою жилкою від основи листка), *C* — *Phalacroloba annua* (1, 2, 3 — аналогічні попередньому виду, 4 — площа половинки листкової пластинки від центральної жилки до краю листка)

Fig. 1. Parameters of a leaf blade which were measured for studying FA: *A* — *Convolvulus arvensis* (1, 2, 3 — width of a leaf blade in points which divide its length into four equal parts, 4 — length from the margin of the leaf basis to petiole), *B* — *Prunella vulgaris* (1, 2, 3 — similar to the previous species, 4 — angle between the central vein and the first vein from the leaf base), *C* — *Phalacroloba annua* (1, 2, 3 — similar to the previous species, 4 — the area a half of a leaf plate from the central vein to the leaf margin)

Таблиця 1. Зміна розмірів листкової пластинки трьох видів лучного різотрав'я на луках із різним ступенем пасовищних навантажень

Пасквальный градиент	Довжина листкової пластинки (ДЛП), піксель	Коефіцієнт варіації ДЛП (%)	Ширина листкової пластинки (ШЛП), піксель	Коефіцієнт варіації ШЛП (%)	ДЛП/ШЛП
<i>Convolvulus arvensis</i>					
ПД 0	436,91 ± 7,474	8,55	237,94 ± 6,862	14,42	1,85 ± 0,035
ПД 1	434,18 ± 14,495	17,25	234,90 ± 9,996	21,21	1,92 ± 0,107
ПД 2	386,37 ± 14,187	18,35	178,65 ± 14,187	23,46	2,22 ± 0,097
ПД 3	314,99 ± 10,459	16,60	136,42 ± 5,550	20,34	2,36 ± 0,090
ПД 4	278,59 ± 10,318	18,51	121,58 ± 5,289	21,74	2,38 ± 0,136
<i>Prunella vulgaris</i>					
ПД 0	485,87 ± 18,873	19,42	233,87 ± 10,220	21,84	2,09 ± 0,053
ПД 1	398,15 ± 10,976	13,78	195,10 ± 5,322	13,64	2,06 ± 0,064
ПД 2	278,26 ± 9,881	17,75	129,91 ± 5,283	20,33	2,17 ± 0,058
ПД 3	279,28 ± 9,779	17,50	141,14 ± 3,850	13,63	1,98 ± 0,050
<i>Phalacroloba annua</i>					
ПД 0	721,91 ± 19,179	13,28	183,99 ± 7,141	19,40	4,01 ± 0,119
ПД 1	526,18 ± 15,281	14,52	108,22 ± 4,083	18,86	4,91 ± 0,100
ПД 2	457,23 ± 14,515	15,87	121,09 ± 3,970	16,39	3,81 ± 0,098
ПД 3	367,25 ± 11,693	15,91	72,27 ± 2,507	17,34	5,12 ± 0,134

тинки: у *C. arvensis* воно зменшується для всіх визначених нами ознак (табл. 2); у *Prunella vulgaris* середнє значення 1-го, 2-го і 3-го параметрів — знижується, а 4-го — зростає (табл. 3), у *Phalacroloa annua* — зменшується (табл. 4). Змінене внаслідок пасовищних навантажень середовище існування спричинює зменшення майже всіх досліджуваних

ознак листкової пластинки, збільшується лише кут між центральною жилкою і першою жилкою від основи листка у *Prunella vulgaris*.

Встановлено, що за градієнтом пасквальної дигресії спостерігається зміна рівня варіювання ознак листкової пластинки, обраних для вивчення: у *C. arvensis* існує тенденція до зростання коефіцієн-

Таблиця 2. Зміна середнього значення деяких параметрів листкової пластинки *Convolvulus arvensis*

Ступені пасквального градієнта	Параметри листкової пластинки			
	Права частина			
	1	2	3	4
ПД 0	84,87 ± 2,288	110,76 ± 2,813	115,34 ± 3,191	120,15 ± 4,806
ПД 1	76,01 ± 3,506	103,31 ± 4,719	107,32 ± 4,990	150,48 ± 8,306
ПД 2	46,85 ± 2,646	69,07 ± 3,785	66,93 ± 3,819	123,43 ± 4,995
ПД 3	40,53 ± 1,783	54,46 ± 2,377	56,73 ± 2,622	93,62 ± 3,430
ПД 4	38,30 ± 1,920	51,26 ± 2,159	54,54 ± 2,562	72,37 ± 4,547
Ступені пасквального градієнта	Ліва частина			
	1	2	3	4
	ПД 0	86,399 ± 1,993	109,72 ± 2,920	114,25 ± 3,723
ПД 1	75,63 ± 3,136	103,38 ± 4,659	109,58 ± 4,992	151,92 ± 8,085
ПД 2	49,86 ± 2,847	70,17 ± 3,682	68,69 ± 3,607	123,78 ± 5,527
ПД 3	42,92 ± 1,872	56,24 ± 2,485	56,31 ± 2,441	91,75 ± 3,819
ПД 4	40,89 ± 1,831	53,16 ± 2,099	56,78 ± 2,711	69,65 ± 5,554

Примітка: 1, 2, 3 — ширина листкової пластинки в точках, які ділять довжину на чотири рівні частини, 4 — довжина від краю основи листка до черешка.

Таблиця 3. Зміна середнього значення деяких параметрів листкової пластинки *Prunella vulgaris*

Ступені пасквального градієнта	Параметри листкової пластинки			
	Права частина			
	1	2	3	4
ПД 0	74,18 ± 3,064	106,94 ± 4,223	115,02 ± 5,300	44,31 ± 1,525
ПД 1	63,00 ± 1,888	87,36 ± 2,813	94,45 ± 2,510	53,49 ± 2,067
ПД 2	44,32 ± 2,305	59,68 ± 2,755	64,62 ± 2,925	46,71 ± 2,013
ПД 3	47,13 ± 1,423	64,55 ± 1,663	69,33 ± 2,120	47,00 ± 2,419
Ступені пасквального градієнта	Ліва частина			
	1	2	3	4
	ПД 0	76,75 ± 3,108	108,90 ± 4,412	116,11 ± 5,074
ПД 1	63,35 ± 1,857	89,23 ± 2,530	97,66 ± 2,821	54,81 ± 2,327
ПД 2	44,50 ± 1,988	62,05 ± 2,402	66,15 ± 2,716	49,40 ± 1,956
ПД 3	48,14 ± 1,353	66,43 ± 1,754	68,72 ± 2,176	47,12 ± 1,825

Примітка: 1, 2, 3 — ширина листкової пластинки в точках, які ділять довжину на чотири рівні частини, 4 — кут між центральною жилкою і першою жилкою від основи листка.

та варіації досліджуваних параметрів листкової пластинки (табл. 5); у *Prunella vulgaris* спостерігається тенденція до зниження коефіцієнта варіації майже всіх обраних ознак, окрім параметра 4 праворуч (табл. 6), у *Phalacrologa annua* простежується

тенденція до збільшення коефіцієнта варіації для ознак 1, 3 та його зменшення для параметрів 2, 4 (табл. 7). Варіювання ознак пов'язано зі зміною умов середовища, що є наслідком пасовищної дигресії лук (Коровякова, 2010).

Таблиця 4. Зміна середнього значення деяких параметрів листкової пластинки *Phalacrologa annua*

Ступені пасквального градієнта	Параметри листкової пластинки			
	Права частина			
	1	2	3	4
ПД 0	62,81 ± 2,176	84,60 ± 3,706	45,45 ± 1,973	39251,20 ± 2146,737
ПД 1	37,25 ± 1,703	51,77 ± 1,982	38,86 ± 1,218	19606,64 ± 1024,672
ПД 2	44,90 ± 2,199	59,78 ± 2,100	46,30 ± 1,568	20312,20 ± 1011,003
ПД 3	32,74 ± 1,342	32,75 ± 1,072	25,17 ± 1,354	10121,72 ± 488,489
Ступені пасквального градієнта	Ліва частина			
	1	2	3	4
	ПД 0	62,34 ± 2,536	86,32 ± 3,208	45,05 ± 2,039
ПД 1	37,44 ± 1,856	52,40 ± 2,071	40,82 ± 1,423	20023,00 ± 1171,126
ПД 2	45,25 ± 2,388	58,16 ± 2,115	44,94 ± 1,457	19877,36 ± 1074,693
ПД 3	32,44 ± 1,408	33,01 ± 0,892	24,38 ± 1,172	10016,12 ± 469,260

Примітка: 1, 2, 3 — ширина листкової пластинки в точках, які ділять довжину на чотири рівні частини, 4 — площа половинки листкової пластинки від центральної жилки до краю листка.

Таблиця 5. Характеристика варіювання деяких параметрів листкової пластинки *Convolvulus arvensis*

Ступені пасквального градієнта	Коефіцієнт варіації параметрів листкової пластинки (%)							
	Права частина				Ліва частина			
	1	2	3	4	1	2	3	4
ПД 0	13,48	12,69	13,83	20	11,53	13,3	16,29	20,67
ПД 1	23,06	22,84	23,24	27,59	20,73	22,53	22,78	26,6
ПД 2	28,24	27,4	28,53	20,23	28,55	26,23	26,25	22,32
ПД 3	22	21,38	23,11	18,31	21,81	22,09	21,67	20,81
ПД 4	25,07	21,06	23,48	31,41	22,39	19,74	23,87	39,87

Таблиця 6. Характеристика варіювання деяких параметрів листкової пластинки *Prunella vulgaris*

Ступені пасквального градієнта	Коефіцієнт варіації параметрів листкової пластинки (%)							
	Права частина				Ліва частина			
	1	2	3	4	1	2	3	4
ПД 0	20,65	19,74	23,04	17,21	20,25	20,26	21,84	20,66
ПД 1	14,98	16,1	13,28	19,32	14,65	14,17	14,44	21,22
ПД 2	26,01	23,08	22,63	21,54	22,33	19,35	20,52	19,8
ПД 3	15,1	12,88	15,28	25,73	14,05	13,2	15,83	19,37

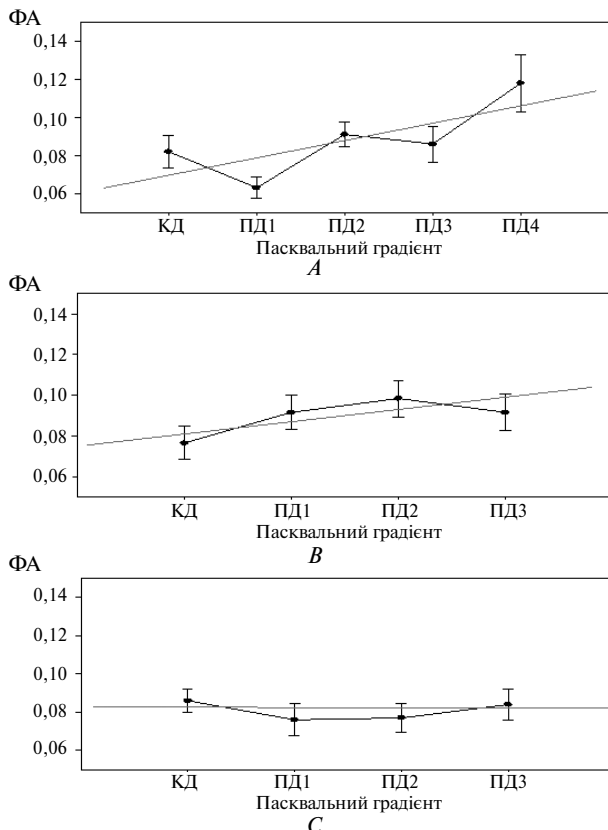


Рис. 2. Зміна коефіцієнта ΦA листків деяких видів різно трав'я за пасквальним градієнтом: *A* — *Convolvulus arvensis*, *B* — *Prunella vulgaris*, *C* — *Phalacrolooma annua*

Fig. 2. Change index ΦA leaves of some species forbs on pascual to a gradient: *A* — *Convolvulus arvensis*, *B* — *Prunella vulgaris*, *C* — *Phalacrolooma annua*

Для інтегральної оцінки морфогенезу трьох видів різно трав'я ми використовували коефіцієнт ΦA листкової пластинки. За результатами обчислень встановлено, що зі збільшенням пасовищних навантажень коефіцієнт ΦA закономірно зростає у *C. arvensis*, досягаючи послідовно таких величин: $0,082 \pm 0,0087$ (ПД0), $0,063 \pm 0,0055$ (ПД1), $0,091 \pm$

$\pm 0,0064$ (ПД2), $0,086 \pm 0,0094$ (ПД3), $0,118 \pm 0,0149$ (ПД4). Зростання коефіцієнта ΦA спостерігається і в *Prunella vulgaris*: $0,076 \pm 0,0082$ (ПД0), $0,091 \pm 0,0084$ (ПД1), $0,098 \pm 0,0090$ (ПД2), $0,091 \pm 0,0091$ (ПД3). Для *Phalacrolooma annua* властиві незначні коливання коефіцієнта ΦA — $0,086 \pm 0,0061$ (ПД0), $0,076 \pm 0,0083$ (ПД1), $0,077 \pm 0,0074$ (ПД2), $0,084 \pm 0,0081$ (ПД3), лінія тренду проходить паралельно осі абсцис (рис. 2). Можливо, це пов'язано з тим, що даний вид є адвентивним і пасквальний тип градієнта для нього не високостресовий. Графічне відображення результатів аналізу зміни коефіцієнта ΦA показано на рис. 2.

Деякі дослідники (Кирилова і др., 2008) стверджують, що коефіцієнт ΦA понад 0,054 є показником критичних умов зростання рослин. Ми вважаємо такий підхід не зовсім вдалим. Має значення ступінь відхилення коефіцієнта ΦA від того рівня, який властивий листкам даної рослини за оптимальних умов зростання, а не його абсолютна величина.

На основі встановлених закономірностей з'являється можливість прогнозувати характер зміни коефіцієнта ΦA за рівняннями регресії: $Y = 0,0595 + 0,0095 \cdot x$ (*C. arvensis*), $Y = 0,076 + 0,0053 \cdot x$ (*Prunella vulgaris*), $Y = 0,082 - 0,0005 \cdot x$ (*Phalacrolooma annua*).

Висновки

З'ясовано, що в міру зростання пасовищних навантажень на лучній травостій відбуваються суттєві зміни морфології листкових пластинок у трьох досліджених видів лучних трав. Листки стають меншими за розмірами, зростає варіювання їхньої форми. У *Convolvulus arvensis* та *Prunella vulgaris* встановлено достовірне збільшення рівня ΦA листків. У *Phalacrolooma annua*, адвентивного виду, рівень ΦA за пасквальним градієнтом не змінюється.

Зміну симетричності листків лучних рослин і визначення коефіцієнта ΦA можна використовувати

Таблиця 7. Характеристика варіювання деяких параметрів листкової пластинки *Phalacrolooma annua*

Ступені пасквального градієнта	Коефіцієнт варіації параметрів листкової пластинки (%)							
	Права частина				Ліва частина			
	1	2	3	4	1	2	3	4
ПД 0	17,32	21,9	21,7	27,34	20,33	18,58	22,62	24,56
ПД 1	22,85	19,14	15,67	26,13	24,78	19,76	17,42	29,24
ПД 2	24,48	17,56	16,93	24,88	26,38	18,18	16,2	27,03
ПД 3	20,49	16,37	26,9	24,13	21,69	13,52	24,03	23,42

вати для поглибленого біомоніторингу природних кормових угідь.

Автор висловлює вдячність науковому керівникові д-ру біол. наук, професору Ю.А. Злобіну за допомогу у виконанні роботи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Баранов С.Г., Гавриков Д.Е. Сравнение методов оценки флуктуирующей асимметрии листовых пластин *Betula pendula* Roth. // Наука 21-го века: Мат-лы междунар. науч. конф. (г. Белгород, 2008). — http://www.rusnauka.com/14_APSN_2008/Ecologia/32522.doc.htm
2. Захаров В.М., Шкиль Ф.Н., Кряжева Н.Г. Оценка стабильности развития березы в разных частях ареала // Вестн. Нижегород. ун-та. — 2005. — 1, № 9. — С.77—84.
3. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И. и др. Здоровье среды: методика оценки. — М.: Центр эколог. политики России, 2000. — 68 с.
4. Злобин Ю.А. Индикаторная роль листьев растений в биоэкологическом мониторинге // Наук. вісн. Миколаїв. держ. ун-ту. — 2009. — 24, № 4(1). — С. 93—96.
5. Коровякова Т.О. Вплив пасовищних навантажень на стан природних кормових угідь північно-східної України // Екологія: вчені у вирішенні проблем науки, освіти і практики: Зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф. — Житомир: ЖДУ, 2010. — С. 70—72.
6. Кириллова В.И., Логинов Н.В. Экологический мониторинг юго-западного района города Чебоксары на основе флуктуирующей асимметрии берёзы повислой // Урбоэкология: проблемы и перспективы развития: Мат-лы III междунар. науч.-практ. конф. (Ишим, 2008). — http://ruconf.ru/conf_results/detail.php?ID=1723
7. Легета У.В., Ситнікова І.О. Оцінка екологічного стану територій Чернівецької області за інтегральним показником флуктуючої асиметрії (на прикладі *Tussilago farfara* L.) // Природничий альманах. — 2009. — 13. — С. 98—104.
8. Трубянов А.Б. Имитационная модель флуктуирующей асимметрии // Экология: от Арктики до Антарктики: Мат-лы конф. молодых ученых. — Екатеринбург: Академкнига, 2007. — С. 321—328.
9. Kozlov M., Niemelä P., Junntila J. Needle fluctuating asymmetry is a sensitive indicator of pollution impact on Scots pine (*Pinus sylvestris*) // Ecological Indicators. — 2002. — 1(4). — P. 271—277.
10. Velickovic M., Perisic S. Leaf fluctuating asymmetry of common plantain as an indicator of habitat quality // Plant Biosystems. — 2006. — 140(2). — P. 138—145.

11. Zvereva E., Kozlov M., Niemela P., Haukioja E. Delayed induced resistance and increase in leaf fluctuating asymmetry as responses of *Salix borealis* to insect herbivory // Oecologia. — 1997. — 109(3). — P. 368—373.

Рекомендує до друку
Д.В. Дубина

Надійшла 10.03.2013 р.

Т.А. Коровякова

Сумської національний аграрний університет, Україна

ФЛУКТУІРУЮЩА АСИМЕТРИЯ ЛИСТЬЕВ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ЛУГОВОГО РАЗНОТРАВЬЯ НА ПАСТБИЩАХ

В условиях пойменных лугов реки Псел, испытывающих пастбищные нагрузки разного уровня, изучался морфогенез листьев трёх видов лугового разнотравья: *Convolvulus arvensis* L., *Prunella vulgaris* L., *Phalacrolooma annua* (L.) Dumort. Интегральная оценка морфогенеза дана с использованием коэффициента флуктуирующей асимметрии листьев исследованных видов. Установлено, что по градиенту пастбищной дигрессии коэффициент флуктуирующей асимметрии (ФА) у видов *Convolvulus arvensis*, *Prunella vulgaris* закономерно увеличивается, у вида *Phalacrolooma annua* — уровень ФА не меняется. Рекомендовано использование результатов исследования для углублённого биомониторинга.

Ключевые слова: луговое разнотравье, структура листьев, флуктуирующая асимметрия, пастбищная дигрессия, *Convolvulus arvensis*, *Prunella vulgaris*, *Phalacrolooma annua*.

Т.О. Korovyakova

Sumy National Agrarian University, Ukraine

FLUCTUATING ASYMMETRY OF LEAVES IN SOME MEADOW FORB SPECIES ON MEADOW PASTURES

The leaf morphogenesis of three meadow forb species, *Convolvulus arvensis* L., *Prunella vulgaris* L., and *Phalacrolooma annua* (L.) Dumort, was studied on the floodplain meadows of the Psyol River under pasture loads of different levels. The integrated estimation of the morphogenesis using the index of fluctuating leaf asymmetry for the investigated species is given. It is established that along the gradient of pasture digression the index of fluctuating asymmetry in *Convolvulus arvensis* and *Prunella vulgaris* increases regularly while in *Phalacrolooma annua* the level of fluctuating asymmetry does not change. The results of the research are recommended for biomonitoring.

Key words: meadow forbs, leaf structure, fluctuating asymmetry, pasturable digression, *Convolvulus arvensis*, *Prunella vulgaris*, *Phalacrolooma annua*.