

ДУЗЬ С. В.¹ СТРАШНЮК В. Ю.^{1, 2} ¹ Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
Україна, 61022, м. Харків, м. Свободи, 4² Інститут фізіології рослин та генетики Болгарської Академії Наук,
Болгарія, 1113, м. Софія, вул. Акад. Г. Бончев, 21✉ volodymyr.strashnyuk@gmail.comПАРАМЕТРИ ПРИСТОСОВАНOSTІ ТА ПОКАЗНИКИ ДОБОРУ
В ЛІНІЯХ *DROSOPHILA MELANOGASTER*, ОТРИМАНИХ
З ПРИРОДНОЇ ТА МІСЬКИХ ПОПУЛЯЦІЙ

Мета. Метою дослідження була порівняльна оцінка показників добору в лініях *Drosophila melanogaster* Meigen, отриманих з природної та міських популяцій. **Методи.** Матеріалом слугували лінії плодкових мух, отримані з міських популяцій Харкова з різних локацій: *Саржин Яр* (рекреаційна зона), *ЖЗ* (житлова забудова), *ХКЗ* (Харківський коксовий завод, промзона) та лінія *Гайдари*, що походить з природної популяції. У лініях дрозофіли досліджували показники пристосованості: яйцепродукцію самок, кількість нащадків імаго, ембріональну та лялечкову смертність. Показники добору розраховували за методом Кроу. **Результати.** За компонентою добору, що пов'язана з диференційною плодючістю (показник I_f), лінії плодкових мух, отримані з природної та міських популяцій, не мали значущих відмінностей. Показник добору, пов'язаний з диференційною смертністю (I_m), у лініях, що походять з міських популяцій, був у 1,6–2,6 раза вищий, порівняно з лінією *Гайдари*. Загальні індекси добору (I_{tot}) у лініях, отриманих з міських популяцій, були у 1,8–2,5 раза вищими, ніж у лінії, що походить з природної популяції. **Висновки.** Отримані результати свідчать про посилений селективний тиск у лініях плодкових мух, що походять з популяцій, які мешкають в антропогенно трансформованому урбанізованому середовищі.

Ключові слова: популяція, екологія міста, плодючість, смертність, селективний тиск.

Розвиток людської цивілізації на сучасному етапі породжує глобальні екологічні проблеми, які прямо чи опосередковано посилюють антропогенне навантаження на природні угруповання. Одним з таких потужних соціальних процесів є урбанізація. Швидке зростання міст перетворює природні території на техногенні ландшафти, спричиняє деградацію довкілля, руйнує природні екосистеми, призводить до фрагментації ареалів видів, розриває міграційні маршрути тварин, зменшує біорізноманіття (Kapun et al., 2026, Johnson, Munshi-South 2017). Велика кількість промислових об'єктів, транспортних засобів та людей, зосереджених у мегаполісах та містах, породжують значні обсяги викидів, відходів, забруднюючих речовин (Johnson and Munshi-South 2017, Paul and Meyer, 2001). Урбанізація посилює глобальні кліматичні зміни, міські території у середньому на декілька °C тепліші за оточуючий природний ландшафт (Diamond et al., 2017, Ramniwas et al., 2024). Світловий режим міського середовища кардинально відрізняється від природних умов через постійну присутність штучного освітлення, що має глибокі наслідки для живих організмів (Takenaka and Takahashi, 2025).

Історично міста розглядалися переважно як антропогенні утворення, протиставлені природі. Однак з розвитком екологічної науки стало зрозуміло, що міські території функціонують як повноцінні, хоча й специфічні, екосистеми. Біотичні особливості міських екосистем створюють унікальне еволюційне середовище, що характе-



© 2026 Дузь С. В., Страшнюк В. Ю. This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ризується прискореними темпами мікроеволюційних змін. Саме у таких умовах формуються специфічні адаптації та генетичний поліморфізм в популяціях різних видів, що робить міські екосистеми природними лабораторіями для вивчення еволюційних процесів у антропогенно трансформованому середовищі (Alberti et al., 2017, Thompson et al., 2018).

Метою дослідження була порівняльна оцінка показників добору в лініях *Drosophila melanogaster* Meigen, отриманих з природної та міських популяцій. Завдання роботи включали вивчення основних компонентів пристосованості – смертності/виживання та репродуктивних показників, що характеризують адаптивні відмінності між досліджуваними групами, оцінку загального селективного тиску та компонент добору, пов'язаних з диференційною плодючістю та диференційною смертністю.

Матеріали і методи

Матеріалом для дослідження були лінії *D. melanogaster*, отримані з природної та міських популяцій:

- лінія *Гайдари* – отримана з природної популяції на території біостанції Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна поблизу села Гайдари Зміївського району Харківської області;

- лінія *Саржин Яр* – отримана з міської популяції на рекреаційній території «Саржин Яр», м. Харків;

- лінія *ЖЗ* (аббревіатура від «житлова забудова») – отримана з міської популяції на території житлової забудови по вул. Європейська, м. Харків;

- лінія *ХКЗ* – отримана з міської популяції на території промислової зони, прилеглій до ПрАТ «Харківський коксовий завод», м. Харків.

Плодові мухи були відловлені влітку 2025 року. Від кожної популяції після відлову мух було отримано по 20 ізосамкових ліній. У наступному поколінні проводили перевірку за морфологічними ознаками на наявність виду двійника *Drosophila simulans* Sturtevant у лініях, щоб уникнути його присутності в експерименті. Мух *D. melanogaster* з ізосамкових ліній від кожної окремої локації об'єднували і надалі підтримували шляхом масового розведення та аутбридингу.

У 3-му поколінні досліджували яйцепродукцію самок та ембріональну смертність у лініях, у 5–7-му поколіннях – кількість нащадків імаго і лялечкову смертність.

При вивченні компонент пристосованості застосовували сліпий метод.

Яйцепродукцію і ембріональну смертність у лініях досліджували класичним методом. Віргінних самок і самців у віці трьох діб відсаджували попарно на свіже живильне середовище для спарювання. Наступного дня по 10 самок саджали у чашки Петрі, де вони відкладали яйця протягом восьми годин. Після цього вели облік відкладених яєць, а через 48 год – ембріональних леталей (ЕЛ). Яйцепродукцію визначали у розрахунку на одну самку. Ембріональну смертність рахували як частку яєць, що не розвинулися, від загальної кількості запліднених яєць. Враховували загальну кількість відкладених самками яєць, незапліднені прозорі яйця, ранні ембріональні леталі, за яких яйця мають біле забарвлення (РЕЛ) та пізні ембріональні леталі – жовті або руді (ПЕЛ). Загальний рівень ЕЛ є сумою РЕЛ і ПЕЛ.

Кількість нащадків імаго визначали як потомство від однієї пари плодових мух. Мух попарно саджали у стаканчики, об'ємом 60 мл, що містили 10 мл стандартного цукрово-дріжджового живильного середовища, де вони відкладали яйця протягом шести діб. Лялечкову смертність (ЛС) визначали як частку загиблих лялечок від їх загальної кількості. У кожній повторності досліджували потомство від 9–10-ти пар мух.

Температура в умовах експерименту становила 24–25 °С. Перелічені показники пристосованості досліджували у трьох повторностях. У роботі наведені дані за сумою повторностей, результати яких загалом відтворювалися.

Показники добору в лініях вивчали за методом Кроу (Crow, 1958, Lukianov et al., 2023). Основними показниками є:

(1) I_f – показник добору, пов'язаний з диференційною плодючістю, розраховується за формулою:

$$I_f = s^2/X_c^2,$$

де X_c – це середня кількість нащадків, які досягли статевої зрілості, у розрахунку на одну самку, s^2 – це дисперсія плодючості.

(2) I_m – показник добору, пов'язаний з диференційною смертністю. Це відношення частки особин, що загинули у дорепродуктивному віці (p_d), до частки особин, що вижили (p_s):

$$I_m = p_d/p_s.$$

Сумарну смертність розраховували за формулою: $p_d = \text{ЕЛ} + \text{ЛС} \times (1 - \text{ЕЛ})$.

(3) I_{tot} – загальний показник добору, характеризує максимально можливий рівень селективного тиску. Цей показник розраховується на основі показників добору, пов'язаних з диференційною плодючістю та диференційною смертністю:

$$I_{\text{tot}} = I_m + I_f/p_s.$$

Проведено статистичний аналіз даних. Перевірку розподілів на нормальність проводили за критерієм Шапіро–Уїлка. При вивченні яйцепродукції самок та кількості нащадків імаго використовували дисперсійний аналіз. Ембріональну та лялечкову смертність вивчали методом аналізу часток. Дослідні групи порівнювали за t -критерієм Стюдента із застосуванням поправки Бонферроні для множинних порівнянь. Дані представлені на рисунках як середнє значення ознаки $\pm$ стандартна похибка.

Результати та обговорення

У лініях дрозофіли, отриманих з природної та міських популяцій, досліджували кількісні ознаки, які належать до основних фенотипових детермінант дарвінівської пристосованості (Flatt, 2020): яйцепродукцію самок, кількість нащадків імаго, ембріональну та лялечкову смертність. Лінії, отримані з міських популяцій, порівнювали з лінією *Гайдари*, яка походить з природної популяції.

Тест Шапіро–Уїлка показав, що розподіл значень яйцепродукції самок у досліджуваних лініях відповідає нормальному закону (показник W у різних ліній варіює у діапазоні 0,764–0,983, $p < 0,01$ –0,05), що дозволило застосувати дисперсійний аналіз. За середніми значеннями даного

показника досліджувані лінії не відрізнялися (рис. 1).

Дані про кількість нащадків імаго в досліджуваних лініях представлені на рис. 2. Цей показник залежить від плодючості особин батьківського покоління та виживання нащадків на преімагінальних стадіях розвитку і тісно корелює із загальною пристосованістю організмів (Yamasaki, 1984). Тест Шапіро–Уїлка показав, що розподіл значень даного показника в лініях відповідає нормальному закону (у різних ліній показник W варіює в діапазоні 0,932–0,976, $p < 0,01$). За результатами дисперсійного аналізу, за кількістю нащадків імаго лінії *Гайдари*, *Саржін Яр* і *ХКЗ* не мали між собою значущих відмінностей. У той же час лінія *ЖЗ* поступалася лінії *Гайдари* на 27,3% ($p < 0,03$). З огляду на наведені вище пояснення, можна констатувати, що лінія *ЖЗ* проявляє нижчий рівень пристосованості порівняно з лінією, що походить з природної популяції.

Окрім середніх значень, важливим показником для оцінки селективного тиску в лініях є коефіцієнт варіації (C_v) показника кількості нащадків імаго. Добір базується на мінливості і запроваджений Кроу показник добору, пов'язаний з диференційною плодючістю (I_f) – це коефіцієнт варіації ($C_v = s/X_c$), піднесений у квадрат. Згідно з проведеними розрахунками, коефіцієнт варіації показника кількості нащадків імаго в лінії *Гайдари* становив 33,2%. У лініях, що походять з міських популяцій, цей показник варіював в межах 45,7–49,0%, що в 1,4–1,5 раза більший порівняно з лінією *Гайдари*. Однак, з урахуванням поправки Бонферроні, різниця не була статистично значущою.

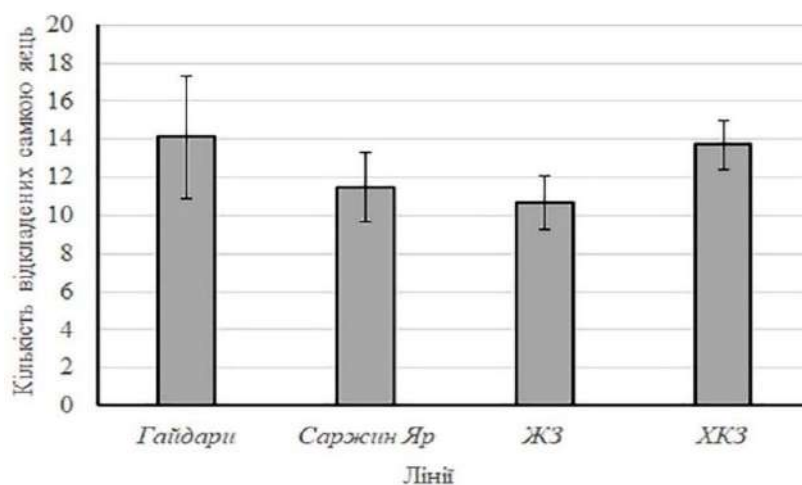


Рис. 1. Яйцепродукція самок у лініях *D. melanogaster*, отриманих з різних популяцій.

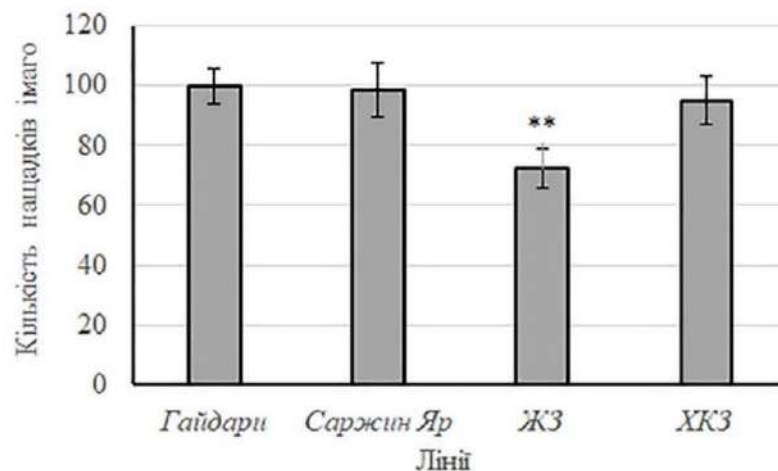


Рис. 2. Кількість нащадків імаго в лініях *D. melanogaster*, отриманих з різних популяцій. Відмінності значущі при $**p < 0,03$.

Смертність у дорепродуктивний період розвитку також розглядається як компонента загальної пристосованості організмів. На рис. 3 наведені дані про ембріональну смертність у досліджуваних лініях. Найнижчі показники смертності були виявлені в лінії *Гайдари*, що походить з природної популяції. Порівняно з цим, РЕЛ в лінії *Саржсин Яр* був вищим у 3,8 раза, а у лінії *ХКЗ* – у 3,1 раза. Лінія *ХКЗ* мала в 13,5 раза більшу частоту ПЕЛ, ніж лінія *Гайдари*. За загальним рівнем ембріональних леталей лінія *Гайдари* поступалася лініям, отриманих з міських популяцій, в 2,9–4,1 раза ($p < 0,03–0,003$).

На рис. 4 представлені дані про лялечкову смертність. Лінія *Гайдари* перевершувала за

цим показником лінії *Саржсин Яр* і *ХКЗ* на 54,1% ($p < 0,03$) і 42,5% ($p < 0,03$) відповідно. У лінії *ЖЗ* цей показник був вищим у 2,2 раза ($p < 0,003$).

На основі даних про плодючість і смертність у досліджуваних лініях плодових мух були розраховані показники добору. Згідно з отриманими результатами, компонента добору, що пов'язана з диференційною плодючістю (I_f), була найнижчою в лінії *Гайдари*, яка походить з природної популяції (табл.). У лініях, отриманих з міських популяцій, цей показник був у 1,9–2,2 рази вищий. Однак, зважаючи на наведені вище дані про коефіцієнти варіації кількості нащадків імаго в лініях, ці відмінності не можна вважати значущими.

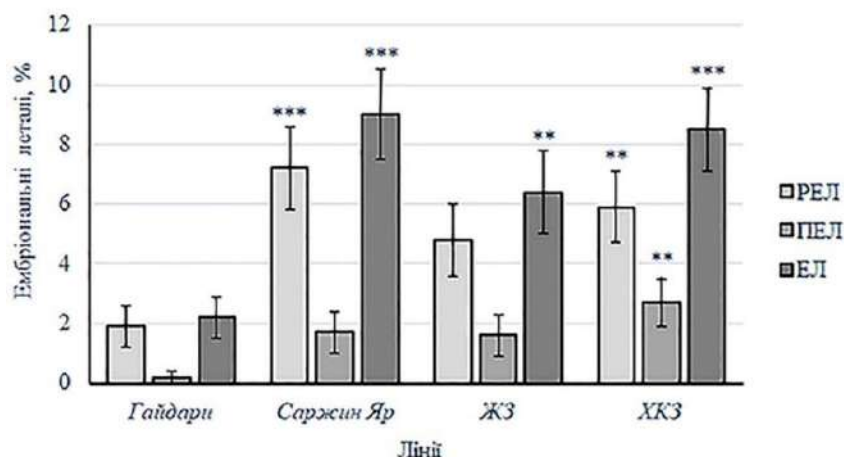


Рис. 3. Ембріональна смертність у лініях *D. melanogaster*, отриманих з різних популяцій: РЕЛ – ранні ембріональні леталі, ПЕЛ – пізні ембріональні леталі, ЕЛ – сукупний рівень ембріональних леталей. Відмінності значущі при $**p < 0,03$, $***p < 0,003$.

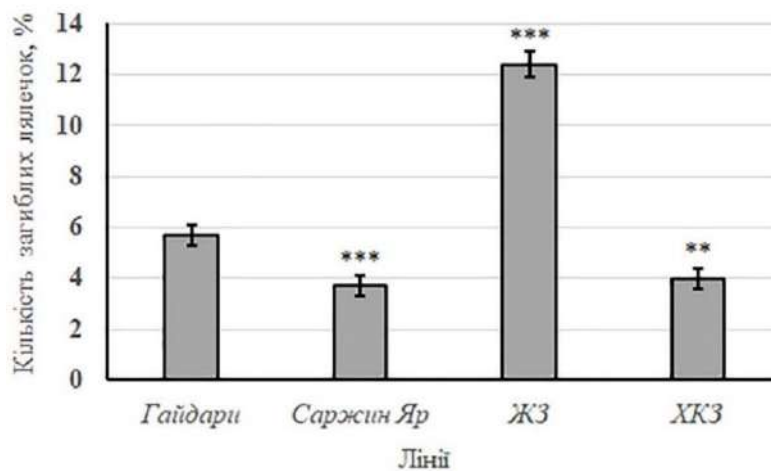


Рис. 4. Лялечкова смертність у лініях *D. melanogaster*, отриманих з різних популяцій. Відмінності значущі при ** $p < 0,03$, *** $p < 0,003$.

Таблиця. Показники добору в лініях *D. melanogaster*, отриманих з різних популяцій

Показники	Лінії			
	Гайдарі	Саржін Яр	ЖЗ	ХКЗ
X_c	99,6	98,5	72,4	95,0
X_c^2	9920,2	9702,3	5241,8	9025,0
s^2	1096,5	2297,5	1259,6	1888,0
$I_f = s^2/X_c^2$	0,111	0,237	0,240	0,209
p_d	0,078	0,124	0,180	0,122
p_s	0,922	0,876	0,820	0,878
$l_m = p_d/p_s$	0,085	0,142	0,220	0,139
I_f/p_s	0,120	0,271	0,293	0,238
$I_{tot} = l_m + I_f/p_s$	0,205	0,413	0,513	0,377

Примітки: X_c – середнє число нащадків, s^2 – дисперсія числа нащадків, I_f – показник добору, пов'язаний з диференційною плодючістю, p_d – частка особин, які загинули, p_s – частка особин, що вижили, l_m – показник добору, пов'язаний з диференційною смертністю, I_{tot} – загальний показник добору.

Для оцінки показника добору, пов'язаного з диференційною смертністю (l_m), враховується сумарний рівень смертності у дорепродуктивний період (p_d). У лініях, що походять з міських популяцій, цей показник був у 1,6–2,3 раза вищий ($p < 0,003$), порівняно з лінією Гайдарі. Таким чином, за показником l_m відмінності між лінією Гайдарі та лініями, що походять з міських популяцій теж є значущими. Лінії різнилися в 1,6–2,6 раза. У підсумку, загальні індекси добору (I_{tot}) у лініях, що походять з міських популяцій, були у 1,8–2,5 раза вищими, ніж в лінії Гайдарі.

Висновки

Отримані результати демонструють наявність відмінностей в інтенсивності добору у лініях дрозофіли, отриманих з природної та міських популяцій. У першу чергу ці відмінності обумовлені компонентою добору, яка пов'язана з диференційною смертністю у лініях. За показником добору, що пов'язаний з диференційною плодючістю, лінії плодових мух з природної та міських популяцій не мали значущої різниці. Загалом, отримані результати свідчать про посилений селективний тиск в лініях *D. melanogaster*, що походять з популяцій, які мешкають в антропогенно трансформованому урбанізованому середовищі.

Інформація про фінансову підтримку, подяки: відсутня.

Конфлікт інтересів: автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Список використаних джерел

1. Alberti M., Correa C., Marzluff J. M., Hendry A. P., Palkovacs E. P., Gotanda K. M., Hunt V. M., Apgar T. M., Zhou Y. Global urban signatures of phenotypic change in animal and plant populations. *PNAS*. 2017. Vol. 114. P. 8951–8956. <https://doi.org/10.1073/pnas.1606034114>.
2. Crow J. F. Some possibilities for measuring selection intensities in man. *Human Biology*. 1958. Vol. 30. P. 1–13.
3. Diamond S. E., Chick L., Perez A., Strickler S., Martin R. A. Rapid evolution of ant thermal tolerance across an urban–rural cline. *Biological Journal of the Linnean Society*. 2017. Vol. 121. P. 248–257. <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blw047>.
4. Platt T. Life-history evolution and the genetics of fitness components in *Drosophila melanogaster*. *Genetics*. 2020. Vol. 214. P. 3–48. <https://doi.org/10.1534/genetics.119.300160>.
5. Johnson M. T. J., Munshi-South J. Evolution of life in urban environments. *Science*. 2017. Vol. 358, No. 6363. <https://doi.org/10.1126/science.aam8327>.
6. Kapun M., Steindl S., Ricci M., Löhnertz M., Strasser F., Chen R. Q., Timaeus L., Szucsich N., Haring E. Ecology and diversity of urban *Drosophila* species communities as potential indicators of biodiversity decline. *Ecology and Evolution*. 2026. Vol. 16. <https://doi.org/10.1002/ece3.72826>.
7. Lukianov M. D., Zlatiev A. S., Vakulenko E. V., Skorobagatko D. A., Mazilov A. A., Strashnyuk V. Yu. Selection parameters in lines of *Drosophila melanogaster* Meig., obtained from populations living in territories with different levels of radiation pollution: approbation of the Crow's method. *The Journal of V. N. Karazin Kharkiv National University*. 2023. Is. 41. P. 41–50. <https://doi.org/10.26565/2075-5457-2023-41-4>. [in Ukrainian]
8. Paul M. J., Meyer J. L. Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 2001. Vol. 32. P. 333–365. https://doi.org/10.1007/978-0-387-73412-5_12.
9. Ramniwas S., Kumar G., Pandey M., Singh D. Impact of urbanization and temperature on local abundance of *Drosophila repleta* Wollaston (1858) in the Western Himalayas. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 2024. Vol. 27. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2024.102200>.
10. Takenaka N., Takahashi Y. Adaptation to nighttime light via gene expression regulation in *Drosophila suzukii*. *Ecology and Evolution*. 2025. Vol. 15. <https://doi.org/10.1002/ece3.71971>.
11. Thompson K. A., Rieseberg L. H., Schluter D. Speciation and the city. *Trends Ecology and Evolution*. 2018. Vol. 33. P. 815–826. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2018.08.007>.
12. Yamasaki T. Measurement of fitness and its components in six laboratory strains of *Drosophila melanogaster*. *Genetics*. 1984. Vol. 108. P. 201–211.

DUZ S. V.¹, STRASHNYUK V. Yu.^{1,2}

¹ V. N. Karazin Kharkiv National University,
Ukraine, 61022, Kharkiv, Svobody sq., 4

² Institute of Plant Physiology and Genetics at the Bulgarian Academy of Sciences,
Bulgaria, 1113, Sofia, Acad. G. Bonchev str., Bldg. 21

FITNESS PARAMETERS AND SELECTION INDICES IN *DROSOPHILA MELANOGASTER* STRAINS DERIVED FROM NATURAL AND URBAN POPULATIONS

Aim. The aim of the study was to comparatively assess the selection indices in *Drosophila melanogaster* strains obtained from natural and urban populations. **Methods.** The material was fruit fly strains derived from urban populations of Kharkiv from different locations: *Sarzhyn Yar* (recreational zone), *RA* (residential area), *KhCP* (Kharkiv Coke Plant, industrial zone) and the *Haidary* strain from the natural population. The following fitness indicators were studied in strains: female's egg production, number of adult offspring, embryonic and pupal mortality. Selection indices were calculated using the Crow's method. **Results.** In terms of selection index associated with differential fecundity (I_f), strains obtained from natural and urban populations did not have significant differences. The selection indices associated with differential mortality (I_m) in strains derived from urban populations were 1.6–2.6 times higher compared to the *Haidary* strain. The total selection indices (I_{tot}) in strains obtained from urban populations were 1.8–2.5 times higher than in the strain derived from the natural population. **Conclusions.** The results obtained indicate increased selective pressure in fruit fly strains derived from populations living in anthropogenically transformed urban environment.

Keywords: population, urban ecology, fecundity, mortality, selective pressure.

Надходження статті: 24 лютого 2026 р.

Прийняття до друку після рецензування: 20 квітня 2026 р.

Публікація: 30 червня 2026 р.