



original article | UDC 502.175 | doi: 10.31210/visnyk2021.03.22

INFLUENCE OF TECHNOGENIC POLLUTION ON BENZ(A)PYRENE CONTENT IN SILAGE


V. Yevstafieva

 ORCID  [0000-0003-4809-2584](https://orcid.org/0000-0003-4809-2584)


N. Shcherbakova

 ORCID  [0000-0002-3573-7673](https://orcid.org/0000-0002-3573-7673)


O. Kruchynenko

 ORCID  [0000-0003-3508-0437](https://orcid.org/0000-0003-3508-0437)


V. Melnychuk*

 ORCID  [0000-0003-1927-1065](https://orcid.org/0000-0003-1927-1065)


S. Mykhailiutenko

 ORCID  [0000-0001-6634-1244](https://orcid.org/0000-0001-6634-1244)


L. Korchan

 ORCID  [0000-0002-6064-5922](https://orcid.org/0000-0002-6064-5922)

O. Dolhin

 ORCID  [0000-0003-0368-317X](https://orcid.org/0000-0003-0368-317X)

S. Peredera

 ORCID  [0000-0001-6363-878X](https://orcid.org/0000-0001-6363-878X)

 Poltava State Agrarian University
1/3, Skovorody Str., Poltava, 36003, Ukraine

*Corresponding author

 E-mail: melnychuk86@ukr.net

How to Cite

 Yevstafieva, V., Shcherbakova, N., Kruchynenko, O., Melnychuk, V., Mykhailiutenko, S., Korchan, L., Dolhin, O., & Peredera, S. (2021). Influence of technogenic pollution on benz(a)pyrene content in silage. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (3), 178–185. doi: 10.31210/visnyk2021.03.22

The data concerning the possible ways of finding benz(a)pyrene, a harmful substance with the expressed carcinogenic and mutagenic properties, were presented in the work. The substance belongs to the first class of danger. Benz(a)pyrene is an indicator of the environmental state. As a result of migration, it gets into feeds of plant origin. According to the results of the conducted monitoring studies of feeds used for farm animals on private farms of Poltava region, the main source of contamination with PAH (polycyclic aromatic hydrocarbons), namely benz(a)pyrene, was determined. Its eco-toxicity was investigated. In particular, it was detected in the experimental samples of silage at a concentration of $6.72 \pm 0.22 \mu\text{g/kg}$, fluctuating from 6.30 to $7.50 \mu\text{g/kg}$ in the studied feed. To determine possible ways of contaminating silage with benz(a)pyrene, the content of this dangerous carcinogenic substance in Sudan grass and sunflower at the beginning of flowering, as well as in corn green mass was studied. The choice of plants for the experiment was based on the fact that the majority of farmers use the green mass of corn and Sudan grass, which are sown at a distance of 50–1500 m away from the Kyiv-Kharkiv highway, to put in silo pits. Comparing the level of benz(a)pyrene accumulation in the experimental samples of plants grown on lands located at a distance of 500–300 m away from the highway, it was found that the super-toxin was accumulated most of all in Sudan grass (over $9.94 \mu\text{g/kg}$). The accumulation in sunflower was somewhat less than in Sudan grass at the beginning of flowering ($9.10 \mu\text{g/kg}$, $P < 0.01$) and in corn ($8.41 \mu\text{g/kg}$, $P < 0.05$). During the study of average samples of the above mentioned plants, which were taken at a distance of 400–900 m and 1,000–1,500 m away from Kyiv-Kharkiv highway, the tendency of decreasing the quantitative indicator of benz(a)pyrene was registered, which correlated with the distance to the highway. Thus, at a distance of 500–900 m, the average indicator in Sudan grass made $1.50 \mu\text{g/kg}$, and at a distance of 1,000–1,500 m it decreased to $0.30 \mu\text{g/kg}$. The obtained results are of important theoretical and practical significance, as they to some extent complement the already existing scientific data on the accumulation of the carcinogen in various plants, including crops. In addition, the obtained data allow farmers to plan sowing crops taking into account the safe distance to intensive-traffic highways.

Key words: carcinogen, benz(a)pyrene, feeds, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), silage.

ВПЛИВ ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА ВМІСТ БЕНЗ(А)ПІРЕНУ В СИЛОСІ

В. О. Євстаф'єва, Н. С. Щербакова, О. В. Кручиненко, В. В. Мельничук, С. М. Михайлютенко, Л. М. Корчан, О. С. Долгін, С. Б. Передера

Полтавський державний аграрний університет
м. Полтава, Україна

У роботі наведено дані щодо можливих шляхів потрапляння до навколишнього середовища бенз(а)пірену – шкідливої речовини з вираженими канцерогенними та мутагенними властивостями. Речовину відносять до першого класу небезпеки. Бенз(а)пірен – індикатор стану навколишнього середовища. В результаті міграції він потрапляє до кормів рослинного походження. За результатами проведених моніторингових досліджень кормів, що використовують для сільськогосподарських тварин в умовах приватних фермерських господарств Полтавської області, визначено основне джерело забруднення представниками ПАВ (поліциклічними ароматичними вуглеводнями), а саме бенз(а)піреном. Висвітлено його екотоксичність. Зокрема, виявлено наявність останнього у дослідних зразках силосу в концентрації $6,72 \pm 0,22$ мкг/кг за умови коливань від 6,30 до 7,50 мкг/кг досліджуваного корму. Для визначення можливих шляхів забруднення бенз(а)піреном силосу досліджено вміст небезпечної канцерогенної речовини в суданській траві, соняшнику в період початку цвітіння, а також у зеленій масі кукурудзи. Вибір рослин для дослідів базувався на тому, що більшість фермерів для закладки в силосні ями використовують зелену масу кукурудзи та суданської трави, якими засівають земельні угіддя на відстані 50–1500 м від автомагістралі Київ–Харків. Порівнюючи рівень накопичення бенз(а)пірену в дослідних зразках рослин, що вирощуються на угіддях, розташованих на відстані 500–300 м від автомагістралі, зафіксовано, що супертоксин найбільше акумулюється в суданській траві (понад 9,94 мкг/кг). Деяко менше порівняно з суданською травою відбувається накопичення в соняшнику на початку цвітіння 9,10 мкг/кг ($P < 0,01$), та в кукурудзі 8,41 мкг/кг ($P < 0,05$). Під час дослідження середніх проб вищезазначених рослин, які відібрано на відстані 400–900 м та 1000–1500 м від траси Київ–Харків зареєстровано тенденцію до зниження кількісного показника бенз(а)пірену, що корелює з віддаленням від траси. Наприклад, на відстані 500–900 м у суданській траві середній показник становив 1,50 мкг/кг, а на відстані 1000–1500 м він знизився до 0,30 мкг/кг. Отримані результати мають важливе теоретичне і практичне значення, оскільки певною мірою доповнюють вже наявні наукові дані щодо накопичення канцерогену в різних рослинах, зокрема й сільськогосподарських культурах. Окрім того ці дані дозволять фермерам планувати посіви сільськогосподарських культур, зважаючи на безпечну відстань до автомагістралей з інтенсивним трафіком.

Ключові слова: канцероген, бенз(а)пірен, корма, поліциклічні ароматичні вуглеводні, ПАВ, силос.

Вступ

Нині у світі особливої актуальності набувають проблеми онкоекології, де ведуться дослідження впливу онкогенних факторів на біоценози. Цей новий підхід припускає дослідження популяційних ефектів циркулюючих канцерогенних речовин з метою інтегральної оцінки стану різних екосистем, визначення організмів-індикаторів забрудненості навколишнього середовища канцерогенами та контролю за їх вмістом [1–5, 13–16, 19].

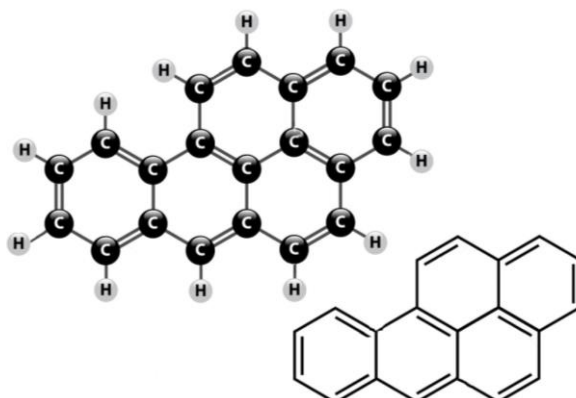
Бензопірен або бенз(а)пірен ($C_{20}H_{12}$) – ароматична сполука, представник родини поліциклічних вуглеводнів, речовина першого класу небезпеки канцерогенних речовин. Це п'ятикільцевий поліциклічний ароматичний вуглеводень (рис. 1), який у нормальних умовах має вигляд світло-жовтих кристалів із температурою плавлення 179 °С.

Цю речовину виявляють у тютюновому димі, забрудненому повітрі великих міст, особливо на великих магістралях і поблизу заправних станцій, у ґрунті, сирій нафті [19, 20, 21].

У світі щорічно до навколишнього середовища потрапляє близько 7 тис. т бенз(а)пірену – речовини, яка є вкрай стійкою. Їй властива дуже висока здатність до акумуляції в організмі та навколишньому середовищі [7, 11–13].

У навколишньому середовищі канцероген накопичується переважно у ґрунті, іноді у воді. Ґрунти на територіях, прилеглих до автомагістралей, відчувають регулярне хімічне забруднення важкими металами, нафтопродуктами і поліциклічними ароматичними вуглеводнями (ПАВ), які містяться, головню, в газопилових викидах автотранспорту [9, 19, 20]. Ситуація ускладнюється тим, що дорожні

проїзди за межами бічних примігстральних газонів активно використовують як стоянки для автомобілів. Як відомо, вихлопні гази двигуна автомобіля більш збагачені токсичними речовинами, особливо ПАВ (зокрема бенз(а)піреном). Тому рівень хімічного забруднення цих ділянок є надзвичайно високим [11, 12].



Benzo(a)pyrene

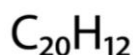


Рис. 1. Хімічна формула бенз(а)пірену

Варто зазначити, що з ґрунту бенз(а)пірен надходить до рослин, і продовжує свій рух далі у трофічному ланцюгу, при цьому на кожному етапі його вміст у природних об'єктах зростає в кілька разів [14–16, 19, 20].

Зважаючи на вищезазначене та введення системи НАССР, за якою проводиться аналіз ризиків на кожному етапі сільськогосподарського і промислового виробництва продовольчої сировини і продуктів, а також їх зберігання, пакування і маркування, – гарантування безпеки і якості продуктів та сировини є одним з основних завдань, і можна стверджувати, що встановлення вмісту бенз[а]пірену в кормах для тварин є актуальною науково-практичною задачею.

Метою проведеного дослідження було з'ясувати рівень накопичення бенз(а)пірену в зелених кормах, які використовують як сировину для закладання силосних ям залежно від відстані угідь, де їх вирощують, до дорожнього полотна автомагістралі Київ-Харків.

Матеріали і методи досліджень

Матеріалом дослідження слугували зразки суданської трави, зелена маса кукурудзи, соняшника та силос, якими годують сільськогосподарських тварин у фермерських господарствах передмістя Полтави. Зразки рослин для проведення досліджень відбирали з полів розташованих уздовж автомагістралі Київ-Харків на різній відстані від дорожнього полотна: 50–300, 400–900 та 1000–1500 м.

Кількісний показник бенз(а)пірену визначали згідно з ДСТУ 4689:2006 Продукти харчові. Методи визначення масової частки бенз(а)пірену [22].

Статистичні розрахунки проводили на персональному комп'ютері з використанням програмного забезпечення MedCalc Statistical Software version 19.1 (MedCalc Software bvba, Ostend, Belgium). Враховували стандартну похибку (SE) і середні значення (M). Встановлення статистичної різниці між двома групами проводили за критерієм Манна-Уїтні. Рівень $P < 0,05$ вважали статистично значущим.

Результати досліджень та їх обговорення

Моніторингові дослідження кормів для тварин щодо їх забрудненості бенз(а)піреном визначають наявність вищенаведеної шкідливої речовини у дослідних зразках силосу. Зафіксовано, що вміст бенз(а)пірену в дослідних зразках силосу в середньому становив $6,72 \pm 0,22$ мкг/кг за умови коливань від 6,3 до 7,5 мкг/кг. Варто зазначити, що на сьогодні регламентом не встановлено граничних меж бенз(а)пірену в кормах для тварин, зокрема й силосі, проте для порівняння у продуктах харчування, зокрема в копченому м'ясі максимально допустимий вміст бенз(а)пірену 5 мкг/кг [17]. Отже, можна стверджувати, що в силосі вміст бенз(а)пірену перевищує понад 25,6 % від максимально допустимої

ВЕТЕРИНАРНА МЕДИЦИНА

норми для харчових продуктів. Отож, варто було дізнатися можливі шляхи забруднення корму тварин бенз(а)піреном.

Встановлено, що фермерські господарства, в умовах яких були проведені дослідження для закладки у силосні ями, використовують зелену масу кукурудзи, соняшнику на початку цвітіння, а також суданську траву. Варто відмітити, що угіддя, де вирощується зелена маса цих рослин переважно розташовані вздовж автомагістралі Київ–Харків, на різній відстані від дорожнього полотна. Отже, було досліджено вміст бенз(а)пірену саме в цих рослинах.

Результати досліджень свідчать, що накопичення рослинами ПАВ прямо пропорційно залежить від відстані місця відбору зразків до автомагістралі (табл.).

Вміст бенз(а)пірену у відібраних зразках залежно від віддаленості угідь до автомагістралі Київ–Харків, мкг/кг, n=5, M±SE

Суданська трава	Соняшник на початку цвітіння	Зелена маси кукурудзи	ГДМ Бенз(а)пірену
1000–1500 м			
0,30±0,050	0,24±0,04	0,21±0,05	не нормується
500–900 м			
1,50±0,01**	1,10±0,05**	0,96±0,02**	не нормується
50–400 м			
9,94±0,14**	9,10±0,20**	8,41±0,51**	не нормується

Примітки: * – P<0,05, ** – P<0,01 – порівняно з показником на відстані 1000–1500 м; ГДМ – гранично допустимі межі.

Зафіксовано, що зразки рослин, відібрані на відстані 1000–1500 м від автомагістралі Київ–Харків виявилися найменше забрудненими бенз(а)піреном (від 0,21 до 0,30 мкг/кг). Зокрема, на вказаній відстані показник забрудненості суданської трави в середньому становив 0,30±0,050 мкг/кг, соняшнику та зеленої маси кукурудзи 0,24±0,04 та 0,21±0,05 мкг/кг відповідно. Зі скороченням відстані від угідь до автомагістралі до 500–900 м зафіксовано збільшення кількості ПАВ у зразках, в середньому від 0,96 до 1,50 мкг/кг. Наприклад, у суданській траві цей показник становив 1,50±0,01 мкг/кг, а в соняшнику та кукурудзі 1,10±0,05 та 0,96±0,02 мкг/кг відповідно. Порівняно з аналогічними показниками у рослин відібраних на відстані 1000–1500 м від дорожнього полотна автомагістралі, їх забрудненість зросла, а отримані значення набули вірогідної різниці. Зокрема в суданській траві збільшилася концентрація у 5,00 разів, у кукурудзі та соняху – майже однаково – 4,57 та 4,58 раза відповідно (P<0,01).

Досліджуючи зелену масу кормів, відібрану на відстані 50–400 м від автомагістралі, встановлено різке зростання ПАВ у відібраних зразках рослин (від 8,41 до 9,94 мкг/кг) порівняно з показниками, отриманими в рослин, відібраних на відстані 1000–1500 м від автомагістралі. У суданській траві концентрація бенз(а)пірену становила 9,94±0,14 мкг/кг, а в соняшнику та кукурудзі 9,1±0,20 та 8,41±0,51 мкг/кг відповідно. Отже, показники забрудненості цих рослин підвищилися у 33,13–40,04 разів (P<0,01) та набули вірогідних значень.

Можна дійти висновку, що наближеність угідь до автомагістралей сприяє забрудненню рослин бенз(а)піреном, а отже, й кормів, що в подальшому використовуються для годівлі продуктивних тварин.

Окрім того, за наслідками проведених досліджень з'ясовано, що використовувані в експерименті рослини мають різну здатність до акумулювання бенз(а)пірену. Зокрема, найбільшу здатність до накопичення шкідливої речовини має суданська трава, на другому місці виявився сонях, і, найменше накопичувала в собі ПАВ кукурудза (рис. 2–4).

При порівнянні рівня накопичення бенз(а)пірену в дослідних рослинах виявлено, що на відстані 50–300 м від автомагістралі ПАВ найбільше акумулюються в суданській траві 9,94 мкг/кг, за умови коливань від 9,70 до 10,50 мкг/кг (рис. 2). У соняшнику на початку цвітіння його кількість була дещо меншою порівняно з суданською травою у 1,09 раза (P<0,01), і становила в середньому 9,10 мкг/кг за коливань від 9,70 до 10,50 мкг/кг, і найменше – 8,41 мкг/кг за умови коливань від 9,12 до 9,43 мкг/кг у кукурудзі, що у 1,18 раза менше порівняно із показником суданської трави (P<0,05).

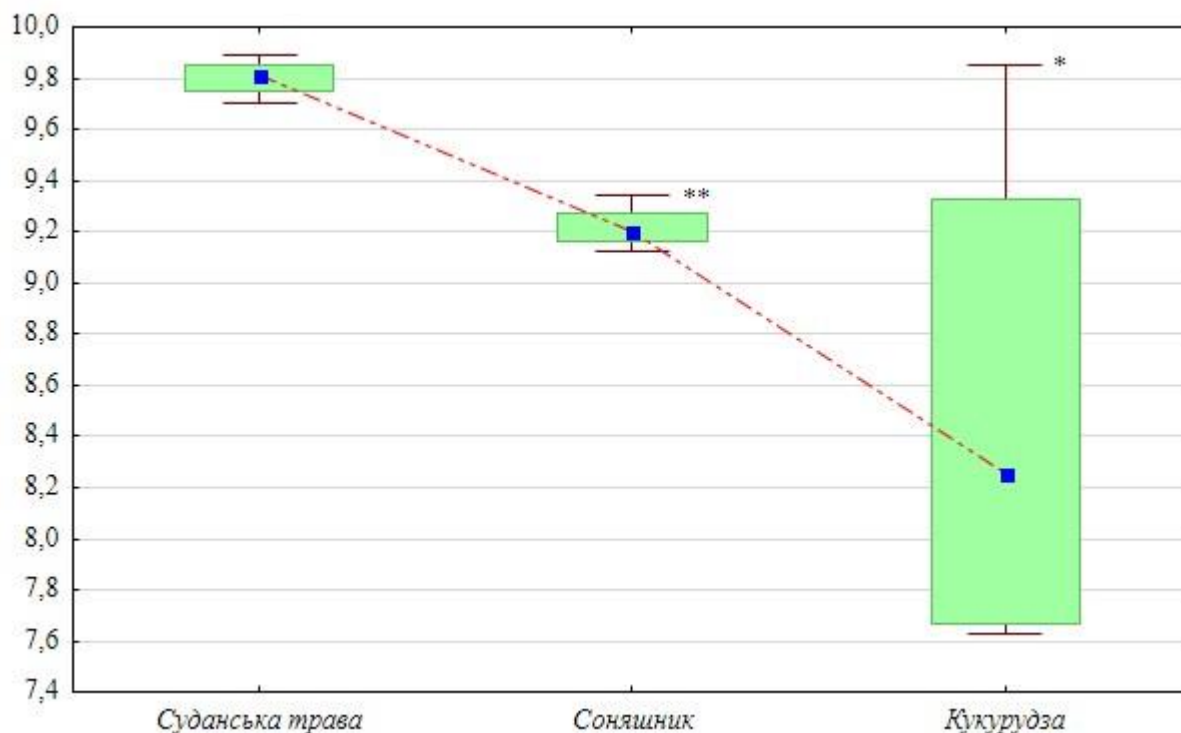


Рис. 2. Рівень акумуляції бенз(а)пірену в дослідних зразках рослин з угідь на відстані 50–300 м від автомагістралі Київ–Харків (мкг/кг)
Примітки: * – $P < 0,05$, ** – $P < 0,01$ – порівняно з показником у суданській траві.

Варто відмітити, що рівень бенз(а)пірену в суданській траві, зібраній з угідь, які розташовані на відстані 400–900 м від автомагістралі, виявився вірогідно вищим порівняно з аналогічним у соняху та кукурудзі на 1,36 та 1,56 раза ($P < 0,01$) (рис. 3).

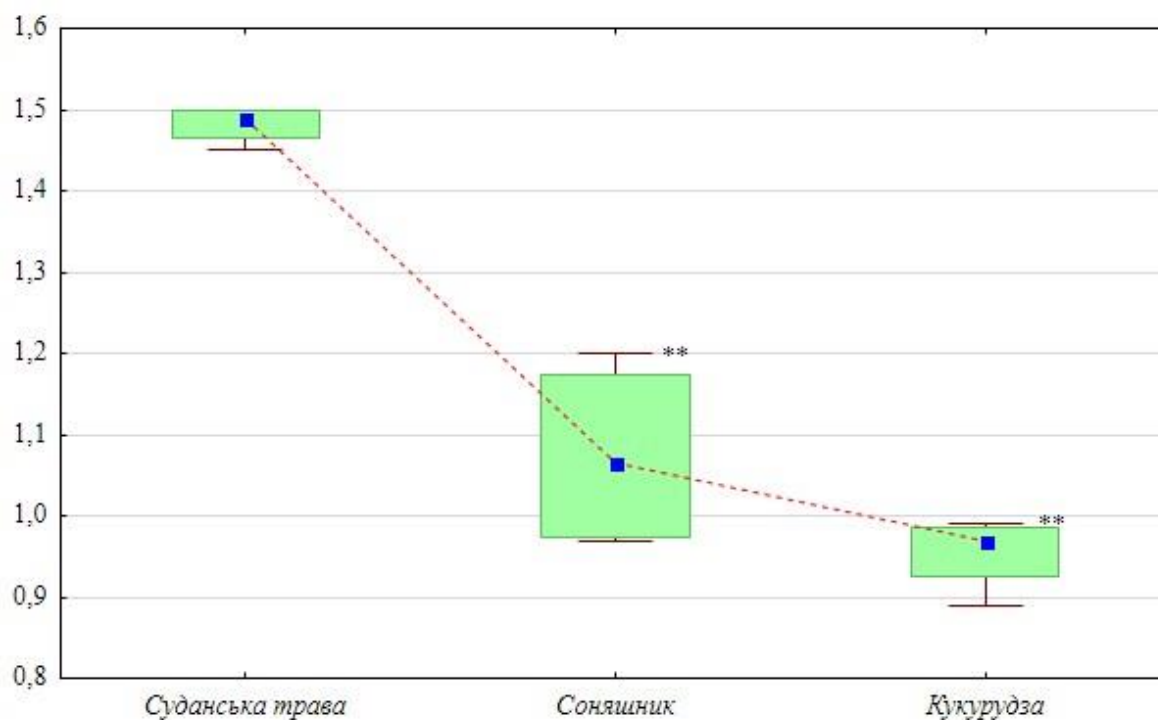


Рис. 3. Рівень акумуляції бенз(а)пірену в дослідних зразках рослин з угідь на відстані 400–900 м від автомагістралі Київ–Харків (мкг/кг).
Примітки: ** – $P < 0,01$ – порівняно з показником у суданській траві.

Таку ж картину зафіксовано у забрудненості рослин з угідь, розташованих на відстані 1000–1500 м від автомагістралі Київ–Харків (рис. 4). У суданській траві зафіксовано найвищі показники забрудненості бенз(а)піреном 0,30 мкг/кг, що на 1,25 та 1,43 рази більше порівняно з аналогічним показником у соняшнику та кукурудзі. Проте вірогідності отримані значення не набули.

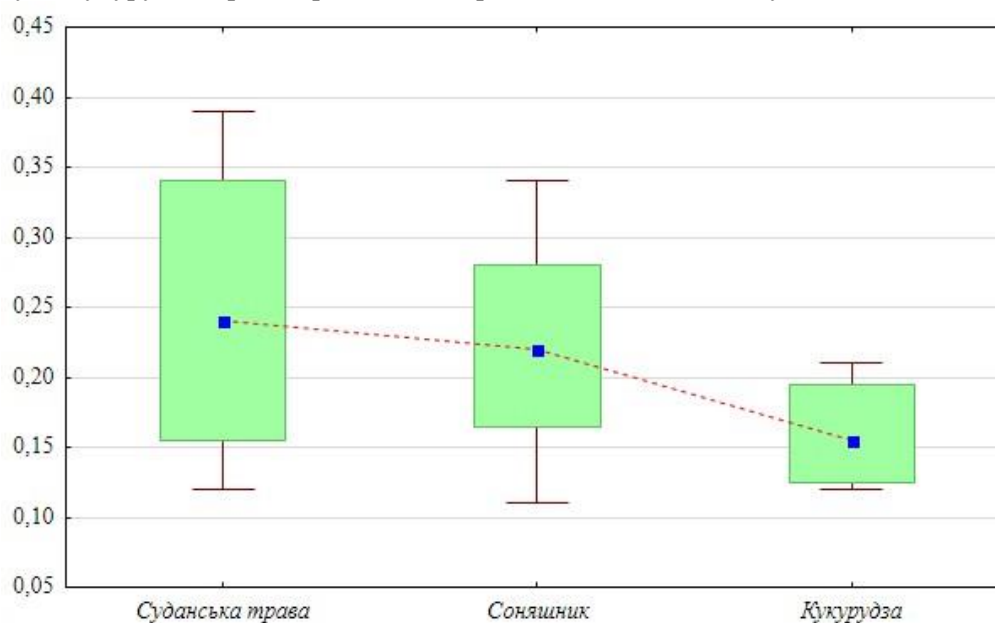


Рис. 4. Рівень акумуляції бенз(а)пірену в дослідних зразках рослин з угідь на відстані 1000–1500 м від автомагістралі Київ–Харків (мкг/кг).

Отримані дані, на нашу думку, можна пояснити будовою кореневої системи рослин та тим, що максимальна кількість бенз(а)пірену накопичується в корінні рослин, оскільки трава суданська має потужну мичкувату кореневу систему, що проростає на глибину понад 2,5 м. Що стосується надкореневої частини рослин – стебла, то в ньому концентрація шкідливих речовин у 15 разів менша. Варто зазначити, що до 70 відсотків коріння цієї рослини розташовується в орному шарі ґрунту, який забруднюється газопаливними викидами автотранспорту, що і сприяє інтенсивному забрудненню рослини.

Аналізуючи отримані результати, ми з'ясували, що антропогенним чинником, який призводить до суттєвого погіршення екологічної ситуації та виступає джерелом розповсюдження ПАВ, є автомагістраль, що розташована вздовж полів, на яких вирощують аграрні культури.

Висновки

Встановлено, що джерелом забруднення на бенз(а)пірен кормів рослинного походження, що зростають уздовж автомагістралі Київ–Харків, є газопилові викиди автотранспорту. Найбільшого забруднення зазнають рослини, що зростають на угіддях уздовж автомагістралі на відстані 50–300 м від дорожнього полотна. Зокрема забрудненість суданської трави, соняшнику та кукурудзи коливається в межах 8,41–9,94 мкг/кг. Зареєстровано, що суданська трава порівняно із соняшником та кукурудзою найбільше акумулює бенз(а)пірен $P < 0,05$ – $P < 0,001$ (у 1,09–1,56 разів) незалежно від наближеності угідь до автомагістралі. Безпечною відстанню для вирощування сільськогосподарських культур, зокрема й тих, що використовуються як кормова база для тварин, можна вважати відстань не менше 500 метрів від автомагістралей.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні шляхів зменшення кількісного вмісту бенз(а)пірену в кормах, призначених для годівлі сільськогосподарських тварин.

References

1. Birks, S. J., Cho, S., Taylor, E., Yi, Y., & Gibson, J. J. (2017). Characterizing the PAHs in surface waters and snow in the Athabasca region: Implications for identifying hydrological pathways of atmospheric deposition. *Science of The Total Environment*, 603-604, 570–583. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.06.051
2. Boom, A., & Marsalek, J. (1988). Accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in an urban snowpack. *Science of The Total Environment*, 74, 133–148. doi: 10.1016/0048-9697(88)90134-9

3. Chetwittayachan, T., Shimazaki, D., & Yamamoto, K. (2002). A comparison of temporal variation of particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (pPAHs) concentration in different urban environments: Tokyo, Japan, and Bangkok, Thailand. *Atmospheric Environment*, 36 (12), 2027–2037. doi: 10.1016/s1352-2310(02)00099-7
4. Ander, E. L., Johnson, C. C., Cave, M. R., Palumbo-Roe, B., Nathanail, C. P., & Lark, R. M. (2013). Methodology for the determination of normal background concentrations of contaminants in English soil. *Science of The Total Environment*, 454-455, 604–618. doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.03.005
5. Finardi, S., Radice, P., Cecinato, A., Gariazzo, C., Gherardi, M., & Romagnoli, P. (2017). Seasonal variation of PAHs concentration and source attribution through diagnostic ratios analysis. *Urban Climate*, 22, 19–34. doi: 10.1016/j.uclim.2015.12.001
6. Uyutkin, V., Izvekova, T., Gushchin, A., & Mashkin, D. (2014). Ecological risk assessment at soil contamination by oil supply enterprises (as exemplified by Ivanovo city). *Safety in Technosphere*, 1, 32–38. doi: 10.12737/2776
7. Papageorgoulou, A., Manoli, E., Touloumi, E., & Samara, C. (1999). Polycyclic aromatic hydrocarbons in the ambient air of Greek towns in relation to other atmospheric pollutants. *Chemosphere*, 39 (13), 2183–2199. doi: 10.1016/s0045-6535(99)00143-5
8. Ravindra, K., Sokhi, R., & Vangrieken, R. (2008). Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: Source attribution, emission factors and regulation. *Atmospheric Environment*, 42 (13), 2895–2921. doi: 10.1016/j.atmosenv.2007.12.010
9. Sharma, M., & McBean, E. A. (2001). PAH deposition to snow surface. *Environmental Science and Pollution Research*, 8 (1), 11–18. doi: 10.1007/bf02987290
10. Golodnyak, V., Granica, N., Grigorova, L., Zelenina, L., Makarchuk, T., Podrushnyak, A., & Koval, A. (2007). K voprosu o reglamentacii sodержaniya 3, 4 benzpirena v rastitelnom masle i zhirah. Zhurnal "Olijno-zhirovij kompleks". Retrieved from: <https://www.apk-inform.com/ru/oilprocessing/57021> [In Russian].
11. Dolyana, L. F., Kozachyna, V. A., & Prystynskiy, V. V. (2013). Monitorynh zabrudnennia atmosferneho povitria benz(a)pirenom ta vuhlevodnem. *Elektromahnitna Sumisnist ta Bezpeka na Zaliznychnomu Transporti*, 6, 91–97. doi: 10.15802/ecsrt2013/51294 [In Ukrainian].
12. Shorina, T. S., Teslya, A. V., & Popov, A. V. (2012). Ocenka ekologicheskogo sostoyaniya pochvennogo pokrova pridorozhnyh territorij g. Orenburga. *Vestnik Orenburgskogo Gosudarstvennogo Universiteta*, 6 (142), 106–108. [In Russian].
13. Kamlyk, M. I. (2001). Pravova baza z pytan ekolohii ta okhorony pryrodnoho seredovyscha. In: *Zbirnyk normatyvnykh aktiv*. Kyiv: Atika [In Ukrainian].
14. Kireeva, N. A., Novoselova, E. I., & Erohina, N. I. (2009). Nakoplenie benz(a)pirena v sisteme pochva-rastenie pri zagryaznenii neftyu i pri aktivnogo privnesenii ilya. *Vestnik Orenburgskogo Gosudarstvennogo Universiteta*, 6 (100), 579 – 581. [In Russian].
15. Kenofontov, B., Kozodayev, A., Taranov, R., & Vinogradov, M. (2020). Treatment of waste water from complex organic substances. *Ecology and Industry of Russia*, 24 (7), 4–7. doi: 10.18412/1816-0395-2020-7-4-7
16. Kryvenko, G., Vozniak, L., & Zorin, V. (2019). Analiz vykydiv zabrudniuiuchykh rehovyn v atmosferne povitria stacionarnymy dzherelamy. *Ecological Safety and Balanced Use of Resources*, 1 (19), 85–93. doi: 10.31471/2415-3184-2019-1(19)-85-93 [In Ukrainian].
17. Pro zatverdzhennia Derzhavnykh hihienichnykh pravyl i norm "Rehlement maksimalnykh rivniv okremykh zabrudniuiuchykh rehovyn u kharchovykh produktakh"Zatverdzheno nakazom ministerstva okhorony zdorovia Ukrainy vid 13.05.2013 № 368. (2013). Retrieved from: https://zakononline.com.ua/documents/show/347397__656916 [In Ukrainian].
18. Rak v Ukraini, 2017 – 2018. Zakhvoriuvanist, smertnist, pokaznyky diialnosti onkologichnoi sluzhby. (2019). In: *Biuletyn natsionalnoho kantser-reestru Ukrainy № 20*. Kyiv. Retrieved from: http://www.ncru.inf.ua/publications/BULL_20/index.htm#zmist [In Ukrainian].
19. Shcherbakova, N. S., Bezghodko, Ye. O., & Peredera, Zh. O. (2016). Monitorinh vmistu benz(a)perenu u miasoproduktakh vyrobnytstva deiakykh pidpriemstv poltavskoi oblasti. *Zbirnyk tez mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Rol ahrarnykh vyshchykh navchalnykh zakladiv u rozvytku malykh form hospodariuvannia yak faktora sotsialno-ekonomichnoi stabilnosti silskykh terytorii ta samozainiatosti naseleennia»*. (Kyiv, 23 lystopada 2016). Kyiv: Naukovo-metodychnyi tsentr “Ahroosvita” [In Ukrainian].

20. Shcherbakova, N. S., Bezghodko, Ye. O., & Peredera, S. B. (2017). Monitorynh zabrudnennia benz(a)perenom snihu ta vody v poltavskii oblasti. *Problemy zoonzhenerii ta veterynarnoi medytsyny*, 34 (2), 357–361. [In Ukrainian].

21. DSTU 4689:2006. *Produkty kharchovi. Metody vyznachannia masovoi chastky benz(a)pirenu*. Chynnyi vid 2007-07-01. (2001). Kyiv. Retrived from: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=85154 [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції: 04.07.2021 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Євстаф'єва В. О., Щербакова Н. С., Кручиненко О. В., Мельничук В. В., Михайлютенко С. М., Корчан Л. М., Долгін О. С., Передера С. Б. Вплив техногенного забруднення на вміст бенз(а)пірену в силосі. *Вісник ПДАА*. 2021. № 3. С. 178–185.

© Євстаф'єва Валентина Олександрівна, Щербакова Наталія Сергіївна,
Кручиненко Олег Вікторович, Мельничук Віталій Васильович,
Михайлютенко Світлана Миколаївна, Корчан Леонід Миколайович,
Долгін Олександр Сергійович, Передера Сергій Борисович 2021