

ZANIECZYSZCZENIA ANTYBIOTYKAMI ŚRODOWISKA ROLNO-SPOŻYWCZEGO PRODUKCJI PIERWOTNEJ

Ewelina Patyra¹, Krzysztof Kwiatek², Cezary Jacek Kowalski³

¹ Dział Badań Chemicznych Żywności i Pasz Państwowego Instytutu Weterynaryjnego – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach

² Dział Badań Mikrobiologicznych Żywności i Pasz Państwowego Instytutu Weterynaryjnego – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach

³ Katedra Farmakologii, Toksykologii i Ochrony Środowiska Wydziału Medycyny Weterynaryjnej Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie

Antibiotic contamination of the agri-food environment of primary production

This article presents information on the presence of antibiotics in natural and organic fertilizers, as well as in arable soils and permanent grasslands, indicating that this is a significant problem especially for primary production stage in the agri-food chain. Interest in the presence of veterinary drugs in the environment has long been a relatively minor topic. In recent years, interest in this issue has increased significantly among scientists worldwide. Significant amounts of antibiotics have been detected in natural fertilizers from farm animals, primarily in large-scale farms. This has led to their uncontrolled introduction into soil and contamination of surface and groundwater with these compounds. This, in turn, can result in trace amounts of antibiotics in plant foods consumed by both humans and farm animals, posing a threat to the entire agri-food chain and public health protection.

Keywords: antibiotics, natural fertilizers, organic fertilizers, soil, water, environmental pollution.

Obowiązujący obecnie Traktat o funkcjonowaniu Unii Europejskiej (TFUE) zobowiązuje do zapewnienia wysokiego poziomu ochrony zdrowia ludzkiego i zdrowia zwierząt oraz ochrony środowiska przy określaniu i urzeczywistnianiu polityk i działań Unii Europejskiej (16). Założenie to należy realizować między innymi poprzez wdrożenie odpowiednich środków i podejmowanie działań w medycynie i weterynarii, które mają za swój cel ostateczny ochronę zdrowia publicznego. W tej ochronie szczególnego znaczenia nabierają aspekty weterynaryjne, które związane są także ze stosowaniem różnego rodzaju leków przeciwbakteryjnych w produkcji zwierzęcej. W tym obszarze produkcji prawo żywnościowe i paszowe Unii Europejskiej (UE) dotyczące obecnie już całego łańcucha rolno-spożywczego opiera się na zasadzie, zgodnie z którą przedmiotowe podmioty na wszystkich etapach produkcji, przetwarzania i dystrybucji są odpowiedzialne za zapewnienie spełniania wymogów mających znaczenie dla prowadzonej przez nie działalności, określonych w nowym prawodawstwie UE dotyczącym łańcucha rolno-spożywczego (15). Jednym z ważnych elementów tego łańcucha jest kwestia leków weterynaryjnych, a szczególnie substancji przeciwbakteryjnych, które są od szeregu lat stosowane w produkcji zwierzęcej. Powszechność stosowania i występowania tego rodzaju leków w tej działalności powoduje narastanie oporności bakteryjnej, co stwarza bardzo duże zagrożenie dla skuteczności tych leków w terapii chorób zakaźnych (10). Poza tym, leki tego rodzaju zalicza się już obecnie do tzw. nowo pojawiających się zanieczyszczeń środowiska, co wynika przede wszystkim z faktu szerokiego ich stosowania w medycynie i weterynarii (1).

Środki przeciwdrobnoustrojowe w produkcji zwierzęcej stosowane są od lat 50. ubiegłego stulecia, natomiast od dwóch dekad, po wprowadzeniu w 2006 roku w UE zakazu stosowania antybiotykowych stymulatorów wzrostu – są wykorzystywane wyłącznie w celach leczniczych (5, 13). Każdemu jednak zastosowaniu środka przeciwdrobnoustrojowego, oprócz zamierzonego działania leczniczego, towarzyszy efekt w postaci pozostałości środka przeciwdrobnoustrojowego lub jego metabolitów w organizmie zwierzęcia. Ponadto, dochodzi do generowania oporności bakterii na środki przeciwdrobnoustrojowe. Zarówno pozostałości środków przeciwdrobnoustrojowych, jak i oporność

bakterii istotnie wpływają na bezpieczeństwo żywności pochodzenia zwierzęcego.

Obecnie w zależności od gatunku zwierząt i rodzaju terapii powinna zostać zastosowana określona substancja przeciwbakteryjna przy wykorzystaniu określonej drogi podania preparatu leczniczego, a mianowicie:

- drogi iniekcyjnej, która ma zastosowanie głównie w leczeniu pojedynczych zwierząt ze szczególnym uwzględnieniem przeżuwaczy oraz koni;
- podanie *per os* z wodą do pojenia zwierząt – praktykowane zwykle w przypadku leczenia większej liczby zwierząt, szczególnie dotyczy to hodowli drobiu oraz świń. Zadawanie leków weterynaryjnych zawieszonych w wodzie jest obecnie szeroko praktykowane ze względu na posiadanie szeregu zalet. Przede wszystkim jest to terapia, która pozwala na szybkie zastosowanie leczenia u wielu zwierząt w stadzie – stąd zaleca się ją zwłaszcza w przypadkach nagłych, ostrych zachorowań. Chore lub osłabione zwierzęta w pierwszej kolejności tracą apetyt, przez co aplikacja leków poprzez podanie paszy leczniczej nie zawsze pozwala na skuteczną terapię. Niestety wraz z wodą można podawać tylko niektóre leki – głównie antybiotyki, a mianowicie: penicyliny, tetracykliny i makrolidy, dostępne w proszkach lub zawiesinach do rozpuszczenia w wodzie. Do ich precyzyjnego dawkowania w dużych stadach potrzebne jest zamontowanie w instalacji wodnej specjalnych dozowników. Warto dodać, że pomimo szerokiego i powszechnego stosowania „wody leczniczej” w leczeniu zwierząt nie dysponujemy, tak jak w przypadku pasz leczniczych, bardziej szczegółowymi przepisami prawnymi. Wydaje się, że zagadnienie to wymaga rozpatrzenia i uregulowania legislacyjnego, a może nawet wprowadzenia prawnego terminu „woda lecznicza do pojenia zwierząt”, tak jak to jest w przypadku pasz;
- podanie *per os* w postaci paszy leczniczej, która zgodnie z definicją zawartą w rozporządzeniu 2019/4 oznacza homogeniczną mieszkankę paszy i weterynaryjnych produktów leczniczych. Pasza lecznicza może zostać wytworzona wyłącznie na bazie weterynaryjnych produktów leczniczych dopuszczonych do obrotu na potrzeby produkcji pasz leczniczych (14). Aby zapewnić bezpieczne i skuteczne leczenie zwierząt, należy przewidzieć dodatkowe wymogi szczególne lub instrukcje dotyczące dawania weterynaryjnych produktów

leczniczych do paszy. W szczególności dla wytwarzania bezpiecznej i skutecznej paszy leczniczej kluczowe znaczenie ma homogeniczne rozproszanie weterynaryjnego produktu leczniczego w całej objętości paszy. Pasza lecznicza może zostać wytworzona wyłącznie na receptę wydaną przez lekarza weterynarii opiekującego się stadem.

Wprowadzenie leków weterynaryjnych do środowiska produkcji zwierzęcej

Leki weterynaryjne, w tym antybiotyki niezależnie od drogi ich aplikacji zwierzętom gospodarskim będą obecne w środowisku produkcji zwierzęcej oraz w środowisku naturalnym. —

Podawanie leków weterynaryjnych w postaci paszy leczniczej może prowadzić do ich obecności przede wszystkim w środowisku pomieszczeń, w których przechowywana i podawana jest zwierzętom. Dotyczy to również sprzętu, urządzeń, a nawet obecnego w pomieszczeniach inwentarskich kurzu, pyłu, zalegających materiałów organicznych czy wreszcie osadów. W hodowli zwierząt gospodarskich w największym stopniu leki weterynaryjne, w tym antybiotyki, sulfonamidy i chinolony podawane są *per os* po rozpuszczeniu w wodzie. Ten sposób podania z całą pewnością posiada szereg zalet praktycznych, a głównie to łatwość przygotowania i podania mieszaniny leku z wodą zwierzętom w leczonym stadzie. Jednakże zastosowanie antybiotyków w wodzie do pojenia ma pewne ograniczenia dotyczące leków, które słabo lub nie rozpuszczają się w wodzie (8). Kolejnym mankamentem stosowania leków weterynaryjnych w wodzie do pojenia jest konieczność czyszczenia używanej do podawania instalacji wodnej, co wymaga od hodowcy zużycia dużej ilości bieżącej wody oraz zakupu dodatkowych preparatów do czyszczenia i dezynfekcji m.in. takich jak kwas nadoctowy, nadtlenek wodoru, dwutlenek chloru czy kwasy organiczne (21).

Wydalanie leków i ich transfer do środowiska naturalnego z nawozami

Ponadto, niezależnie od drogi podania leków, pod uwagę należy wziąć fakt, że zaaplikowane leki są metabolizowane,

a następnie w dużym stopniu wydalane z organizmu głównie z kałem, jak również z moczem (2). Obecne prawodawstwo wymusza na hodowcach zwierząt gospodarskich, aby odchody zwierząt w formie obornika, gnojówki czy gnojowicy w 70 % ich ilości były stosowane w gospodarstwie na pola uprawne i trwałe użytki zielone, jako nawozy przyczyniające się do zwiększenia materii organicznej i dostarczenia niezbędnych składników pokarmowych dla roślin. Nawozy naturalne są bowiem bogatym źródłem głównie azotu i fosforu, a więc pierwiastków niezbędnych do prawidłowego wzrostu roślin, a jednocześnie są konkurencyjne ekonomicznie w stosunku do drogich nawozów sztucznych. Oprócz wykorzystania nawozów naturalnych we własnym gospodarstwie, hodowca ma prawo odsprzedać nadwyżkę nawozów innemu rolnikowi lub zbyć je do wykorzystania na potrzeby energetyczne, m.in. do biogazowni rolniczych, w których odchody zwierząt gospodarskich stanowią jeden z substratów do produkcji biogazu (17).

Wymienione powyżej sposoby zagospodarowywania wykorzystania odchodów powstających w trakcie produkcji zwierzęcej w rezultacie powodują wprowadzanie do zewnętrznego środowiska naturalnego leków weterynaryjnych stosowanych w terapii zwierząt gospodarskich. Ten aspekt środowiskowy leków był dotychczas marginalizowany, pomijany i w zasadzie nie podlega żadnej kontroli urzędowej. Z tego względu każdego roku do środowiska naturalnego na całym świecie wprowadzane są niekontrolowane ilości leków weterynaryjnych w tym antybiotyków, sulfonamidów i chinolonów do gleb uprawnych, łąk, pastwisk, a następnie wędrują one do wód powierzchniowych i gruntowych (3).

Koncentracja antybiotyków w nawozach naturalnych – wyniki badań światowych

Badania prowadzone od kilku lat na całym świecie wykazały, że w nawozach naturalnych stwierdza się od kilku mikrogramów do nawet kilkuset miligramów antybiotyków na kilogram nawozów naturalnych (2, 9, 12, 18, 19, 23). Na przykład w badaniach przeprowadzonych przez Zhao i wsp. (23), które dotyczyły 143 próbek odchodów od trzody chlewnej i bydła pochodzących z ośmiu chińskich prowincji, wykazano obecność ciprofloksacyny, enrofloksacyny, oksytetracykliny oraz chlorotetracykliny w stężeniach wynoszących od 21 do po-

nad 59 mg/kg. Natomiast w pomocie kurzym potwierdzono występowanie fle-roksacyny, norfloksacyny, ciprofloksacyny i enrofloksacyny w zakresie stężeń od 45,6 mg/kg do ponad 1420 mg/kg dla enrofloksacyny. Z kolei w badaniach Woltersa i wsp. (19) obejmujących próbki obornika pochodzące z ośmiu tuczarni i sześciu ferm hodowlanych trzody chlewnej oraz produkty pofermentacyjne (pofermenty) powstałe na bazie obornika z ośmiu biogazowni w Dolnej Saksonii w Niemczech, stwierdzono występowanie aż 11 różnych antybiotyków należących do sześciu klas chemicznych. Analiza ilościowa stwierdzanych antybiotyków wykazała maksymalne stężenie tetracykliny dochodzące do 300 mg/kg suchej masy (s.m.) w oborniku świńskim oraz doksycykliny w stężeniu do 10,1 mg/kg s.m. w pofermentach. Na podstawie przytoczonych stosunkowo nielicznych danych można więc stwierdzić, że nawozy naturalne pochodzenia zwierzęcego i ich produkty pochodne wprowadzane do gleb uprawnych oraz trwałych użytków zielonych powodują niekontrolowany proces transferu leków weterynaryjnych do środowiska naturalnego. Ponadto należy podkreślić, że beztlenowy proces fermentacji naturalnych nawozów i substancji organicznych nie powoduje wystarczającej degradacji leków.

W wielu krajach Azji, w których stosowanie leków weterynaryjnych w produkcji zwierząt gospodarskich prowadzone jest na szeroką skalę, w glebach rolniczych stwierdza się z reguły w kilogramie gleby od kilku do nawet kilkuset mikrogramów antybiotyków, głównie z grupy tetracyklin i fluorochinolonów (4, 6, 7, 9, 20, 22). Przykładem mogą być wyniki badań gleb rolniczych opublikowane przez Li i wsp. (7) stwierdzające obecność chinolonów w glebach uprawnych w średnich stężeniach na poziomie około 195 µg/kg. Z kolei Wu i wsp. (20) wykazali chinolony w stężeniach nieprzekraczających 42 µg/kg w próbkach gleby z ekologicznych upraw warzyw w prowincji Guangdong w Chinach. Występowanie tego rodzaju antybiotyków potwierdzono również w badanych próbkach gleby rolniczej w Malezji i Austrii, odpowiednio w stężeniach od 36 do 378 µg/kg (enrofloksacyna) i do 370 µg/kg (ciprofloksacyna) (4, 9). Z kolei w badaniach przeprowadzonych przez Xiang i wsp. (22) w kierunku obecności tetracyklin w glebach wykorzystywanych rolniczo w chińskiej prowincji Guangdong wykazały ich występowanie w zakresie od 0,04 do 184,4 µg/kg.

Związki przeciwdrobnoustrojowe obecne w glebie następnie wraz z wodą opadową przechodzą do głębszych warstw gleby, jak również do cieków wodnych – rzek, stawów i jezior oraz wód gruntowych. Obecność antybiotyków została potwierdzona w wodach powierzchniowych i gruntowych, osadach i mułach rzecznych, w glebie, ściekach surowych z gospodarstw domowych i zakładów przemysłowych, a w szczególności ze szpitali oraz ferm hodowlanych (włączając stawy rybne), w odpływach z oczyszczalni często wykorzystywanych do irygacji pól. Utrzymujące się stale na poziomach poniżej inhibicyjnych stężeń antybiotyków w środowisku mogą powodować zmiany w obecnej tam mikrobiocenozie i w konsekwencji prowadzić do powstania rezerwarów oporności oraz dominacji mikroorganizmów antybiotykoopornych. Należy również dodać, że antybiotyki obecne w środowisku glebowym i wodzie następnie pobierane są przez rośliny, w tym przez rośliny uprawne, co skutkuje zanieczyszczeniem całego łańcucha rolno-spożywczego śladowymi stężeniami tych związków i może mieć negatywny wpływ na poziom ochrony zdrowia publicznego. Stąd można stwierdzić, że środowisko łańcucha rolno-spożywczego narażone jest na stały transfer leków, które mogą w sposób bezpośredni negatywnie oddziaływać na organizmy w nim bytujące. Natomiast niskie stężenia leków obecne w wodach przeznaczonych do celów spożywczych mogą dawać podwyższone ryzyko dla zdrowia ludzi (1).

Badania krajowe nad zanieczyszczeniem nawozów antybiotykami (PIWet-PIB)

Pilotażowe badania krajowe z zakresu obecności antybiotyków, sulfonamidów i chinolonów w nawozach naturalnych i organicznych wytworzonych na bazie ubocznych produktów pochodzenia zwierzęcego (UPPZ) oraz osadów pofermentacyjnych przeprowadzone w Państwowym Instytucie Weterynaryjnym – Państwowym Instytucie Badawczym w Puławach wykazały, że nawozy naturalne, takie jak obornik, gnojówka czy gnojowica, szczególnie pochodzące z ferm wielkotowarowych świń w około 39 % są zanieczyszczone antybiotykami. W tym obszarze dominują antybiotyki z grupy tetracyklin, głównie doksycykлина w stężeniach od kilkunastu do nawet kilkudziesięciu miligramów na kilogram nawozu. Nawozy organiczne



wytworzone na bazie UPPZ, czy osady pofermentacyjne z biogazowni, pomimo stosowanych przetwórczych procesów fermentacyjnych nie zapewniają całkowitej degradacji obecnych w substratach substancji przeciwbakteryjnych, w których stwierdzono obecność enrofloksacyny, doksycykliny oraz oksytetracykliny i jej metabolitu epi-oksytetracykliny, co jednocześnie potwierdza, że antybiotyki z grupy tetracyklin najczęściej stosowane są w terapii zwierząt gospodarskich. Co prawda oznaczane poziomy stężenie w tego typu osadach pofermentacyjnych są znacznie niższe niż w nawozach naturalnych, ale ich obecność nie jest zupełnie wyeliminowana. Ponadto wykonane w PIWet-PIB w Puławach badania wykazały, że w osadach pofermentacyjnych oraz komercyjnych nawozach organicznych wytworzonych na bazie UPPZ stwierdzono obecność antybiotyków w blisko 30 % próbek. Stwierdzone poziomy przedmiotowych leków wahały się w zakresie od kilkunastu do nawet kilkuset mikrogramów na kilogram osadu pofermentacyjnego oraz komercyjnych nawozów organicznych takich jak granulowany obornik koński, bydłęcy, owczy czy pomiot drobiowy. Przeprowadzona ocena ryzyka środowiskowego w od-

niesieniu do stwierdzanych poziomów pozostałości antybiotyków wykazała, że nawozowe osady pofermentacyjne i komercyjne nawozy organiczne wytworzone na bazie UPPZ nie wykazywały istotnego ryzyka środowiskowego w odniesieniu do gruntów ornych i trwałych użytków zielonych. Nie można zająć takiego stanowiska w przeciwieństwie do stwierdzanych często wysokich stężeń antybiotyków w nawozach naturalnych, które mogą wykazywać negatywny wpływ na środowisko naturalne i związany z tym wyższy poziom ryzyka, głównie w odniesieniu do środowiska mikroorganizmów zasiedlających gleby.

Oprócz powyższego realizowane badania wykazały, że antybiotyki w płynnych nawozach naturalnych, w zależności od ich początkowego stężenia, wymagają kilkumiesięcznego czasu przechowywania, aby antybiotyki uległy w nich całkowitej degradacji. Z kolei badania doświadczalne przeprowadzone w PIWet-PIB polegające na wprowadzeniu nawozów naturalnych zawierających znane stężenia antybiotyków bezpośrednio do gruntów ornych, pomimo panujących warunków atmosferycznych i aktywności mikrobioty glebowej są wykrywane w glebach nawet przez okres kilku miesięcy. Obecność

substancji przeciwbakteryjnych w glebach może prowadzić do selekcji mikroorganizmów lekoopornych i wspomagania rozprzestrzeniania genów oporności w środowisku glebowym. Poza tym antybiotyki mogą również wpływać na ogólną i enzymatyczną aktywność drobnoustrojów glebowych, na ich liczebność oraz mineralizację węgla i obieg azotu. W środowisku glebowym antybiotyki mogą podlegać różnym procesom abiotycznym i/lub biotycznym, w tym procesom transformacji/degradacji, desorpcji/sorpcji, a także pobieraniu wraz z wodą i solami przez rośliny oraz migracji do wód gruntowych (3, 11).

Mając na uwadze zaprezentowane powyżej informacje, można stwierdzić, że w środowisku łańcucha rolno-spożywczego obecne są leki weterynaryjne na różnych poziomach stężeń. Należy jednak zauważyć, iż jest to zanieczyszczenie permanentnie wprowadzane do środowiska, a zatem ma charakter kumulatywny, który może skutkować długoterminowymi i negatywnymi konsekwencjami wobec całych ekosystemów i łańcuchów troficznych. Wynika to przede wszystkim z faktu, że są to związki (w odróżnieniu od wielu innych klasycznych zanieczyszczeń środowiska), które zostały zaprojekt-

towane tak, aby wywierać efekt biologiczny w niskich dawkach. Istnieje więc duże prawdopodobieństwo, że związki te będą przejawiały aktywność biologiczną nie tylko wobec tzw. organizmów docelowych, ale również wobec tzw. organizmów niedocelowych. Z tych względów stwierdzenie obecności leków przeciwbakteryjnych w środowisku może przyczynić się do rozwoju niezwykle niebezpiecznego zjawiska antybiotykooporności.

Globalny monitoring farmaceutyków w środowisku – stan wiedzy

Badania nad obecnością pozostałości leków w środowisku prowadzone są od ponad 20 lat. Coraz więcej dostępnych danych na temat występowania farmaceutyków w środowisku pojawia się także w krajach rozwijających się, będących na niższym stopniu rozwoju ekonomiczno-gospodarczego. Jednak zwięzły i kompleksowy przegląd stanu wiedzy na temat ich stężeń w środowisku oraz ich potencjalnego wpływu na zdrowie ludzi i ekosystemy wciąż nie został dokonany. Ilość informacji na temat narażenia na obecność tych związków w środowisku na całym świecie ciągle rośnie. W 2016 roku opublikowany został pierwszy raport, w którym podsumowano dane zawarte w ponad 1000 artykułach oryginalnych i pracach przeglądowych opublikowanych w minionym czasie. Wyniki tego przeglądu potwierdziły obecność 631 aktywnych środków farmaceutycznych (lub ich metabolitów i produktów degradacji) w różnorodnych próbkach środowiskowych, z czego 17 substancji wykryto we wszystkich 71 krajach obejmujących pięć regionów Narodów Zjednoczonych. Obecnie dostępna jest aktualizacja tej bazy, która odnosi się także do najnowszych danych zebranych w latach 2017–2020 (1).

Podsumowanie

Podsumowując, należy zwrócić uwagę na nowy problem związany ze stosowaniem antybiotyków w produkcji zwierzęcej, a mianowicie ich transferu do środowiska naturalnego. W jego trakcie substancje te przechodzą do środowiska glebowego, wód i całego ekosystemu, co powoduje, że pojawiają się one w środowisku produkcji rolniczej i szeroko rozumianym środowisku bytowania człowieka. Intensywny chów zwierząt nierozzerwalnie związany jest ze stosowaniem leków weterynaryjnych, w tym antybiotyków. Ich stosowanie jest dozwol-

oną i niezbędną praktyką hodowlaną służącą utrzymaniu wysokiej produkcyjności zwierząt w warunkach intensywnego chowu. Szacuje się, że w skali Unii Europejskiej stosowanych jest przynajmniej kilka tysięcy ton antybiotyków rocznie, które wydalone z odchodami zanieczyszczają wody i gleby oraz przyczyniają się do powstawania opornych na farmaceutyki szczepów drobnoustrojów. Obecność tego rodzaju leków w różnych składowych środowiska naszego bytowania to aktualny problem zarówno w zakresie chemii, analityki środowiskowej, monitoringu środowiska, jak i oceny ryzyka środowiskowego. Problemem wydaje się być także niewystarczający poziom świadomości na temat zagrożeń płynących z zanieczyszczenia środowiska antybiotykami oraz zmian w populacjach bakterii środowiskowych i chorobotwórczych, wywołanych podprogowymi dawkami tych preparatów. Stąd też wynika potrzeba intensyfikacji badań nad występowaniem w środowisku substancji leczniczych wykorzystywanych w produkcji zwierzęcej oraz nad możliwościami zagospodarowania i przetwarzania nawozów naturalnych w taki sposób, aby zminimalizować ryzyko wynikające z faktu transferu antybiotyków i innych leków do środowiska łańcucha rolno-spożywczego. ●

Piśmiennictwo

1. Biakł-Bielińska A., Caban M.: Leki w środowisku – zagrożenia i wyzwania. Raport 2024.
2. Berendsen B. J. A., Wegh R. S., Memelink J., Zuidema T., Stolker L. A. M.: The analysis of animal faeces as a tool to monitor antibiotic usage. „Talanta”, 2015, 132, 258–268.
3. Davis J. G., Truman C. C., Kim S. C., Ascough J. C., Carlone K.: Antibiotic transport via runoff and soil loss. „Journal of Environmental Quality”, 2006, 35, 2250–2260.
4. Ho Y. B., Zakaira M. P., Latif P. A., Saari N.: Occurrence of veterinary antibiotics and progesterone in broiler manure and agricultural soil in Malaysia. „Science of the Total Environment”, 2014, 488–489, 261–267.
5. Hutchings M. I., Truman A. W., Wilkinson B.: Antibiotics: past, present and future. „Current Opinion in Microbiology”, 2019, 51, 72–80.
6. Li Ch., Chen J., Wang J., Ma Z., Ha P., Luan Y., Lu A.: Occurrence of antibiotics in soils and manures from greenhouse vegetable production bases of Beijing, China and associated risk assessment. „Science of the Total Environment”, 2015, 521–522, 101–107.
7. Li Y. W., Wu X. L., Mo Ch., Tai Y. P., Huang X. P., Xiang L.: Investigation of sulfonamide, tetracycline, and quinolone antibiotics in vegetable farmland soil in the Pearl River Delta area, southern China. „Journal of Agricultural and Food Chemistry”, 2011, 59, 7268–7276.
8. Maghsodian Z., Sanati A. M., Mashifana T., Sillanpää M., Feng S., Nhat T., Ramavandi B.: Occurrence and Distribution of Antibiotics in the Water, Sediment, and Biota of Freshwater and Marine Environments: A Review. „Antibiotics”, 2022, 1461, doi: 10.3390/antibiotics11111461.
9. Martinez-Carballo E., Gonzalez-Barreiro C., Scharf S., Gans O.: Environmental monitoring study of

selected veterinary antibiotics in animal manure and soils in Austria. „Environmental Pollution”, 2007, 162, 56–62.

10. Narodowy Program Ochrony Antybiotyków na lata 2016–2020. www.gov.pl/web/zdrowie/narodowy-program-ochrony-antybiotkow-na-lata-2016-2020
11. Pan M., Chu L. M.: Leaching behavior of veterinary antibiotics in animal manure-applied soils. „Science of the Total Environment”, 2017, 579, 466–473.
12. Patyra E., Kwiatek K., Nebot C., Gavilán R. E.: Quantification of veterinary antibiotics in pig and poultry feces and liquid manure as a non-invasive method to monitor antibiotic usage in livestock by liquid chromatography mass-spectrometry. „Molecules”, 2020, 25, 3265, doi: 10.3390/molecules25143265.
13. Rozporządzenie (WE) nr 1831/2003 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 22 sierpnia 2003 r. w sprawie dodatków stosowanych w żywieniu zwierząt.
14. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i (UE) 2019/4 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie wytwarzania, wprowadzania na rynek i stosowania paszy leczniczej, zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1831/2003 Parlamentu Europejskiego i Rady oraz uchylające dyrektywę Rady 90/167/EWG.
15. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2017/625 z dnia 15 marca 2017 r. w sprawie kontroli urzędowych i innych czynności urzędowych przeprowadzanych w celu zapewnienia stosowania prawa żywnościowego i paszowego oraz zasad dotyczących zdrowia i dobrostanu zwierząt, zdrowia roślin i środków ochrony roślin, zmieniające rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 999/2001, (WE) nr 396/2005, (WE) nr 1069/2009, (WE) nr 1107/2009, (UE) nr 1151/2012, (UE) nr 652/2014, (UE) 2016/429 i (UE) 2016/2031, rozporządzenia Rady (WE) nr 1/2005 i (WE) nr 1099/2009 oraz dyrektywy Rady 98/58/WE, 1999/74/WE, 2007/43/WE, 2008/119/WE i 2008/120/WE, oraz uchylające rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 854/2004 i (WE) nr 882/2004, dyrektywy Rady 89/608/EWG, 89/662/EWG, 90/425/EWG, 91/496/EWG, 96/23/WE, 96/93/WE i 97/78/WE oraz decyzję Rady 92/438/EWG (Dz. Urz. UE L 95/1 z 7.4.2017).
16. Traktat o funkcjonowaniu Unii Europejskiej (TFUE). 7.6.2016. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, C 202/1.
17. Ustawa z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu. Dz. U. poz. 105, 2024.
18. Winckler C., Engels H., Hund-Rinke K., Luckow T., Simon M., Steffens G.: Verhalten von Tetracyclinen und anderen Veterinärantibiotika in Wirtschaftsdüngern und Boden. „JFOPLAN”, 2007, 3, 248, Berlin 2003.
19. Wolters B., Widyasari-Mehta A., Kreuzing R., Smalla K.: Contaminations of organic fertilizers with antibiotic residues, resistance genes, and mobile genetic elements mirroring antibiotic use in livestock? „Applied Microbiology and Biotechnology”, 2016, 100, 9343–9353.
20. Wu X. L., Xiang L., Yan Q. Y., Jiang Y. N., Li Y. W., Huang X. P., Li H., Cai Q. Y., Mo C. H.: Distribution and risk assessment of quinolone antibiotics in the soils from organic vegetable farms at a subtropical city, Southern China. „Science of the Total Environment”, 2014, 487, 399–406.
21. www.farmer.pl/produkcja-zwierzecka/trzoda-chlewna/jak-i-czym-czyszcic-instalacje-dopojenia-zwierzat,63336.html
22. Xiang L., Wu X.-L., Jiang Y.-N., Yan Q.-Y., Li Y.-W., Huang X.-P., Cai Q.-Y., Mo C.-H.: Occurrence and risk assessment of tetracycline antibiotics in soil from organic vegetable farms in a subtropical city, south China. „Environmental Science and Pollution Research”, 2016, 23, 13984–13995.
23. Zhao L., Dong Y. H., Wang H.: Residues of veterinary antibiotics in manures from feedlot livestock in eight provinces of China. „Science of the Total Environment”, 2010, 408, 1069–1075.

Krzysztof Kwiatek, e-mail: kwiatek@piwet.pulawy.pl