

Potencjalne zastosowanie grafenu i jego pochodnych w hodowli zwierząt*

Iwona Lasocka¹, Ewa Skibniewska¹,
Michał Skibniewski², Marta Kołnierzak¹,
Zuzanna Gałkowska¹

¹ Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego,
Katedra Biologii Środowiska Zwierząt,
Instytut Nauk o Zwierzętach

² Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego,
Katedra Nauk Morfologicznych,
Instytut Medycyny Weterynaryjnej

Wprowadzenie

Współczesna zootechnika jest dziedziną interdyscyplinarną, obejmującą między innymi zagadnienia z obszarów: technologii żywności, biotechnologii, ekologii, toksykologii, inżynierii genetycznej, medycyny weterynaryjnej oraz nanobiotechnologii. Szeroki zakres realizowanych działań stwarza potrzebę opracowania rozwiązań zootechnicznych, pozwalających na ocenę zagrożeń występujących w chowie i hodowli zwierząt w wyniku stosowania produktów „nano”, zwłaszcza że z każdym rokiem zwiększa się ich dostępność na rynku. Wykorzystanie osiągnięć nanotechnologii będzie bezpieczne i możliwe, pod warunkiem przeprowadzenia ich wnikliwej oceny toksykologicznej oraz ekotoksykologicznej. Mimo że pojawia się coraz więcej publikacji o tej problematyce, nie uzyskano do tej pory jednoznacznej odpowiedzi na pytanie, dotyczące oddziaływania grafenu i jego pochodnych na organizmy zwierząt, uwzględniające różne postaci fizyczne i chemiczne wymienionego materiału, co jest kluczowe w ocenie jego przydatności do zastosowań biomedycznych [1, 2, 4, 18, 24].

Charakterystyka grafenu i jego pochodnych

Odkryty w 2004 roku grafen ma wyjątkowe właściwości, które sprawiają, że jest odpowiednim kandydatem do zastosowania w wielu dziedzinach [8, 24]. Wysoka przewodność elektryczna, stabilność termiczna oraz wytrzymałość mechaniczna grafenu sprzyjają podjęciu badań nad jego zastosowaniem w szerokim zakresie, także w hodowli i utrzymaniu zwierząt. Wykorzystanie grafenu i jego pochodnych w różnych postaciach budzi wielkie nadzieje. Zanim jednak zostaną one wykorzystane, niezbędne są wcześniejsze testy toksyczności, potwierdzające bądź wykluczające ich biokompatybilność.

W 2011 roku Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna (ISO, z ang. International Organization for Standardization) oraz Europejski Komitet Normalizacyjny (CEN,

z fr. Comité Européen de Normalisation) zdefiniowały nanoskalę jako wymiar w zakresie $1 \div 100$ nm. W czerwcu 2022 r. Komisja Europejska, celem ujednoczenia interpretacji terminu „nanomateriał” w prawodawstwie UE opublikowała nowe zalecenia, w tym dotyczące: chemikaliów, nowej żywności, kosmetyków, produktów biobójczych i wyrobów medycznych. Ma to kluczowe znaczenie, ponieważ umożliwia podmiotom regulacyjnym ustanowienie równych warunków działania dla wszystkich zainteresowanych stron (Dz.U.UE.C.2022.229.1).

Obszar potencjalnego zastosowania grafenu i jego pochodnych w hodowli zwierząt obejmuje jego aplikację na powierzchnie: ścian, podłóg, karmideł, poideł i innych elementów ruchomych w budynkach inwentarskich (przede wszystkim działanie przeciwdrobnoustrojowe), ale także bezpośrednio na skórę zwierząt celem przyspieszenia gojenia się ran. Inne obszary zastosowania skupiają się m.in. na właściwościach adsorpcyjnych, które zostaną opisane w dalszej części artykułu. Istotnym problemem badawczym w tym zakresie pozostaje technologia jego nanoszenia, jak i bezpieczeństwo ekologiczne oraz biogodność tkankowa. Bardzo ważna jest także powtarzalność jakości i właściwości finalnego nanomateriału.

Ciekawym kierunkiem wykorzystania grafenu i jego pochodnych jest także ochrona elementów metalowych przed korozją, wykorzystanie jako środka termoprzewodzącego, czujników do identyfikacji cząsteczek substancji szkodliwych, co ma istotne znaczenie w utrzymaniu zwierząt w budynkach zapewniających optymalny mikroklimat pomieszczeń.

Wykorzystanie grafenu w postaci monowarstwy budzi wielkie nadzieje odnośnie do jego zastosowania także w nowoczesnej medycynie regeneracyjnej. Grafen w postaci monowarstwy jest jednorodną, ciągłą warstwą węgla, która na przeważającej jego powierzchni ma grubość jednego atomu. W wymienionej formie dostosowuje się on do powierzchni, na którą jest nanoszony, co przekłada się na jego właściwości i oddziaływanie na komórki [9]. Należy jednak zaznaczyć, że nie istnieje grafen wolny od wad. Defekty w jego strukturze mogą powstawać samoistnie, podczas procesu produkcyjnego, lub mogą być wprowadzane poprzez zmianę właściwości materiału i można je zidentyfikować za pomocą spektroskopii ramanowskiej [12]. Kalbacova i wsp. [9] sugeruje, że uszkodzenia, takie jak: zmarszczki, pośladowanie, kilka warstw ułożonych na sobie lub pęknięcia mogą wywierać działanie biologiczne. Nanopłatki, nanoarkusze grafenu ze względu na dużą tendencję do tworzenia aglomeratów, mogą szybciej sedymentować i ich rzeczywista koncentracja w koloidzie staje się mniejsza [24]. Z kolei tlenek grafenu swą popularność zawdzięcza imponującym właściwościom adsorpcyjnym, które wynikają z jego dużej powierzchni właściwej oraz licznych grup funkcyjnych zawierających atomy tlenu [7]. Jakość i chropowatość grafenu, a w konsekwencji zwilżalność może różnić się w zależności od wielu różnych metod produkcji, a także jego przenoszenia na określone powierzchnie. Dlatego tak ważne jest wnikliwe scharakteryzowanie grafenu bezpośrednio przed

jego aplikacją razem z jego nośnikiem, a ponadto utrzymanie kontroli nad grubością warstwy grafenu oraz zapobieganie wtórnym modyfikacjom na jego powierzchni.

Zastosowanie w rolnictwie i hodowli zwierząt

Z uwagi na celowość i powszechność stosowania środków biobójczych w higienie pomieszczeń jednym z kluczowych/strategicznych zastosowań grafenu i jego pochodnych powinno być działanie przeciwdrobnoustrojowe oraz adsorpcyjne. Po pierwsze grafen i jego pochodne mogą w przyszłości stanowić alternatywę dla środków przeciwdrobnoustrojowych i biobójczych, a z drugiej strony mogą wiązać pozostałości środków używanych w hodowli zwierząt, jednocześnie ograniczając ich szkodliwy wpływ na środowisko naturalne.

Właściwości adsorpcyjne

Grafen wyróżnia się właściwościami adsorpcyjnymi, co może znaleźć zastosowanie w różnych dziedzinach rolnictwa. Horky i wsp. [6] badali *in vitro* zdolność tlenku grafenu (GO) do wiązania miktotoksyn z rozdrobnionej pszenicy. Wykazali jego przydatność w adsorpcji aflatoksyny, zearalenonu i deoksynivalenolu. Ponadto stwierdzili w procesie symulacji trawienia *in vitro*, że obecność matrycy biologicznej w warunkach żołądkowo-jelitowych nie ma wpływu na zdolność adsorpcji oraz że GO wykazuje zdolność do wiązania Mn, Cu i Zn z rozdrobnionej pszenicy odpowiednio w 80%, 60% i 40%. Inne zastosowanie GO jako adsorbenta badali Yuan i wsp. [30] w celu monitorowania nielegalnego stosowania β -agonistów w hodowli zwierząt gospodarskich. Stworzyli oni polimerowy nanokompozyt tlenku grafenu, który w połączeniu z chromatografią cieczą wykrywał śladowe ilości chlorowodoru kloprenaliny i chlorowodoru klenbuterolu w moczu świń. W pracy przedstawiono zalety tej nowej, nieinwazyjnej i swoistej metody analitycznej oraz podkreślono łatwość jej przeprowadzania i niewielkie ilości odczynników zużywanych w trakcie analizy, co jest zgodne z zasadami „zielonej” chemii analitycznej. Z kolei Li i Song [17] wykazali, że tlenek grafenu, w zależności od dawki (od 0,1 do 0,5% suchej masy kompostu) podczas kompostowania obornika świńskiego, poprawiał parametry fizykochemiczne i dojrzałość kompostu, a w szczególności wskaźnik kiełkowania nasion. Dodatek GO znacząco polepszył także degradację materii organicznej i zmniejszył utratę azotu oraz ograniczył mobilność Cu i Zn podczas procesu kompostowania. Autorzy podkreślają jednak, że dalsze badania wymagają oszacowania skutków środowiskowych, wynikających ze stosowania produktów kompostowych z dodatkiem GO, na glebę oraz rośliny.

Działanie przeciwdrobnoustrojowe

Działanie przeciwbakteryjne jest zależne od postaci grafenu i różni się istotnie w zależności, od tego, czy występuje on w postaci płatków, arkuszy, czy monowarstwy, a także w zależności od jego rozmiarów i kształtu oraz od jego modyfikacji np. dołączania grup funkcyjnych, czyli różnych pochodnych grafenu – np. tlenek grafenu. Grafen może być także dekorowany różnymi

cząstkami lub być elementem kompozytu [10, 11]. Według aktualnych doniesień naukowych działanie przeciwbakteryjne grafenu i jego pochodnych może wynikać z uszkodzeń bakterii przez ostre krawędzie wymienionego materiału, ze stresu oksydacyjnego oraz łapania bakterii w pułapkę (ang. trapping), blokującą transport błonowy [7, 28]. Większość badań skupia się na działaniu przeciwbakteryjnym przede wszystkim GO bezpośrednio unieruchamiającego komórki bakteryjne na swojej powierzchni ze względu na dużą pojemność adsorpcyjną [28], choć niektórzy autorzy podważają te doniesienia, sugerując, że działanie przeciwbakteryjne wynika z niewłaściwego oczyszczenia GO z substancji wykorzystywanych podczas jego produkcji [3].

Jaworski i wsp. [7] stworzyli wielofunkcyjny materiał przeciwbakteryjny i przeciwwgrzybiczy będący nanokompozytem z nanocząsteczkami srebra osadzonymi na powierzchni GO, który wykazuje toksyczność wobec bakterii gram-ujemnych (*Escherichia coli*), gram-dodatnich (*Staphylococcus aureus* i *Staphylococcus epidermidis*), patogennych drożdży (*Candida albicans*) i może być obiecującym środkiem przeciwdrobnoustrojowym. Działanie przeciwdrobnoustrojowe poliestrowych włókien tlenku grafenu zaprezentował Lee i wsp. [16], aby ocenić ich skuteczność w systemach uzdatniania wody i pokrewnych produktach. Do oceny wytypowano 7 bakterii chorobotwórczych dla ryb i wykazano, że inkubacja z włóknami tlenku grafenu do 12 h wykazuje ponad 99% skuteczność przeciwbakteryjną w odniesieniu do: *A. hydrophila*, *S. parauberis*, *S. iniae* i *P. piscicola*. Autorzy uważają, że bakterie nieruchliwe i mało ruchliwe są wychwytywane przez włókna GO, podczas gdy bakterie bardziej ruchliwe (*V. scophthalmi*, *V. harveyi*, *E. tarda*) mogą uniknąć kontaktu z nim. Z kolei Saeed i wsp. [22] wykazali skuteczność przeciwdrobnoustrojową tlenku grafenu w zwalczaniu biofilmu *S. aureus* – wyizolowanych z podklinicznych przypadków zapalenia gruczołu sutkowego. W stężeniu 100 $\mu\text{g/ml}$ GO zmniejszyło od 30 do 70% masy biofilmu *S. aureus*, co według autorów sugeruje zdolność GO do zakłócania struktury biofilmu.

Działanie przeciwbakteryjne z użyciem nanostruktur powinno bazować na zapobieganiu adhezji, kolonizacji i proliferacji bakterii oraz hamowaniu wytwarzania biofilmu. Ma to szczególne znaczenie w medycynie regeneracyjnej i gojeniu ran.

Gojenie ran

Potencjalne zastosowanie kliniczne grafenu w medycynie i weterynarii w celu wspomaganie procesu gojenia ran nadal pozostaje dużym wyzwaniem a bezpieczeństwo jego stosowania stanowi nowy obszar badań toksykologicznych i wymaga przyjęcia właściwej strategii w procesie szacowania ryzyka dla zdrowia ludzi i zwierząt.

W badaniach podstawowych wykazano, że monowarstwa grafenu nie jest toksyczna dla komórek L929, powoduje liniową migrację tych komórek w celu zamknięcia sztucznie wytworzonej rany (ang. scratch wound assay), zwiększa liczbę przyczepów ogniskowych (ang. focal adhesions) i proliferację komórek, co sugeruje, że grafen może być korzystny dla regeneracji uszko-

dzonych tkanek [14]. Safina i wsp. [23] oceniali możliwość wykorzystania grafenu jako materiału aktywnego wspomagającego proliferację fibroblastów i wykazali, że utlenione warstwy grafenu miały zdolność do wspomagania proliferacji fibroblastów przy niskiej toksyczności. Autorzy wskazują, że utleniony grafen ma duży potencjał, aby odgrywać korzystną rolę w sztucznych macierzach pozakomórkowych do regeneracji skóry. Inne badania wskazują na cytokompatybilność monowarstwy grafenu z innymi komórkami skóry tj. keratynocytami [12], mezenchymalnymi komórkami macierzystymi [15] i fibroblastami BALB 3T3 [13], NIH 3T3 [20, 21]. W badaniach *in vivo* potwierdzono skuteczne działanie pochodnych grafenu w postaci nanokompozytów/hydrożeli na stymulowanie obkurczania się ran i reepitalizację [25], co powodowało przyspieszenie złożonego procesu gojenia się ran, także zainfekowanych [5, 19, 26, 29]. W powyższych badaniach *in vivo* na myszach i/lub szczurach wykorzystano grafen i jego pochodne m.in. jako: wzmocnienie strukturalne (ang. scaffolding) w celu poprawy właściwości mechanicznych nanomateriału, czynnika przeciwbakteryjnego, fotokatalitycznego oraz składnika preparatu utrzymującego właściwą wilgotność rany, oraz jako nośnika (ang. drug delivery carrier), mającego wpływ na uwalnianie podczas gojenia ran cennych substancji w sposób ciągły (ang. sustained release).

Podsumowanie

Intensyfikacja produkcji zwierzęcej wymaga opracowania i wprowadzenia innowacyjnych rozwiązań w higienie zwierząt oraz pomieszczeń, w których zwierzęta są utrzymywane. Nanotechnologia i nanomateriały są już wykorzystywane w ochronie zdrowia i produkcji zwierzęcej, hodowli i reprodukcji oraz żywieniu zwierząt [27].

Postaci, w jakich grafen może być otrzymywany (monowarstwa, płatki, arkusze), dają szerokie możliwości wprowadzania go do istniejących rozwiązań technologicznych w zakresie wytwarzania efektywnych materiałów, poprawiając ich właściwości mechaniczne, termiczne, elektryczne oraz zapewniając ochronę przeciwdrobnoustrojową.

Niewątpliwie potencjał produktów „nano” na bazie grafenu i jego pochodnych jest olbrzymi i w przyszłości przyczyni się do opracowania i wprowadzenia na rynek innowacyjnych rozwiązań z zastosowaniem w hodowli zwierząt i opiece weterynaryjnej, celem zapewnienia szeroko pojętego dobrostanu zwierząt.

**Powyższe opracowanie przedstawiono w części na XXVII warsztatach zootechnicznych pt. „Transfer osiągnięć technologicznych i naukowych do praktyki rolniczej” w ramach sesji e-posterowej 28-30 czerwca 2024 r., Rybno.*

Literatura: 1. Ali F., Neha K., Parveen S., 2023 – Current regulatory landscape of nanomaterials and nanomedicines: A global perspective, *Journal of Drug Delivery Science and Technology* 80, 104118. 2. Bałaban J., Zielińska M., Wierzbicki M., Ostaszewska T., Fajkowska M., Rzepakowska M., Daniluk K., Sosnowska M., Chwalibog A., Sawosz E., 2021 – Effect of Muscle Extract and Graphene Oxide on Muscle Structure of Chicken Embryos. *Animals* 11(12): 3467. 3. Barbolina I., Woods C.R., Lozano N., Kostarelos K., Novoselov K.S., Roberts

I.S., 2016 – Purity of graphene oxide determines its antibacterial activity. *2D Materials* 3, 025025. 4. Chávez-Hernández J.A., Velarde-Salcedo A.J., Navarro-Tovar G., Gonzalez C., 2024 – Safe nanomaterials: from their use, application, and disposal to regulations. *Nanoscale Advances* 6, 1583-1610. 5. Chen N., Li M., Yang J., Wang P., Song G., Wang H., 2024 – Slow-sculpting graphene oxide/alginate gel loaded with platelet-rich plasma to promote wound healing in rats. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* 12, 1334087. 6. Horky P., Venusova E., Aulichova T., Ridoskova A., Skladanka J., Skalickova S., 2020 – Usability of graphene oxide as a mycotoxin binder: In vitro study. *PLoS ONE* 15(9): e0239479. 7. Jaworski S., Wierzbicki M., Sawosz E., Jung A., Gielerek G., Biernat J., Jaremek H., Łojkowski W., Woźniak B., Wojnarowicz J., Stobiński L., Małolepszy A., Mazurkiewicz-Pawlicka M., Łojkowski M., Kurantowicz N., Chwalibog A., 2018 – Graphene Oxide-Based Nanocomposites Decorated with Silver Nanoparticles as an Antibacterial Agent. *Nanoscale Research Letters* 13, 116. 8. Jesion I., Skibniewski M., Skibniewska E., Strupiński W., Szulc-Dąbrowska L., Krajewska A., Pasternak I., Kowalczyk P., Pińkowski R., 2015 – Graphene and carbon nanocompounds: biofunctionalization and applications in tissue engineering. *Biotechnology & Biotechnological Equipment* 29(3): 415-422. 9. Kalbacova M., Broz A., Kong J., Kalbac M., 2010 – Graphene substrates promote adherence of human osteoblasts and mesenchymal stromal cells. *Carbon* 48, 4323-4329. 10. Kim J., Kang S.H., Choi Y., Lee W., Kim N., Tanaka M., Kang S.H., Choi J., 2023 – Antibacterial and biofilm-inhibiting cotton fabrics decorated with copper nanoparticles grown on graphene nanosheets. *Scientific Reports* 13, 11947. 11. Lange A., Sawosz E., Wierzbicki M., Kutwin M., Daniluk K., Strojny B., Ostrowska A., Wójcik B., Łojkowski M., Gołębiwski M., Chwalibog A., Jaworski S., 2022 – Nanocomposites of Graphene Oxide—Silver Nanoparticles for Enhanced Antibacterial Activity: Mechanism of Action and Medical Textiles Coating. *Materials* 15, 3122. 12. Lasocka I., Jastrzębska E., Zuchowska A., Skibniewska E., Skibniewski M., Szulc-Dąbrowska L., Pasternak I., Sitek J., Hubalek Kalbacova M., 2022 – Graphene 2D platform is safe and cytocompatible for HaCaT cells growing under static and dynamic conditions. *Nanotoxicology* 16(5): 610-628. 13. Lasocka I., Szulc-Dąbrowska L., Skibniewski M., Skibniewska E., Gregorczyk-Zboroch K., Pasternak I., Hubalek Kalbacova M., 2021 – Cytocompatibility of Graphene Monolayer and Its Impact on Focal Cell Adhesion, Mitochondrial Morphology and Activity in BALB/3T3 Fibroblasts. *Materials* 14, 643. 14. Lasocka I., Szulc-Dąbrowska L., Skibniewski M., Skibniewska E., Strupinski W., Pasternak I., Kmiec H., Kowalczyk P., 2018 – Biocompatibility of pristine graphene monolayer: Scaffold for fibroblasts. *Toxicology in Vitro* 48, 276-285. 15. Lasocka I., Jastrzębska E., Szulc-Dąbrowska L., Skibniewski M., Pasternak I., Kalbacova M.H., Skibniewska E.M., 2019 – The effects of graphene and mesenchymal stem cells in cutaneous wound healing and their putative action mechanism. *Int J Nanomedicine* 1, 14:2281-2299. 16. Lee J.H., Yoo H., Ahn Y.J., Kim H.J., Kwon S.R., 2022 – Evaluation of the Antimicrobial Effect of Graphene Oxide Fiber on Fish Bacteria for Application in Aquaculture Systems. *Materials (Basel)* 15(3): 966. 17. Li J., Song N., 2020 – Graphene oxide-induced variations in the processing performance, microbial community dynamics and heavy metal speciation during pig manure composting. *Process Safety and Environmental Protection* 136, 214-222. 18. Liao C., Li Y., Tjong S.C., 2018 – Graphene Nanomaterials: Synthesis, Biocompatibility, and Cytotoxicity. *International Journal of Molecular Sciences* 19(11): 3564. 19. Mei D., Guo X., Wang Y., Huang X.F., Guo L., Zou P., Ge D., Wang X., Lee W., Sun T., Gao Z., Gao Y., 2021 – PEGylated Graphene Oxide Carried

OH-CATH30 to Accelerate the Healing of Infected Skin Wounds. *International Journal of Nanomedicine* 16, 4769-4780. **20. Park J., Kravchuk P., Krishnaprasad A., Roy T., Kang E.H.**, 2022 – Graphene Enhances Actin Filament Assembly Kinetics and Modulates NIH-3T3 Fibroblast Cell Spreading. *International Journal of Molecular Sciences* 23, 509. **21. Ryoo S.R., Kim Y.K., Kim M.H., Min D.H.**, 2010 – Behaviors of NIH-3T3 fibroblasts on graphene/carbon nanotubes: proliferation, focal adhesion, and gene transfection studies. *American Chemical Society Nano* 4(11): 6587-6598. **22. Saeed S., Vivian L., Zalati, C., Mohd S., Nani I., Aklilu E., Mohamed M., Noor A., Muthosamy K., Kamaruzzaman N.**, 2023 – Antimicrobial activities of graphene oxide against biofilm and intracellular *Staphylococcus aureus* isolated from bovine mastitis. *BMC Veterinary Research* 19. **23. Safina I., Bourdo S.E., Algazali K.M., Kannarpady G., Watanabe F., Vang K.B., et al.** 2020 – Graphene-based 2D constructs for enhanced fibroblast support. *PLoS ONE* 15(5): e0232670. **24. Sawosz Chwalibóg E., Grodzik M., Wierzbicki M., Hotowy A., Kutwin M., Jaworski S., Kurantowicz N., Strojny B.**, 2016 – Dylematy nanobiotechnologii. *Przegląd Hodowlany* 5, 3-5. **25. Shanmugam D.K., Madhavan Y., Ma-**

nimaran A., Kaliaraj G.S., Mohanraj K.G. Kandhasamy N., Amirtharaj Mosas K.K., 2023 – Efficacy of Graphene-Based Nanocomposite Gels as a Promising Wound Healing Biomaterial. *Gels* 9, 22. **26. Wang J., Wen Z., Xu Y., Ning X., Wang D., Cao J., Feng Y.**, 2023 – Procedural Promotion of Wound Healing by Graphene-Barium Titanate Nanosystem with White Light Irradiation. *International Journal of Nanomedicine* 18, 4507-4520. **27. Wang K., Lu X., Lu Y., Wang J., Lu Q., Cao X., Yang Y., Yang Z.**, 2022 – Nanomaterials in Animal Husbandry: Research and Prospects. *Frontiers in Genetics* 13, 915911. **28. Wierzbicki M., Jaworski S., Sawosz E. et al.** 2019 – Graphene Oxide in a Composite with Silver Nanoparticles Reduces the Fibroblast and Endothelial Cell Cytotoxicity of an Antibacterial Nanoplatfrom. *Nanoscale Research Letters* 14, 320. **29. Yu Q., Shen C., Wang X., Wang Z., Liu L., Zhang J.**, 2023 – Graphene Oxide/Gelatin Nanofibrous Scaffolds Loaded with N-Acetyl Cysteine for Promoting Wound Healing. *International Journal of Nanomedicine* 18, 563-578. **30. Yuan Y., Nie H., Yin J., Han Y., Lv Y., Yan H.**, 2020 – Selective extraction and detection of β -agonists in swine urine for monitoring illegal use in livestock breeding. *Food Chemistry* 313, 126155.

The potential use of graphene and its derivatives in animal breeding

Iwona Lasocka, Ewa Skibniewska, Michał Skibniewski,
Marta Kołnierzak, Zuzanna Gałkowska

Summary

The potential of 'nano' products based on graphene and its derivatives is enormous and will contribute to the development and commercial introduction of innovative solutions for use in animal breeding and veterinary care, aimed at ensuring animal welfare. Due to the everyday use of biocidal agents for the hygiene of breeding facilities and animals, the crucial strategic applications of graphene and its derivatives should include antimicrobial activity and adsorption. Graphene and its derivatives may in the future become an alternative to antimicrobial and biocidal agents. Furthermore, they may bind residues of agents used in animal breeding from the breeding environment, limiting their harmful impact on the natural environment. The potential clinical use of graphene and its derivatives for wound healing in veterinary and human medicine remains a significant challenge. The safety of their use is a new area of toxicological research and requires the adoption of an appropriate strategy to estimate the risk to human and animal health.

KEY WORDS: antimicrobial effect, biocompatibility, graphene, wound healing

Szanowni Państwo,

W imieniu Komitetu Organizacyjnego mam zaszczyt i przyjemność zaprosić do udziału LXXXIX Zjeździe Naukowym Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego pod hasłem przewodnim „Rolnictwo precyzyjne i chów przyjazny środowisku”, który odbędzie się w dniach od 16 do 19 września 2025 roku w Bydgoszczy.

Wydarzenie naukowe będzie platformą wymiany poglądów i doświadczeń między naukowcami z wielu ośrodków badawczych oraz hodowcami i producentami z całej Polski. W trakcie obrad poruszone zostaną możliwości wdrożenia najnowszych osiągnięć naukowych i technicznych do praktyki zootechnicznej, z uwzględnieniem potrzeb ochrony środowiska rolniczego, zasobów naturalnych i bioróżnorodności.

Organizatorem Zjazdu jest Bydgoskie Koło PTZ, a współorganizatorem Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt Politechniki Bydgoskiej im. J.J. Śniadeckich.



Serdecznie zapraszam do Serca Kujaw
Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego
Prof. dr hab. Dariusz Piwczyński