

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-16-0289****Aspekty cytoprotektivity a cytotoxicity bioaktívnych látok v rôznych podmienkach**Zodpovedný riešiteľ **prof. MVDr. Peter Massányi, DrSc.**Príjemca **Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre - Fakulta biotechnológie a potravinárstva**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Fakulta biotechnológie a potravinárstva
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Department of Zoology of Vertebrates and Human Biology, Institute of Biology, Pedagogical University of Krakow, Krakow, Poland

Department of Animal Physiology, Institute of Biology, Faculty of Exact and Natural Sciences, Pedagogical University of Cracow, Cracow, Poland

Faculty of Agrobiolgy, Food and Natural Resources, Department of Quality of Agricultural Products, Czech University of Life Sciences, Prague, Czech Republic

Department of Agricultural, Environmental and Food Sciences, University of Molise, Campobasso, Italy

University of Bari Aldo Moro, Department of Agricultural and Environmental Sciences, 70126-Bari, Italy

Departamento de Tecnología Agroalimentaria, Universidad Miguel Hernández de Elche, Orihuela, Spain

Department of Life Science and Bioinformatics, Assam University, Silchar, India

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Žiadne.

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

Publikácie v karentovaných časopisoch:

1. Jambor, T. – Greifová, H. – Kováčik, A. – Kováčiková, E. – Tvrdá, E. – Forgacs, Z. – Massányi, P. – Lukáč, N. : Paralel effect of 4-octylphenol and cyclic adenosine monophosphate (cAMP) alters steroidogenesis, cell viability and ROS production in mice Leydig cells. Chemosphere 199 (2018) 747 -754. IF 5.108

2. Slanina, T. – Miškeje, M. – Tirpák, F. – Blaszczyk, M. – Stawarz, R. – Massányi, P. : Effect of taurine on turkey (Meleagris gallopavo) spermatozoa viability and motility. Czech j. Anim. Sci., 63, 2018 (4): 127 - 135. IF 1.047

3. Hleba, L. – Charousová, I. – Cisárová, M. – Kováčik, A. – Kormanec, J. – Medo, J. – Božik, M. – Javoreková, S. : Rapid identification of Streptomyces tetracycline producers by

- MALDI-TOF mass spectrometry. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 2018, vol. 53, No. 12, s. 1083 – 1093. IF 1.563
4. Slanina, T. – Miškeje, M. – Tirpák, F. – Blaszczyk, M. – Formicki, G. – Massányi, P. : Caffeine strongly improves motility parameters of turkey spermatozoa with no effect on cell viability. *Acta Veterinaria Hungarica* 66(1), 2018, s. 137 - 150. IF 1.050
5. Semla, M. – Schwarcz, P. – Mezey, J. – Binkowski, L. – Blaszczyk, M. – Formicki, G. – Greń, A. – Stawarz, R. – Massányi, P. : Biogenic and risk elements in wine from the Slovak market with the estimation of consumer exposure. *Biol. Trace Elem. Res.*, (2018), 184, s. 33 - 41. IF 2.395
6. Kováčik, A. – Tirpák, F. – Tomka, M. – Miškeje, M. – Tvrda, E. – Arvay, J. – Slanina, T. – Gábor, M. – Hleba, L. – Fik, M. – Jambor, T. – Cisarová, M. – Massányi, P. : Trace elements content in semen and their interaction with sperm quality and RedOx status in freshwater fish *Cyprinus caprio*: A correlation study. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 50 (2018): 399 - 407. IF 3.114
7. Vizzarri, F. – Palazzo, M. – Casamassima, D. – Ondruška, L. – Massányi, M. – Tirpák, F. – Formicki, G. – Greń, A. – Massányi, P. : *Lippia citriodora* (verbascoside) extract supplementation: Effect on rabbit semen quality in vivo and in vitro. *Czech Journal of Animal Science*, 64, 2019 (1): 1 – 10. IF 0.810
8. Tirpák, F. – Slanina, T. – Tomka, M. – Židek, R. – Halo, M. Jr. – Ivanič, P. – Greń, A. – Formicki, G. – Stachanczyk, K. – Lukáč, N. – Massányi, P. : Exposure to non-ionizing radiation of public risk prevention instruments threatens the quality of spermatozoid. *Reprod. Dom. Anim.* 2019;54:150 – 159. IF 1.641
9. Kováčiková, E. – Kováčik, A. – Halenár, M. – Tokárová, K. – Chrastinová, L. – Ondruška, L. – Jurčík, R. – Kolesár, E. – Valuch, J. – Kolesárová, A. : Potential toxicity of cyanogenic glycoside amygdalin and bitter apricot seed in rabbits-Health status evaluation. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 2019: 103, 695 – 703. IF 1.736
10. Kováčik, A. – Tvrda, E. – Miškeje, M. – Arvay, J. – Tomka, M. – Zbyňovská, K. – Andreji, J. – Hleba, L. – Kováčiková, E. – Fik, M. – Čupka, P. – Nahácky, J. – Massányi, P. : Trace metals in the freshwater fish *Cyprinus carpio*: Effect to serum biochemistry and oxidative status markers. *Biological Trace Element Research* (2019) 188: 494 – 507. IF 2.650
11. Tokárová, K. – Vašíček, J. – Jurčík, R. – Baláži, A. – Kováčiková, E. – Kováčik, A. – Chrenek, P. – Capcarová, M. : Low dose exposure of patulin and protective effect of epicatechin on blood cells in vitro. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 2019, Vol. 54, No. 6, 459 – 466. IF 1.697
12. Jambor, T. – Greifová, H. – Kováčik, A. – Kováčiková, E. – Massányi, P. – Forgacs, Z. – Lukáč, N. : Identification of in vitro effect of 4-octylphenol on the basal and human chorionic gonadotropin (hCG) stimulated secretion of androgens and superoxide radicals in mouse Leydig cells. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 2019, Vol. 54, No. 8, 759 – 767. IF 1.724
13. Jambor, T. - Kovacikova, E. - Greifova, H. - Kovacik, A. - Libova, L. - Lukac, N. (2019). Assessment of the Effective Impact of Bisphenols on Mitochondrial Activity and Steroidogenesis in a Dose-Dependency in Mice TM3 Leydig Cells. *Physiological research*, 68(4), 689-693. IF 1.655
14. Halo Jr, M. - Massanyi, P. - Gren, A. - Lasak, A. - Slanina, T. - Ondruska, L. – Muchacka, R. – Galbavy, D. – Ivanic, P. – Schneir, E.R. - Formicki, G. (2019). Time and dose-dependent effects of *viscum album quercus* on rabbit spermatozoa motility and viability in vitro. *Physiological research*, 68(6), 955-972. IF 1.655
15. Cisarová, M., Hleba, L., Medo, J., Tančinová, D., Mašková, Z., Čuboň, J., Kováčik, A., Foltinová, D., Božik, M., Klouček, P. (2020). The in vitro and in situ effect of selected essential oils in vapour phase against bread spoilage toxicogenic aspergilli. *Food Control*, 110, 107007. IF 5.548
16. Kovacik, A., Gasparovic, M., Tvrda, E., Tokarova, K., Kovacikova, E., Rolinec, M., Rumanova, L., Capcarova, M., Galik, B. (2020). Effects of humic acid diet on the serum biochemistry and oxidative status markers in pheasants. *Veterinární medicína*, 65(6), 258-268. IF 0.565
17. Jambor, T., Arvay, J., Ivanisova, E., Tvrda, E., Kovacik, A., Greifova, H., Lukac, N. (2020). Investigation of the Properties and Effects of *Salvia Officinalis* L. on the Viability, Steroidogenesis and Reactive Oxygen Species (ROS) Production in TM3 Leydig Cells in Vitro. *Physiological Research*, 69(4), 661-673. IF 1.73

18. Hleba, L., Hlebová, M., Kováčik, A., Šmehýl, P., Hricáková, N., Petrová, J., Shariati, M.A., Čuboň, J. (2020). *Escherichia coli* as a carrier of tetracyclines and penicillins resistance in wild pheasant (*Phasianus colchicus*). *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 55(10), 1201-1209. IF 2.269
19. Massanyi, M., Halo Jr, M., Kovacik, A., Halo, M., Imrich, I., Formicki, G., Mlynekova, E., Massanyi, P. (2020). The effect of induced training on selected equine blood plasma indicators on treadmill trained horses. *Veterinárni medicína*, 65(12), 528-536. IF 0.565
20. Lukac, N., Forgacs, Z., Duranova, H., Jambor, T., Zemanova, J., Massanyi, P., Tombarkiewicz, B., Roxchoudhury, S., Knazicka, Z. (2020). In Vitro Assessment of the Impact of Nickel on the Viability and Steroidogenesis in the Human Adrenocortical Carcinoma (NCI-H295R) Cell Line. *Physiological Research*, 69(5). IF 1.73
21. Massanyi, M., Halo Jr, M., Strapakova, L., Slanina, T., Ivanič, P., Strapakova, E., Strapak, P., Halo, M., Greň, A., Formicki, G., Massanyi, P. (2020). The effect of resorcinol on bovine spermatozoa parameters in vitro. *Physiological Research*, 69(4), 675-686. IF 1.73
22. Kovacik, A., Tvrda, E., Jambor, T., Fulopova, D., Kovacikova, E., Hleba, L., Łukasz M. Kołodziejczyk, Mirosława Hlebova, Agnieszka Gren & Massanyi, P. (2020). Cytotoxic effect of aminoglycoside antibiotics on the mammalian cell lines. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 56(1), 1-8. IF 2.269
23. Jambor, T., Arvay, J., Tvrda, E., Kovacik, A., Greifova, H., & Lukac, N. (2021). The Effect of *Apium Graveolens* L., *Levisticum Officinale* and *Calendula Officinalis* L. on Cell Viability, Membrane Integrity, Steroidogenesis, and Intercellular Communication in Mice Leydig Cells in Vitro. *Physiological Research*, 70(4). IF 1.88
24. Tirpák, F., Greifová, H., Lukáč, N., Stawarz, R., & Massányi, P. (2021). Exogenous Factors Affecting the Functional Integrity of Male Reproduction. *Life*, 11(3), 213. ISSN 2075-1729. IF 3.817
25. Tirpák, F. - Halo, Jr., M. - Tokárová, K. - Binkowski, L.J. - Vašiček, J. - Svoradová, A. - Blaszczyk-Altman, M. - Kováčik, A. - Tvrdá, E. - Chrenek, P. - Lukáč, N. - Massányi, P. 2021. Composition of Stallion Seminal Plasma and Its Impact on Oxidative Stress Markers and Spermatozoa Quality. In *Life*, vol. 11, no. 11, p. 1238. ISSN 2075-1729. IF 3.817
26. Tvrdá, E., Bučko, O., Rojková, K., Ďuračka, M., Kunová, S., Kováč, J., ... & Kačániová, M. (2021). The Efficiency of Selected Extenders against Bacterial Contamination of Boar Semen in a Swine Breeding Facility in Western Slovakia. *Animals*, 11(11), 3320. IF 2.752
27. Knížatová, N., Massányi, M., Kołodziejczyk, Ł. M., Kováčik, A., Tokárová, K., Greň, A., Łukasz J. Binkowski, Grzegorz Formicki, Marcela Capcarová, Peter Massányi & Lukáč, N. (2021). In vivo effects of aflatoxin B1 and benzo [a] pyrene on the heart muscle of chicken embryos. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 1-6. In press. IF 2.269
28. Jambor, T., Knížatová, N., Lukáč, N. Men's reproductive alterations caused by bisphenol A and its analogues: A review. *Physiological Research (online)* ISSN 1802-9973, (print) ISSN 0862-8408. In press. IF 1.881
- Vedecké monografie:
1. Tokárová, K. - Petruška, P. Capcarová, M. 2021. Účinok prírodných látok a mykotoxínov na hematologické parametre sledované na živočíšnom modeli in vivo. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita. 81 s. ISBN 978-80-552-2358-2.
 2. Kňazická, Z., Ďuranová, H., Fialková, V., Bilčíková, J., Lukáč, N. 2021. Potentially toxic elements in relation to sexual steroid hormones. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita. 230 s. ISBN 978-80-552-2404-6.
 3. Jambor, T., Bistáková, J., Lukáč, N. 2020. Identifikácia účinku endokrinných disruptorov v bunkách samčieho reprodukčného systému in vitro. 1. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2020. 124 s. ISBN 978-80-552-2269-1.
 4. Dušan Paál – František Strejček – Peter Massányi. Vplyv taurínu na životaschopnosť spermií v podmienkach in vitro. 1. vyd. Nitra : Univerzita Konštantína Filozofa , 2018. 107 s. ISBN 978-80-558-1320-2.
- Kapitola v knihe:
- Jambor, T. – Greifová, H. – Bistáková, J. – Lukáč, N. : Endocrine disruptors and reproductive health in males. In *Endocrine disruptors*. London, SE 19SG – U.K. (printed in Croatia), 142 s.

Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledky projektu je možné rozdeliť na dve základné časti: Vplyv bioaktívnych látok na samčie reprodukčný potenciál a vplyv bioaktívnych látok a xenobiotík na zdravotný stav živočíšneho organizmu. Jednotlivé výstupy projektu v rámci reprodukčnej časti poskytujú rozsiahlu informáciu o účinkoch prírodných biologicky aktívnych látok, endokrinných disruptorov a xenobiotík na samčie reprodukčný aparát (kvalita ejakulátu, oxidatívny stres spermii, mitochondriálna aktivita, membránová integrita, viabilita a steroidogenéza Leydigových buniek). Prioritou bola identifikácia funkčných a štrukturálnych zmien na molekulárnej úrovni (mitochondriálna aktivita, membránová integrita, medzibunková komunikácia, produkcia hormónov, produkcia reaktívnych foriem kyslíka, antioxidačná aktivita, pohyblivosť a životaschopnosť spermii a pod.) ako aj monitoring zmien základných fyziologických procesov v živočíšnom tkanive. V mnohých prípadoch bolo pozorované obnovenie a zlepšenie reprodukčných či endokrinných funkcií, zvýšená antioxidačná kapacita, modifikácia mitochondriálneho metabolizmu, inhibícia aktivácie apoptických a stresových signálnych dráh či ovplyvnenie biochemických markerov čo poukazuje na výrazný protektívny účinok niektorých biologicky cenných molekúl. Následná experimentálna in vivo časť poskytuje mnoho informácií potrebných pre zhodnotenie možnej toxicity, ako biologicky aktívnych látok, tak aj xenobiotík na živočíšny systém v laboratórnych a prirodzených podmienkach. Hlavné vyšetrovacie metódy zamerané na biochemické, hematologické a RedOx markery nám dávajú jasnú informáciu o limitných množstvách polutantov a bioaktívnych látok. Hlavným cieľom experimentov zameraných na živočíchy v prirodzenom prostredí, bolo sledovanie vplyvu polutantov ako komplex pôsobiacich látok, keďže v takomto prostredí nepôsobia látky jednotlivo. Interakcia jednotlivých sledovaných látok navrhla novú koncepciu hodnotenia vplyvu environmentálnych polutantov. Kontinuálna laboratórna činnosť počas celej realizácie projektu bola navrhnutá tak, aby zabezpečila zisk kvalitných vedeckých dát, čo prezentuje najmä počet karentovaných vedeckých publikácií. Zároveň sa otvárajú ďalšie diskusie v nadväznosti na fakty, ktoré vznikli počas riešenia projektu.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Predkladaný projekt sa zaoberal analýzou vybraných rizikových faktorov životného prostredia (xenobiotík), bioaktívnych, bioprotektívnych látok, ich vzájomných korelácií a vplyvom na zdravotný stav zvierat a následne aj človeka ako posledného článku potravinového reťazca. V rámci projektu bolo na základe schválených etáp realizovaných niekoľko výskumných úloh, z ktorých rezultovalo celkovo 154 publikácií, z toho 34 karentovaných a 4 monografie. Hlavnými cieľmi projektu bolo skúmanie vplyvu vybraných xenobiotík, bioaktívnych, a bioprotektívnych látok na živočíšne tkanivá, bunky, reprodukčný potenciál, štúdium ekotoxikologických interakcií a ich účinky na ukazovatele zdravia zvierat v prirodzených a modelových podmienkach.

Hlavným cieľom experimentálnych analýz prvej a druhej etapy projektu bolo príprava a extrakcia prírodných produktov (rastlín, makroskopických húb a silíc), stanovenie presného zloženia prírodných extraktov, kedy využitím chromatografických metód vznikajú jednotlivé frakcie a antimikrobiálne účinné frakcie. Rastlinný materiál určený na extrakciu biologicky aktívnych látok bol na základe extrakčného postupu spracovaný a pripravený pre ďalšie analytické postupy. V rámci tejto etapy projektu bola odpublikovaná 1 WoS publikácia s potvrdeným vplyvom na mikrobiálny enzymatický antioxidačný systém a 1 karentovaná publikácia s potvrdeným antifungálnym, antitoxikogénnym a antisporulačným účinkom vybraných esenciálnych olejov.

V ďalšej etape projektu sme sa zaoberali vplyvom bioaktívnych látok a xenobiotík na reprodukčný potenciál živočíchov, kde bol jednoznačne potvrdený pozitívny efekt taurínu na kvalitu ejakulátu králikov, ošípaných a žrebčov; taurínu a kofeínu na kvalitu ejakulátu moriek; Lippia citriodora a verbascoside na kvalitu ejakulátu králika, rezincinol na kvalitu ejakulátu býkov a Viscum album na kvalitu ejakulátu žrebčov a králikov. Negatívny vplyv environmentálnych polutantov na reprodukčný potenciál (kvalita ejakulátu a RedOx markery) rýb, žrebčov, býkov, kancov a moriakov v prirodzených podmienkach bol potvrdený. V rámci tejto etapy projektu bolo publikovaných 26 publikácií z toho 9 karentovaných.

Nasledujúcu etapu môžeme zhrnúť ako štúdium ekotoxikologických interakcií, účinky xenobiotík, ako aj bioaktívnych látok na zdravie zvierat in vivo. V rámci experimentov bol

hodnotený zdravotný stav (biochemické a hematologické parametre) a oxidatívny stres rôznych živočíšnych druhov (potkan, králik, ovce, ryby, bažant, kôň) v asociácií s bioaktívnymi látkami a toxikantami. V rámci experimentov boli stanovené potenciálne toxické dávky xenobiotík a bioaktívnych látok u sledovaných živočíšnych druhov. V rámci tejto etapy projektu bolo publikovaných 28 publikácií z toho 5 karentovaných. Posledná etapa projektu bola orientovaná na determináciu účinku vybraných toxikantov a bioaktívnych látok s využitím živočíšnych bunkových modelov v podmienkach in vitro. Ide predovšetkým o sledovanie sekrečnej a funkčnej aktivity buniek reprodukčného systému samcov, degenerácii semenotvorného epitelu, poruchách vývoja a funkcie spermíí či vzniku oxidatívneho stresu. Cielená identifikácia a opis špecifických interných či externých molekúl zúčastňujúcich sa bunkovej odpovede na vnútorné i vonkajšie podnety má zásadný význam pre ochranu či zachovanie kvality ľudského i živočíšneho zdravia. V rámci tejto etapy projektu bolo publikovaných 21 publikácií z toho 11 karentovaných. Početné experimenty poukazujú na fakt, že doplnky stravy pozostávajúce z rôznych prírodných biomolekúl majú blahodárne a ochranné účinky na celkový zdravotný stav, metabolickú aktivitu a reprodukčné parametre laboratórnych i hospodárskych zvierat. Na druhej strane v mnohých prípadoch vplyva na funkčnosť organizmu celé spektrum najrôznejších druhov toxikantov od pesticidov, cez ťažké kovy, endokrinné disruptory a podobne. V tomto prípade môže ich paralelné pôsobenie iniciovať nástup patologických stavov. Voči pôsobeniu xenobiotík je vysoko senzitívny samčí reprodukčný systém. Potvrdené boli nezvratné zmeny na úrovni funkčných parametrov spermíí, Leydigových buniek, Sertolihových buniek ako aj degradácia semenotvorného epitelu či poruchy vývoja pohlavných orgánov. Projekt bol zameraný na štúdium efektov environmentálnych toxikantov, no zároveň sleduje potenciálne účinky bioaktívnych látok na fyziologické procesy či intracelulárny metabolizmus s možnosťou maximálnej eliminácie negatívnych dopadov ako aj aplikácie ochrany ľudského a živočíšneho zdravia.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

The presented project dealt with the analysis of selected environmental risk factors (xenobiotics), bioactive, bioprotective substances, their mutual correlations and the impact on the health of animals and subsequently humans as the last link in the food chain. Within the project, several research tasks were carried out on the basis of approved stages, of which a total of 154 publications resulted, of which 34 were current content and 4 monographs. The main objectives of the project were to investigate the impact of selected xenobiotics, bioactive and bioprotective substances on animal tissues, cells, reproductive potential, study of ecotoxicological interactions and their effects on animal health indicators in natural and model conditions. The main goal of the experimental analyzes of the first and second stages of the project was the preparation and extraction of natural products (plants, macroscopic fungi and essential oils), determination of the exact composition of natural extracts, which uses chromatographic methods to create individual fractions and antimicrobial active fractions. The plant material intended for the extraction of biologically active substances was processed on the basis of the extraction procedure and prepared for further analytical procedures. Within this stage of the project, 1 current content publication was published with a confirmed antifungal, antitoxicogenic and anti-sporulation effect of selected essential oils. In the next stage of the project, we dealt with the influence of bioactive substances and xenobiotics on the reproductive potential of animals, where the positive effect of taurine on the quality of ejaculate in rabbits, pigs and stallions was clearly confirmed; taurine and caffeine for turkey ejaculate quality; Lippia citriodora and verbascoside on rabbit ejaculate quality, resircinol on bull ejaculate quality and Viscum album on stallion and rabbit ejaculate quality. The negative impact of environmental pollutants on the reproductive potential (ejaculate quality and RedOx markers) of fish, stallions, bulls, boars and turkeys in natural conditions has been confirmed. Within this stage of the project, 26 publications were published, of which 9 were current content. The next stage can be summarized as a study of ecotoxicological interactions, the effects of xenobiotics as well as bioactive substances on animal health in vivo. The experiments evaluated the health status (biochemical and hematological parameters) and oxidative

stress of various animal species (rat, rabbit, sheep, fish, pheasant, horse) in association with bioactive substances and toxicants. The experiments determined potential toxic doses of xenobiotics and bioactive substances in the monitored animal species. Within this stage of the project, 28 publications were published, of which 5 current content.

The last stage of the project was focused on determining the effect of selected toxicants and bioactive substances using animal cell models in vitro. It is mainly about monitoring the secretory and functional activity of cells of the male reproductive system, degeneration of the seminiferous epithelium, disorders of sperm development and function or the development of oxidative stress. Targeted identification and description of specific internal or external molecules involved in the cellular response to internal and external stimuli is essential for the protection or maintenance of human and animal health. Within this phase of the project, 21 publications were published, of which 11 were current content.

Numerous experiments point to the fact that dietary supplements consisting of various natural biomolecules have beneficial and protective effects on the overall health, metabolic activity and reproductive parameters of laboratory and farm animals. On the other hand, in many cases, the functioning of the organism is affected by a whole spectrum of various types of toxicants from pesticides, through heavy metals, endocrine disruptors and the like. In this case, their parallel action may initiate the onset of pathological conditions. It is a highly sensitive male reproductive system against xenobiotics. Irreversible changes in the level of functional parameters of sperm, Leydig cells, Sertoli cells as well as degradation of the seminiferous epithelium or disorders of genital development were confirmed.

The project focused on the study of the effects of environmental toxicants, but also monitors the potential effects of bioactive substances on physiological processes or intracellular metabolism with the possibility of maximum elimination of negative impacts as well as the application of human and animal health.