



ИННО ХИМИ ЛАБ ХХК

МЭДЭЭЛЛИЙН НЭР:

Хүрээлэн буй орчин дахь органик бохирдлуудын эрсдлийн үнэлгээ, хяналт мониторинг, болон тэдгээрийн шилжилт, хувиралт:

2019-2023 онуудын Хүрээлэн буй орчны шинжлэх ухаан, технологийн хэвлэлийн (Critical Review in Environmental Science and Technology, CREST) -ийн мэдээллүүд

Oyundelger Nataa

Дэд захирал

Утас: 77051414

И-мэйл: info@innocchem.mn

Вэбсайт: www.medimpex.mn

Фэйсбүүк:

Инно лаборатори

Agilent Demo Center

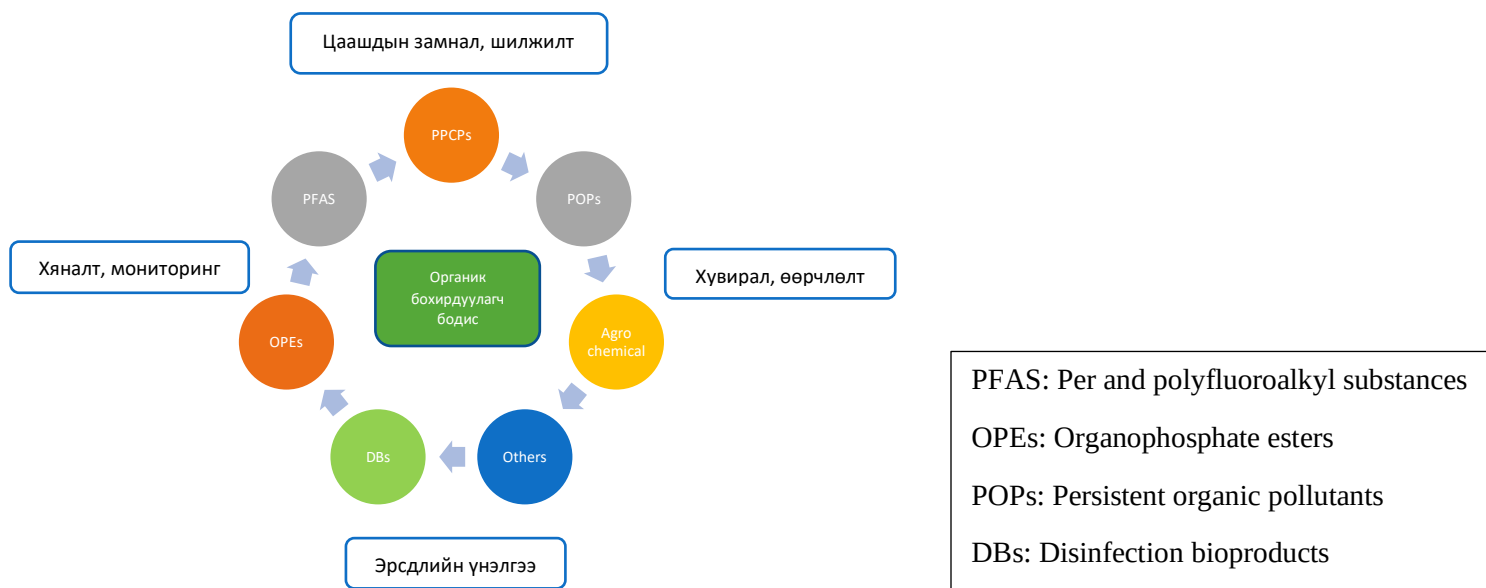
Мэдээллийн эх сурвалж: [Monitoring, fate and transport, and risk assessment of organic pollutants in the environment: CREST publications during 2019–2023 \(tandfonline.com\)](#)

Department of agriculture, University of Arkansas at Pine Bluff, Pine Bluff, ar, USA; Department of Environmental and Occupational health, University of Pittsburgh School of Public health, Pittsburgh, PA, USA; Department of Civil and Environmental Engineering, University of Pittsburgh Swanson School of Engineering, Pittsburgh, PA, Usa; UPMC Hillman Cancer Center, Pittsburgh, Pa, Usa; Institute of Soil and Water Resources and Environmental Science, College of Environmental and Resource Sciences, Zhejiang University, Hangzhou, China

Хүрээлэн буй орчин дахь органик бохирдлуудын эрсдлийн үнэлгээ, хяналт мониторинг болон тэдгээрийн шилжилт, хувиралт: 2019-2023 онуудын Хүрээлэн буй орчны шинжлэх ухаан, технологийн хэвлэлийн (Critical Review in Environmental Science and Technology, CREST)) -ийн мэдээллүүд

Абстракт

Органик бохирдуулагч бодис нь хүний эрүүл мэндэд аюул учруулж болзошгүй эрсдлүүдийн нэг бөгөөд экологийн тэнцвэргүй байдал үүсэхэд чухал үүрэг гүйцэтгэдэг. Органик бохирдуулагч химийн бодисуудын талаархи судалгааны цар хүрээ улам тэлж хувьсан өөрчлөгдөж байгаа бөгөөд үүнд нөлөөлж буй хүчин зүйлдэд аж үйлдвэрийн хөгжил дэвшил, шинжлэх ухааны шинэ нээлтүүд, хууль эрх зүйн дүрэм журмын хэрэгжүүлэлтүүд нөлөөлж байна.



Хүрээлэн буй орчны шинжлэх ухаан, технологийн (CREST) тойм сэтгүүлд 2019-2023 онд хэвлэгдсэн хүрээлэн буй орчны бохирдуулагч бодисын талаархи 30 орчим өгүүлүүд дээр нарийн судалгаа хийх замаар органик бохирдуулагчдын байгаль орчин дахь цаашдын замнал, тархцын талаарх ерөнхий чиг хандлагыг сайн гаргаж болж байна.

Энэхүү дүгнэлт нь сүүлийн үеийн хоёр талбарт гарч буй дэвшлээр тодорхойлогдож байна:

(1) шинэ хяналт, мониторинг хийдэг технологиудын үр дүнд (мэдрэгч, хандлалтын аргууд, био-индикатор, радио идэвхт мөрдөн тандалт); болон

(2) органик бохирдуулагчийн цаашдын байгаль орчин дахь замнал буюу шилжилт, эрсдлийн үнэлгээгээр тус тус тодорхойлогдож байна.

Гэсэн хэдий ч органик бохирдуулагч бодисын судалгааг хийхэд илүү сайн хянах чадамжтай тоног төхөөрөмж, хэрэгсэл, матрицаас хамааралтай хувиргалтын аргууд, бодит байдлыг дүгнэх чадамжтай эрсдлийг үнэлэх арга хэрэгслэлүүд шаардлагатай болдог. Органик бохирдуулагчийг хянах, зохицуулах онцгой шинэ стратегийг хөгжүүлэхдээ экосистемд нөлөөлж буй орчин нөхцөлтэй хослуулж үнэлэх нь хамгийн чухал юм.

KEYWORDS Biomarker and radioactive tracer; transformation and toxicity; sensor and extraction method; emerging organic pollutants; human health; matrix-related transformation¹.

Өмнөх үг

Органик бохирдуулагч бодис нь хүний эрүүл мэнд болон экологийн тогтвортой байдалд бодитоор аюул учруулдаг учир **ихээхэн анхаарал** татаж байдаг (Gwenzi et al., 2018). Өнгөрсөн хугацаанд гарсан судалгаанаас харахад эдгээр бохирдуулагч бодисууд тогтвортой удаан хугацаанд оршин биохуримтлал үүсгэх чадамжтай байгааг онцлон тодотгож байгаа нь эдгээр бодисуудын хүний болон экологийн эрүүл мэндэд хор хөнөөл үзүүлэх нөлөөлөлтэй болохыг яахын аргагүй харуулж байна (Alharbi et al., 2018). Эдгээр бохирдуулагчдын улмаас хүмүүст дааврын хямрал, бие махбодийн үйл ажиллагааны алдагдлаас эхлээд элэгний хорт хавдар, дархлааны системийн хомсдол зэрэг эрүүл мэндийн олон хүндрэлүүдийг үүсгэж чадна (Vos et al., 2000).

Экосистемд ч мөн адил биологийн төрөл зүйлийн доройтлыг бий болгож, зорилтот бус амьд бодгалиудад хор хөнөөл учруулж, хоол тэжээлийн дээд түвшинд байх том араатан амьтдын тоо толгой эрс буурч, ус болон далайн орчинд нөлөөлснөөс үүдэлтэй замагны хэт их ургалтыг өдөөж байдаг (Bezerra et al., 2019; Рийд et al., 2019). Ийм учраас бохирдуулагч органик бодисууд тэдгээрийн хог хаягдлууд нь хүний эрүүл мэнд болон экологийн аль алинд нь удаан хугацааны турш хортой байхаас гадна гарч буй нөлөөллүүд нь олон талаар илэрдэг.

Органик бохирдлын судалгаанд хамруулдаг химийн бодисууд нь аж үйлдвэржилтийн хөгжил, шинжлэх ухааны нээлт, хууль дүрмийг хэрэгжүүлэлтийн байдлаас хамаарч өөрчлөгдөж байна (Sousa et al., 2018). Энэ судалгаа нь 2000-аад оны үеийн удаан хугацаанд задардаг органик бохирдуулагч бодисуудаас эхлээд сүүлийн үед шинээр үүсч буй бохирдуулагчид болон эм тариа, хувийн ариун цэврийн бүтээгдэхүүн (PPCP) болон per-per-poly-fluoroalkyl substances (PFAS) (Christensen et al., 2022) хүртэл өргөжин тэлэх болсон. Зарим органик бохирдуулагч нь дааврын системийн үйл ажиллагааг алдагдуулж, дотоод шүүрлийн үйл ажиллагааг саатуулагчид байдаг тул ингэснээр нөхөн үржихүйн болон хүний ердийн хөгжлийн үйл ажиллагаанд асуудлууд үүсгэхэд хүргэдэг бөгөөд зарим нь антибиотикт тэсвэртэй болгох замаар хүн амын эрүүл мэндэд эрсдэл ч үүсгэж байна (Schug et al., 2011). Түүнчлэн, PFAS-ын төрлийн бодисууд задралд орохгүйгээр удаан хугацаанд байснаар усны эх үүсвэрийг бохирдуулдаг бөгөөд үүнээс улбаатай эрүүл мэндийн хэвийн хөгжилд асуудлууд үүсгэх ба эдгээрт элэгний хор болон хүний дархлааны системийн хэвийн ажиллагаа алдагдахад хүрдэг байна (Bell et al., 2021). Удаан хугацаанд задардаг органик бохирдуулагч бодисоос эхлээд шинээр гарч ирж буй органик бохирдуулагчдыг хамруулсан органик бохирдуулагч бодисын судалгаа улам хөгжсөөр байгаа тул бидний мэдлэг нэмэгдэж эдгээрийг тодорхойлох, хүрээлэн буй орчинд эдгээрийн нөлөөллийг бууруулах арга хэмжээ авах чадамж мөн адил нэмэгдсээр байна.

Сүүлийн үеийн судалгааны ололт дэвшлийн үр дүнд органик бохирдуулагч бодисын шинж чанар, тэдгээрээс үүдэлтэй болзошгүй эрсдлийн талаархи бидний ойлголтыг баяжуулсаар ирлээ. Шинжилгээний аргад гарч буй хөгжил дэвшил, органик бохирдуулагчийн судалгааны шинэлэг арга барилууд нь энэ төрлийн маш олон

бодисуудын шилжилт, өөрчлөлтийн механизмын нууцлаг байдлыг ил болгож ингэснээр илүү нэгдсэн ойлголттойгоор ажиллахад тус болж байна. Мөн зэрэгцээд, эрсдлийн үнэлгээний загварчлалд чухал ахиц дэвшил гарч байгаа нь хүний эрүүл мэнд, экосистемд үзүүлэх нөлөөллийг илүү нарийн хэмжээгээр тооцоолох боломжийг олгож байна. 2019-2023 оны хооронд Хүрээлэн буй орчны шинжлэх ухаан, технологийн (CREST) тойм сэтгүүлд органик бохирдуулагч бодисын талаар 30 гаруй нийтлэл хэвлэгдсэн байдаг бөгөөд эдгээр нь гол органик бохирдуулагчдын эрсдлийн үнэлгээг тодорхойлох, мөн тэдгээрийн шилжилт, өөрчлөлтийг хянахад зардал багатай, өндөр мэдрэмжтэй мониторингийн технологиудыг ашигласан талаархи сэдвүүдийг хөндсөн байдаг. Энэхүү нэгтгэн багцлан хүргэж буй мэдээллийн зорилго нь байгаль орчинд органик бохирдуулагчдын талаарх хамгийн сүүлийн үеийн мэдээлэл, мэдлэгийн тоймыг хүргэхийг зорьж байна. Мөн түүнчлэн, орчин үеийн судалгаанд гарч буй хоосон орон зайг болон ирээдүйн судалгааны чиг хандлагыг тодорхойлохыг эрэлхийлж байгаа юм.

Мониторинг, хяналтын технологиуд

Дэвшилтэт технологиуд болох хийн хроматограф, шингэний хроматограф, тэдгээрийн масс спектрометрийн хослол зэрэг нарийн аналитик шинжилгээний аргууд нь бохирдуулагч органик бодисуудыг илрүүлэх, тэдгээрийн тоо хэмжээг тодорхойлоход хувьсгал авчирсан юм. Ялангуяа эдгээр аргуудын хүрээнд хэцүү төвөгтэй матрицтай ажиллах чиглэлд хийсэн шинжлэх ухааны судалгааны үр дүнд экстракцийн буюу хандлалтын шинэ нээлтүүд нь шинэ түвшинд хүргэж чадсан. Хандлалтын аргын хувьд уламжлалт техникүүд болох шингэн шингэний хандлалт, хатуу фракцын хандлалтын (SPE) аргууд нь илүү сүүлийн үеийн шинэ технологиуд болох хатуу фазын микро экстракц болон stir bar sportive экстракцийн аргуудаар улам баяжигдан сайжирч байна. Мэдрэх чадамж болон сонгомол чадамжууд нь улам сайжирч байгаа учраас ул мөр төдий байх бохирдуулагчид, үүний дотор шинээр үүсч буй бохирдуулагчид болох PPCPs болон PFAS-ыг хандлан гаргаж авахад илүү дэвшилтэт технологиуд бий болсон. Биомаркерүүд нь биологийн хувьд нөлөө үзүүлдэг органик бохирдуулагчийг ил гаргаж өгдөг бол цацраг идэвхит мөшгөгчид нь бохирдуулагчдын хөдөлгөөний тархалтыг нарийн хянах боломжийг олгож ингэснээр органик бохирдуулагч хяналтын нарийвчлалыг сайжруулдаг. 2019-2023 оны хооронд Хүрээлэн буй орчны шинжлэх ухаан, технологийн (CREST) тойм сэтгүүлд хамгийн сүүлийн үеийн мониторингод ашиглаж буй технологиудын талаар 11 тойм судалгааг хэвлэсэн байдаг ба эдгээр нь зөвхөн органик бохирдуулагчдын шинжилгээг хийгээд зогсохгүй органик бохирдуулагчдын эрсдлийн үнэлгээ болон судалгааг илүү үр дүнтэй болгох боломжийг олгож байна.

2.1. Мэдрэгчид болон биомаркерууд

Мэдрэгчдийн хувьд хямд өртөгтэй, хэрэглэхэд хурдан, тухайн зорилтот бүлэгт чиглэсэн технологи бөгөөд хөгжлийн хувьд нилээн сайжирсан. Эдгээр сайжруулалтын үр дүнд зөөврийн, жижигхэн, болсноос гадна мэдрэх чадамж өндөртэй байж яг тухайн орчинд шууд газар дээр нь органик бохирдуулагчдын хяналтыг хийж байна. Эдгээр мэдрэгчидэд, гэрлийн, цахилгаан химийн мэдрэгчид хамаарах бөгөөд эдгээр нь хариуг хурдан гаргадаг, ашиглахад хялбар, удаан хугацаанд хяналтыг тавих боломжтой гэх мэт давуу талуудыг олгодог. Энэ сэдвээр гурван нийтлэлийг Kudlak, Wiczerzak (2020), Kumar et al. (2019), Sarfo et al. (2019) нар бичсэн байна.

Kudlak болон Wiczerzak (2020) Kudlak нарын зүгээс богино гинжит олигонуклеотидууд болох аптамеруудын синтезийн арга болон аппликацийн талаар онцгой дүгнэлтийг гаргаж эдгээрийн зорилтот бохирдуулагч молекулуудтай тодорхой, сонгомол байдлаар харилцаа үүсгэдэг онцлог чанаруудыг нь ашиглах талаар санал дэвшүүлсэн байдаг. Маш олон төрлийн мэдрэгчид аптаметрүүдийг хамгийн гол элемент болгож электрохимийн апт мэдрэгчээс эхлээд гэрлийн, болон массын хамааралтай мэдрэгчдийн талаар тайлбаруудыг хийсэн байх бөгөөд аптаметрт суурилсан мэдрэгчид нь амьтнаас хамааралтай эсрэг биетэд суурилсан урсгалын шинжилгээний оронд хэрэглэх боломжтой ирээдүйтэй хэмээн онцолсон байдаг. Сүүлийн үед лабораторийн шинжилгээнд хэрэглэж буй аптаметрийн хөгжилд гарч буй давуу тал болон сорилтуудын тухайд зохиогчдын зүгээс хэлэхдээ аптаметрийн хөгжилд суурилсан хэрэгслэлийг ирээдүйд илүү практикт бүтээмжтэй ашиглахын тулд салбар хоорондын уялдаа холбоог сайжруулах зайлшгүй шаардлагатай болохыг цохон тэмдэглэсэн.

Ууршитмгай органик нэгдэл (VOCS)-үүдийг илүү үр ашигтай мэдрэх хэрэгцээ шаардлага өсөн нэмэгдэж байгаа нь металл-органик цар хүрээний (MOFs) үнэ цэнийг тодруулж байна. Тэдгээрийн гадаргуугийн онцгой шинж чанар болон биологийн нийцэх чадамжийг харгалзан үзвэл MOF-г Ууршитмгай органик нэгдэл илрүүлэхэд зориулсан хүчирхэг материал гэж үздэг. Гэсэн хэдий ч MOF -уудын органик лигандууд нь ихэвчлэн цахилгаан дамжуулалт болон цэнэгийн хөдөлгөөнийг хязгаарладаг байна. Kumar et al. (2019) нар ууршитмгай органик нэгдлүүдийг илрүүлэхэд зориулсан металл-органикуудыг ашиглан төрөл бүрийн электро-химийн мэдрэгчийн загварын стратеги, хэрэглээг судалсан. Үүнд, химийн урвалын явцыг хянадаг элетролитийн дамжуулалтыг хэмжих conductometric, уусмалын концентрацийг хэмжих potentiometric, амперометрийн мэдрэгчүүд, цахилгаан дамжуулалтыг сайжруулах зорилгоор синтезийн дараах doping, tagging/functionalization процесуудад ач холбогдол өгөх дизайнуудыг онцгойлон авч үзсэн байдаг. Олж авсан мэдлэг нь MOFs-д суурилсан электрохимийн мэдрэхүйн төхөөрөмжүүдийн гүйцэтгэлийг дээд зэргээр хангах зохих удирдамжийг хөгжүүлэхэд тусалдаг.

Талбайн нөхцөлд хэрэглэх аналитик мэдрэмж, тохиромжтой байдлыг нь харгалзан үзвэл гадаргууг сайжруулсан Раман спектроскоп (SERS) нь байгаль орчинд дахь янз бүрийн матрицад агуулагдах хортой бодисуудыг илрүүлэх чадамжаараа алдартай аналитик багаж юм. Sarfo et al. (2019) нь гадаргууг сайжруулсан Раман спектроскоп (SERS) багажны гадаргуутай харьцах хөгжүүлэлтийг хийхэд хатуу платформын давуу талыг онцлон тэмдэглэж, олон янзын морфологи, өндөр нягтралтай наноструктур, анхаарал татахуйц олон байршлуудыг бий болгоход чухал үүрэгтэй болохыг онцлон тэмдэглэсэн. Тэд SERS-ийн хүрэлцэх давхаргын талаархи судалгаа, тэдгээрийн шинж чанар, харилцан нөлөөллийг судлахын тулд индиум тин хүчил, нүүрсхүчлийн нанотуб зэрэг сүүлийн үеийн ололт, шинэ материалуудыг бас судалж байна. Мөн тэд SERS-ийн мэдрэмтгий чанарыг сайжруулах талаар ирээдүйд судалгаа хийх санал тавьсан бөгөөд тухайлбал, дамжуулалтын нано бүтэцтэй материалууд болон тэдгээрийн хэрэглээг хоёрдмол мэдрэгч болон плазмонтой хослуулах чиглэлээр судалгааг хийхээр төлөвлөж байна.

Мэдрэгчүүдээс гадна биомаркеруудыг органик бохирдуулагч бодисын судалгаанд ч ашигладаг бөгөөд Олон цагирагт Ароматик нэгдлүүд (PACS) нь усан орчинд, ялангуяа загасны эрүүл мэндэд ихээхэн хортой аюул учруулдаг. Dearnley et al. (2022) богино хугацаанд биомаркер болгон цөсөнд PAC MOF метаболитыг ашиглах үүргийг онцлон тэмдэглэсэн ба эдгээр метаболитыг загасны цөсөнд байхад нь шинжлэх олон аргуудын талаар ярилцсан байдаг. Тэд сүүлийн үед энэхүү аргын гол ололт, шинэлэг хэрэглээг бий болгосон байгаль орчны мониторингийн судалгааг харьцуулсан байна. Тухайлбал, биомаркеруудыг ашиглан газрын тос асгарснаас үүдэлтэй PACS-ын бохирдлын хэмжээг хэмжих, гамшигт нэрвэгдсэн бүс нутгийн сэргэлтийг хянах, хохиролгүй бүс нутагт PACS-ын хяналтын суурь түвшинг тогтоох, хот орчмын усны урсцын бохирдлыг үнэлэх зэрэг юм. Цаашид биомаркерт суурилсан байгаль орчны мониторингийн цар хүрээг өргөжүүлэхийн тулд тасралтгүй судалгаа хийх шаардлагатай бөгөөд олон төрөл зүйлийн загасанд хорт бодисын үзүүлэх нөлөөллийн суурь босгыг бий болгож, үхэлд хүргэхгүй аргаар дээж авах аргыг судлах шаардлагатай байгааг тэд онцоллоо.

2.2. Цацрагийн идэвхийг мөрдөх Radioactive tracer

Химийн нэгдэл тус бүрд суурилсан изотопын шинжилгээ (Compound-specific isotope analysis, CSIA) нь органик бохирдуулагч эх үүсвэрүүдийг ялгах, бохирдол үүсгэж буй эх үүсвэрүүдийг мөрдөх, нөхөн сэргээх стратегийг үнэлэх замаар органик бохирдуулагчийн судалгааг сайжруулахад тусалдаг бөгөөд ингэснээр органик бохирдуулагч гарал үүсэл, замналын талаархи илүү онцлог ойлголт, мэдээллээр хангадаг. Энэ сэдэв дээр Xiong et al. (2022b), Ya et al. (2022) болон McDonald et al. (2022) зэрэг 3 нийтлэл бичгдсэн байна.

Xiong et al. (2022b) нь бромжуулсан органик нэгдлүүдийн эх үүсвэр, цаашдын замналыг тодорхойлоход CSIA-ийн багажны гүйцэтгэх үүргийн талаар ярилцаж, сүүлийн үед индукцийн плазматай хосолсон масс спектрометр, MS; (ICP-MS)-тай Масс Спектрометр болон хийн хроматографийг холбосон олон ион цуглуулагчтай байх үеийн хийн хроматографийн шатах изотопийн харьцааны талаархи сүүлийн үеийн дэвшлүүдийг онцлон тэмдэглэсэн байна. Түүнээс гадна, зохиогчид кинетик изотопын нөлөөний үнэлгээг судалж, биохимийн хариу үйлдэл үзүүлэх

механизмын талаар чухал ойлголтуудыг өгсөн. Ya et al. (2022) нь аромат бохирдуулагч бодисын эх үүсвэрийг нарийвчлал өндөртэйгээр, тоо хэмжээгээр гаргаж ирэхэд Химийн нэгдэл тус бүрд суурилсан изотопын шинжилгээ (Compound-specific isotope analysis, CSIA) нь маш хүчирхэг хэрэгсэл болохыг тодорхойлоод, мөн тэдгээрийн хог хаягдал, радиокарбонатын бүртгэлийг тодруулах, бүс нутгийн эрчим хүчний бүтэц, түлшний зарцуулалтын хэв маягийг оноючтойгоор тайлбарлахад хэрэглэх CSIA-ийн өвөрмөц давуу талуудыг онцолсон. Ирээдүйн судалгаа нь дэвшилтэт изотопыг хэрэглэх менежментийг судалж, биогеохимийн хурууны хээ, бохирдуулагч бодисуудын дериватив буюу уламжлалууд дахь CSIA-ийн хэрэглээг олон талаас нь судалж, түүний хэрэглээг бусад микробохирдуулагч бодисуудад ч гэсэн хэрэглэх талаар өргөжүүлэх хэрэгтэй.

Амьд амьтан дахь гамма радио изотопыг ажигласнаар бодитоор тухайн бохирдуулагчийн шингээлт хэрхэн явагдаж байгааг мөрдөх боломжийг олгох ба усны орчинд хэрхэн стресст хариу үзүүлж буй дотроос нь хянах боломжоор хангадаг. Хэдийгээр урт хугацааны нарийвчлалтай судалгаа хийж мэдээллийг гаргаж байгаа боловч хэцүү төвөгтэй статистик загвараас болж мэдээллийн буруу ойлголтод өртөх эрсдэлтэй. McDonald et al. (2022) нь 2000-2020 онуудад орчин үеийн усны амьд амьтны радиоидэвхит судалгаанд ашиглагдаж байсан туршилтын загвар, статистик аргуудыг үнэлсэн. Тэд зарим судалгаанд туршилтын загвар эсвэл статистик шинжилгээний талаар дэлгэрэнгүй мэдээлэл дутагдаж, цөөн тооны хүмүүс өөрсдийн сонгосон загвараар статистикийн арга барилаа буруугаар ойлгож байгааг олж тогтоосон. Мөн янз бүрийн туршилтын загвараас өгөгдөл хөрвүүлэх аргуудыг нь нарийвчлан авч үзэж тус бүрийнх нь давуу болон дутагдлыг нарийвчлан бичсэн байна. Ирээдүйд хийх судалгаа нь амьд амьтныг радиоидэвхит бодисуудыг ашиглан мөшгих судалгаанд ашиглаж байгаа тохиолдолд ёс зүйн, материалын болон санхүүгийн асуудлуудыг сайн тооцож үзэх ёстой гэдгийг тэмдэглэжээ.

2.3. Хандлалтын дэвшилтэт аргууд

Бохирдуулагчдын шинжилгээний технологийн хамгийн чухал хэсэг болсон хандлалтын арга нь ихээхэн сайжирч чадсан. Уламжлалт хандлалтын аргатай аргатай харьцуулбал, сүүлийн үеийн дэвшилтэт арга нь илүү сайн сонгомол чадамжтай, тогтвортой, дахин ашиглах болсон төдийгүй дээж бэлтгэх хугацаа багасч, уусгагчийн хэрэглээг багасгаж, ул мөр-түвшний илрүүлэх нарийвчлалыг сайжруулж чадна хэмээн амлаж байна Энэ сэдвийн талаар Wu et al. (2021), Гуан et al. (2022) болон Daniels et al. (2020) зэрэг 3 нийтлэл байна.

Бохирдуулагчийн шинжилгээнд өргөнөөр ашигладаг өртөг багатай соронзон нанопартикол (MNP) адсорбентуудын нэр хүнд өсөн нэмэгдэж байгаа талаар Wu et al. (2021) 2015-2019 оны хугацаанд хэвлэл мэдээллээр нийтэлсэн байгаль орчны усан дахь органик бохирдуулагч ул мөрийг илрүүлэхэд хэрэглэсэн дээрхи дээж бэлтгэлийн аргын хэрэглээг судалсан байна. Тэдний зүгээс MNP сорбентийн төрөл бүрийн зориулалт бүхий материалуудтай харьцах үеийн сонгомол байдал, тогтворжилт, дахин ашиглалтын дэвшилтэд дүн шинжилгээг цогцоор нь хийсэн бөгөөд цаашид тэдгээрийн синтетик замнал, өөрчлөгдөж буй материалууд, механизмыг судалсан. Хандлалтын бүтээмжинд нөлөөлж буй хүчин зүйл болон сайжруулах стратегийн хувьд мөн асуудлуудыг дэвшүүлж ярилцсан байна. Хандлалтын бүтээмжийг хэвийн түвшинд байлгахын тулд дараагийн судалгааны ажлууд онцгой чадамжтай соронзон нанопартикл бүхий адсорбентууд дээр чиглэх ёстой бөгөөд ингэснээр илрүүлэлтийн арга, интеграц хийх техник болон автоматжуулалтууд улам сайжрах болно.

Guan et al. (2022) хөрсний шинжилгээнд нимгэн хальсны техник дэх диффузийн градиентийг (diffusive gradients in thin-films (DGT)) авч үзсэн байна. Ингээд DGT нь хөрсний хязгаарлагдмал хангамж байгаа тохиолдолд ургамлын органик бохирдуулагчийг өөртөө татах үнэлгээг хийхэд уламжлалт хандлалтын арга дээр хийдэг аргаас илүү оновчтой хэмээн дүгнэсэн байна. Тэд DGT-ийн сүүлийн үеийн хэрэглээний чиг хандлага, хөгжлийг нэгтгэн дүгнэсний үндсэн дээр хэрэглээг дөрвөн гол салбар болгон ангилсан: химийн ангиллаар ялгах, биологийн хувьд боломжтой байдлыг хэмжих, десорбцийн кинетик загварчлал, шим тэжээл болон бохирдуулагчдын харилцах үйл явцын зураглалыг гаргах

Хроматографид суурилсан органик бохирдуулагчдын спектрометрийн шинжилгээнд тухайн химийн бодисуудын хандлалтыг маш сайн хийсний үр дүнд л зохих, тохиромжтой мэдрэмжийн түвшинд хүрэх нөхцлийг бүрдүүлнэ. Daniels et al. (2020) нар усны дээжний шинжилгээнд эмийн бодисын ул мөр төдий хэмжээг тогтоох хандлалтын аргын ерөнхий зураглалыг гаргаж санал болгожээ. Ингэхдээ тэд уламжлалт хатуу фракцийн хандлалт (SPE) -ын арга болон шинээр гарч ирж буй жижигрүүлсэн болон онлайн аргуудыг ашигласан ба ингэхдээ дээжийг баяжуулалгүйгээр их хэмжээний дээжийг тарьж оруулах дээр илүү ач холбогдол өгсөн байна. Энэ үед Pulleyblank et al. (2019) нар олон янзын матриц дахь хүчилтөрөгчсөн олон цагирагт аромат нүүрсустөрөгчүүдийг хандлах аргуудын үнэлсэн талаар нэмж хэлэлцүүлгийг өргөжүүлсэн. Тэд уламжлалт уусгагчаар хандлах болон, SPE аргуудыг шинээр үүсч буй техникүүд болох сорбтын хандлалт, жижигрүүлэх, автоматжуулалтын аргуудтай харьцуулж, үр дүнг дээшлүүлэхэд шинээр гарч буй аргуудад боломж илүү байгааг онцолсон байна. Товчоор хэлбэл, хандлалтын судалгааны ирээдүйн чиг хандлага нь багаж тоног төхөөрөмжийн мэдрэх болон сонгомол байх чадамжаас хамаарах бөгөөд тухайн нэгдлүүдийг хандлах аргачлалын стандартжилт дээр тулгуурлах юм.

3. Замнал, шилжилт болон эрсдлийн үнэлгээ

Байгаль орчинд органик бохирдуулагч бодисын цаашдын замнал, шилжилт нь маш чухал асуудлууд бөгөөд эдгээр бодисууд нь болзошгүй сөрөг үр дагаварт хүргэж бохирдлуудад өртөх эх үүсвэрийг үүсгэдэг (Crone et al., 2019; Keerthanan et al., 2021). Зарим усанд уусдаггүй бохирдуулагчид олон арван жилийн турш хөрс, хог хаягдалд хадгалагдсаар байдаг бөгөөд мөн хүнсний гинжин хэлхээнд орсноор биологийн хуримтлалыг үүсгэдэг болохыг мэддэг болсон. Харин эсрэгээрээ бусад бохирдуулагчид, жишээлбэл PPCP-ууд маш хурдан задардаг. Гэсэн хэдий ч эдгээр бохирдуулагч химийн нэгдлүүд байгаль орчинд тасралтгүйгээр хаягдаж байгаа байдал, хаягдал усны цэвэршүүлэх стандарт аргад тэсвэртэй байж задрахгүй байгаа нь ихээхэн санаа зовнисон асуудал болж байна. Органик бохирдуулагч бодисууд байгаль орчинд гарсны дараа усаар дамжин зөөгдөх, нэвчих, шингэх, гидролизид орох, уурших, гэрлийн нөлөөгөөр задрах янз бүрийн процессуудад өртдөг. Тэдгээрийн шилжилт, өөрчлөлтөнд өмнө дурьдсан үйл явцууд болон температур, pH, өөр бусад химийн нэгдлүүд гэх мэт орчны хүчин зүйлс зэргийн нарийн төвөгтэй харилцан үйлчлэл нөлөөлдөг.

Үйлдвэрүүд хөгжиж, шинэ органик нэгдлүүдийг байгаль орчинд гаргахын хирээр уламжлалт болон шинээр гарч ирж буй органик бохирдуулагч бодисын аль алинаас үүсэх асуудлыг шийдвэрлэхийн тулд судалгааны төвлөрлийг шинжлэх ухааны арга зүйн сүүлийн үеийн дэвшилтэй хослуулан шинэчилж байх шаардлагатай. Энэ хүрээнд CREST-ийн замнал, шилжилтийн талаарх сүүлийн дөрвөн жилийн 19 судалгааны тойм мэдээлэлд орсон байх бөгөөд органик бохирдуулагчийн зургаан бүлгийн болон бусад анхаарах шаардлагатай химийн бодисуудын эрсдлийн үнэлгээг хийсэн байна. PFAS гэх мэт хэд хэдэн органик бохирдуулагч бүлгүүдийн байгаль орчин дахь замнал, эрсдлийн үнэлгээний талаархи судалгаанууд (Liu et al., 2022; Xie et al., 2021), PPCPs (Bonnot et al., 2023; Keerthanan et al., 2021; Liu et al., 2021), органик эфирүүд (Hu et al., 2023; Lao et al., 2023; Yang et al., 2022), пестицид (Moreira-Santos et al., 2019; Villamar-Ayala et al., 2019), PAHs (Ali et al., 2021; Liu et al., 2023; Mo et al., 2022), ариутгалын бодисын задарлууд (Gao et al., 2019; Jasemizad et al., 2022) болон бусад органик бохирдуулагчид (de Campos et al., 2022; Kennedy et al., 2022; Stroski et al., 2019; Xiong et al., 2022a) хөгжиж буйг харуулж байна.

3.1. Пер болон олон фторт алкил нэгдлүүд (Per болон polyfluoroalkyl substances, PFAS)

PFAS нь маш өргөн хүрээнд хэрэглэгддэг, хэрээлэн буй орчинд удаан хугацаанд задрахгүйгээр хадгалагдаж үлдэж байдгаараа онцгой учраас зайлшгүй өртөхөд хүргэж байгаа бөгөөд ялангуяа эхчүүдэд хуримтлагдаж, улмаар нярай хүүхдүүдэд ураг болон хөхний сүүгээр дамжин эрүүл мэндийн болзошгүй аюул учруулах эрсдэлтэй байна. Liu et al. (2022) нь төрөхийн өмнөх болон төрсний дараа эхээс хүүхдэд PFAS дамжих талаархи үнэ цэнэтэй мэдээллээр хангасан. Тэдгээрийн шилжилтийн чадамж нь алкилийн бүлгийн гинжний урт, функциональ бүлгүүд, молекулын салбарлалтын байршил зэргээс хамаардаг байна. Хэдийгээр серумаас хөхний сүү рүү шилжих чадамж эхсээр дамжихаас бага боловч дөнгөж төрсөн нялх хүүхэд хөхөөр дамжуулан PFAS-д өртөх нь жирэмсний үед эхсээр

дамжин өртөлтөнд орохоос илүү давсан байдаг байна. Шинэчлэгдсэн норм хэмжээнээс харахад, ийм хэмжээгээр нялх хүүхэд өртсөн байхад тэдний эрүүл мэндэд бодит аюул учруулж болохоор байна.

Perfluoroalkyl нэгдлүүд (PFCs), PFAS-ийн төрлийн нэгдлүүдийн нэг том бүлгийн дэд хэсэг болох Perfluoroalkyl-ийн (PFC) нь дотоод шүүрлийн булчирхайг дарангуйлагч байх боломжтой гэдгээр нь хүмүүсийн анхаарлыг татдаг. Xie et al. (2021) нар PFC-ийн хор нөлөөг invitro and in vivo нөхцөлд судалгааг авч үзэхэд бамбай булчирхайн үрэвслийн болон хорт хавдрын үрэвсэлтэй хамааралтай болохыг онцолжээ. Нийт хүн ам, түүний дотор ажил мэргэжлийн үзүүлэлтээр илүү өртдөг болон жирэмсэн эмэгтэйчүүд, нярай гэх мэт эрсдэл ихтэй бусад бүлгүүд энэ өртөлтөнд багтсан. PFC нь дааврын үйл ажиллагааг дарангуйлдаг бөгөөд ихэвчлэн, ялангуяа жирэмсэн эмэгтэйчүүдэд бамбай булчирхайн дутагдал эсвэл дааврын тэнцвэргүй байдал гэж үздэг ба эдгээр нь perfluorooctance sulfonic acid (Xie et al., 2021) гэх мэт химийн бодисуудтай холбоотой байдаг. Хэдийгээр ийм үр дүнгүүд байгаа боловч PFC-ийн өртөлт болон бамбай булчирхайн гормоны алдагдал эсвэл бамбай булчирхайн хавдрын хоорондын байнгын хамаарал байхгүй байна.

3.2. Эмийн бодис болон хувийн ариун цэврийн бүтээгдхүүнүүд (PPCP)

Эмийн бодис, ариун цэврийн бүтээгдхүүн нь хаягдал ус, бордоо, ялгадсаар хийсэн бордоогоор дамжин хөдөө аж ахуйн зориулалтын хөрсөнд шилжиж болно. PPCP нь хаягдал ус, компост, хог хаягдлын хэрэглээгээр хөдөө аж ахуйн хөрсөнд орж болно. Ургамал нь шинээр үүссэн эдгээр бохирдуулагч бодисуудыг өөртөө шингээж аван түүнийг нь хүн хэрэглэснээр хүний биед PPCP-д өртөх үндсэн дамжуулагч болох бөгөөд энэ тохиолдолд эрүүл мэндэд маш хортой нөлөө үзүүлэхэд хүргэнэ. Keerthanan et al. (2021) нар PPCPs-ын тархалтын талаархи мэдээллүүдийг нэгтгэж хүлэмжийн болон ил тайлбайн нөхцөлд ургамал хэрхэн энэ бодисуудыг шингээж байгаа, шилжилт явагдаж байгаа мөн ургамал руу хэрхэн дамжиж байгаа механизмын хамт судалсан дэлгэрэнгүй тохиолдлуудыг бичсэн байна. Тэдний зүгээс энэхүү үйл явцад нөлөөлж буй хүчин зүйлүүдийг жишээлбэл ургамлын биологийн шинж чанар (ургамлын үндэсний өөх тосны болон нүүрсустөрөгчийн агууламж), PPCP-ийн физик химийн шинж чанар, (молекулын бүтэц, Kow, and pKa), байгаль орчны нөхцөл байдал зэргийн тодорхойлсон. Бохирдсон хүнсний ногоо хэрэглэснээс хүнд учирч болох эрсдэл нь зөвшөөрөгдөх хэмжээнээс нэлээд доогуур байна. Зохиогчдын зүгээс хувийн ариун цэврийн бүтээгдхүүний талаархи судалгааг нэмж хийх шаардлагатайг онцолсон бөгөөд харин эмийн нөлөөллийн судалгааг илүү өргөн хүрээтэй судалсан байдаг байна.

Bonnot et al. (2023) нар PPCP нэгдлүүдийн хувиралтын процесс хэрхэн явагдаж байгааг илүү сайн ойлгохын тулд тусгай матриц дээр анхны бодисуудын химийн бүтэц хэрхэн урвалж орж, ямар замналаар хувирч өөрчлөгдөж байгаа шинжилгээг хийсэн. 116 PPCP-ийн бүтээгдхүүн 1371 бүтээгдхүүн болж өөрчлөгдсөн ба эдгээр нь биологийн (630) болон биологийн бус (568) урвалууд байгалийн болон синтетик матрицад явагдсаны үр дүнд үүссэн байна. Арван нэгэн гол урвалууд эдгээр хувирч өөрчлөгдсөн бүтээгдхүүний датасанг үүсгэж байгаа ба хамгийн гол урвалуудын нэг нь буюу 28% нь гидроксильн бүлэг нэмэх урвал байсан бол устөрөгчийн ангижаралтын урвалын (13%) болон cleavage (11%) урвалууд орсон байна. Гол судалгааны үед хиймэл орчныг ашигладаг учраас байгалийн матрицад, ялангуяа хөрсөнд болон седиментэд эдгээр бодисуудын хувиралт өөрчлөлтийн урвалууд хэрхэн явагддаг талаархи мэдээлэл хязгаарлагдмал байна.

Polycyclic musks (PCM) нь үйлдвэрлэл болох хэрэглээнд маш ихээр ашиглагддаг учраас байгаль орчинд олон арга замаар тархаж чадсан синтетик анхилуун үнэртний нэгдэл юм. Тосон шинж чанартай, байгальд удаан байж чаддаг учраас тэдгээр нь биохуримтлал үүсгэж улмаар амьд организмд хоруу чанар үзүүлэх боломжтой учраас бага хэмжээгээр, удаан хугацаанд байсаар байх нь хүрээлэн буй орчинд тархсан байгаа боловч удаан хугацаанд экологийн хувьд ноцтой эрсдлийг дагуулж байдаг. Liu et al. (2021) нар PCM-ийн талаар, ялангуяа онцгой анхаарлыг эдгээр бодисуудын экологид нөлөөлөх хоруу чанар, байгаль орчинд хэрхэн оршиж өөрчлөгдөж буй тал дээр анхаарал хандуулсан ба тэдгээрийн хүрээлэн буй орчин дахь тархалтын хэмжээ, тархах арга зам болон тодорхойлох аргуудын талаархи орчин үеийн мэдлэгийг хянаж үзээд PCM-ийн бодисуудыг хүрээлэн буй орчинд нэвтрэх,

тархахыг багасгасан мэдлэгийг нэмэгдүүлэхийг зорьсон. Цаашлаад тэд микро интерфейс буюу микро орчин дахь харилцан хамаарлын нөлөө, молекулын механизмыг илүү гүнзгийрүүлэн судлах, РСМ-ийн бохирдолтой газруудад биологийн нөхөн сэргээлт хийх ирээдүйн судалгааны талаар саналууд дэвшүүлсэн байна.

3.3. Органик фосфатын эфирүүд Organophosphate ester

Органик фосфатын эфирүүд буюу Organophosphate esters (OPEs) нь байгаль орчинд маш их тархсан бөгөөд хүнээс авсан биологийн дээжинд байнга илрэх болсон нь тэдгээрээс үүсэлтэй эрүүл мэндийн сөрөг нөлөө үзүүлэх асуудал улам их санаа зовниж байна.

Lao et al. (2023) нар арван жилийн турш нь OPEs-ийн тархалтыг орон сууц, тээврийн хэрэгсэл, оффис зэрэг олон янзын микро орчинд судалж тархалтын газрын зураглалыг гаргасан бөгөөд насны онцлогоос хамаарсан өртөлт байгааг гаргаж ирсэн. Энэ үед Yang et al. (2022) нар хүний биологийн дээж шээс, цус, сүүнд OPE болон OPE метаболит (mOPEs)-уудын тархалт болон үүнээс үүдэлтэй эрүүл мэндийн эрсдлийг авч үзсэн. Эдгээр бодисуудын бохирдолд өртөх олон арга замуудыг судалсан ба үүний тодор хоол тэжээлээр дамжин авах нь бохирдолд өртөн гол зам болох нь тодорхойлогдсон (Lao et al., 2023; Ян et al., 2022). MOP-ийн тархсан концентраци хэмжээ бүс нутгуудаар өөр өөр байсан бөгөөд АНУ-д бүртгэгдсэн тохиолдлууд Европ, Азиас өндөр түвшинд (Yang et al., 2022) гарсан байна. Өөр өөр орчинд OPE-ийн концентрацийн хэмжээ ч мөн мэдэгдэхүйц ялгаатай байсан бөгөөд машин, оффисын орчин дахь хэмжээ нь орон сууц болон гадаа орчноос илүү их концентрацийн агууламжтай байсан (Lao et al., 2023). Өртөлтийн үнэлгээг хийхэд OPE-ийн харилцан адилгүй метаболитийн үйл ажиллагаа матрицуудаас хамаарах бөгөөд шээсэн дэх mOPEs-ийн нь богино хугацааны OPE-ийн өртөлтийг, харин үс, хумс зэрэг матрицуудад илэрч буй нь урт хугацааны өртөлт буюу бохирдож байсан болох чиг хандлагыг (Yang et al., 2022) харуулдаг. Хэдийгээр бүх насныханд тохиолдох эрүүл мэндийн эрсдэл бага гэж үздэг боловч нярай хүүхдүүдийн OPE-д өртөх гол зам нь хөхний сүүгээр дамжсан байх учраас цаашдын судалгааг энэ чиглэлээр хийх ёстойг онцолсон (Lao et al., 2023).

Аж үйлдвэрийн болон өргөн хэрэглээний бараа бүтээгдэхүүнд түгээмэл хэрэглэдэг Aryl OPEs-г шинээр гарч ирж буй дотоод шүүрлийн булчирхайн үйл ажиллагааг дарангуйлагчид гэж тодорхойлдог. Hu et al. (2023) нар Aryl OPEs ийн төлөөлөл болгож үүнд triphenyl phosphate, 2-ethylhexyl diphenyl phosphate, tricresyl phosphate, and isomers of mono-, di-, and tri-isopropylated triaryl phosphate уудыг хамруулсан судалгааг хийсэн бөгөөд дотоод шүүрлийн булчирхайн үйл ажиллагаа aryl OPEs хоруу чанараас болж саатуулагдаж, дарангуйлагдаж байгааг дэлгэрэнгүйгээр дотоод шүүрлийн булчирхайн үйл ажиллагааны зураглалаар харуулсан. Үндсэндээ aryl OPEs нь дааврын тэнцвэрт байдалтай холилдож, олон дааврын рецепторуудын хувьд agonist/antagonist (хуурамчаар идэвхижүүлэлтийг үүсгэх, эсвэл саатуулах)-ийн үүрэг гүйцэтгэдэг. Мөн өөх тосны хэвийн үйл ажиллагаанд саад учруулж, элэгний X рецептор болон peroxisome proliferator-activated receptor γ (генийн экспресст оролцдог уургийн төрөл, орчуулгаар тодотгов)-тай холбогдож зүрх судасны систем, элэгний үйл ажиллагаанд нөлөөлдөг. Hu et al. (2023) нар шинээр гарч ирж буй aryl OPE-болон өмнө байсан энэ төрлийн нэгдлүүдийн бүтцийг хооронд нь харьцуулсны үндсэн дээр шинээр гарч ирж буй aryl OPEs-ийн дотоод шүүрлийн булчирхайн үйл ажиллагааг дарангуйлах хоруу чанартай байж болзошгүй болохыг тодорхойлоод харин ирээдүйд байгаль орчинд эдгээр бодисуудын молекулын түвшин дэх механизм хэрхэн ажиллаж буйг ойлгож, үүнийг баталгаажуулах судалгааг явуулах нь маш чухал гэсэн байна.

3.4. Пестицид

Ургацын хэвийн ургалтыг баталгаажуулах хэрэгсэл болсон пестицид нь экологийн хувьд санаанд оромгүй үр дагаварт хүргэдэг. Жишээлбэл, тодорхой төрлийн хортонгийн эсрэг хэрэглэх зориулалттай боловч тухайн нутагт байгалийн жамаар амьдарч буй зорилтот бус төрөл зүйлийг унаган орчноос нь санамсаргүйгээр дүрвүүлж нүүлгэхэд хүргэх бөгөөд ингэснээр хөдөө аж ахуйн экосистемд аюул учруулж болзошгүй юм. Хууль эрх зүй улам боловсронгуй болж байгаа үед, пестицидийн бүтэц найрлагын хувьд өөрчлөгдөн үүсч болзошгүй сорилт, байгаль орчинд нөлөөлөх эрсдлүүдийг бууруулахад чиглэгдэж байна.

Glyphosate буюу глифосат нь хог ургамлын эсрэг хэрэглэдэг гол гербицид бөгөөд физик химийн онцлог шинж чанараас хамааран усан орчин болон усны биет рүү амархан шилжих чадамжтай. Villamar-Ayala et al. (2019) нар глифосатын бүтэц болон усны амьд организмд нөлөөлөх хоруу чанарыг судлахдаа энгийн биетээс эхлээд хоёрдогч түвшний хэрэглэгч нарыг хамруулсан. Жишээлбэл, далайн энгийн биет цэнгэг усны энгийн биеттэй харьцуулбал глифосатанд илүү мэдрэг байсан бөгөөд мөн олон тооны загасны зүйлүүд ч гэсэн, ялангуяа амьдралын эхний үе шатандаа илүү мэдрэг байсан. Хоёрдогч түвшний хэрэглэгчдэд биохуримтлал үүсэх талаар бодисын агууламжийг арилгах чиглэлээр их хүчин чармайлтуудыг хийж байгаа бөгөөд уламжлалт болон шинэлэг арга барилуудыг нэвтрүүлж ашиглаж байна. Исэлдүүлэх дэвшилтэт процесс нилээн байх боломжтой шийдэл болж гарч ирж байгаа бөгөөд үүнийг хөдөө аж ахуйн ажиллагаад биологийн болон физик химийн процесуудтай хамтруулж өгвөл илүү боломжтой юм.

Moreira-Santos et al. (2019) нарын зүгээс пестицидийн хоруу чанарын уламжлалт шинжилгээг ганц зүйлийн болон олон зүйлийн судалгаанд хийхэд мэдлэгийн алдаа гарч байгааг онцолсон. Үүнээс хүчээр пестицидэнд өртөж, пестицидээс үүдэлтэй төрөл зүйлүүд амьдрах орчноосоо дайжих, тархаж хуваагдах зэрэг үзэгдлүүдийг үл тоомсорлон анхаарахгүй байхад хүргэнэ гэжээ. Усны амьтдын пестицидээс үүдэлтэй шилжилтийн талаархи өнөөгийн мэдээллийн хувьд, судлаачид энэхүү нөхцлийг хүлээж авахгүй байх нь экологийн хувьд бодит таагүй үр дагаварт хүргэж болзошгүй ба олон янзын судалгааны үр дүнг харуулсан баримт нотолгоог гаргаж ирэн, уламжлалт аргаар дүгнэх нь зарим пестицидийн экологид учруулж буй эрсдлүүдийг дутуу үнэлж байж болох юм гэсэн саналыг дэвшүүлсэн. Үүнээс улбаалан пестицидийн экологийн хоруу чанарт үл хүчлэх өртөлтийг экологийн хоруу чанартай хослуулах нь пестицидийн эрсдлийн үнэлгээг хийхэд тохиромжтой цогц үнэлгээ болж болох юм.

3.5. Олон цагирагт аромат нүүрсустөрөгчид Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH)

PAHs нь байгаль орчинд түгээмэл байдаг, нарийн төвөгтэй бүтэц бүхий органик бохирдуулагч бодис бөгөөд гол төлөв бүрэн бус шаталтын дүнд үүсдэг. Эдгээр бодисууд нь коллойд төлөв дэх болон нано хэсгүүдтэй харилцан холбогдсоноор эрүүл мэндэд болзошгүй эрсдлийг улам нэмэгдүүлдэг. Түүнчлэн, PAH-ийн хөрсөн дэх задралын бүтээгдхүүнүүд, зарим төрлийн PAH-ийн үе дамжсан үр нөлөө нь хүрээлэн буй орчинд болон олон нийтийн эрүүл мэндэд олон асуудал дагуулсан сорилт болсоор байна.

Хар нүүрс болон PAHs-ын төрлийн бодисууд нь шаталтын үеийн хийн байдлаар үүсч буй анхан шатны бүтээгдхүүнүүд байдаг. Хар нүүрсустөрөгч шингээх чадамж нь сайтай чанартай учраас илүү хортой, хавдар үүсгэгч PAH-ийг агаар, хөрс, ус зэрэг орчинд зөөвөрлөж дамжуулагчийн үүрэг гүйцэтгэж байдаг. Ali et al.(2021) нарын зүгээс хар нүүрсустөрөгчтэй нийлсэн PAH-ийг үүсгэгч бохирдлын эх үүсвэр, эдгээрийн эрүүл мэндэд учруулах нөлөөллийн талаар судалгааг хийсэн. Хамгийн гол бохирдуулагчийн эх үүсвэрт чулуун нүүрс болон биологийн массыг шатаах, аж үйлдвэрийн үйл ажиллагаа болон тээврийн хэрэгслэлээс гарах утаа ордог байна. Энэхүү хамтарсан нэгдлийн оршил нь эрүүл мэндийн өргөн хүрээтэй дагавруудыг үүсгэх бөгөөд үүнд амьсгалын замын хурц өрөвслөөс эхлээд, бронхитын хүндэрсэн хэлбэр, зүрхний өвчин, уушигны хорт хавдар зэрэг урт хугацааны архаг өвчнүүдээр өвчилөхөд хүргэдэг. Байгаль орчинд хар нүүрсустөрөгч хаа сайгүй тархсан, бусад органик бохирдуулагч, ялангуяа PAH-ийн хүрээлэн буй орчинд тархахад шийдвэрлэх үүрэг гүйцэтгэж байгаа хэдий ч, хар нүүрсустөрөгч болон түүнтэй хамтран орших PAH-ийн эрүүл мэнд, байгаль орчинд учруулах судалгаа хангалттай хийгдэж чадахгүй үлдсээр байна. Liu et al. (2023) нар хөрсөн дэх биологийн бус үйл явцаар ялангуяа гэрлийн нөлөөний задрал, эрдэст катализаторын исэлдлээр PAH хэрхэн задралд орж буйг судалсан. PAH-ын задрал, хувиралтын динамикт гол нөлөөлж буй хүчин зүйлд шавранд агуулагдах эрдэс бодис, металлын исэл, гидроксид, хөрсний органик бодисууд ордог байна. Шууд болон шууд бус фотозадралаас гадна, MnO₂, Fe₂O₃ гэх мэт металлын нэгдлүүд болон бусад шавранд агуулагдах эрсдсүүдийн нөлөөгөөр PAH-ийн нэгдлүүд исэлдэх процесст ордог. Энэхүү задрал өөрчлөлт хир зэрэг явагдахад дараахь хэдэн хүчин зүйлүүдээс шалтгаалдаг: эрдэс бодисын электрон шинж чанар, pH түвшин, температур, чийг, хүчилтөрөгчийн агууламж. Цаашид явуулах судалгаа нь биологийн бус

хүчин зүйлийн нөлөөллийг илүү өргөн цар хүрээтэйгээр авч үзсэн, лабораторийн орчинд гаргасан нээлт, үр дүнг талбайд аль болох хэрэглэх, энэ хоёрын хооронд гарч буй хоосон орон зайг нөхсөн судалгааг хийх ёстой юм.

Benzo[a]pyrene нь а PAHs-ийн төрлийн хүрээлэн буй орчныг бохирдуулагч түгээмэл тархалттай химийн нэгдэл бөгөөд удамшлын нөлөөлөл болон хавдар үүсгэх нөлөөтэй гэдгээр нь ач холбогдол өгч судалдаг. Сүүлийн үеийн мэдээллээс харахад эцэг өвгөд нь Benzo[a]pyrene-д өртөж байсан бол үе дамжсан остеотоксик буюу ясны эрүүл мэндэд хортой үр дагаварт хүргэдэг, тэр ч байтугай гурав дахь удмын үр хүүхдүүдэд ямар ч өртөлтөнд өртөөгүй байсан ч гэсэн энэ нөлөөлөл байсаар байдаг байж болох тухай мэдээлжээ. Бензо[а]пиреней-ийн нөлөөллөөс болж ясны эрүүл мэндэд гарсан хөнөөлийн удамшлын цаадах механизмыг ойлгохын тулд Mo et al. (2022) нар бензо[а]пиренийн нөлөөнд дээд үеүд нь өртсөн загасанд остеотоксын нөлөөлөл удамшихдаа гол төлөв ясны miRNAs/генийн эпигенетикийн саатлаас үүдэлтэй гэсэн саналыг дэвшүүлсэн. ДНХ-ийн метиляц солигдсон эсвэл histone өөрчлөгдсөний дараа энэ саатал нь эпигенетикийн байж болзошгүй хоёр замаас үүдэлтэй байж болно. Үүнд: ясны miRNAs нь dysregulation хийснээр зорилтот генийн үйл ажиллагаанд нөлөөлж, ясны генд нөлөөлдөг. Судлаачдын зүгээс цаашдын судалгаагаар энэ механизмыг баталгаажуулах, эдгээр нь хүмүүст хамааралтай болохыг баталгаажуулах, үе дамжсан benzo[a]pyrene-ээс үүдэлтэй ясны эрүүл мэндийн үр дагаврын цаадах механизмыг илрүүлэхийг уриалсан.

3.6. Ариутгалын бодисууд Disinfect byproducts

Haloacetaldehydes -ийг ундны усанд халдваргүйжүүлэх зорилгоор хэрэглэх үед үүсдэг дагалдах бүтээгдхүүн бөгөөд эсийн түвшинд өндөр хоруу чанар үзүүлдэг хэмээн үздэг. Gao et al. (2019) нар төрөл бүрийн усанд haloacetaldehydes-ийн үүсэл, тархалт, шинжилгээ, хяналтуудын талаар судалгаа хийсэн байна. Эдгээр төрлийн бодисууд гол төлөв дулааны улиралд гадаргын усанд байдаг бөгөөд энэ нь гол төлөв халдваргүйжүүлэлтийн явцад ундны ус цэвэрлэх үйлдвэрүүдийн эх үүсвэрийн усанд нэвтрэн ордог. Мэдэгдэж буй haloacetaldehydes-ын дотроос хамгийг их судлагдсан нь хлорын ацетитийн хүчил (chloro acetic acid) бөгөөд цаг уур, ариутгалын төрлөөс хамааран орон зай, цаг хугацааны хувьд өөрчлөгдөж байдаг. Haloacetaldehyde үүсэх явц нь халдваргүйжүүлэх арга, өмнөх анхдагч химийн нэгдэл, хүрээлэн буй орчны нөхцлээс хамаардаг ба эргэх осмоз болон наношүүлтүүрээр цэвэрлэх боломжтой. Ундны уснаас гадна арьсны нүх сүвээр мөн амралтын усан санд байх үедээ ус залгиснаас хүний биед ордог. Haloacetaldehydes-үүдийн байнга үүсэх, тогтвортой байх, бодит нөлөөлөл зэргийг харгалзан үзэж өөр өөр төрлийн haloacetaldehydes-ийн хувирч өөрчлөгдөх болон цаашид өөр төрлийн ариутгалын бодис хэрэглэх талаар судалгааг хийх шаардлагатай.

N-Nitrosamines химийн нэгдэл нь хүнд хавдар үүсгэдэг гэдгээрээ танигдсан ба аменийн нэгдлийг агуулсан усыг ариутгах үед үүсдэг болохыг тогтоосон. Jasemizad et al. (2022) нар нитрозамины анхдагч химийн нэгдэл, тархалт, энэхүү бодисыг үүсэх болон цэвэрлэхтэй холбоотой ариутгалын аргуудыг судалсан. Нитросамин үүсэхэд органик бус ионууд нөлөөтэй болохыг онцлон тэмдэглэсэн байна. Органик бус ионы агууламж бага байх тусам үүсэх нөлөө бага байсан бол усны эх үүсвэр дэх органик бус ионы хэмжээ нэмэгдэх тусам халваргүйжүүлэх процесст хүндрэл учруулж байсан. Түүнээс гадна озонжуулалтын олон судалгаанд нитрозамины хэмжээ нилээн их байсныг илрүүлсэн байдаг бө яг үүнтэй адилхан хлораминжуулалтын процессын үед бас ажиглагддаг. Нитросамины үүслийг хянахын тулд анхдагч химийн нэгдлүүдийг урт хугацаанд үр дүнтэйгээр эрдэсжүүлдэг урьдчилан исэлдүүлэх болон дээд түвшинд хүртэл исэлдүүлэх процессууд хамгийн оновчтой шийдэх стратеги болж гарч ирсэн. Тэдний зүгээс бодит орчинд, ялангуяа органик бус ионы ачаалал ихтэй усанд органик бус ионы үүргийн талаар цаашид судалгаа хийх хэрэгтэйг онцолсон.

3.7. Бусад органик бохирдуулагчид

Түгээмэл, нэрд гарсан органик бохирдуулагчдаас гадна бусад органик бохирдуулагчид болох oil dispersants, quinones, antifouling biocides, and cannabidiol-ын дайвар бүтээгдхүүнүүдийн талаар судалгаанууд байсан. Эдгээрээс үүдэлтэй нь байгаль орчны сөрөг үр дагаврыг үнэлэх, зохицуулалтын хүрээнд мэдээлэл өгөх, илүү аюулгүй

хувилбаруудыг хөгжүүлэхэд дэмжлэг үзүүлэх, экосистем болон нийгмийн эрүүл мэндийн аль алиныг нь хамгаалахад чухал ач холбогдолтой юм.

Усны гүнд их хэмжээний газрын тос асгарсны дараа, Корекситийн EC9500A-ийг газрын гадарга болон далайн гадаргад их хэмжээгээр ашигласан. Stroski et al. (2019) нар Корекситийн EC9500A тухай шинэ хор судлалын мэдээллийг танилцуулж тэдний судалгаанд хамрагдсан зүйлүүдэд гарсан нөлөөллийг нэгтгэн дүгнэсэн. Хэдийгээр усны шинжилгээгээр хэд хэдэн хавч хэлбэртэн, шүр, загас хордлогын шинж бага үзүүлсэн ч гэсэн CorexitEC9500A нь планктон, daphnia, төрөл бүрийн зүйлүүдийн хөгжлийн эхний үе шатуудад илүү их хордлогыг үзүүлж байсан байна. Хүний эрүүл мэндэд нөлөөлөх судалгаанаас харахад маш бага хор хөнөөлтэй байдаг ч гэсэн их хэмжээний өртөлтөнд орсон тохиолдолд архаг нөлөө үзүүлж болзошгүй гэдгийг санауулсан. Эрсдлийн үнэлгээний хувьд тос асгарсан газрын байршил, ямар төрөл зүйл өртөж байгаа, бүтээгдэхүүний үр дүнтэй байдал зэргийг гол болгож авч үзэх хэрэгтэй. Ийм учраас их хэмжээгээр хэрэглэхийн өмнө, өргөн хүрээтэй судалгаа хийх нь хамгийн чухал юм.

Quinones төрлийн бодисууд нь ДНХ-г гэмтээж, үүнээс үүдэлтэй урвалд орохтой хүчилтөрөгчийн зүйлүүдийг үүсгэх замаар ДНХ дээр хавдар үүсгэгч химийн нэгдлүүдийг авчирдаг (DNA adducts) эсвэл шууд холбогдох замаар генийн мутац явагдаж хавдрыг эрсдлийг нэмэгдүүлэхэд хүргэдэг. Xiong et al. (2022a) нар Quinones болон ДНХ дээр хавдар үүсгэгч химийн нэгдлүүдийг авчирснаас үүсэлтэй ДНХ-ийн төрөл бүрийн гэмтлийн талаархи мэдээллийг тоймлон хүргэсэн. Хүрээлэн буй орчинд тогтвортой байдаг quinones -ийн төрөл болох жишээлбэл naphtho-quinone аас гадна, зарим эстроген болон benzo[a]pyrene гэх мэт тодорхой нэр төрлийн бохирдуулагчид метаболизмын аргаар quinones болж идэвхждэг бөгөөд ингэснээр ДНК-ийн хавдар үүсгэгч химийн нэгдлүүдийн (DNA adduct) үйлдвэрлэлийг эрчимжүүлдэг. Хамгийн гол нь dione moiety in quinones нь ДНК-ийн хавдар үүсгэгч химийн нэгдлүүдтэй холбогдох үйл явцыг идэвхижүүлэхэд гол үүрэг гүйцэтгэдэг. LC-MS багаж нь ДНК-ийн ДНК-хавдар үүсгэгчтэй холбогдсон гэмтлийн байдал, хавдар үүсгэх механизмыг ойлгоход хамгийн сайн илрүүлэх хэрэгсэл юм. Тэдний зүгээс quinone -ийн хоруу чанарын талаар шинээр харах боломжийг олгосон бөгөөд ДНК-д гарах гэмтлүүдээс үүдэлтэй эрүүл мэндийн аюулыг илрүүлэхийн тулд ДНК-ийн хавдар үүсгэгч химийн нэгдлүүдтэй холбогдох чадамжийг шинжлэх стратегийг хөгжүүлэхийн санал болгосон.

Өмнө нь каннабис буюу олсны ургамлыг сэтгэл санаанд нөлөөлдөг гэдгээр нь мэддэг байсан. Саяхнаас энэ төрлийн бүтээгдэхүүнийг хуульчлан хэрэглэхийг зөвшөөрснөөс хойш энэ төрлийн бүтээгдэхүүний арилжаа огцом өссөн. Аюултай нь, орчин үеийн цэвэрлэх байгууламжуудад каннабисийн биологийн идэвхит нэгдлүүдийг шүүж цэвэрлэх боломжгүй байгаа учраас усан орчинг бохирдуулах эрсдэл үүсээд байна. Kennedy et al. (2022) нар каннабисыг pseudo-persistent буюу хиймлээр байнга тогтвортой байдаг ангилалд хамааруулсан бөгөөд учир нь энэ төрлийн бодисууд нь гаднаас байнга тасралтгүй нэмэгдэж, төрөл бүрийн усны дээжүүдэд илэрдэг. Дотоод шүүрлийн хэвийн ажиллагааг дарангуйлагч химийн бодисын хувьд биологийн хуримтлал үүсгэж, экосистемд үзүүлэх нөлөөлөх чадамжтай учраас хууль тогтоогчид болон эрсдлийн менежерүүдийг одоогийн болон ирээдүйн аюулгүй байдлын талаархи мэдээлэл хангах судалгааг явуулах хэрэгтэй байна. (Kennedy et al., 2022).

Байгаль орчны болон хор судлалын нилээн өргөн хүрээтэй тоо баримтуудыг нэгтгэсний үндсэн дээр de Campos et al. (2022) нар Европыг Холбооноос хориглосон 11 antifouling biocides (далайн тээврийн хэрэгслэлүүдийн будагч бодисонд ордог, биологийн амьд амьтыг устгах чадамжтай химийн нэгдлүүд)-ийн ус, далайн орчин дахь эрсдлийн судалгааг хийсэн. Биологийн устгагч бодисууд болох diuron, chlorothalonil, dichloroethylisothiazolinone-ууд үнэхээр хортой байсан. Аюултай нь medetomidine болон copper thiocyanate зэрэг бодисууд нь зорилтот төрөл зүйлтэй (targeted species) харьцуулахад зорилтот бус төрөл зүйлд (non targeted) 400 дахин хортой байсан байна. Экологийн хоруу чанарын мэдээлэл дээр үндэслээд биологийн амьтдыг устгах эдгээр бодисуудын аюул харилцан адилгүй бөгөөд zinc pyrithione-ыг агуулсан үед хамгийн аюултай бол tolylfluanid нь аюулаар хамгийн бага нь юм. Эрсдлийн үнэлгээгээр dichloroethylisothiazolinone, diuron, chlorothalonil нэгдлүүд эрэг орчмын экосистемд хамгийн өндөр аюултай учраас эргийн хяналтыг байнга хийх хэрэгтэй болохыг онцолсон.

4. Дүгнэлт

Орчин үеийн аж үйлдвэржилтийн хөгжил, шинжлэх ухааны ололт амжилт, хууль дүрмийг хэрэгжүүлэхийн төлөө гаргаж буй хүчин чармайлт бүхэн органик бохирдуулагчдын тусгал бөгөөд цаг үеийн хамгийн тулгамдсан асуудлыг шийдвэрлэхийн тулд сонгож авсан химийн бодисууд нь эдгээр өөрчлөлтийг динамикаар хүлээн авч байна. Органик бохирдуулагчдын хувирал, шилжилт, хөдөлгөөний талаархи судалгаа нь хүрээлэн буй орчны янз бүрийн хэсэг дэх тэдгээрийн тархалт, байршил, агууламжийг урьдчилан тооцоолох, эрсдлийн үнэлгээг мэдээлэх, бохирлыг бууруулах, арилгах үр дүнтэй стратегийг хөгжүүлэх удирдамжаар хангахад тусална. Хүрээлэн буй орчны шинжлэх ухаан, технологийн (CREST) тойм сэтгүүлд 2019-2023 онд 30 өгүүллүүд дээр үндэслэсэн энэхүү цуглуулсан тойм мэдээлэл нь мониторинг, хяналтын тхенологид гарсан гол хөгжил дэвшлүүд, органик бохирдуулагчдын гол бүлгүүдийн эрсдэл, тэдгээрийн замнал хувирлын талаар онцлон өгүүлсэн. Бидний зүгээс органик бохирдуулагч бодисын илрүүлэлт, тэдгээрийн экосистемд үзүүлэх нөлөөллийг тойрсон мэдлэгийн хоосон орон зайг дүүргэхэд нягт, нямбай судалгаа хийх нь маш чухал болохыг онцолж, дараахь чиглэлээр судалгааг хийхэд анхаарах хэрэгтэй байна. Үүнд:

1. Эрсдлийн үнэлгээг зөв хийхийн тулд байгаль орчинд тархсан органик бохирдуулагчдын хэмжээг нарийн сайн тодорхойлох шаардлагатай. Органик бохирдуулагч бодисын байгаль орчинд хамаарах агууламжийг тодорхойлохын тулд шинжилгээний сайжруулсан аргууд хэрэгтэй. Мөн байгаль орчны нарийн төвөгтэй шинжилгээ хийх зардлыг бууруулах, шинжилгээний бүтээмжийг сайжруулах шаардлагатай.
2. Органик бохирдуулагч бодисын урвалд оромтгой чанар, биологийн хүртээмжтэй байдал нь нийлэгжилт, химийн урвал, органик бодис болон уусгагчдын нөлөөгөөр хүрээлэн буй орчны бодит нөхцөлд багасч, алга болж болох юм. Ялангуяа энэ нь органик бохирдуулагч бодисын хүссэн үр дүн, эрсдлүүд орон зайн болон түр хугацааны хүчин зүйлээс болж өөрчлөгдөж болоход хамааралтай боловч эдгээр нөлөөллийг өнөөг хүртэл хараахан тооцоолоогүй байна.
3. Мөн математик загварчлалаар байгаль орчин дахь органик бохирдуулагч бодисын цаашдын замналыг тооцоолж болох боловч нөлөөлөх хүчин зүйлүүд болон үйл явцын талаархи бидний мэдлэг, матрицын нөлөөлөл, хамт орших бусад бохирдуулагчид болон хүрээлэн буй орчны гол үзүүлэлтүүдийг тодорхойлох бидний чадамж ялангуяа талбайн нөхцөлд хангалттай биш, дутмаг байна.
4. Экологи болон хүнд үзүүлэх органик бохирдуулагч бодисын эрсдлийг тодорхойлох стандарт аргачлалууд маш хурдан, цогцоор одоо ч хэрэгтэй байна. Олон-омиксууд (жишээ нь, геномик, транскриптомик, протеомик, метаболомик) болон биомэдээллийн багаж хэрэгслийг энэ зорилгоор ашиглаж болох боловч хувь хүний болон нийт хүн амын түвшинд илүү их судалгаа хийх шаардлагатай.

Инно Хими Лаб ХХК – ийн танилцуулга:

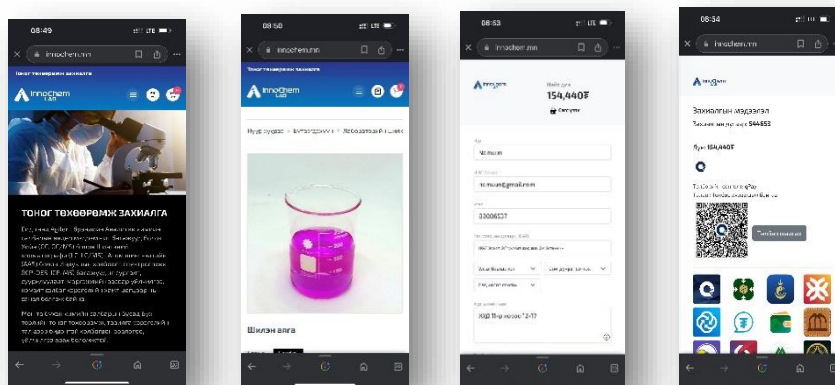
Үйлчилгээний нэр төрөл:

- Хүнс, хүрээлэн буй орчны шинжилгээний лабораторийн шинжилгээ
- Химийн тоног төхөөрөмж, багаж хэрэгсэл, бодис, урвалжийн худалдаа
- Химийн тоног төхөөрөмжийн суурилуулалт, засвар үйлчилгээ
- Химич, химийн мэргэжилтний сургалт, зөвлөгөө

Бүтээгдэхүүний нэр төрөл:

- Тоног төхөөрөмж
- Багаж хэрэгсэл
- Урвалж, уусмал
- Стандарт бодис, оношлуур
- Химийн бодис
- Шил сав, дагалдах хэрэгсэл

Хэрэглэгчидийнхээ цаг завьг хэмнэх, тасралтгүй ажиллагааг дэмжих үүднээс www.innochem.mn онлайн худалдааны сайтыг нэвтрүүлээд байна.



Инно лаборатори

- Химийн лабораторийн мэргэжилтнүүдэд өндөр хүчин чадал бүхий тоног төхөөрөмжтэй ажиллах орчин бүрдүүлэх, чадамжийг сайжруулах
- Хүнсний болон хүрээлэн буй орчны аюулгүй байдлыг хангахад лабораторийн шинжилгээг олон улсын стандартын дагуу нэвтрүүлж хувь нэмрээ оруулах

Шинжилгээний хүрээ:

- Пестицидийн үлдэгдлийн шинжилгээ
- Усанд болон тосонд уусдаг витаминь шинжилгээ
- Хүрээлэн буй орчны бохирдлын шинжилгээ