

## Гол агуулга

- Монгол орны тариалангийн хөрс нилээн доройтол, эвдрэлд орсон байгаа нь олон шинж тэмдэгээр илэрч байна.
- Энэ нь дунд хугацаанд хөрсний бүтээмжид эрсдэлтэйгээс гадна гүний усны хангамж, хүлэмжийн хийн шингээлт, хүний эрүүл мэндийн баталгаат байдал зэрэг бусад экосистемийн үйлчилгээнд сөргөөр нөлөөлнө.
- Хөрсний эрүүл мэндийн үзэл баримтлалд хөрсний менежментийг тогтвортой хөгжлийн зорилтуудтай уялдуулж үздэг.
- Иймээс л хөрсний талаарх мэдлэг, ойлголт нь хөрсний үржил шимийн үзүүлэлтүүдээс хальсан ойлголт юм.
- Орчин үеийн хөрсний талаарх мэдлэг, туршлагыг практикт ашиглахыг олон талаар дэмжих шаардлагатай байна. Тухайлбал хөрсний үр чадварын сүлжээг Монголд төдийгүй Төв Азийн улс орнуудыг дамнасан сүлжээ хэлбэрээр хөгжүүлж, бэхжүүлэх боломжтой.

## Хөдөө аж ахуйн практик үйл ажиллагаа болон нийгэм дэх хөрсний талаарх мэдлэгийн ач холбогдол

### Оршил

Хөрс нь усны адил нийгмийн сайн сайхан байдалд чухал үүрэгтэй. Дэлхийн хүнсний бүтээгдэхүүний аюулгүй байдал, экосистемийн үйлчилгээг хангах, ялангуяа уур амьсгалын өөрчлөлт, хүн амын өсөлттэй холбоотойгоор тулгарч буй сорилтуудыг даван туулахад шийдвэрлэх нөөцийн нэг бол хөрс юм. Хөрсний зохисгүй ашиглалт нь хөрс элэгдэх, дахин сэргээгдэхгүйгээр алдагдах аюулд хүргэхээс гадна нийгмийн тогтворгүй байдалд ч хүргэх эрсдэлтэй. Иймээс хөдөө аж ахуй, тогтвортой хөрс ашиглалтын үндэс бол хөрсний нөөцийн талаарх үнэн зөв мэдлэг болно.

### Монгол улсын хөрс

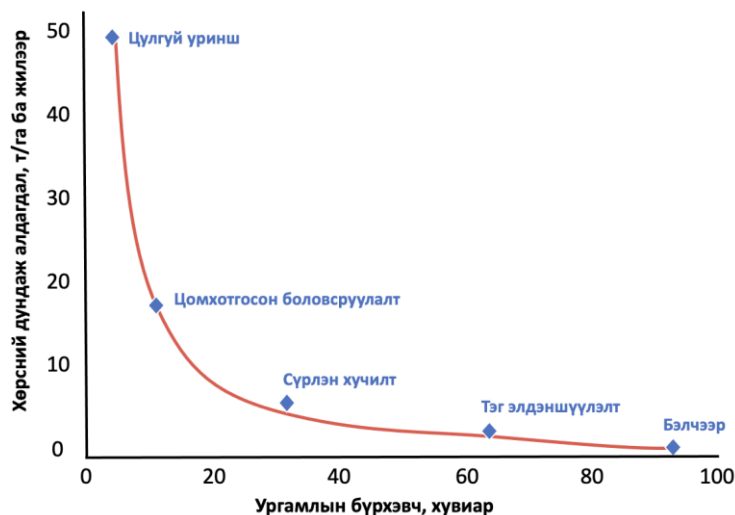
Монгол орон эх газрын эрс тэс уур амьсгалтай, ялангуяа нутгийн хойт хэсэгт урт, хүйтэн өвөл болдог тул таримлын ургах хугацаа богино байдаг онцлогтой. Нутгийн хойт хэсгээр жилд 350 мм хүртэл хур тунадас унах ба хур тунадасны хуваарилалт нь хойноос урагш чиглэлд буурдаг. Уур амьсгалын энэхүү тогтолцооноос үүдэн Монгол орны хөрсний бүтэц ч өөр өөр байдаг онцлогтой. Дийлэнх хөрс нь газар тариаланд тохиромжгүй (Regosols, Calcisols, Leptosols, Cryosols) боловч Монголын хойд хэсгийн ойт хээрийн бүсэд үржил шимт хөрс (Kastanozems, Umbrisols, Phaeozems, Chernozems) тархсан байдаг (JRC and FAO, 2023).

1950-иад оны дунд үеэс Монголд атар газар их хэмжээгээр эзэмшин, газар тариалан эрхэлж эхэлсэн нь ЗХУ-д Хрушевын үед атар газар эзэмших кампанит ажил өрнөсөн үетэй зэрэгцсэн байдаг. (Frühauf et al., 2020).

Газар хагалах, цулгүй уринш хийх зэрэг уламжлалт аргууд газар тариаланд чухал байсан. Өнөөдөр Монгол улсад 1.3 сая гаруй га-д тариалалт хийж байгаагаас 70,9 хувийг төвийн хойт бүсэд, 15,9 хувийг зүүн, 13,2 хувийг баруун бүсэд эрхэлж байна (Dagvadorj et al., 2014). 1990-д оны үед газар тариалангийн үйлдвэрлэлийн эргэлтийн талбай багассан боловч сүүлд атаршсан газрыг сэргээн ашиглаж эхэлж байгаа нь ажиглагдаж байна.

### Хөрсний элэгдлийн шинж тэмдэг

Хэдийгээр цулгүй уринш болон зусах буудайн тариалалтын сэлгээ хөрсөнд сөргөөр, тухайлбал хөрсний ялзмагийн агууламжийг бууруулах, хөрсний эвдрэлд нөлөөлдөг нь тодорхой ч монголд ихэнх тариалангийн аж ахуйд хэрэгжүүлдэг энэ туршлага хэвээр л байна. Хүний үйл ажиллагаанаас үүдэлтэй хөрсний эвдрэл, доройтол гэдэг нь хөрсний элэгдлийн хамгийн илтээр харагдах, эдийн засагт нөлөөлдөг процесс юм (Chesworth, 2008). Хөрс жилд ойролцоогоор га-д 2-хон тонноор нэмэгдэж байдаг бол газар тариалангийн зохисгүй үйл ажиллагаанаас болж жилд өчнөөн арван тонноор эвдрэлд орж байдаг (Graßl, 1997). 15 аймагт хийгдсэн судалгаагаар тариалангийн талбайн 61 хувь нь хүчтэй эвдэрсэн байна (Choijamts ба бусад, 2015).



Ингэснээр хөрсний үржил шим бүхий дээд давхарга тариаланд ашиглахад 10 жил хүрэхгүй хугацаанд алдагдана. Салхины эвдрэлээс гадна төв азийн хуурай бүсэд хааяа тохиолдох хүчтэй бороо ч үүнд бас нөлөөлнө. Гэтэл хөрсний эвдрэлийг багасгах боломж маш амархан. Ердөө л цулгүй уриншийн оронд цомхотгосон хөрс элдэншүүлэлт, тэг элдэншүүлэг сүрлэн хучилт хийх (зураг 1).

**Зураг 1:** Төрөл бүрийн ашиглалтын явцад үүсэх хөрсний алдагдал (Эх сурвалж: Freebairn, 2004).

Цаашилбал ихэнх тохиолдолд бордоо хангалтгүй байна. Хэдэн арван жилийн турш бордооны хэрэглээг орхигдуулсан ба хэрэглэсэн ч азотыг л ашигласан байдаг. Энэ нь байгалийн усан хангамж мүүгаас гадна шим тэжээлийн дутагдал нь ургац бага байхад нөлөөлдөг хоёр дахь хүчин зүйл болж байна гэсэн үг юм. Монголын газар тариалангийн хөрсөн дэх ургамалд шингэцтэй тэжээлийн бодисоос 40 хувийг азотын нитрат, фосфор 23 хувь хүртэл, кали зөвхөн 12 хувь хүртэл агууламжтай байна (Choijamts ба бусад, 2015). Дээр нь хөрс ихэвчлэн сулаас дунд зэргийн шүлтлэг байх ба төмөр, зэс, манган, цайр зэрэг шим тэжээлт бодисоор дутагддаг боловч энэ талаар нарийн мэдээлэл бараг байхгүй. Цулгүй уринш хийх, хөрс боловсруулахдаа эргүүлж элдэншүүлдэгээс хөрсний органик бодисын бичил биетэн багасахад хүргэж, ус, шим тэжээлийн дутагдлаас болж таримлын үлдэгдэл бага тул биомассын бага үйлдвэрлэгддэг. Энэ хоёр хүчин зүйл нийлээд тал хээрийн хөрсөнд, үүнд Монголын газар тариалангийн хөрс ч хамаарах ба тариалалтын дараа хөрсний органик бодисын хэмжээ 50 хувь хүртэл алдагддаг байна (Paustian ба бусад, 1997).

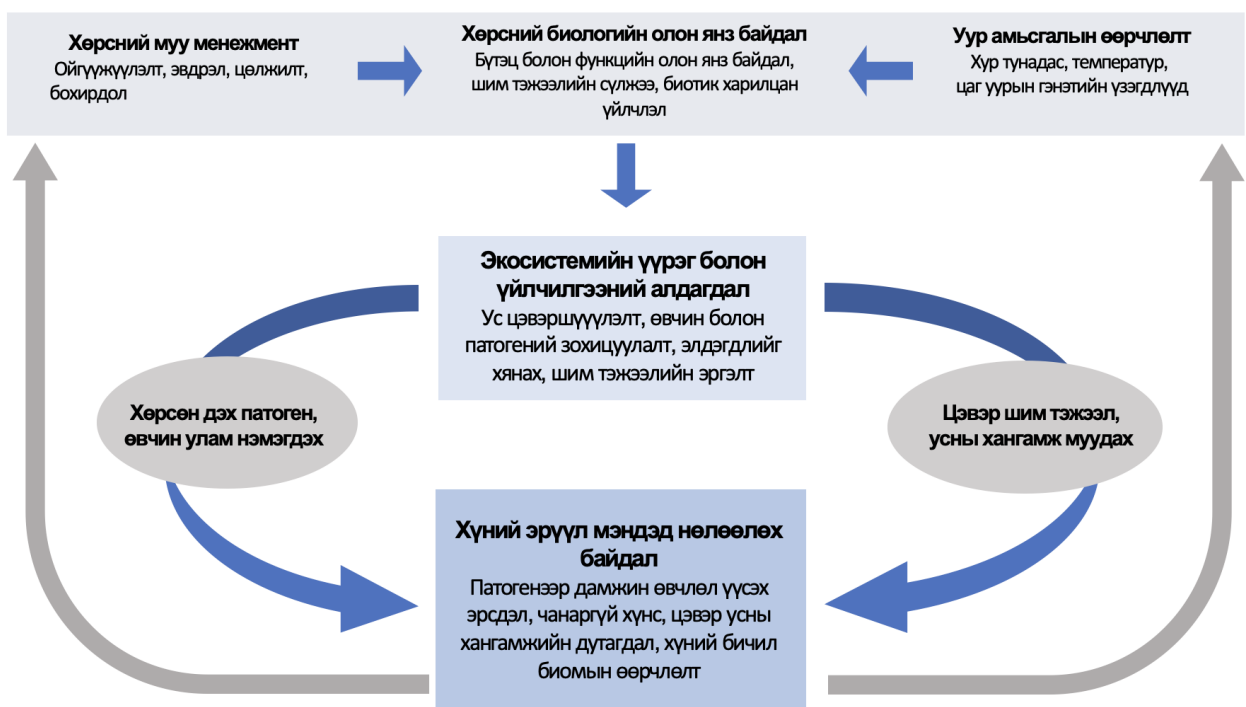
Гэтэл хөрсний органик бодис нь хөрсний олон талт үүргийн түлхүүр хүчин зүйл байдаг: энэ нь шим тэжээлийн нөөц ба эх үүсвэр, мөн ус хуримтлуулагч бөгөөд гүний усны чанарыг сайжруулдаг, хөрсний бүтцийг сайжруулж, улмаар хөрсний элэгдлийг бууруулж, эцэст нь, хөрсний организмын

хүнсний эх үүсвэр бөгөөд амьдрах орчин нь болдог. Иймээс л хөрсний үржил шим, бүтээмжийн шийдвэрлэх хүчин зүйл нь болдог. Үүнээс гадна хөрсний органик бодис нь нүүрстөрөгч шингээгч болдог учир уур амьсгалыг зохицуулагч юм. Энэ үүднээс хөрсний тогтвортой менежмент нь хөрсний органик бодисын хангамжийг нэмэгдүүлэхэд чиглэгдсэн байна.

### Хөрсний эрүүл мэнд ба экосистемийн үйлчилгээ

Хөрсний органик бодисын талаарх тайлбараас харахад хөрсний үржил шимийн үзүүлэлтүүд хөрсний тогтвортой менежментийг үнэлэхэд учир дутагдалтай байдгийг харуулдаг. Хөрсний зохистой менежментийн арга хэмжээг тодорхойлохын тулд хөрсний үржил шимийн талаарх нарийвчилсан үзүүлэлтийг газар тариалангийн үйлдвэрлэлтэй холбож үзэх хэрэгтэй. Иймээс хөрсний чанарын тодорхойлохдоо хөдөө аж ахуйн ач холбогдол, бусад экосистемийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдэд үзүүлэх харилцан нөлөөллийнх нь хувьд тодорхойлох шаардлага үүсдэг.

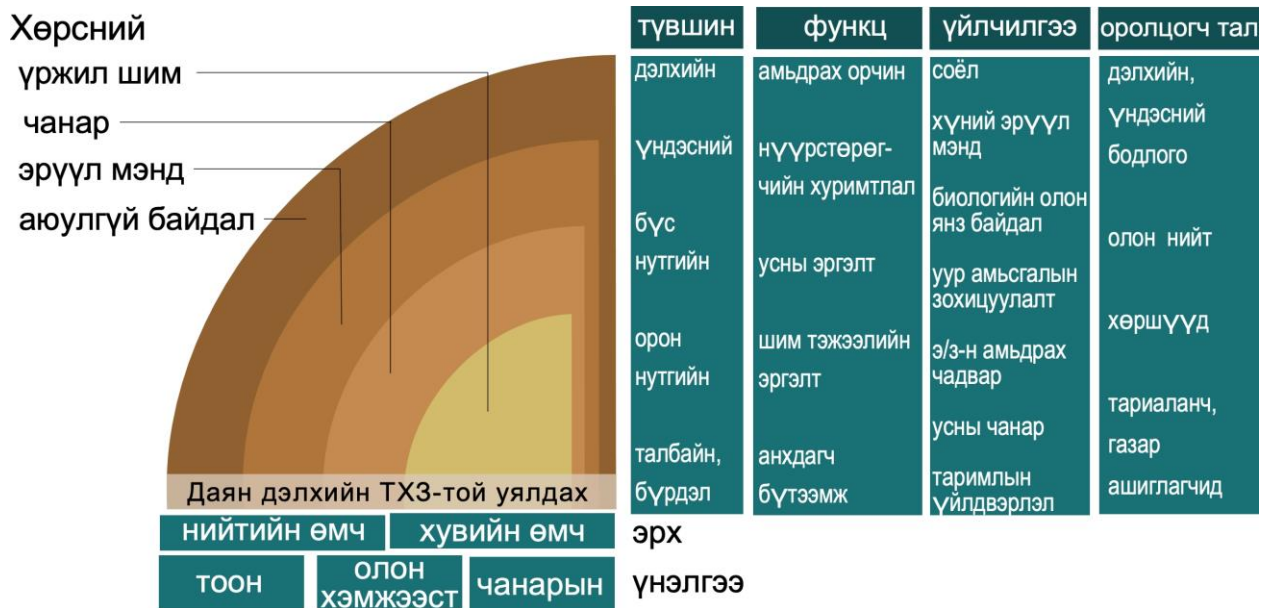
Харин хөрсний эрүүл мэнд, түүний дотор биологийн олон янз байдал гэсэн ойлголт нь хүн, амьтан, ургамал, хүрээлэн буй орчны эрүүл мэндэд хамаатай тул нийгмийн тогтвортой хөгжил (зураг 2), тогтвортой хөгжлийн зорилтуудтай уялдана (зураг 3).



**Зураг 2:** Хөрсний олон янз байдал ба хүний эрүүл мэндийн хоорондын уялдааг харуулсан диаграмм. Хөрсний менежментийн буруу дадал, уур амьсгалын өөрчлөлтийн хүчин зүйлсийн харилцан үйлчлэл нь хөрсний биологийн олон янз байдалд сөргөөр нөлөөлөх ба энэ нь эргээд хүний эрүүл мэндэд чухал ач холбогдолтой экосистемийн үйл ажиллагаа, үйлчилгээнд (хортон шавьж, эмгэг төрүүлэгчдийг хянах, эрүүл хүнс үйлдвэрлэх, ус цэвэрлэх, агаарын бохирдлыг бууруулах) нөлөөлдөг. Хүний эрүүл мэндэд үзүүлэх хариу арга хэмжээ нь эргээд газар ашиглалт, уур амьсгалын өөрчлөлтөд нөлөөлөхүйц удирдлагын шийдвэрт нөлөөлж болно (Эх сурвалж: Wall ба бусад, 2015).

Эцэст нь хөрсний аюулгүй байдлын тухай ойлголт нь хөрснөөс авах үйлчилгээг ус, агаарыг адил нийгмийн нийтлэг үнэт зүйл учир хүний эрх гэж тодорхойлсон байдаг (Koch болон бусад, 2013). Хөрсний эрүүл мэндийн концепцийг ярихын тулд хөрсний менежментийг тогтвортой хөгжлийн

зорилтуудтай уялдуулах шаардлагатай (зураг 3) бөгөөд шийдвэр гаргагчдын хувьд шийдвэрлэх ёстой асуудлын үндэс болох учиртай (Lehmann ба бусад, 2020).



**Зураг 3:** Хөрсний үржил шим, чанар, эрүүл мэнд, аюулгүй байдлыг орон зайн янз бүрийн хэмжээст экосистемийн үйлчилгээ, оролцогч талуудтай холбож үздэг үзэл баримтлал (Эх сурвалж: Lehmann ба бусад, 2020).

Энэхүү үзэл баримтлалыг агрохимийн хангамж нь үйлдвэрлэл явуулахад хүрэлцээгүй нөхцөлд тогтвортой хөдөө аж ахуйд хэрэглэхэд бүрэн тохиромжтой. Гол нь хөрсний эрүүл мэндийн асуудалд юуны түрүүнд хөдөө аж ахуйн үйлдвэрлэлийн биологийн үзүүлэлт, процессыг тухайлбал биологийн олон янз байдлын сэлгэн тариалалтыг нэмэгдүүлэх, жишээ нь завсрын таримал, ө.х. ногоон уриншаас эхлэн буурцагт ургамал тарих, хөрсний органик нүүрстөрөгчийн агууламж, хөрсөн дэх бичил биомын төрөл зүйл (Reinhold-Hurek ба бусад, хэвлэлд бэлтгэгдэж байгаа), түүнчлэн хөрсний тэсвэртэй байдлыг стрессдүүлэгч хүчин зүйлүүд (Chen ба бусад, 2020) зэргийг харгалзаж үздэг. Үүнтэй адил хөрсний эрүүл мэндийн асуудлыг жишээ нь усны чанар, уур амьсгалын өөрчлөлт болон хүний эрүүл мэнд зэрэг бусад экосистемийн үйлчилгээнүүдтэй холбож үзэж болно (Lehmann ба бусад, 2020).



### **Зөвлөмж**

Төв Азийн хөрсний үржил шим, эрүүл мэндийг сайжруулах, хүнсний үйлдвэрлэлийн аюулгүй байдал, экосистемийн үйлчилгээ, түүнчлэн уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөөллийг бууруулахад шаардлагатай хөрсний бүхий л талын үйлчилгээг хүртэхийн тулд менежментийн арга хэмжээг болон чадавхийг бэхжүүлэх хэрэгцээг харгалцан дараах арга хэмжээнүүдийг авч хэрэгжүүлэхийг санал болгож байна. Үүнд:

#### **1) Менежментийн арга хэмжээ**

Юуны өмнө хөдөө аж ахуйн газрын менежментийг оновчтой болгох нь чухал. Энэ чиглэлээр олон талын хуримтлагдсан мэдлэг, туршлага бий. Тухайлбал ХБНГУ-ын Боловсрол, шинжлэх ухааны яамны санхүүжилттэй КУЛУНДА (KULUNDA) төслийн хүрээнд өмнөд Сибирийн газар тариалангийн бүс нутагт хөрсний элэгдлээс хамгаалах аргыг боловсруулсан (Frühauf ба бусад, 2020). Уг арга, туршлагаас Монголын байгалийн нөхцөлд тодорхой хэмжээгээр авч хэрэгжүүлэх боломжтой (Guggenberger, 2020; Meinel, 2020).

#### **Цулгүй уриншийг багасгах, цомхотгосон хөрс боловсруулалт хийх эсвэл тэг элдэншүүлэгийн аргад шилжих**

Цулгүй уринш хийх, талбайг өнжөөх нь хөрсний эвдрэлийг түргэтгэдэг. Өнжөөх шалтгааныг (а) хөрсөн дэх органик бодисын эрдэсжилтээс шалтгаалж азотын хүртээмжийг нэмэгдүүлэх, (б) өнжсөн жил хөрсөнд ус хуримтлуулах, (в) ургамлын эрүүл ахуйн хяналтыг сайжруулна гэж үздэг. Гэвч дээрх төслийн үр дүнгээс харахад (а) цулгүй уринш нь яваандаа ялзмагийн алдагдлыг түргэтгэдэг төдийгүй органик бодисын задралаар азот бага ялгардаг, (б) цомхотгосон боловсруулалт эсвэл шууд тариалалт хийвэл үндсэн таримлын хөшигт ургамлын нөлөөгөөр цулгүй уринштай харьцуулахад хөрсийг илүү их усаар хангаж байв (Frühauf ба бусад, 2020). Тариалангийн хогийн ургамлын асуудлыг хянахад (с) тохирсон сэлгээг сонгох, ногоон бордуурыг ашиглаж болно. Дархан хотын Ургамал, газар тариалангийн эрдэм шинжилгээний хүрээлэнгийн хийсэн туршилтууд ногоон бордуурт уриншийн, ялангуяа сэлгээний таримлыг азот болон шим бодисоор хангах ихээхэн боломж байдгийг баталсан.

Газар тариалангийн технологийн хувьд сайжруулсан буюу тохирсон үрлэгч ашиглах, тэг элдэншүүлэгийн аргыг дэлгэрүүлэх, пестицидийн хэрэглээг багасгахын тулд мэдрэгч бүхий автомат удирдлагатай шүршигч ашигладаг байх зэрэг шаардлагатай болжээ. Үүнд төрийн, банкны болон бусад дэмжлэг шаардлагатай байна.

#### **Бордооны тогтвортой тогтолцоог хөгжүүлэх**

Монголд ургамал хамгааллын бодис өргөн хэрэглэдэг тул тариалангийн ихэнх хөрсөнд тэжээлийн бодисын алдагдал нөхөгдөж ирсэнгүй. Энэ нь яваандаа ургац муудахад хүргэх эрсдэлтэй. Иймээс хөрсөнд нөхөн сэргээх бордоожуулалт, дараа нь хөрсөнд хадгалагдах бордоо ашиглахыг зорих хэрэгтэй. Үүний тулд хөрсөн дэх шим тэжээлийн харьцааны талаар мэдлэгтэй байх, дараа нь бордооны зөвлөмж боловсруулж гаргах нь зүйтэй. Зөвлөмжийг орон нутгийн уур амьсгал, хөрс, газар тариалангийн нөхцөлд нийцсэн байдлаар гаргах нь зүйтэй. Жишээ нь Канад улсын “Манитобагийн хөрсний үржил шимийн заавар”-ыг ашиглах боломжтой (Manitoba Soil Fertility Advisory Committee, 2007). Учир нь Канадын эх газрын нөхцөл Монголтой ойролцоо. Гэхдээ бусад эх газрын хуурай бүсэд зориулсан зөвлөмжийг Монголын нөхцөл байдалд туршиж, нийцүүлэх нь зүйтэй (2-г харна уу).

#### **Мал аж ахуй, газар тариаланг үялдүүлэх**

Мал аж ахуй бол Монголын үйлдвэрлэлийн чухал салбар билээ. Гэхдээ нүүдлийн мал ахуй, газар тариалан зэрэгцэн байх нь эрсдэлтэй хэвээр. Мэдээж энэ 2 салбарыг хослуулах нь эдийн засаг, экологийн хувьд ашигтай. Хучилттай уринш хийвэл өвөл нь малын тэжээл болох ч хийгддэггүй байна. Цас их унаж бэлчээргүйдлээс (цагаан зуд), гантай жилийн дараа хэт хүйтэн, бэлчээргүйгээс





(хар зуд) мал ихээр хорогддог (Batima, 2006). Газар тариаланг мал аж ахуйтай хослуулах нь хөрсний үржил шимийг сайжруулахаас (Cai бусад, 2019) гадна цэвэр эрдэс бордоо ашиглалгүйгээр хөрсний нүүрстөрөгчийн агууламжийг (Liu ба бусад, 2023) нэмэгдүүлэх давуу талтай.

## 2) Сургалт, судалгаа-шинжилгээний салбарын чадавхийг бэхжүүлэх

Орчин үеийн хөрсний шинжлэх ухааны суурь боловсролыг хөгжүүлэх, хөрсний шинжилгээний олон улсын стандартад нийцсэн стандарттай болох, дэлхийн судалгаанд ойртуулах зэрэг нь газар тариалангийн шинжлэх ухаанд шаардлагатай хөрөнгө оруулалтын суурь нөхцөл бөгөөд тогтвортой хөгжил, хүнсний аюулгүй байдлыг хангахад чухал алхам болно. Монголд төдийгүй төв азийн нийт тал хээрийн бүсэд үүнийг нутагшуулахад өнөөгийн хөрсний шинжлэх ухааны онолын үзэл баримтлал, орчин үеийн судалгаа, шинжилгээний арга зүйд нийцүүлэн хөгжүүлэх шаардлагатай. Дараах арга хэмжээг хэрэгжүүлэхийг санал болгож байна. Үүнд:

### Нэгдсэн стандарт боловсруулах

Монголд одоог хүртэл хуучин зөвлөлтийн арга, стандартын дагуу менежментийн зөвлөмжийг гаргасаар байна. Хэдийгээр зарим, тухайлбал, фосфорын Мачигиний арга (ГОСТ, 1992) хэрэгтэй байдаг ч, энэ нь бусад тэжээллэг бодисуудад хамааралгүй. Барууны стандартууд, жишээ нь Картер, Грегориц (2007)-д үндэслэсэн байдаг ба эдгээрийн нийцлийг шалгах эсвэл Монголын нөхцөл байдалд нийцүүлэх нь зүйтэй гэж зөвлөж байна. Үүнийг Монголын хөрсний шимт бодисын туршилт, шинжилгээ хийдэг бүх байгууллагууд хамтран хэрэгжүүлэх шаардлагатай. Хөрсний физик болон хөрсний биологийн үзүүлэлтүүдийн аналитик аргуудыг шинэчлэх асуудал энд мөн л хамаарна.

### Хөрс судлалын сургалт, мэргэжил дээшлүүлэх

Үндсэн урьдчилсан нөхцөл бол их дээд сургуулиудад болон мэргэжил дээшлүүлэх сургалтыг сайжруулах явдал юм. Их, дээд сургуулиудын лабораторийн тоног төхөөрөмжийг сайжруулах, гадаад багш солилцоог нэмэгдүүлэх, олон улсын жишигт нийцсэн орчин үеийн сургалтын хөтөлбөртэй болох, баталгаажуулах зэрэгтэй холбоотой юм. Техникийн болон практик ажилтнуудын сургалт, мэргэжил дээшлүүлэх сургалтыг сайжруулах нь адил чухал. Герман дахь хос сургалтын хөтөлбөр жишээлбэл сайн туршлага байх боломжтой.

### Техникийн болон шинжлэх ухааны инновац

Хөрсний шинж чанар, функцийн шинжилгээ судалгаа сүүлийн үед маш хурдацтай хөгжиж байгаа тул уламжлалт хөрсний шинжилгээний ач холбогдол багасч буй тал ажиглагддаг. Энэ нь өргөн хүрээнд, тухайлбал хиймэл дагуулд суурилсан хөрсний параметруудийн гибер-спектрийн шинжилгээ, бичил процессын түвшинд молекул судалгааны арга, Lab-on-a-Chip буюу лабораторийн хэд хэдэн аналитик функцийг ганц л чипд нэгтгэсэн судалгааны арга зэрэг хэрэглэгддэг болсонтой холбоотой. Цаашид цуглуулсан цогц өгөгдөл, дүн шилжилгээнд хиймэл оюун ухаан хувьсгал хийх болно. Зохих санхүүгийн дэмжлэгтэй бол Монгол шиг улс орнууд инновацийн хоцрогдлоос гарах боломж бий.

### Чадамжийн сүлжээг бий болгох

Дээр дурдсан арга хэмжээнүүдийг хэрэгжүүлэхэд хөрсний чадавхийн сүлжээг бий болгох нь шийдвэрлэх ач холбогдолтой. Боломжтой бол зөвхөн Монголын гэлтгүй, байгалийн нөхцөл, нийгэм-эдийн засгийн хөгжлийн хувьд ойролцоо бүс нутаг, тухайлбал төв азийн улс орнуудын сүлжээ байж болохоор. Иймэрхүү арга хэмжээнд хөрөнгө оруулах нь эрүүл хөрсөөр дамжуулан экосистемийн үйлчилгээг авахыг баталгаажуулахаас үүдэх гарах байгаль орчин, эдийн засгийн зардлаас хамаагүй бага байх болно.

## Ном зүй

- Batima, P. (2006): Climate Change Vulnerability and Adaptation in the Livestock Sector of Mongolia. A Final Report Submitted to Assessments of Impacts and Adaptations to Climate Change (AIACC), Project No. AS 06.
- Cai, A.D., Xu, M.G., Wang, B.R., Zhang, W.J., Liang, G.P., Hou, E.Q., Luo, Y.Q. (2019) Manure acts as a better fertilizer for increasing crop yields than synthetic fertilizer does by improving soil fertility. *Soil & Tillage Research* 189, 168-175.
- Carter, M.R., Gregorich, E.G. (Hrsg.) (2007) *Soil Sampling and Methods of Analysis*, 2<sup>nd</sup> edition. CRC Press.
- Chen, X.D., Dunfield, K.E., Fraser, T.D., Wakelin, S., Richardson, A.E., Condon, L.M. (2020) Soil biodiversity and biogeochemical function in managed ecosystems. *Soil Research* 58, 1-20.
- Chesworth, W. (Hrsg.) (2008) *Encyclopedia of Soil Science*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Chojjamts, A., Odgerel, B., Amarsanaa, B., Tuul, D. (2015) Stand der Fruchtbarkeit von Ackerböden in der Mongolei, Verbesserungsmöglichkeiten und Bedarf an Düngung. Beitrag zum Workshop Bodenschutz als Grundlage für nachhaltige Pflanzenproduktion, Deutsch-Mongolisches Kooperationsprojekt Nachhaltige Landwirtschaft, November 2015.
- Dagvadorj, D., Batjargal, Z., Natsagdorj, L. (2014) Mongolia Second Assessment Report on Climate Change 2014. Ministry of Environment and Green Development of Mongolia.
- ГОСТ (1992) ПОЧВЫ Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. Комитет по стандартизации и метрологии СССР, ГОСТ 26205-91, Москва.
- Guggenberger, G. (2020) Optimizing humus, water, and nutrient management in Mongolia under changing climate conditions. In: G. Gantulga, B. Erdenebolor (Hrsg): Study on Sustainable and Climate Change Adapted Land Use in the Mongolian Crop Sector. German-Mongolian Cooperation Project "Sustainable Agriculture". Ulaanbaatar, Mongolei, S. 75-113. (Auch in mongolischer Sprache veröffentlicht.)
- Freebairn, D. (2004) Some observations on the role of soil conservation structures and conservation. *Journal of the Australian Association of Natural Resource Management* 7, 8-13.
- Frühauf, M., Guggenberger, G., Meinel, T., Theersfeld, I., Lentz, S. (Hrsg.) (2020) KULUNDA - Climate Smart Agriculture. Springer Nature, Switzerland.
- Frühauf, M., Meinel, T., Schmidt, G. (2020) The virgin lands campaign (1954-1963) until the breakdown of the Former Soviet Union (FSU): With special focus on western Siberia. In: M. Frühauf, G. Guggenberger, T. Meinel, I. Theersfeld, S. Lentz (Hrsg.): KULUNDA - Climate Smart Agriculture. Springer Nature, Switzerland. S. 101-118.
- Liu, Y.H., Li, C., Cai, G., Sauheitl, L., Xiao, M.L., Shibistova, O., Ge, T.D., Guggenberger, G. (2023) meta-analysis on the effects of types and levels of N, P, and K fertilization on organic carbon in cropland soils. *Geoderma* 437, Art. No. 16580.
- Joint Research Centre of the European Commission (JRC), and Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO) (2023) *Soil Atlas of Asia*, Publications Office of the European Union & FAO, Luxembourg and Rome.
- Koch, A. und 30 andere (2013) Soil security: solving the global soil crisis. *Global Policy* 4, 434-441.
- Lehmann, J., Bossio, D.A., Kögel-Knabner, I., Rillig, M.C. (2020) The concept and future prospects of soil health. *Nature Reviews Earth & Environment* 1, 544-553.
- Manitoba Soil Fertility Advisory Committee (2007) *Manitoba Soil Fertility Guide*. Government of Manitoba, Canada. <https://www.gov.mb.ca/agriculture/crops/soil-fertility/soil-fertility-guide/>
- Meinel, T. (2020) Sustainable farming alternatives in Mongolia under changing climate conditions. In: G. Gantulga, B. Erdenebolor (Hrsg): Study on Sustainable and Climate Change Adapted Land Use in the Mongolian Crop Sector. German-Mongolian Cooperation Project "Sustainable Agriculture". Ulaanbaatar, Mongolei, S. 114-159. (Auch in mongolischer Sprache veröffentlicht.)



Paustian, K., Collins, H.P., Paul, E.A. (1997): Management controls on soil carbon. In: E.A. Paul, K.H. Paustian, E.T. Elliott, C.V. Cole (Hrsg.): Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems - Long-Term Experiments in North America. CRC Press, Boca Raton. S. 15-50.

Wall, D.H., Nielsen, U.N., Six, J. (2015) Soil biodiversity and human health. Nature 528, 69-76.

**Тайлбар:** Энэхүү бодлогын зөвлөмжид багтсан баримт, дүгнэлтийн үнэн зөв байдлыг зохиогч хариуцна. Уг зөвлөмж нь Герман-Монголын хамтын ажиллагааны “Тогтвортой хөдөө аж ахуй” төслийг санхүүжүүлэгч ХБНГУ-ын Хүнс, хөдөө аж ахуйн яамны албан ёсны байр суурийг илэрхийлээгүй болно.

#### Зохиогч

Георг Гуггенбергер  
Ханновер хотын Лайбницын Их сургуулийн  
Хөрс судлалын хүрээлэнгийн захирал  
guggenberger@ifbk.uni-hannover.de