

ХӨРСНИЙ УРВАЛЫН ОРЧНЫГ ТОДОРХОЙЛОХ АРГЫН ТОХИРОМЖТОЙ ХУВИЛБАР

Д.ИХБАЯР*, Т.ТЭЛМЭН, Х.ЗОЛЖАРГАЛ

*Хөрс судлалын салбар, Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэн, ШУА
Ikhbayar1986@gmail.com*

Soil and water ratios for soil pH analysis

Soil pH describes acidity or alkalinity, also provides information on nutrient availability, metal dissolution chemistry, and the activity of microorganisms. Predominantly, soil pH is measured in soil–water extraction, and extraction differs in soil/water ratio. The objective of this study was to compare the pH results of three different measurements that have 1:1, 1:2.5, and 1:5 soil/water extraction ratios. The results were interpreted in 3 major natural zones. In the steppe, there was almost no difference in the 3 measurements. In the gobi, a difference occurred in samples that have a pH value between 7.5 to 8.5. However, there was no change in values other than these. In the Khangai, when the soil/water ratio was 1:2.5 and 1:5, the pH value had no significant difference. The 1:1 version was slightly lower values than the other 2 measurements. The differences of pH values measured in the 3 extractions in all natural zones were not high to change the classification.

Түлхүүр үг: Хөрсний урвалын орчин, тодорхойлох аргазүй, усан хандны харьцаа

Оршил

Хөрсний химийн шинж чанарын гол үзүүлэлт нь хөрсний урвалын орчин юм. Хөрсний урвалын орчин гэдэг нь хөрсний хүчиллэг эсвэл шүлтлэгийн хэмжээс бөгөөд рН нэгжээр хэмжигддэг. рН нь устөрөгчийн ионы концентрацийн сөрөг аравтын логарифмтай тэнцэнэ. Хөрсний урвалын орчин нь хөрсөн дэх биологийн идэвх, хөрс үүсвэрийн үйл явц, органик бодисын задралд шууд болон шууд бусаар нөлөөлдөг. Хөрсний урвалын орчны өөрчлөлт нь хүний нөлөөллийн (хөдөө аж ахуй, аж үйлдвэр, хотжилт) үйл явцын мэдрэмтгий үзүүлэлт болдог (Sabala et al., 2016). Хөрсөн дэх устөрөгчийн ионы хэмжээ нэмэгдэхэд хөрсний рН буурч улмаар хүчиллэг болдог. Хөрсний урвалын орчинд нөлөөлдөг гол хүчин зүйл бол хөрсний уусмал дахь давсны агууламж юм (Thomas, 1996). Тухайн хөрсний шинж чанараас хөрсний урвалын орчин хэд заах нь хамаарна (Batjes, 1992):

1. рН 4-өөс доош байх нь хөрсөнд сульфидын исэлдэлтээс үүссэн чөлөөт хүчил байгааг харуулдаг.
2. рН 5.5-аас доош байх нь хөдөлгөөнт хөнгөн цагаан (Al^{3+}) байгааг илтгэдэг. рН 4.5-аас доош болох нь хөдөлгөөнт Al^{3+} болон хөдөлгөөнт H^+ байгааг харуулдаг.

* ИХБАЯАР Damba. Institute of Geography-Geoecology, MAS

3. рН 7.3-8.5 байх нь хөрсөнд CaCO_3 байгааг илтгэдэг. Мөн NaCl болон Na_2SO_4 гэх мэт саармаг уусдаг давснууд их хэмжээгээр байснаар ханасан уусмалд $\text{EC}_e > 4 \text{dSm}^{-1}$ заана.
4. $\text{EC}_e > 4 \text{dSm}^{-1}$ -аас бага боловч Na_2CO_3 натрийн карбонатад агуулагдах солилцоот натрийн агууламжаас болж рН 8.5-аас их заадаг.

Усан уусмалд хөрсний рН 1-14 хооронд байх ба 7-оос бага үед хүчиллэг, дээш үед шүлтлэг, 7 утга нь саармаг орчныг илэрхийлдэг. Ургамал ургахад хөрсний урвалын орчны тохиромжтой хэмжээ 5.5-7.0 хооронд байдаг. Ихэнх хөрсөнд рН (H_2O) 2.0-11.0 хооронд хэлбэлздэг ч хүхрийн материалтай хөрсөнд 2.0-оос ч бага байж болдог (USDA, 1993).

Судлагдсан байдал

Хөрсний урвалын орчны янз бүрийн ангилал байдаг (Table 1). Дэлхийн улс орнуудад хөрсний урвалын орчныг янз бүрийн ялгаатай аргуудаар хэмжиж байна. Хөрсний урвалын үндсэн 3 хандуусмал ашигладаг: 1) нэрмэл ус (H_2O), 1) 1 моль l^{-1} KCl , 3) 1 моль l^{-1} CaCl_2 . Хөрсний урвалын орчныг хэмжихдээ хэд хэдэн зүйлийг анхаарах шаардлагатай: хөрс уусмалын харьцаа, электродын төрөл, уусмал доторх электродын байрлал, рН хэмжилтийн үед уусмалыг хутгах (Robert & David, 2010).

Манай улсын ихэнх хөрсний лабораториуд хөрсний урвалын орчны шинжилгээг хийхдээ 1:2.5, 1:5 гэсэн харьцаатайгаар нэрмэл усаар хандалж хэмждэг. Европын орнууд, Олон улсын хөрсний ангилал (Worldreference Base), Global Soil Map, Олон улсын хөрсний стандарт (ISO 10390:2005) зэрэгт хөрсний урвалын орчны хэмжилтийг 1:5 (хөрс:нэрмэл ус эсвэл хөрс:1M KCl , зарим тохиолдолд 1:1 хөрс:нэрмэл ус) харьцаатайгаар нэгтгэж баталсан (WRB, 2014). Олон улсын ISO стандарт, орчин үеийн хөрсний мэдээллийн санд өгөгдөл оруулахад хөрсний урвалын орчны хэмжилтийг хөрс уусмал 1:5 харьцаатайгаар шаарддаг болсон байна.

Хөрсний урвалын орчныг хэмжихдээ хөрс уусмалын янз бүрийн харьцааны ялгаан дээр хийгдсэн олон судалгаа байдаг. Хөрс усны харьцаа буурахад рН-ыг нэмэгдүүлдэг нөлөө үзүүлдэг, хөрс усны харьцаа 10:1-ээс 1:10 хүртэл бууруулахад рН 0.40-өөр нэмэгдсэн байна (Davis, 1945). ISRIC лабораторийн туршлагаас харахад хөрсний урвалын орчныг хэмжихэд 1:1-ээс 1:5 уусмалд тодорхойлогдсон рН (H_2O) нэгжийн аравны нэгээр ялгаатай гарсан (Batjes, 1992). 1:5 хандалсан уусмалын хөрсний рН утга 1:2.5, 1:1-ээс 0.5-1.5 нэгжээр их байж болно (Dewis et al., 1970).

Table 1. Ranges of pH.

USDA, 1993		FAO		MNS	
Ultra acid	<3.5	Extremely acid	<3.0	Very strongly acid	<4.0
Extremely acid	3.5-4.4	Very strongly acid	3.0-4.0	Strongly acid	4.0-4.9
Very strongly acid	4.5-5.0	Strongly acid	4.1-5.0	Moderately acid	5.0-5.9
Strongly acid	5.1-5.5	Moderately acid	5.1-6.0	Slightly acid	6.0-6.9
Moderately acid	5.6-6.0	Slightly acid	6.1-6.9	Neutral	7.0
Slightly acid	6.1-6.5	Neutral	7.0	Slightly alkaline	7.1-8.0
Neutral	6.6-7.3	Very slightly alkaline	7.1-7.5	Moderately alkaline	8.1-9.0
Slightly alkaline	7.4-7.8	Slightly alkaline	7.6-8.1	Strongly alkaline	>9.0
Moderately alkaline	7.9-8.4	Moderately alkaline	8.2-8.6		
Strongly alkaline	8.5-9.0	Alkaline	8.7-8.9		
Very strongly alkaline	>9.0	Strongly alkaline	9.0-10.0		
		<u>Very strongly alkaline</u>	<u>10.1-11.0</u>		

Энэхүү судалгаа нь урьд өмнө хамгийн их хэрэглэгддэг харьцаа 1:1 болон 1:2.5 цаашид хэрэглэгдэх харьцаа 1:5-тай харьцуулах, улмаар хөрсний урвалын орчны дүн мэдээллийг Монголын хөрсний лабораториудын холбоо (MOSLAN) болон хөрсний мэдээллийн сан, ISO стандартын шаардлагад нийцсэн болгох зорилготой.

Аргазүй

Хөрсний урвалын орчныг хээрийн нөхцөлд өнгөний хувирлаар тодорхойлдог Test Kit Color chart болон гар pH метрээр, лабораторид колорометр болон pH метрээр (ионометрийн арга) хэмжиж болдог.

Усан тунгаамалд ионометрийн арга: Хөрсний урвалын орчныг 1:1, 1:2.5, 1:5 хөрц/нэрмэл ус гэсэн 3 янзын харьцаатайгаар хандалж, pH метр (Orion5Star Thermo scientific) багажаар хэмжсэн (Table 2). Энэхүү багаж нь шилэн H^+ -ийн ионуудад мэдрэмтгий электродын тусламжтайгаар хөрсний урвалын орчныг хэмждэг. Шилэн электрод нь давсны уусмал агуулдаг (Na^+) бөгөөд электродыг хөрсний уусмалд дүрэх үед хөрсний уусмал (H^+) болон электродын хооронд ионы солилцоо явагдах замаар электрод үүсэж буй цахилгаан хөдөлгөгч хүчийг хэмжин тодорхойлдог.

Table 2. Analytical methods used for determining pH (H_2O)

	Ratio	Extraction
pH _{1:1}	pH 1:1	soil/water
pH _{1:2.5}	pH 1:2.5	soil/water
pH _{1:5}	pH 1:5	soil/water

Хэрэглэгдэх багаж, урвалж: рН метр, стандарт уусмалууд (рН 4, 7, 10), 50-100 мл хэмжээтэй тагтай химийн зориулалттай хуванцар сав, нэрмэл ус, агаарын нөхцөлд хатаасан 2мм-ээр шигшсэн хөрс.

Үйл явц: 3 янзаар хандалсан уусмалын урвалын орчныг Soil testing method болон MNS ISO 10390:2001 олон улсын стандартад заасны дагуу 20-30 минут сэгсэрсний дараа рН метрээр хэмжсэн. Олон улсын энэхүү стандарт нь 1:5 эзлэхүүний харьцаатай хөрс:усны суспензи, 1 моль/л калийн хлоридын (KCl) болон 0.01 моль/л кальцийн хлоридын (CaCl₂) уусмалын рН-ыг шилэн электрод ашиглан тодорхойлох олон улсын арга юм.

Үр дүн

Хөрсний үе давхарга болон байгалийн бүсийн төлөөлөл болгож хөрсний дээжийг сонгохыг зорьсон. Нийт 67 ш хөрсний дээжид 2 давталттай, дээрх 3 арга (рН 1:1, 1:2.5, 1:5) тус бүрээр 402 удаагийн хэмжилтээр хөрсний урвалын орчныг тодорхойлсон. Байгалийн бүсээр 3 ангилан тодорхойлогч статистикуудыг тооцон Table 3-т харууллаа.

Table 3. Descriptive statistics.

	Soil water ratio	Descriptive statistics					
		Mean	Median	Std	CV, %	max	min
Khangai (n=21)	pH(1:1)	6.85	6.85	0.37	5.40	7.45	6.17
	pH(1:2.5)	6.92	6.83	0.41	5.90	7.72	6.32
	pH(1:5)	6.95	6.85	0.44	6.29	7.78	6.22
Steppe (n=18)	pH(1:1)	7.04	7.16	0.54	7.72	7.68	5.61
	pH(1:2.5)	7.07	7.18	0.55	7.73	7.73	5.62
	pH(1:5)	7.10	7.23	0.55	7.69	7.74	5.62
Gobi, desert (n=24)	pH(1:1)	8.00	7.95	0.34	4.28	8.73	7.45
	pH(1:2.5)	8.07	8.09	0.33	4.08	8.74	7.50
	pH(1:5)	8.07	8.03	0.32	3.97	8.82	7.43

Хангайн бүсийн хөрсний урвалын орчны дүнгээс харахад хөрс усны харьцаа 1:1 үед дунджаар 6.85 байсан бол 1:2.5 үед 6.92 болж 0.07-р буюу маш бага нэмэгдсэн байна. Мөн 1:5 үед 6.95 болж өссөн байна. Тал хээрийн бүсэд хангайн бүстэй адилаар хөрс усны харьцаа нэмэгдэхэд урвалын орчин маш багаар нэмэгдсэн (рН(1:1) - 7.04, рН(1:2.5) - 7.07 рН(1:5) - 7.10) зүй тогтолтой байна. Харин говь, цөлийн бүсэдусан хандны харьцаа 1:1 байхад 8 байсан бол 1:2.5, 1:5 үед адил 8.07 буюу дунд шүлтлэг байна. Вариацийн коэффициентын утгаас үзэхэд 3 байгалийн бүсэд бүгдэд нь бага хувьтай байгаа нь сонгож авсан дээжүүд нь тухайн байгалийн бүсээ төлөөлж чадаж байгааг илтгэж байна (Table 3).

Урвалын орчныг 3 өөр харьцаатай усан хандаар тодорхойлоход утга нь хэрхэн өөрчлөгдөж байгааг илүү нарийн харуулахын тулд байгалийн бүс тус бүрээр тархалтын муруйг байгуулж Figure 1-т харууллаа.

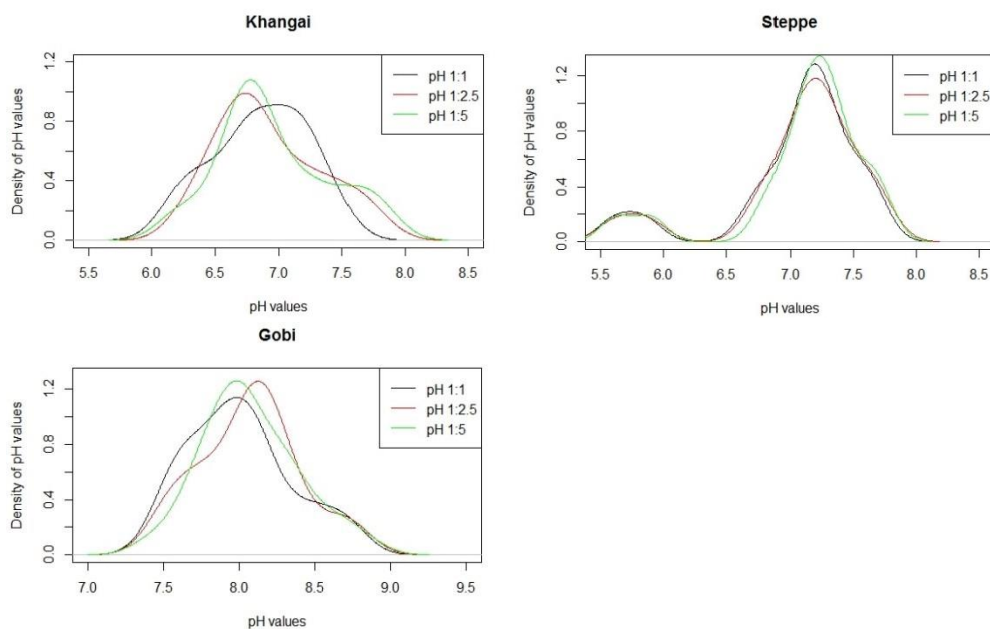


Figure 1. Density plot of pH

Хангайн бүсэд хөрс усыг 1:2.5 болон 1:5 харьцаатайгаар хандлан урвалын орчныг тодорхойлсон утгуудын тархалтын муруй ойролцоо байгаа бол 1:1 харьцаатай байх үед тархалтын муруй илүү өргөн буюу хэлбэлзэл ихтэй болсон нь харагдаж байна (Figure 1). Хээрийн бүсэд хөрсний урвалын орчныг 3 өөр харьцаатай усан хандаар тодорхойлоход өөрчлөлт бараг гараагүй нь тархалтын муруй болон тодорхойлогч статистикуудаас (Table 3) харагдаж байна. Говийн бүсэд 7.5-8.5 хооронд урвалын орчинтой дээжүүд хэлбэлзэж өөрчлөгдсөн бол 7.5-с доош 8.5-с дээш утга бүхий дээжүүд 3 хувилбар дээр урвалын орчин бараг өөрчлөлтгүй гарсан байна (Figure 1).

Хэлэлцүүлэг

Хөрсний урвалын орчныг хэмжих явцад хөрс усных харьцаар $\text{pH}_{(1:1)}$ үед органик ихтэй (хүлэрлэг) хөрс усыг өөртөө бүрэн шингээн хандлагдахад хүндрэлтэй байсан нь хүлэрлэг органик ихтэй хөрсөнд хандлалтын энэ харьцаа тохиромжгүй байгааг харуулж байна.

Хэмжилтийн үр дүнгээс харахад $\text{pH}_{(1:5)}$ хандалсан уусмалын хөрсний pH утга $\text{pH}_{(1:1)}$ –с дунджаар 0.07 нэгжээр их, $\text{pH}_{(1:2.5)}$ -ын хэмжилтээс дунджаар 0.02 нэгжээр их байсан нь (Dewis et al., 1970) нар болон ISRIC (International Soil

Reference and Information Centre) лабораторийн туршилтыг баталж, судалгааны үр дүнтэй нь тохирч байна.

Дүгнэлт

Хөрсний урвалын орчин (pH)-г тодорхойлох хэд хэдэн арга байдгаас усан ханд ашиглан тодорхойлох аргыг сонгон 3 төрлийн ус-хөрсний харьцаатай усан ханданд шинжилгээ хийн үр дүнг харьцуулан судаллаа. Үр дүнг байгалийн бүсүүдээр ялган тооцсон ба хээрийн бүсийн дээжүүдэд 3 төрлийн усан хандаар шинжилгээ хийхэд урвалын орчны утгууд өөрчлөлт хамгийн багатай байна. Говийн бүсэд 7.5-8.5 хооронд урвалын орчинтой дээжүүдийн утга усан хандны найрлагаас хамаарч бага зэрэг өөрчлөгдөж байна. Харин 7.5-с бага болон 8.5-с их урвалын орчинтой дээжүүдэд өөрчлөлт илрээгүй. Хангайн бүсэд усан хандыг харьцаа 1:2.5 болон 1:5 үед урвалын орчны утгууд өөрчлөлт бага байсан бол 1:1 үед бусад 2 хувилбараас бага урвалын орчныг илтгэж тархалтын муруйн хэлбэр өөрчлөгдөж байна. Шинжилгээ хийх усан хандны нэрмэл усны эзлэх хувь нэмэгдэхэд урвалын орчин бүх бүсүүдэд бага зэрэг буюу хамгийн багадаа 0.01 хамгийн ихдээ 0.1-р нэмэгдсэн байна. Хэмжилтийн энэхүү зөрүү нь хөрсний урвалын орчны ангиллын нэршилд нөлөө үзүүлэхгүй байгаа нь харагдаж байна (Table 1).

Монголын хөрсний лабораториудын холбооны анхдугаар хурлаар (Дархан хот, 2018.05.10) хөрсний лабораториудын онол аргазүйн нэгдмэл байдлыг мөрдлөг болгох, цаашид олон улсын аргазүй аргачлал руу шилжих ажлын хүрээнд хөрсний урвалын орчны хандлалтыг pH 1:5 болгохоор шийдвэрлэсэн. Хөрсний лабораториудын хувьд нэгдмэл нэг аргачлалын дагуу шинжилгээг хийж, үнэн зөв, үнэмшил сайтай дүнг гаргаж өгөх нь судлаач, байгаль орчны мэргэжилтнүүдэд судалгааны үр дүнг харьцуулах, байгаль орчны мониторинг хийхэд чухал ач холбогдолтой болж байгаа юм.

АШИГЛАСАН ХЭВЛЭЛ

Batjes, H. (1992). *Global data set of Soil pH properties*. ISRIC.

Cezary, K., Elzbieta, M., Bernard, G., Dorota, L., & Paulina, M., (2016). Conversion of Soil pH 1:2.5 KCl and 1:2.5 H₂O to 1:5 H₂O: Conclusions for Soil Management, Environmental Monitoring and International Soil Databases Pol. *J. Environ. Stud.* 25 (2). 647-653.

Dewis, J. & F. Freitas, R. C. (1970). *Physical and Chemical Methods of Soil and Water Analysis*. Soils Bulletin No. 10, FAO, Rome.

Davis, L.E. (1943). Measurements of pH with the glass electrode as affected by soil moisture. *Soil Sci.* (56). 405-422.

FAO. (2020). *Soil pH meter method*. Soil testing method. 35-41.

- FAO. (2014). *International soil classification system for naming soil and creating legends for soil maps*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 183.
- Robert, O. M., & David, E. K. (2010). Comparison of Soil pH Methods on Soil of North America. *Soil Sci. Soc. Am.* (74). 310-316.
- Thomas, G. W. (1996). *Soil pH and Soil acidity*. Part-3. Chemical method. Methods of Soil Analysis.
- USDA. (1993). *Soil Survey Manual (revised and enlarged edition)*. United States Department of Agriculture Handbook No. 18, Washington