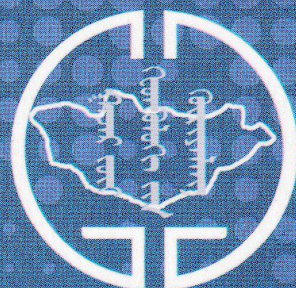


ШИНЖЛЭХ УХААНЫ АКАДЕМИ
ГАЗАРЗҮЙ, ГЕОЭКОЛОГИЙН ХҮРЭЭЛЭН



МОНГОЛ ОРНЫ ГАЗАРЗҮЙ-ГЕОЭКОЛОГИЙН АСУУДАЛ

№40

Улаанбаатар 2019

ХӨРСНИЙ НИЙТ АЗОТЫГ ОРГАНИК НҮҮРСТӨРӨГЧИЙН ХЭМЖЭЭНЭЭС ТООЦООЛОХ НЬ

Х.Золжаргал • *Д.Ихбаяр

Хөрс судлалын салбар, Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэн, ШУА.

MODELING OF SOIL TOTAL NITROGEN BASED ON SOIL ORGANIC CARBON

Kh.Zoljargal • D.Ikhbayar

Abstract

Soil organic carbon (OC) and soil total nitrogen (TN) have long been identified as factors that are important to soil fertility in both managed and natural ecosystems. For almost 50 years many attempts have been made to predict some complex soil properties from some easily available soil properties using empirical models. In soil science, such empirical models are named pedotransfer functions. MacDonald (1998) developed two models to predict soil Cation Exchange Capacity (CEC) based on soil Organic Carbon (OC) and soil Clay (CL) as $CEC = 2.0 OC + 0.5 CL$ and $CEC = 3.8 OC + 0.5 CL$ for Quebec and Alberta soil state in Canada, respectively. There are many cases in which it is desirable to determine empirical relationships among some soil physical and chemical properties. In view of the fact that previously researches report a relationship between soil OC and soil TN, soil OC can be used to approximate or estimate soil TN. For instance, soil total nitrogen (TN) are often determined using laborious and time consuming laboratory tests, but it may be more suitable and economical to develop a method which uses easily available soil properties. In view of the fact that previously researches report a relationship between soil OC and soil TN, soil OC can be used to approximate or estimate soil TN. In this study, a linear regression model for predicting soil TN from soil organic carbon (OC) was suggested and soil TN was estimated as a function of soil OC. The soil TN predicted from the soil TN-OC model was compared to the soil TN determined by laboratory test using the paired samples t-test and the RSME approach. The soil TN predicted by the soil TN-OC model was not significantly different from the soil TN determined by laboratory test ($P > 0.05$). The mean difference between the soil TN-OC model and laboratory test was -0.004% (95% confidence interval: -0.002 and 0.010% ; $P = 0.202$). The standard deviation of the soil TN differences was 0.013% . The statistical results of the study indicated that the soil TN-OC model provides an easy, economic and brief methodology to estimate soil TN and in order to predict soil TN based on soil OC the soil TN-OC model $TN = 0.018 + 0.0841 OC$ with $R^2 = 0.92$ can be recommended.

Түлхүүр үг

регрессийн тэгшитгэл • нийт азот • органик нүүрстөрөгч • педотрансфер • язгуурын дундаж квадрат алдаа

Оршил

Хөрсний органик нүүрстөрөгч, нийт азот нь экосистемд хөрсний үржил

шимийг тодорхойлогч хүчин зүйлүүд юм [5]. Хөрсний азот нь ургамалд чухал шаардлагатай шим тэжээлийн элемент бөгөөд хөрсний нүүрстөрөгч нь мөн

хөрсний бүтэц, шим тэжээлийн бодисын эргэлтэд чухал нөлөөтэй түүний хамгийн чухал хэсэг юм. Олон тооны судалгаагаар таримлын менежмент нь хөрсний органик нүүрстөрөгч, нийт азотын хэмжээг ихэсгэх буюу багасгадаг болохыг харуулжээ [3, 5]. Сүүлийн 50 гаруй жилийн туршид хийхэд бэрхшээлтэй зарим шинжилгээний үр дүнг хялбар тодорхойлогддог шинжилгээний дүнгээс тооцоолон гаргах оролдлого хийгдэж ирсэн. Хөрс судлалын шинжлэх ухаанд үүнийг педотрансфер хамаарал гэж нэрлэдэг [4, 6]. Олон судалгаагаар Канадын 2 хэв шинжийн хөрсний органик нүүрстөрөгч, шаврын хэмжээнээс катион солилцох багтаамж (CEC) –ыг [6], Ираны хөрсний органик нүүрстөрөгч ба урвалын орчны хэмжээнээс мөн катион солилцох багтаамж (CEC)-ыг [13], Оманы давстай хөрсөнд Sodium Adsorption Ratio (SAR)-ыг цахилгаан дамжуулах чанараас (EC) нь [1], мөн Ираны хөрсний цахилгаан дамжуулах чанараас (EC) нь Sodium Adsorption Ratio (SAR)-ыг [12] тус тус тооцоолжээ. Гэвч эдгээр тэгшитгэлүүд нь тогтмол биш уусмалын ионы хүч болон хөрсөнд агуулагдах эрдэс шавар зэргээс шалтгаалж янз бүр байна [8-10, 14]. Хөрсний органик нүүрстөрөгч болон хөрсний нийт азот нь хоорондоо хамааралтай байдаг учраас хөрсний органик нүүрстөрөгчөөс нийт азотыг тооцоолж тэгшитгэлээр гарсан дүнг

лабораторит хийсэн үр дүнтэй харьцуулж судалжээ ($TN=0.026+0.067*OC$, $R^2=0.838$) [11]. Хөрсний нийт азотыг тодорхойлох шинжилгээ нь цаг их шаардсан хийхэд төвөгтэй байдаг учраас түүнийг хөрсний хялбар хийгддэг бусад үзүүлэлтүүдээс тооцоолж гаргах аргыг хөгжүүлэх нь илүү тохиромжтой эдийн засгийн хувьд үр ашигтай байж болох юм. Хөрсний хөдөлгөөнт фосфороос хөрсний нийт азотыг мөн педотрансфер хамаарал ашиглан тооцоолсон байна ($TN=0.052+0.003AP$, $R^2=0.70$) [11]. Гэхдээ хөрс бүрт тогтмол биш учраас эдгээр хөрсөнд энэ тэгшитгэлийг ашиглан хөрсний органик нүүрстөрөгчөөс хөрсний нийт азотыг тооцоолох нь энэ судалгааны ажлын зорилго юм.

Судалгааны аргазүй

Энэ судалгаанд 3 хэвшинжийн 200 дээжний үр дүнг ашиглав. Эдгээр хөрсний нийт азот (TN)-ыг Кьелдалийн аргаар, хөрсний органик нүүрстөрөгч (SOC)-ийг Walkley Black-ийн wet digestion буюу химийн аргаар тус тус тодорхойлов. Судалгаанд ашиглаж буй 200 хөрсний химийн шинж чанарыг нэгтгэн 1-2 хүснэгтэд харуулав. Эдгээрээс 180 хөрсний дүнг загвар тэгшитгэл боловсруулахад ашигласан бол үлдсэн 20 дээжний дүнг загварын үнэмшлийг шалгаж баталгаажуулахад ашиглав.

1-р хүснэгт. Хөрсний органик нүүрстөрөгч болон нийт азот (SOC-TN)-ийн загварыг хөгжүүлэхэд (180 дээж) болон шалгахад (20 дээж) ашигласан хөрсний дээжүүдийн химийн шинж чанарын статистик үзүүлэлтүүд

Параметер	Хамгийн бага	Хамгийн их	Дундаж	Стандарт хазайлт	БКШ
SOC, %	0.74	2.12	0.13	0.46	62.82
TN, %	0.08	0.20	0.01	0.04	49.56

Тайлбар : БКШ нь Вариацийн коэффициент

Регрессийн тэгшитгэл ба нотолгоо

Шугаман регрессийн тэгшитгэлийг дараах байдлаар илэрхийлнэ.

$$Y = k_0 + k_1 \times X \quad (1)$$

Үүнээс, Y = хамаарах утга буюу хөрсний нийт азот (TN), X = үл хамаарах утга буюу хөрсний органик нүүрстөрөгч (SOC), k_0 , k_1 = регрессийн коэффициентүүд. Энэхүү тэгшитгэлийг хөрсний органик нүүрстөрөгчөөс нийт азотыг нь тооцоолон гаргахад ашиглав.

Нийт азотыг тодорхойлох шугаман регрессийн үр дүнг үнэлэхийн тулд таамаглалын нарийвчлал болон алдааг тооцох шаардлагатай. Үүнд, язгуурын дундаж квадрат алдаа (RMSE)-г ашиглав. Энэ аргыг лабораторид хэмжсэн утга болон загварын тэгшитгэлээр тооцсон утга хоорондын ялгааг хэмжихэд түгээмэл ашигладаг.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (2)$$

Үүнээс, y_i нь хэмжсэн утга, \hat{y}_i нь тооцсон утга, n нь дээжний нийт тоо. RMSE нь үргэлж 0-ээс 1 хооронд байна. Жишээ нь, $r^2 - 1$ эсвэл $+1$ -рүү дөхөх тусам RMSE утга 0-тэй ойрхон болох бөгөөд алдаа мөн багасна. Мөн RMSE утга стандарт хазайлтаас хэр бага байгааг илэрхийлнэ.

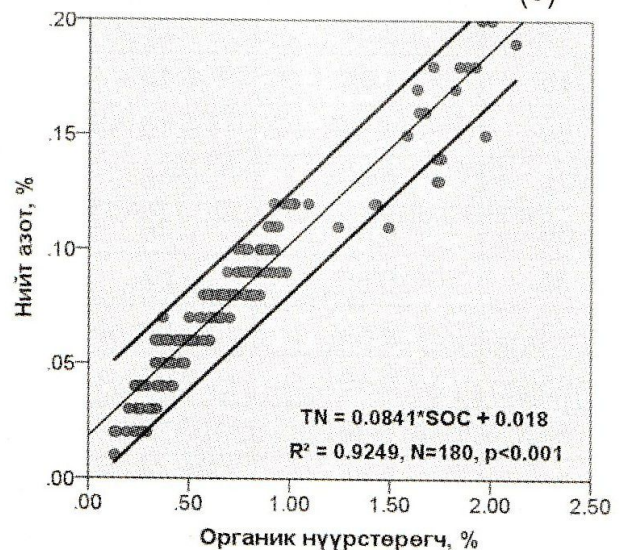
Статистик шинжилгээ

Статистик магадлалыг шалгах зорилготой хосолсон t-test болон итгэлийн мужийн дундаж ялгаварын аргачлалыг хөрсний TN-OC загвар тэгшитгэлээс тооцон гаргасан хөрсний нийт азотын хэмжээтэй, лабораторид хэмжсэн нийт азотын хэмжээтэй харьцуулан ялгааг үзэхэд ашиглав. Статистикийн дүн шинжилгээг IBM SPSS (Цуврал 23) ашиглан гүйцэтгэв.

Үр дүн

Регрессийн дүн шинжилгээний аргыг ашиглан бидний судалгааны хүрээнд авсан 180 хөрсний дээжний органик нүүрстөрөгч ба нийт азотын үзүүлэлтүүд хоорондын шугаман хамаарлыг 1-р тахирмагт харуулав. Хөрсний хамгийн чухал дээрх 2 шим тэжээлийн элементийн үзүүлэлтүүд хоорондоо маш өндөр эерэг хамааралтай байна. Үүнийг SOC хэмжээ нэмэгдэхэд TN хэмжээ мөн өсөж байгаагаас харж болно. Энэхүү өндөр хамааралд үндэслэн шугаман регрессийн тэгшитгэлийг илэрхийлж гаргав. Регрессийн шугаман тэгшитгэлийн тодорхойлох коэффициент (R^2) нь 0.92, магадлалын 95%-ийн түвшин дэх ач холболдолын зэрэг (p -утга) нь <0.001 тус тус байна. Энэхүү статистикийн үр дүнд үндэслэн, TN-SOC тэгшитгэлийг загвар болгон нийт азотыг шууд бусаар тодорхойлоход хэрэглэх боломжтой болох нь батлагдана. Хөрсний нийт азотыг шууд бусаар тооцох TN-OC загвар тэгшитгэлийг дараах байдлаар (3) илэрхийлнэ.

$$TN = 0.018 + 0.0841 \times SOC \quad (3)$$



1-р тахирмаг. Хөрсний нийт азот ба органик нүүрстөрөгч хоорондын харилцан хамаарал ба тооцон гаргасан TN-SOC загвар тэгшитгэл.

Хэлэлцүүлэг

Статистик магадлалыг шалгах зорилготой хосолсон t-тест болон итгэлийн мужийн дундаж ялгаврын аргачлалыг хөрсний TN-OC загвар тэгшитгэлээс тооцон гаргасан хөрсний нийт азотын хэмжээтэй лабораторид хэмжсэн нийт азотын дүнтэй харьцуулахад ашиглав. Нийт азотыг тодорхойлох шугаман регрессийн үр дүнг үнэлэхийн тулд таамаглалын нарийвчлал болон алдааг тооцох шаардлагатай. Язгуурын дундаж квадрат алдааг (RMSE) лабораторид хэмжсэн утга болон загварын тэгшитгэлээр тооцсон утга хоорондын ялгааг хэмжихэд түгээмэл ашигладаг. Хөрсний TN-OC загвар тэгшитгэлээр тооцсон болон лабораторид тодорхойлсон хөрсний нийт

азотын ялгааг 2-р хүснэгтэд харуулав. Хөрсний нийт азот тодорхойлох 2 аргын дундаж ялгаа нь 0.004%, (95% итгэлийн мужид -0.002 болон 0.010%, $P = 0.202$). Хөрсний нийт азотын ялгааны стандарт хазайлт нь 0.013%. Хосолсон t-тестийн үр дүн нь хөрсний TN-SOC загвар тэгшитгэлээр тооцсон нийт азотын хэмжээ нь лабораторид тодорхойлсон хөрсний нийт азотын хэмжээнээс хангалттай ялгаатай биш байна (3-р хүснэгт). Хөрсний TN-OC загварын тэгшитгэл (2)-ийг ашиглан тооцсон нийт азот (TN)-ийн хэмжээг лабораторид хэмжсэн нийт азотын (TN) дүнтэй харьцуулав (2-р тахирмаг). Нарийншугам 1:1 хамаарлыг илтгэх бол, бүдүүшугам нь дундаж болон түүний доод ба дээд хязгаар юм.

2-р хүснэгт. Хөрсний TN-OC загварыг үнэлэхэд ашигласан 20 хөрсний дээжний химийн үзүүлэлт, лабораторид хэмжсэн болон тэгшитгэлээр тооцсон нийт азот, аргачлал хоорондын ялгаа, 95%-ийн итгэлийн муж дэх доод ба дээд хязгаар.

N	Органик нүүрстөрөгч (%)	Нийт азот (%)				
		Хэмжсэн	Тооцсон	Ялгаа	95%-ийн итгэлийн муж	
					Доод хязгаар	Дээд хязгаар
5	1.54	0.15	0.15	0.00	0.128	0.188
10	2.02	0.20	0.19	0.01	0.179	0.245
15	1.81	0.14	0.17	-0.03	0.118	0.177
20	1.94	0.15	0.18	-0.03	0.128	0.188
25	0.46	0.05	0.06	0.00	0.021	0.081
30	0.60	0.06	0.07	-0.01	0.032	0.091
35	0.50	0.07	0.06	0.01	0.043	0.102
40	0.85	0.09	0.09	0.00	0.065	0.123
45	0.49	0.05	0.06	-0.01	0.021	0.081
50	1.46	0.12	0.14	-0.03	0.097	0.155
55	0.68	0.09	0.08	0.01	0.065	0.123
60	0.63	0.08	0.07	0.01	0.054	0.112
65	0.38	0.05	0.05	0.00	0.021	0.081
70	1.26	0.11	0.12	-0.01	0.086	0.144
75	0.48	0.06	0.06	0.00	0.032	0.091

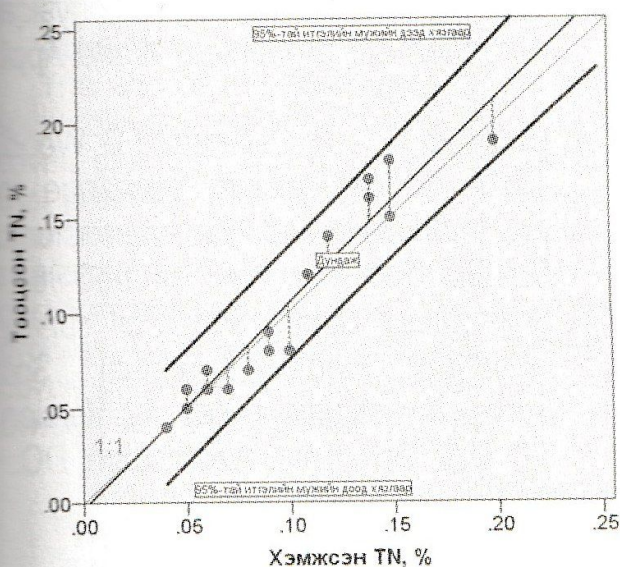
80	1.73	0.14	0.16	-0.02	0.118	0.177
85	0.24	0.04	0.04	0.00	0.010	0.070
90	0.71	0.10	0.08	0.02	0.075	0.134
95	0.55	0.06	0.06	0.00	0.032	0.091
100	0.51	0.06	0.06	0.00	0.032	0.091

3-р хүснэгт. Хөрсний нийт азотыг тодорхойлох аргуудыг харьцуулахад ашигласан хосолсон t-test –ийн дүн шинжилгээ.

Тодорхойлсон аргууд	Дундаж ялгаа, (%)	Стандарт хазайлт, (%)	p-утга	95% итгэлийн муж дахь дундажуудын ялгаа, (%)	RMSE
Лабораторийн дүн ба TN-OC загвар	0.004	0.013	0.202	-0.002, 0.010	0.015

Дүгнэлт

Хөрсний органик нүүрстөрөгчид (SOC) суурилсан шугаман регрессийн тэгшитгэлийг хөрсний нийт азотын (TN) хэмжээг тооцон гаргахад ашиглав. TN-OC хоорондын хамаарлын тэгшитгэлээр тооцон гаргасан нийт азотын хэмжээг, лабораторид хэмжсэн нийт азотын хэмжээтэй харьцуулж загварыг баталгаажуулав. Статистикийн хосолсон t-test-ийн үр дүнгээс харахад нийт азотыг лабораторид хэмжсэн дүн болон тэгшитгэлээр тооцож гаргасан үр дүнгийн хоорондын ялгаа их биш байна ($p < 0.05$). Эндээс дүгнэж үзвэл, TN-OC тэгшитгэлээр нийт азотын хэмжээг тооцон гаргахад харьцангуй хялбар, эдийн засгийн хувьд хямд, түргэн аргачлал болох нь харагдаж байна.



2-р тахирмаг. Хөрсний TN-OC загварын тэгшитгэл (2)-ийг ашиглан тооцсон нийт азот (TN)-ийн хэмжээг лабораторид хэмжсэн нийт азот (TN)-ийн дүнтэй харьцуулсан дүн шинжилгээ.

Нарийн шугам 1:1 хамаарлыг илтгэх бол, бүдүүн шугамаар дундаж болон түүний доод ба дээд хязгаарыг харуулав.

Талархал

Энэхүү судалгааны ажлыг доктор О.Батхишигийн удирдаж буй “Хөрсний органик нүүрстөрөгчийн өөрчлөлт, түүнд нөлөөлөх хүчин зүйлс” суурь судалгааны төслийн хүрээнд гүйцэтгэв. Тус судалгааг хийж гүйцэтгэхэд тусалсан салбарынхаа хамт олонд талархал илэрхийлье.

Ашигласан хэвлэл

1. Al-Busaidi A.S. and P. Cookson. 2003. Salinity-pH relationships in calcareous soils. *Agricultural and Marine Sciences*. 8: 41-46.
2. Evangelou V.P. and M. Marsi. 2003. Influence of ionic strength on sodium-calcium exchange of two temperate climate soils. // *Plant and Soil* // 250: 307-313.