

Монгол орны Эрээний нурууны Гмелиний болон Чекановскийн шинэс модны газрын дээрх биомассын аллометрийн тэгшитгэл

Батбаатарын Алтанзагас*, Батбаатарын Алтансүх, Төмөрбаатарын
Ариунбаатар, Чимиднямын Доржсүрэн

¹Шинжлэх Ухааны Академи, Ботаникийн цэцэрлэгт хүрээлэн, Улаанбаатар 13330,
Монгол улс

*E-mail:altanzagas_b@mas.ac.mn

Хүлээн авсан: 2022.10.03

Хянасан: 2022.10.09

Хэвлэлтэнд: 2022.10.10

Хураангуй: Энэхүү судалгааны үр дүнд Монгол орны ой-ургамалжлын мужлалын Эрээн нурууны хошууны Гмелиний (Дагуур) шинэс (*Larix gmelinii* Rupr.), Чекановскийн шинэс (*Larix Czekanowskii* Szaf.) модны газрын дээрх биомассыг судалж, модны ишний эзлэхүүн, газрын дээрх биомассыг ишний 1.3 м өндөр дэх диаметр (D), өндөр (H) болон D2H зэрэг үзүүлэлтийг ашиглан тооцоолох аллометрийн загвар боловсруулав. Модны ишний эзлэхүүнийг тооцоолоход Гмелиний шинэс модонд $\ln \hat{Y} = -7.829 + 0.748 \ln(D^2 \times H)$, Чекановскийн шинэс модонд $\ln \hat{Y} = -11.416 + 0.903 \ln D + 2.9 \times \ln H$ тэгшитгэл сайн тохирч байна. Гмелиний шинэс модны иш, мөчир, шилмүүс, газрын дээрх нийт биомассыг загварчлахад хоёр хувьсагчтай $\ln y = \ln a + b \times \ln D + c \times \ln H$ тэгшитгэл хамгийн тохиромжтой.. Чекановскийн шинэс модны хувьд иш, газрын дээрх биомассыг $\ln y = \ln a + b \times \ln D + c \times \ln H$ тэгшитгэлээр, харин мөчир, шилмүүсний биомассыг $\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D$ гэсэн нэг хувьсагчтай логарифм тэгшитгэлээр тооцоолох нь илүү нарийвчлалтай болно.

Түлхүүр үгс: Гмелиний шинэс (*Larix gmelinii* Rupr.), Чекановскийн шинэс (*Larix Czekanowskii* Szaf.) модны эзлэхүүн, газрын дээрх биомасс, аллометрийн тэгшитгэл.

Эшлэл авахдаа: Алтанзагас Б., Алтансүх Б., Ариунбаатар Т., Доржсүрэн Ч. 2022. Монгол орны Эрээний нурууны Гмелиний болон Чекановскийн шинэс модны газрын дээрх биомассын аллометрийн тэгшитгэл. *Монголын ботаникийн сэтгүүл*, 04 (30): 115-131.

Удиртгал

Ойн экосистем нь агаар мандлаас нүүрс хүчлийн хийг шингээж, нүүрстөрөгчийг нөөцлөх замаар дэлхийн уур амьсгалын дулаарлыг бууруулахад чухал үүрэг гүйцэтгэдэг (Tadesse et al., 2004, Addi et al., 2019, Merti et al., 2021).

Модны биомасс нь ойн нүүрстөрөгчийн нөөцийг тооцоолоход онцгой ач холбогдолтой (Дуламсүрэн нар, 2019) бөгөөд модны биомассын тэгшитгэлийг ашиглан ойн биомасс, нөөцийг тооцоолохоос гадна ойн биологийн бүтээмж, нүүрстөрөгчийн ялгаралтыг үнэлж болно (Usoltsev et al., 2019).

Монгол улсын ойн сан 140 гаруй зүйлийн мод, сөөгөөс бүрдэх ба нийт талбайн 16.6 хувийг заган ой, 83.4 хувийг навчит, шилмүүст ой бүрдүүлдэг

бөгөөд үүний, 62%-ийг шинэс мод эзэлдэг (БОАЖЯ, 2021).

Дэлхийн бөмбөрцгийн хойд хагаст 20 гаруй зүйлийн шинэс мод ургадгаас Монгол оронд Сибирь шинэс, Гмелиний (Дагуур) шинэс, Чекановскийн шинэс гэсэн 3 зүйлийн шинэс мод ургадаг (Urgamal et al., 2014, Энхсайхан, 2016). Монгол орны шинэс мод нь 988.4 сая шоо метр нөөцтэй, ойн нийт нөөцийн 79.3 хувийг эзэлдэг тул ойн биомасс, нүүрстөрөгчийн хуримтлалд зонхилох үүрэг гүйцэтгэнэ (БОАЖЯ, 2021, Алтанзагас нар, 2019).

З.Цогт (1993) Зүүн Хэнтийн залуу болон дунд насны Сибирь шинэс, П.Баттулга нар (2013) болон Ч.Дуламсүрэн нар (2016) Монгол Алтайн Сибирь шинэс, Ч.Доржсүрэн нар (2018) Зүүн Хойт Хангайн Лавр навчит улиас, Ө.Балжинням нар (2019) Баруун Хэнтийн Сибирь жодоо, Б.Алтанзагас нар (2019) Монгол орны Хангайн мужийн Сибирь шинэс, Сибирь хуш, Сибирь гацуур, Хавтагнавчит хус, Анхилуун улиас, М.Тунгалаг нар (2020) Зүүн Хойт Хангай, Баруун Хэнтийн Ойн нарс, Б.Алтанзагас нар (2021) Зүүн Хэнтийн Ойн нарс модны газрын дээд хэсгийн биомассыг тооцоолох аллометрийн загвар боловсруулан гаргасан байна. Гэвч Зүүн Хэнтий, Эрээний нурууны Гмелиний (Дагуур) шинэс (*Larix gmelini* Rupr.), Чекановскийн шинэс (*Larix Czekanowskii* Szaf.) модны биомассын судалгаа, аллометрийн тэгшитгэл боловсруулах ажил өнөөг хүртэл огт хийгдээгүй байна. Иймээс бид энэхүү судалгааны ажлаар Эрээний нурууны Гмелиний болон Чекановскийн шинэс модны ишний эзлэхүүн, газрын дээрх биомассыг судалж, аллометрийн загвар боловсруулах зорилт тавьж ажиллалаа.

Судалгааны объект, судалгаа явуулсан газар

Бид 2020 онд Монгол орны ой-ургамалжлын мужлалын Эрээн нурууны хошуунд тархан ургадаг хоёр зүйлийн шинэс модны эзлэхүүн, газрын дээрх биомассын судалгаа хийсэн. Үүнд:

1. Гмелиний шинэс (*Larix gmelinii* Rupr.) нь 40 метр хүртэл өндөр, 400 жил хүртэл насалдаг мод (Булыгин, Ярмишко, 2000). Модны ишний холтос нь зузаан, гүн ан цавтай (Сибирь шинэснээс арай гүехэн), улаавтар юмуу бор саарал өнгөтэй. Зүүн Хэнтийд Сибирь шинэсний боргоцойны дундаж урт 23 мм (7-40 мм), өргөн 17.7 мм (7-30 мм) байдаг бол Зүүн Хэнтий, Эрээний нурууны хошуунд Гмелиний шинэсний боргоцойн урт 18.2 мм (6-30 мм), өргөн 7-26 мм. Боргоцой нь түүний голыг 4-6 эгнээгээр спираль маягаар тойрч байрласан, дунджаар 20 ш. (Сибирь шинэсэнд 25 ш.) хайрстай. Боргоцойн хайрсны урт 6-16 мм, өргөн 5-12 мм (Милютин нар, 1988). Хайрс нь үзүүр тал руугаа шувтан хэлбэртэй, нүцгэн, түүний орой тайрмал эсвэл долгиолсон ухагдмал, боргоцой их задгай саравгар, өргөн, хүрээрхүү, бараг хавтгай, дээд ирмэг нь тэгш юмуу бага зэрэг эмтэрхий, нүцгэн, боргоцойн хайрсны дээд ирмэг, үзүүр зузаараагүй нимгэн, том боргоцойнд 40-50 ширхэг, жижиг боргоцой 20 гаруй ширхэг үргэй. Шилмүүс нь нэг нэгээрээ цувраа байрласан. Шинэсний бусад зүйлээс ялгарах онцлог шинж нь боргоцой жижиг, хавар эрт нахиалж, намар эрт шарладаг, холтос зузаан учраас ойн гадаргуугийн түймэрт тэсвэртэй (Грубов,

1982; Булыгин, Ярмишко, 2000; Энхсайхан, 2016). Гмелиний шинэс нь ОХУ-ын Дунд болон Зүүн Сибирт тархдаг бөгөөд тархалтын хойд цэг нь $N 48^{\circ}55'$ хүрдэг. Энэхүү шинэс нь Монгол улсад Ой-ургамалжлын Эрээний нурууны хошууны зүүн хэсэгт хойшоогоо улсын хил, урагшаа Улз голын ай сав хүртэл тархдаг. Тархалтын хамгийн баруун цэг нь Баян-Уул сумаас зүүн хойш 45 км, Засмал даваа ($N 49^{\circ}$ $E 112^{\circ}$), зүүн талын цэг нь Баян дун сумаас зүүн хойш 40 км, Улз голын зүүн цутгал Ямаатын голын эх ($N 49^{\circ}$ $E 113^{\circ}$) дан эсвэл хустай холимог ой үүсгэн ургадаг.

2. Чекановскийн шинэс (*Larix Czekanowskii* Szaf.) нь Сибирь болон Гмелиний шинэсний байгаль дахь эрлийз зүйл бөгөөд манай оронд Хэнтий аймгийн Өмнөдэлгэр, Биндэр, Батширээт, Дадал, Норовлин сумдын нутгаар зурвас хэлбэрээр тархан ургадаг. Тархалтын хойд цэг нь улсын хил, өмнө цэг нь Улз голын эх, баруун цэг нь Биндэрийн овоо орчим, Балжийн голын эх ($N 48^{\circ}$ $E 109^{\circ}$), зүүн цэг нь Эрээний нурууны баруун хэсэг Засмал даваа ($N 49^{\circ}$ $E 112^{\circ}$). Чекановскийн шинэс нь эрлийз зүйл учраас тархалтын ареалын баруун хэсэгт Сибирь шинэсний шинж тэмдэг түлхүү илэрсэн эрлийз мод, ареалын дунд хэсэгт Сибирь болон Гмелиний шинэсний шинж тэмдэг тэнцүү илэрсэн эрлийз мод, зүүн хэсэгт Гмелиний шинэсний шинж тэмдэг түлхүү илэрсэн эрлийз мод ургадаг. Чекановскийн шинэсний боргоцойн дундаж урт 24.8 мм (10-46 мм), өргөн 16.6 мм (9-35 мм), боргоцойн хайрсны дундаж урт 13 мм (5-18 мм), өргөн 8-12 мм байна (Милютин нар, 1988).

Судалгаа хийсэн бүс нутаг нь Монгол орны Өвөр-Байгалийн ой-ургамалжлын мужийн Эрээний нурууны хошуу (Доржсүрэн нар, 2020), Монгол орны Ургамал-газарзүйн мужлалаар Евразийн хээрийн муж, Монгол Дагуурын хээрийн хошуу, Улз уулын хээрийн тойрогт хамаарна (Юнатов, 1950). Хэнтий аймгийн Норовлин сумын Баянголын амны Чекановскийн шинэсэн ойд дээж талбай байгуулж 10 ширхэг дээж мод, Дорнод аймгийн Баян-Уул сумын Хайчийн амны Гмелиний шинэсэн ойд дээж талбай байгуулж 15 дээж мод авч, эдгээр хоёр зүйлийн шинэс модны ишний эзлэхүүн, газрын дээрх биомассын судалгаа хийсэн юм (Зураг 1).

1. Чекановскийн шинэсэн ойн дээж талбайн байрлал: Хэнтий аймгийн Норовлин сумын Баянголын ам. $N 48^{\circ}55'02.9''$ $E 111^{\circ}57'16.7''$, үнэмлэхүй өндөр д.т.д. 1060 м.

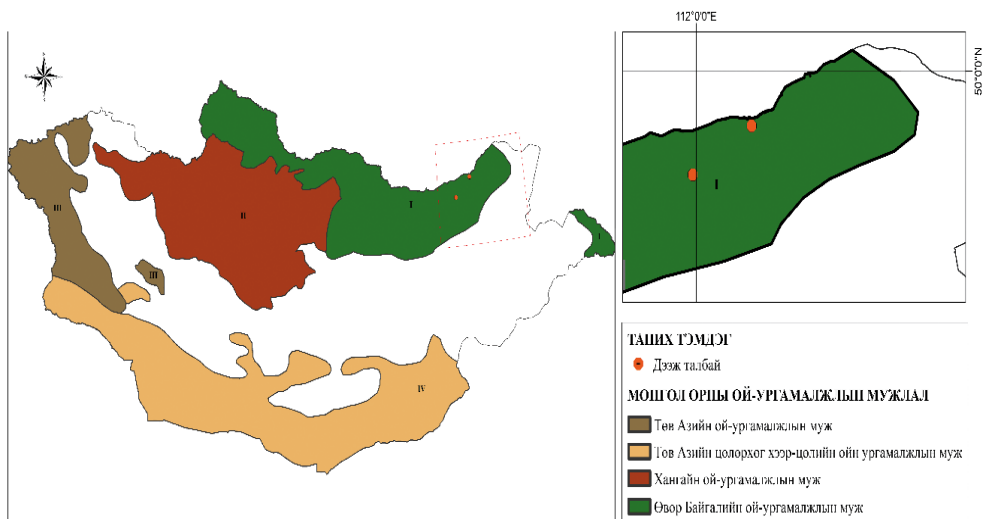
2. Гмелиний шинэсэн ойн дээж талбайн байрлал: Дорнод аймгийн Баян-Уул сум, Эрээний нурууны Хайчийн ам. $N 49^{\circ}25'44.3''$ $E 112^{\circ}44'54.1''$, үнэмлэхүй өндөр д.т.д. 1271 м.

Судалгаа хийсэн Эрээний нуруу нь эх газрын эрс тэс уур амьсгалтай, агаарын жилийн дундаж температур -0.21°C , жилийн хур тунадас 322.8 мм, $+5^{\circ}\text{C}$ -аас дээш температурын нийлбэр 2363.8°C , чийгшлийн коэффициент 1.49, ургамлын вегетацийн хугацаа 141 хоног (Jamyansuren et al., 2019).

Судалгааны аргазүй

Судалгаа явуулсан нутагт зонхилох хэвшинжийн шинэсэн ойг сонгож, 20 м радиустай тойрог дээж талбай байгуулж, ургамлын бичиглэл үйлдэж, таксацын үндсэн үзүүлэлтийг ойн таксац хийх аргазүйн дагуу тодорхойлсон

(Доржсүрэн нар, 2012). Биомассын судалгааг N.Picard, L.Saint-André, M.Henry (2012); В.А.Усольцев (2012) нарын аргазүйгээр хийсэн. Дээж талбай дээр янз бүрийн диаметртэй загвар моддыг сонгон унагаж, модны ишийг 1-2 м урт хэрчмүүдэд хувааж, Crane scale - 300 кг (нарийвчлал 100 гр) жингээр нойтон жинг тодорхойлов. Дараа нь ишний хэсэг бүрийн үзүүрийн болон ёзоорын диаметрийг холтостой, холтосгүй хэмжиж Смалианы нийлбэр томъёогоор модны эзлэхүүнийг тодорхойлов. Модны ишний нийт уртын $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ хэсгээс 1.5-2 см зузаантай дээж хэрчим авч, хэрчмийн зузаан, холтостой, холтосгүй диаметр, нойтон жинг HZL-30 кг электрон жингээр 0.5 гр нарийвчлалтай жигнэв. Модны титмийг дээд, дунд, доод гэсэн 3 тэнцүү хэсэгт хувааж, хэсэг бүрийн бүх мөчрийг мөчирлөж жигнэв. Титмийн дээд, дунд, доод хэсэг тус бүрээс дундаж мөчрийг сонгон авч бүх шилмүүсийг зулгааж, мөчир, шилмүүсний нойтон жинг 0.5 гр нарийвчлалтай жигнэж, мөчир, шилмүүснээс тус бүр 100 гр орчим дээжийг 0.1 гр нарийвчлалтай жигнэсэн. Авсан бүх дээжийг хатаах шүүгээнд хийж, шилмүүсийг 80°C-д, модлог, холтсыг 105°C-д тогтмол жинтэй болтол (3-5 хоног) хатааж, хуурай жинг тодорхойлов.



Зураг 1. Зүүн Хэнтий, Эрээний нурууны Гмелиний болон Чекановскийн шинэс модны ишний эзлэхүүн, газрын дээрх биомассын судалгаа хийсэн талбайн байршил

Статистик шинжилгээний аргазүй

Модны биомассын судалгаанд өргөн хэрэглэж байгаа аллометрийн дараах гурван тэгшитгэлийг нарс модны газрын дээрх биомассын загвар боловсруулахад ашиглав.

Үүнд:

$$y = aD^b \quad (1)$$

$$y = a(D^2 H)^b \quad (2)$$

$$y = aD^b H^c \quad (3)$$

Энд: y – модны хэмжсэн эзлэхүүн (m^3), газрын дээрх биомасс (кг), D - газраас дээш 1.3 метр өндөрт хэмжсэн модны ишний диаметр (см), H - модны өндөр (м), a, b, c – аллометрийн тэгшитгэлийн коэффициент. Эдгээр тэгшитгэлийг логарифмд шилжүүлж бодолт хийв. Үүнд:

$$\ln y = \ln a + b \cdot \ln D \quad (4)$$

$$\ln y = \ln a + b \cdot \ln(D^2 H) \quad (5)$$

$$\ln y = \ln a + b \cdot \ln D + c \cdot \ln H \quad (6)$$

Логарифмын хуваарийг арифметик нэгжид шилжүүлэхэд гарах зөрүүг тусгай коэффициент ашиглан бууруулав.

$$CF = \exp(S^2/2) \quad (7)$$

Энд: CF - засварын коэффициент, S - тэгшитгэлийн квадрат дундаж алдаа.

Логарифм тэгшитгэлээр тооцоолсон ($\ln \hat{y}$) утгыг арифметик нэгжид шилжүүлэхэд дараах томъёог ашиглав. Үүнд:

$$\hat{y} = \exp(\ln \hat{y}) CF \quad (8)$$

Энд: \hat{y} - тооцоолсон эзлэхүүн (m^3), иш, мөчир, шилмүүс, нийт газрын дээрх биомасс (кг). Регрессийн тэгшитгэлийн шинжилгээ, биомассын загварын үнэлгээнд дараах үзүүлэлтүүдийг ашиглав. Үүнд:

Регрессийн квадрат дундаж алдаа (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n ((\ln y_i - \ln \hat{y}_i)^2 / (n - p - 1))} \quad (9)$$

Энд: $\ln y_i$, $\ln \hat{y}_i$ – i дугаар модны хэмжсэн болон тооцоолсон биомасс, n – хэмжсэн модны тоо, p - хүчин зүйлийн тоо

Үнэмлэхүй дундаж алдаа (MAB):

$$MAB = \frac{\sum_{i=1}^n |\ln y_i - \ln \hat{y}_i|}{n} \quad (10)$$

Детерминацийн засварласан коэффициент:

$$R_{adj}^2 = 1 - \left(\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \right) \left(\frac{n-1}{n-p-1} \right) \quad (11)$$

Мэдээллийн Акайкегийн хэмнүүр (AICc) :

$$AICc = n \log \left(\frac{RSS}{n} \right) + 2k + \frac{2k(k+1)}{n-k-1} \quad (12)$$

$$\Delta AICc_i = AICc_i - AICc_{min}, i=1, 2 \dots R \quad (13)$$

Энд $\Delta AICc_i$ нь $AICc_i$ -ийн ялгаа, $AICc_{min}$ – тухайн төрлийн биомассыг загварчилж байгаа R (гурван) тэгшитгэлийн мэдээллийн Акайкегийн хэмнүүрийн хамгийн бага утга.

Судалгааны үр дүн

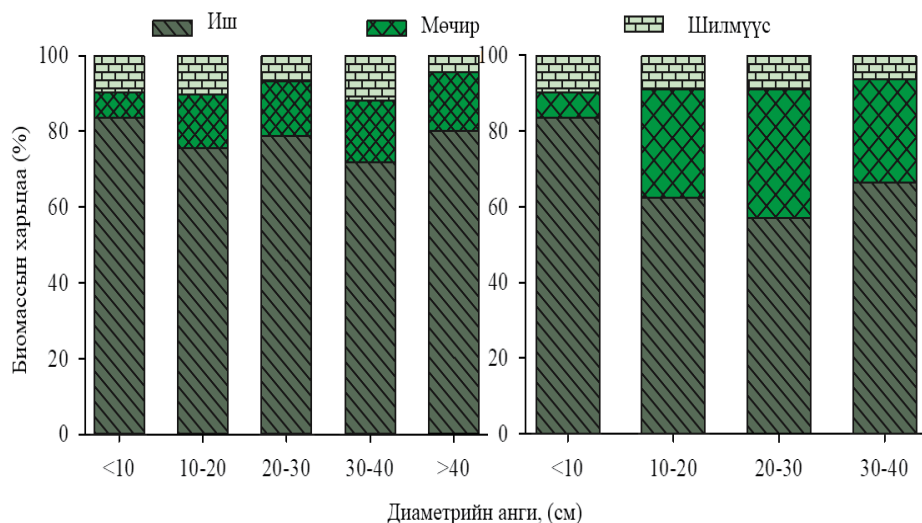
Эрээний нурууны Гмелиний шинэсэн ойгоос авсан 15 шинэс модны нас 66 (36-125) жил, диаметр 21.6 (8.7-42.6) см, өндөр 13.5 (8.2-23.3) м, модны ишний дундаж эзлэхүүн 0.37 (0.06-1.41) шоо метр байна. Ишний биомасс 149.9 ± 40.86 кг, үүнээс иш 76.1%, мөчрийн биомасс 15.3%, шилмүүсний биомасс 8.6%-ийг эзэлж байна (Хүснэгт 1). Хэнтий аймгийн Норовлин сумын Баянголын амны Чекановскийн шинэсэн ойгоос авсан 10 шинэс модны нас 56 (36-63), диаметр 18.6 (5.3-40.0) см, өндөр 10.9 (4.6-19.2) м, модны ишний дундаж эзлэхүүн 0.23 (0.001-1.00) шоо метр байна (Хүснэгт 1). Ишний биомасс 88.8 ± 35.9 кг, үүнээс иш 61.6 %, мөчрийн биомасс 30.6%, шилмүүсний биомасс 7.8%-ийг эзэлж байна (Хүснэгт 1).

Хүснэгт 1. Загвар модны биомассын статистик үзүүлэлт

Статистик үзүүлэлт	Диаметр (см)	Өндөр (м)	Ишний эзлэхүүн, м ³	Ишний биомасс, кг	Мөчрийн биомасс, кг	Шилмүүсний биомасс, кг	Газрын дээрх биомасс, кг
Гмелиний шинэс							
Дундаж	21.6	13.5	0.37	149.90	30.04	17.03	196.96
SE	2.7	1.2	0.11	40.86	8.69	4.23	51.87
SD	10.4	4.6	0.42	158.24	33.65	16.39	200.90
Min	8.7	8.2	0.06	11.61	0.51	0.71	12.83
Max	42.6	23.3	1.41	605.29	117.20	49.40	755.66
Чекановскийн шинэс							
Дундаж	18.6	10.9	0.23	88.83	44.10	11.27	144.19
SE	3.3	1.2	0.09	35.89	16.76	3.95	55.95
SD	10.3	3.9	0.29	113.49	53.00	12.48	176.92
Min	5.3	4.6	0.00	2.34	1.28	0.13	3.81
Max	40.0	19.2	1.00	372.92	153.17	34.70	560.79

Тайлбар: SD – стандарт хазайлт, SE – арифметик дундаж алдаа, Max - хамгийн их, Min – хамгийн бага үзүүлэлт.

Модны бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн биомассын харьцаа нь модны диаметрийн ангиас хамаарч харилцан адилгүй байна. Модны диаметр ихсэх тусам ишний эзлэх хувь нэмэгдэж, шилмүүсний эзлэх хувь багасаж байна (Зураг 2).



Зураг 2. (а) Гмелиний шинэс, (б) Чекановскийн шинэс модны биомассын бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн харьцаа ба модны диаметрийн ангийн хамаарал

Модны ишний эзлэхүүний загварчлал

Модны өндөр, ишний 1.3 м өндөр дэх диаметр гэсэн хоёр үзүүлэлтийг ашиглан Гмелиний болон Чекановскийн шинэс модны ишний эзлэхүүний аллометрийн гурван логарифм тэгшитгэлээр (4-6) загварчилж үр дүнг 2-р хүснэгтэд үзүүлэв. Тэгшитгэлийн коэффициентийг хамгийн бага квадратын аргаар жигнэгдсэн болон жигнэгдээгүй регрессийн тэгшитгэлээр тооцоолсон. Гмелиний болон Чекановскийн шинэс модны ишний эзлэхүүний тэгшитгэлийн детерминацийн коэффициент 86-95 хувь байгаа нь модны эзлэхүүн нь ишний диаметр, өндрөөс их хамаарч байгааг үзүүлж байна (Хүснэгт 2). Детерминацийн коэффициент хамгийн өндөр, квадрат болон дундаж үнэмлэхүй дундаж хамгийн бага дараах хоёр тэгшитгэлийг эзлэхүүний загварчилалд сонгож авсан болно.

- Гмелиний шинэс модонд регрессийн жигнэгдээгүй $\ln \hat{Y} = -7.829 + 0.748 \ln(D^2 \times H)$ тэгшитгэл,
- Чекановскийн шинэс модонд регрессийн жигнэгдсэн $\ln \hat{Y} = -11.416 + 0.903 \ln D + 2.9 \times \ln H$ тэгшитгэл. Иймээс ишний эзлэхүүний загварчлалд дээрх тэгшитгэлүүдийг хамгийн тохиромжтой гэж үзэж болно (Хүснэгт 2).

Хүснэгт 2. Модны эзлэхүүнийг тодорхойлох аллометрийн тэгшитгэлийн статистик үзүүлэлт

Тэгшитгэл	lna	b	c	R-sq(adj)	RMSE	MAE	AICc	ΔAIC	CF
<i>Larix gmelinii</i>									
N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D$	1.954	-	92.35	0.273	0.224	-32.852	2.832	1.038
W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D$	1.577	-	87.56	0.015	0.246	-26.009	1.791	1.000
N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln(D^2 \times H)$	0.748	-	93.67	0.248	0.201	-35.684	0.000	1.031
W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln(D^2 \times H)$	0.605	-	86.98	0.153	0.230	-27.800	0.000	1.012
N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D + c \times \ln H$	1.296	1.062	93.27	0.256	0.195	-32.169	3.515	1.033
W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D + c \times \ln H$	1.584	-0.012	86.53	0.015	0.247	-22.140	5.660	1.000

Larix czekanowskii

N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D$	2.437	-	92.04	0.425	0.249	-26.891	4.372	1.095
W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D$	3.001	-	91.94	0.041	0.461	-16.612	11.004	1.001
N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln(D^2 \times H)$	0.94	-	93.94	0.370	0.197	-30.998	0.265	1.071
W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln(D^2 \times H)$	1.111	-	94.41	0.034	0.369	-21.816	5.799	1.001
N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D + c \times \ln H$	0.774	2.730	94.73	0.346	0.195	-31.263	0.000	1.062
W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D + c \times \ln H$	0.903	2.900	95.36	0.031	0.239	-27.616	0.000	1.000

Тайлбар: W – регрессийн жигнэгдсэн тэгшитгэл, N – регрессийн жигнэгдээгүй тэгшитгэл, Rsq(adj) детерминацийн засварласан коэффициент, RMSE – Регрессийн квадрат дундаж коэффициент, MAE – үнэмлэхүй дундаж алдаа, AICc – Мэдээллийн Акайегийн хэмнүүр, ΔAIC нь AICc-ийн ялгаа, CF- засварын коэффициент

Модны газрын дээрх биомассын загварчлал

Гмелиний шинэс, Чекановскийн шинэс модны газрын дээрх биомассыг логарифм тэгшитгэлээр (4-6) бодож үр дүнг 3-р хүснэгтэнд үзүүлэв. Гмелиний шинэс модны биомассын бүх тэгшитгэлийн детерминацийн коэффициент 80-98 байгаа нь модны биомасс модны диаметр, өндрөөс их хамаарч байгааг үзүүлж байна (Хүснэгт 3). Туршиж үзсэн тэгшилтгэлүүдийн детерминацийн коэффициент, квадрат дундаж болон үнэмлэхүй алдааг харьцуулж үзэхэд ишний биомассыг хосолмол нэг хувьсагчтай жигнэгдсэн $\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln(D^2 \times H)$ тэгшитгэлээр, мөчир, шилмүүсний биомассыг хоёр хувьсагчтай жигнэгдээгүй $\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D + c \times \ln H$ тэгшитгэлээр, газрын дээрх биомассыг жигнэгдсэн $\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D + c \times \ln H$ тэгшитгэлээр тус тус загварчлах нь илүү үр дүнтэй байна (Хүснэгт 3).

Модны биомассын тэгшитгэлийн регрессийн шинжилгээний үр дүнгээс үзэхэд Чекановскийн шинэс модны иш болон газрын дээрх нийт биомассыг хоёр хувьсагчтай жигнэгдсэн $\ln y = \ln a + b \times \ln D + c \times \ln H$ тэгшитгэлээр, мөчрийн биомассыг нэг хувьсагчтай жигнэгдсэн, шилмүүсний биомассыг жигнэгдээгүй $\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D$ тэгшитгэлээр тус тус загварчлах нь хамгийн тохиромжтой, сайн үр дүнтэй байна (Хүснэгт 3).

Хүснэгт 3. Модны газрын дээрх биомассыг тодорхойлох аллометрийн тэгшитгэлийн статистик үзүүлэлт

Бүрэлдэхүүн хэсэг	Тэгшитгэл	lna	b	c	R-sq(adj)	RMSE	MAE	AICc	ΔAIC	CF	
											<i>Larix gmelinii</i>
Илш	N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D$	-2.374	2.311	-	96.53	0.213	0.173	-40.294	0.000	1.023
	W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D$	-2.944	2.518	-	97.8	0.009	0.159	-36.504	0.000	1.000
	N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln(D^2 \times H)$	-2.971	0.878	-	96.25	0.221	0.155	-39.130	1.164	1.025
	W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln(D^2 \times H)$	-3.72	0.972	-	98.15	0.008	0.147	-34.430	2.075	1.000
	N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D + c \times \ln H$	-2.57	2.142	0.273	96.32	0.219	0.167	-36.787	3.507	1.024
	W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D + c \times \ln H$	-3.557	2.072	0.759	98.03	0.009	0.147	-31.426	5.079	1.000
Мөчир	N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D$	-6.435	3.044	-	85.76	0.601	0.462	-9.207	0.000	1.198
	W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D$	-8.14	3.663	-	85.32	0.038	0.555	-4.988	0.000	1.001
	N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln(D^2 \times H)$	-7.09	1.141	-	83.07	0.655	0.512	-6.616	2.591	1.239
	W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln(D^2 \times H)$	-9.12	1.394	-	82.95	0.041	0.618	-2.717	2.270	1.001
	N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D + c \times \ln H$	-5.15	4.153	-1.79	86.28	0.59	0.383	-7.153	2.054	1.190
	W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D + c \times \ln H$	-6.22	5.06	-2.38	85.78	0.03	0.495	-3.244	1.744	1.000
Шилмүүс	N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D$	-4.966	2.43	-	84.54	0.503	0.378	-14.536	0.000	1.135
	W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D$	-5.972	2.795	-	83.13	0.031	0.415	-12.297	0.000	1.000
	N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln(D^2 \times H)$	-5.479	0.91	-	81.61	0.549	0.435	-11.939	2.597	1.163
	W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln(D^2 \times H)$	-6.71	1.063	-	80.75	0.033	0.479	-9.799	2.498	1.001
	N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D + c \times \ln H$	-3.8	3.437	-1.63	85.43	0.488	0.322	-12.814	1.721	1.126
	W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D + c \times \ln H$	-4.45	3.9	-1.89	83.5	0.031	0.364	-10.916	1.381	1.000

N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D$	-2.389	2.403	-	97.23	0.197	0.143	-42.592	0.000	1.020
W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D$	-3.103	2.663	-	97.81	0.01	0.172	-36.260	0.000	1.000
N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln(D^2 \times H)$	-2.98	0.909	-	96.17	0.232	0.169	-37.717	4.875	1.027
W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln(D^2 \times H)$	-3.898	1.024	-	97.45	0.01	0.179	-31.713	4.548	1.000
N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D + c \times \ln H$	-2.246	2.527	-0.2	97.04	0.204	0.149	-38.966	3.626	1.021
W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D + c \times \ln H$	-3.279	2.535	0.218	97.66	0.01	0.171	-31.764	4.497	1.000
<i>Larix czekanowskii</i>										
N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D$	-3.091	2.447	-	97.9	0.213	0.170	-23.100	3.815	1.023
W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D$	-3.359	2.559	-	98.48	0.014	0.180	-21.615	5.292	1.000
N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln(D^2 \times H)$	-3.698	0.938	-	98.56	0.176	0.117	-26.915	0.000	1.016
W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln(D^2 \times H)$	-3.709	0.94	-	99.37	0.009	0.117	-26.907	0.000	1.000
N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D + c \times \ln H$	-3.872	1.702	1.223	98.4	0.186	0.111	-21.184	5.731	1.017
W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D + c \times \ln H$	-3.781	1.722	1.156	99.32	0.009	0.106	-21.089	5.818	1.000
N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D$	-3.978	2.499	-	97.03	0.26	0.167	-19.137	0.000	1.034
W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D$	-3.838	2.441	-	98.87	0.012	0.159	-18.872	0.000	1.000
N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln(D^2 \times H)$	-4.56	0.954	-	96.6	0.278	0.203	-17.795	1.342	1.039
W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln(D^2 \times H)$	-4.134	0.891	-	98.26	0.015	0.191	-15.870	3.002	1.000
N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D + c \times \ln H$	-3.965	2.511	-0.02	96.6	0.278	0.166	-13.137	5.999	1.039
W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D + c \times \ln H$	-3.838	2.442	0.001	98.71	0.013	0.159	-12.871	6.001	1.000

N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D$	-7.160	3.064	-	80.58	0.885	0.559	5.331	0.000	1.479
W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D$	-6.3	2.697	-	71.71	0.077	0.611	6.370	0.000	1.003
N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln(D^2 \times H)$	-7.8	1.16	-	78.68	0.927	0.585	6.265	0.934	1.537
W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln(D^2 \times H)$	-6.55	0.972	-	69.1	0.081	0.686	8.021	1.652	1.003
N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D + c \times \ln H$	-5.48	4.67	-2.63	79.81	0.902	0.549	10.386	5.055	1.502
W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D + c \times \ln H$	-5.46	4.36	-2.3	70.55	0.079	0.552	10.520	4.150	1.003
N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D$	-2.748	2.493	-	98.28	0.196	0.149	-24.748	0.992	1.019
W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D$	-2.882	2.548	-	99.13	0.011	0.153	-24.316	0.911	1.000
N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln(D^2 \times H)$	-3.349	0.954	-	98.44	0.187	0.123	-25.740	0.000	1.018
W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln(D^2 \times H)$	-3.241	0.934	-	99.39	0.009	0.120	-25.227	0.000	1.000
N	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D + c \times \ln H$	-0.172	2.088	0.664	98.26	0.197	0.118	-19.989	5.750	1.020
W	$\ln \hat{Y} = \ln a + b \times \ln D + c \times \ln H$	-3.123	2.071	0.66	99.36	0.009	0.114	-19.910	5.317	1.000

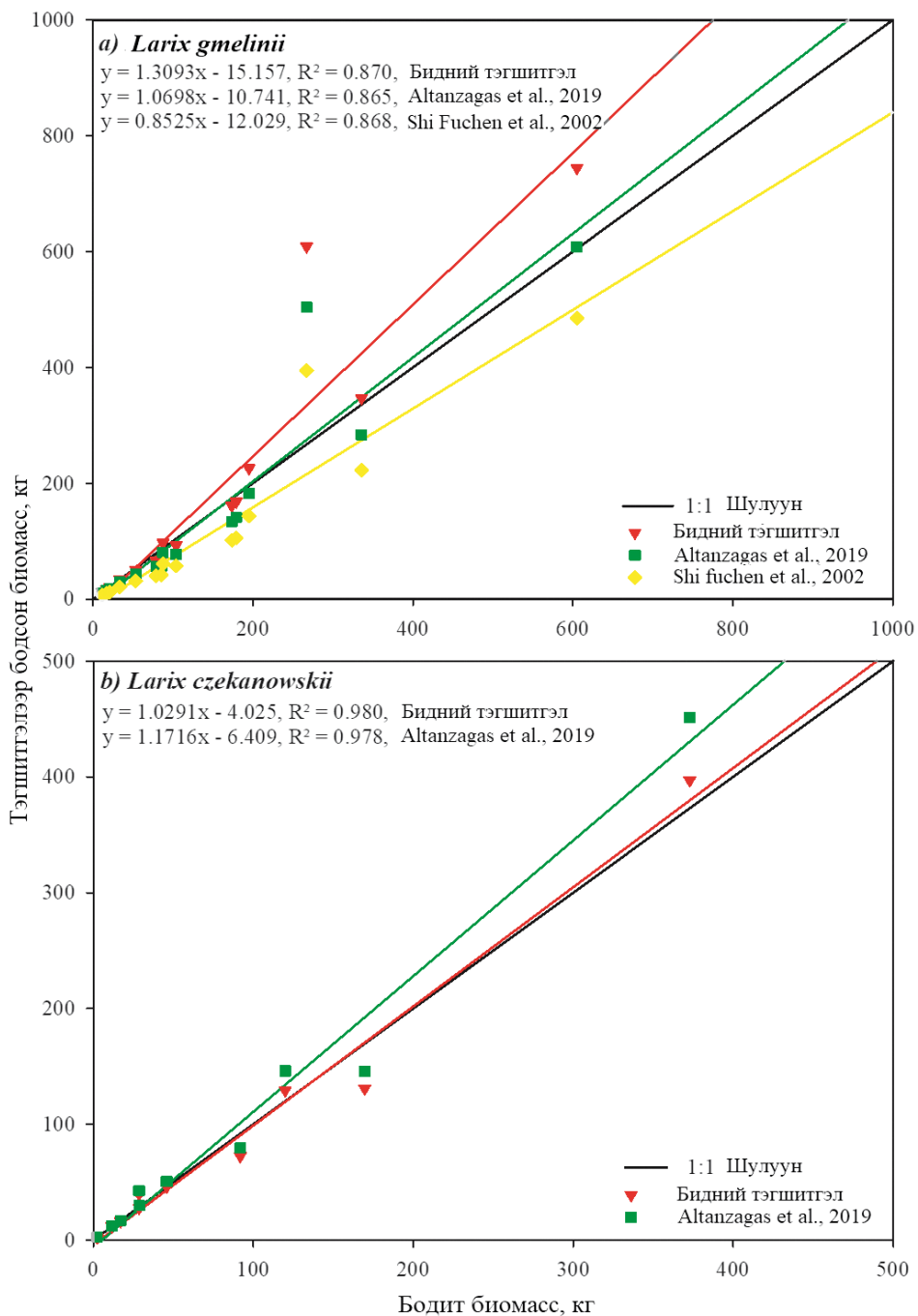
Тайлбар: W – регрессийн жигнэгдсэн тэгшитгэл, N – регрессийн жигнэгдээгүй тэгшитгэл, Rsq(adj) детерминацийн засварласан коэффициент, RMSE – Регрессийн квадрат дундаж алдаа, MAB – үнэмлэхүй дундаж алдаа, AICc – Мэдээллийн Акайкегийн хэмнүүр, ΔAIC нь AICc-ийн ялгаа, CF- засварын коэффициент

Хэлэлцүүлэг

Модны иш, мөчир, навч, шилмүүс болон газрын дээрх нийт биомассыг тооцоолох тэгшитгэл зохиоход ишний диаметр, өндөр гэсэн үзүүлэлтийг өргөн ашигладаг. Монгол оронд Сибирь шинэс модны биомассын загвар зохиох судалгааны ажил хийгдэж байсан (Цогт, 1993, Battulga et al., 2013, Dulamsuren et al., 2016, Altanzagas et al., 2019) боловч Гмелиний болон Чекановскийн шинэс модон дээр өнөөг хүртэл хийгдээгүй байна. Харин Shi Fuchin нар 2002 онд Монгол орны Хянганы нурууны харалдаа Хятадын зүүн хойд хэсэгт Гмелиний шинэсний биомассын судалгааг хийж, ишний биомассыг $y = 0.01258(D^2 H)^{0.993}$ тэгшитгэлээр тооцоолох нь тохиромжтой гэж үзжээ. Хангайн мужийн сибирь шинэсний 74 загвар модон дээр хийсэн Алтанзагас (2019) нарын судалгаагаар сибирь шинэс модны ишний биомассыг $\ln \hat{Y} = -3.818 + 1.849 \times \ln D + 1.053 \times \ln H$ тэгшитгэлээр тооцоолох нь тохиромжтой болохыг тогтоосон байна.

Бидний судалгааны үр дүнд модны ишний биомассыг Гмелиний шинэсэнд $\ln \hat{Y} = -3.72 + 0.972 \times \ln(D^2 \times H)$ тэгшитгэлээр, Чекановскийн шинэсэнд $\ln \hat{Y} = -3.781 + 1.722 \times \ln D + 1.156 \times \ln H$ тэгшитгэлээр тус тус загварчлах нь илүү үр дүнтэй байна. Хээрийн судалгаагаар жигнэж тодорхойлсон Гмелиний шинэсний загвар модны ишний биомассын бодит үзүүлэлтийг бидний зохиосон тэгшитгэл, Shi Fuchen нарын болон Алтанзагас нарын тэгшитгэлээр бодож үр дүнг 3а-р зурагт үзүүлэв. Загвар модны газрын дээрх биомассыг 1:1 шугамаар үзүүлэв. Бидний тэгшитгэлээр бодсон биомассыг урвуу гурвалжин, Алтанзагас нар (2020) тэгшитгэлээр бодсон биомассыг дөрвөлжин, Shi Fuchen нарын тэгшитгэлээр бодсон биомассыг ромбо тэмдгээр тэмдэглэж шугаман тэгшитгэлээр тэгшитгэсэн. Алтанзагас нарын тэгшитгэлээр тооцоолсон биомасс нь 1:1 шулуун (бодит биомассын шулуун) ойролцоо гарсан. Бодит биомассын шулуунтай харьцуулахад Shi Fuchen нарын тэгшитгэлээр бодсон биомасс доогуур, бидний тэгшитгэлээр бодсон биомасс дээгүүр байна (Shi Fuchen et al., 2002; Altanzagas et al., 2019).

Чекановскийн шинэсний загвар модны ишний биомассын бодит үзүүлэлтийг бидний зохиосон тэгшитгэл болон Алтанзагас нарын тэгшитгэлээр бодож үр дүнг 3б-р зурагт үзүүлэв. Загвар модны газрын дээрх биомассыг 1:1 шугамаар үзүүлэв. Бидний тэгшитгэлээр бодсон биомассыг урвуу гурвалжин, Алтанзагас нарын тэгшитгэлээр бодсон биомассыг дөрвөлжин тэмдгээр тэмдэглэж шугаман тэгшитгэлээр тэгшитгэсэн. Бидний тэгшитгэлээр тооцоолсон биомасс нь 1:1 шулуун (бодит биомассын шулуун) ойролцоо гарсан. Алтанзагас нарын бодсон биомасс дээгүүр байна (Altanzagas et al., 2019).



Зураг 3. Биомассын тэгшитгэлийн харьцуулалт

Дүгнэлт

Эрээний нурууны Гмелиний шинэс модны газрын дээрх нийт биомасс 149.9±40.86 кг, үүнээс иш – 76.1 %, мөчир – 15.3 %, навч, шилмүүс – 8.6%, Чекановскийн шинэс модны биомасс 88.83±35.89 кг, үүнээс иш – 61.6%, мөчир – 30.6 %, навч, шилмүүс – 7.8 %-ийг тус тус эзэлж байна. Эрээний нурууны Гмелиний болон Чекановскийн шинэс модны ишний эзлэхүүн, газрын дээрх биомассыг модны диаметр (D), өндөр (H), D²H зэрэг үзүүлэлтээр тооцоолох аллометрийн тэгшитгэлийн загвар боловсруулав. Монгол орны ой-ургамалжлын мужлалын Зүүн Хэнтийн хошууны зүүн хойт хэсэг, Эрээний нурууны хошуунд тархсан Гмелиний болон Чекановскийн шинэсэн ойн таксац, бүртгэл тооллогын үед эдгээр загварыг ашиглан модны эзлэхүүн, газрын дээрх нийт болон түүний хэсгүүдийн биомассыг тодорхойлж болно.

Эшилсэн бүтээл

- Алтанзагас Б., Алтансүх Б., Доржсүрэн Ч. 2021. Эрээний нурууны ойн нарц модны (*Pinus sylvestris* L.) газрын дээрх биомассыг тодорхойлох аллометрийн тэгшитгэл. *Монголын ботаникийн сэтгүүл*, 03.106-118.
- Балжинням Ө., Алтансүх Б., Цогт З., Долгор Н., Доржсүрэн Ч. 2019. Монгол орны баруун хэнтийн сибирь жодоо модны (*Abies sibirica* Ldb.) газрын дээрх биомассыг тодорхойлох аллометрийн тэгшитгэл. “*Хот суурин газрын ландшафтын архитектур-2019*”, Улсын хэмжээний эрдэм шинжилгээний бага хурлын эмхтгэл. Улаанбаатар, ХААИС, Агроэкологийн сургууль. 147-153.
- БОАЖЯ, 2021, Монгол улсын ойн сан. Ойн судалгаа хөгжлийн төв. 30.
- Булыгин Н.Е., Ярмишко В.Т. 2000. Дендрология. Санкт-Петербург, Наука, 528 с.
- Грубов В. И. 1982. Определитель сосудистых растений Монголии (с атласом). Ленинград, Наука, 442 с.
- Доржсүрэн Ч., Дугаржав Ч., Цогт З., Цэдэндаш Г., Чулуунбаатар Ц. 2012. Монгол орны ойн таксацын лавлах. Улаанбаатар: Бемби сан.
- Доржсүрэн Ч., Долгор Н., Цогт З., Ундраа М., Алтанзагас Б., Балжинням Ө., Алтансүх Б. 2018. Монгол орны Зүүн хойт Хангайн лавр навчит улиасны (*Populus laurifolia* Ldb.) газрын дээрх биомассыг тодорхойлох аллометрийн тэгшитгэл. *ЕБСБ хүрээлэнгийн эрдэм шинжилгээний бүтээл*, 34: 140-151.
- Доржсүрэн Ч., Дугаржав Ч., Цэдэндаш Г., Түшигмаа Ж., Тунгалаг М. 2020. Монгол орны ойн мужлал, хэвшинж. Улаанбаатар, Би Си Ай, 88.
- Милютин Л.Н., Сунцов А.В., Жамъянсүрэн С. 1988. Генетико-селекционные особенности лесобразующих пород в Восточном Хэнтэе. Леса Монгольской Народной Республики. Лиственничные леса Восточного Хэнтэя. - М.: Наука, 1988. 176 с.
- Усольцев В.А. 2012. Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и её приложения. Екатеринбург: УРОРАН.
- Цогт З. 1993. Формирование, строение и продуктивность лиственничных молодняков Центрального Хангая и Восточного Хэнтэя и рубки ухода в них: Автореф. дисс. ... кандидата с.-х. наук. Улан-Батор, 24.
- Энхсайхан Д. 2016. Монгол орны мод сөөг. Улаанбаатар. ВСИ, 234.

- Юнатов А.А. 1950. Основные черты растительного покрова Монгольской народной республики. Москва-Ленинград, Изд-во АН СССР.
- Addi A, Demissew S, Soromessa T, Asfaw Z. Carbon Stock of the Moist Afromontane Forest in Gesha and Sayilem Districts in Kaffa Zone: An Implication for Climate Change Mitigation. *Journal of Ecosystem Ecography*. 2019;9(1):1–8. 2.
- Altanzagas B., Luo Y., Altansukh B., Dorjsuren C., Fang J., Hu H. 2019. Allometric Equations for Estimating the Above-Ground Biomass of Five Forest Tree Species in Khangai, Mongolia. *In forests*, 10(661):2–17.
- Battulga P., Tsogtbaatar J., Dulamsuren Ch., Hauck M. 2013. Equations for estimating the above-ground biomass of *Larix sibirica* in the forest-steppe of Mongolia. *Journal of Forestry Research*, 24(3): 431-437
- Dulamsuren C., Klinge M., Degener J., Khishigjargal M., Chenlemuge T., Bat-Enerel B., Yeruult Y., Sain-Dondov D., Ganbaatar K., Tsogtbaatar J. 2016. Carbon pool densities and a first estimate of the total carbon pool in the Mongolian forest-steppe. *Glob. Chang. Biol.* 22, 830–844.
- Fuchen S., Laiye Q., Wang W., Yojiro M., Takayoshi K., Kaichiro S. 2002. Aboveground Biomass and Productivity of *Larix gmelinii* Forests in Northeast China. *Eurasian Journal of Forest Research*, 5(1): 23-32.
- Jamyansuren S., Udval B., Batkhuu N., Bat-erdene J., Fischer M. 2019. Result of study on developing forest seed region in Mongolia. *Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences*, 18–31.
- Merti, A. (2021). *Allometric equation for aboveground biomass estimation in moist Afromontane forest in Gesha and Sayilem district in Kaffa zone, southwestern Ethiopia*. 5(2), 1–16.
- Picard N., Saint-André L., Henry M. 2012. Manual for building tree volume and biomass allometric equations: from field measurement to prediction. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, and Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Montpellier, 215.
- Tadese S, Soromessa T, Bekele T, Bereta A, Temesgen F. Above Ground Biomass Estimation Methods and Challenges. A Review Journal of Energy Technologies Policy. 2019;9(8):12–25. 3. Grace J. Understanding and Managing the Global Carbon Cycle. *J Ecol.* 2004;92:189–202. doi:10.1111/jec.2004.92.issue-2.
- Tungalag M., Altanzagas B., Gerelbaatar S., Dorjsuren C. 2020. Tree-Level Above-Ground Biomass Equations for *Pinus sylvestris* L. in Mongolia. *Mongolian Journal of Biological Sciences*, 18(1): 13–21.
- Usoltsev V., Shobairi S. O. R. & Chasovskikh V. P. 2019. Modeling the additive allometric of stand biomass of *Larix* sp. for Eurasia. *Ecological Questions*, 30 (1): 35–46.
- Urgamal M., Oyuntsetseg B., Nyambayar D., Dulamsuren Ch. 2014. Conspectus of the vascular plants of Mongolia. (Editors: Sanchir, Ch. & Jamsran, Ts.). Ulaanbaatar, Mongolia. Admon printing. 334 pp.

Allometric equations for the above-ground biomass of Gmelin larch (*Larix gmelinii* Rupr.), Chekanovsky larch (*Larix czekanowskii* Szaf) in the Ereen Forest-Vegetation Province of Mongolia

Batbaatar Altanzagas*, Batbaatar Altansukh, Tumurbaatar Ariunbaatar, Chimidnyam Dorjsuren

Botanic Garden and Research Institute, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar
13330, Mongolia

*E-mail: altanzagas_b@mas.ac.mn

Received: 03.10.2022

Revised: 09.10.2022

Accepted: 01.10.2022

Abstract: The sample trees of Gmelin larch (*Larix gmelinii* Rupr.) and Chekanovsky larch (*Larix czekanowskii* Szaf) were destructively sampled for stem volume and above ground biomass study in the Ereen Mountain Forest-Vegetation Province of Mongolia. Allometric equations for the estimation of the single-tree stem volume and aboveground biomass (AGB) of *Larix czekanowskii* and *Larix gmelinii* using the independent variables as tree height (H), stem diameter at breast height (D) and D^2H . The best-fit equation for stem volume modeling was $\ln\hat{Y} = -7.829 + 0.748\ln(D^2 \times H)$ for *Larix gmelinii* and $\ln\hat{Y} = -11.416 + 0.903\ln D + 2.9 \times \ln H$ for *Larix czekanowskii*. The best performing single-tree biomass model was found for the allometric equations $\ln\hat{Y} = \ln a + b \times \ln D + c \times \ln H$ for total AGB, stem, branch, foliage biomass of *Larix czekanowskii* and total AGB and stem biomass of *Larix gmelinii*, $\ln\hat{Y} = \ln a + b \times \ln D$ for branch and foliage biomass of *Larix gmelinii*.

Keywords: Gmelin larch, Chekanovsky larch, tree volume, aboveground biomass and allometric equation

© The Author(s). 2022 **Open Access** This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.