

Зарим модлог ургамлын навчны пигментүүдийн агууламжид агаарын бохирдлын нөлөө

Хишигдэлгэр Отгонбаяр^{1,2*}, Нэргүй Хандмаа¹,
Шагжжав Оюунгэрэл²

Шинжлэх Ухааны Академийн Ботаникийн цэцэрлэгт хүрээлэн, Улаанбаатар 13330, Монгол улс
2Монгол Улсын Их Сургуулийн, Шинжлэх Ухааны Сургууль, Биологийн тэнхим

*И-мэйл: otgonbayarkh@mas.ac.mn, <https://orcid.org/0000-0002-3573-0869>

<https://doi.org/10.5564/mjb.v7i33.5383>

Хүлээн авсан: 31.05.2025

Хянасан: 01.10.2025

Хэвлэлтэнд: 05.11.2025

Хураангуй. Хотжилт, үйлдвэрлэлжилтийн үйл ажиллагаанаас үүдэлтэйгээр өсөн нэмэгдэж буй агаарын бохирдол нь ургамлын физиологийн үйл ажиллагаанд сөргөөр нөлөөлдөг. Иймээс Улаанбаатар хотын ногоон байгууламж (агаарын бохирдолтой) болон Гачууртын шар хоолой (хяналт)-н орчимд ургаж буй дөрвөн зүйл модлог ургамал (*Larix sibirica* Ldb., *Salix tenuifolia* Turcz., *Padus asiatica* Kom., *Ulmus pumila* L.)-ын пигментүүд (хлорофилл а, хлорофилл в, нийт хлорофилл болон каротиноид)-ийн агууламжид агаарын бохирдол хэрхэн нөлөөлж буйг харьцуулан судлахын зэрэгцээ эдгээр ургамлууд агаарын бохирдолд хэр зэрэг тэсвэртэйг үнэлэх зорилгоор энэхүү туршилт судалгааны ажлыг хийж гүйцэтгэсэн. Энэхүү судалгааны үр дүнд хяналтын ба бохирдолдтой орчинд ургаж буй *Padus asiatica*-д хлорофилл а 376,69 мкг/г ба 301,27 мкг/г, хлорофилл в 118,80 мкг/г ба 109,79 мкг/г, нийт хлорофилл 381,45 мкг/г ба 305,66 мкг/г, нийт каротиноид 105,57 мкг/г ба 72,43 мкг/г, *Ulmus pumila*-д хлорофилл а 307.3 мкг/г ба 268.2 мкг/г, хлорофилл в 88.9 мкг/г ба 69.7 мкг/г, нийт хлорофилл 388.5 мкг/г ба 324 мкг/г, нийт каротиноид 88.1 мкг/г ба 79 мкг/г, *Salix tenuifolia*-д хлорофилл а 593.1 мкг/г ба 396.5 мкг/г, хлорофилл в 213,4 мкг/г ба 120,2 мкг/г, нийт хлорофилл 790,6 мкг/г ба 500 мкг/г, нийт каротиноид 149,8 мкг/г ба 102,6 мкг/г тус тус байгааг тодорхойлсон. Судалгаанд хамрагдсан бүх ургамлуудын пигментийн агууламжид агаарын бохирдол хүчтэй нөлөө үзүүлж, тэдгээрийн пигментүүдийн агууламж ямагт буурч байгааг тогтоосон бөгөөд *Salix tenuifolia*-д пигментийн агууламж хамгийн их хувиар (36,8 %), *Larix sibirica*-д хамгийн бага хувиар (15%) бусад ургамлуудын хувьд дундажаар 20.3%-иар буурсан. *U. pumila* болон *L. sibirica* зэрэг ургамлын навчны пигментүүдийн агууламж агаарын бохирдолтой орчинд бусад ургамлуудтай харьцуулахад харьцангуй бага хувиар буурахын зэрэгцээ хлорофилл а/в-ийн харьцаа 3.4 байгаа нь эдгээр ургамлуудыг агаарын бохирдолтой хот суурин газрын ногоон байгууламжид тариалахад тохиромжтой бөгөөд агаарын бохирдолд тэсвэртэй ургамлууд болохыг харуулж байна.

Түлхүүр үгс: ургамал, пигмент, хлорофилл, каротиноид, агаарын бохирдол

Эшлэл авахдаа: Хишигдэлгэр Отгонбаяр^{1,2*}, Гүрбазар Бямба-Ёндон¹, Шагжжав Оюунгэрэл². Зарим модлог ургамлын навчны пигментүүдийн агууламжид агаарын бохирдлын нөлөө. Монголын ботаникийн сэтгүүд, 07 (33): 97-106.

Удиртгал

Агаарыг бохирдуулагч, тоосонцор (PM), хүнд металл, азотын давхар исэл (NO₂), хүхэрлэг хий (SO₂), нүүрстөрөгчийн дутуу исэл (CO) ба озон (O₃) нь ургамлын физиологийн үйл явцад сөргөөр нөлөөлж, улмаар ургамлын өсөлтийг бууруулдаг (Agbaire and Esiefarienrhe, 2009; Bharti et al., 2018; Ghafari et al., 2021). Эдгээр бохирдуулагчийг анхлан хүлээн авагч ургамлын эрхтэн бол навч бөгөөд агаарын бохирдол нь навчны кутикула болон амсрын дамжуулах явцыг гэмтээх замаар фотосинтезийн эрчим, навчны наслалт, ургамал доторх нүүрстөрөгчийн хуваарилалтад шууд сөргөөр нөлөөлдөг (Wolfenden and Mansfield, 1990; Liu & Ding 2008; Lohe et al. 2015). Ургамлын фотосинтезийн үр дүнд үүссэн сахар нь ургамлын эсэд шаардлагатай органик молекулуудыг нийлэгжүүлэх химийн энерги болон нүүрстөрөгчийн хэлхээгээр хангах замаар ургамлын биобүтээмжийг нэмэгдүүлдэг бөгөөд агаар мандалд хүчилтөрөгчийг ялгаруулдаг байна. Фотосинтезийн үндсэн пигмент нь хлорофилл а, хлорофилл b болон каротиноид юм (Onwurah et al. 2007; Li et al., 2018; Waldemar et al., 2020). Хлорофилл нь нарны гэрлийн энергийг ашиглан CO₂ ба H₂O-ыг органик молекул болгон хувиргаж, O₂-ийг ялгаруулна. Каротиноид нь фотосинтезэд шууд оролцохоос гадна хлорофиллийг гэмтээдэг, эсэд аюултай химийн идэвх бүхий исэлдүүлэгч молекул үүсгэдэг илүүдэл гэрлийн энергийг өөртөө шингээж, сарниулах замаар хамгаалалтын үүрэг гүйцэтгэдэг (Siefertmann-Harms, 1987; Ong and Tee, 1992; Nirbhay, 2017). Ургамлын пигментүүдийн агууламжид агаарын бохирдол хэрхэн нөлөөлж байгааг судлан ургамлын агаарын бохирдлын тэсвэрлэлт болон агаарын бохирдлыг үнэлж судалсаар байна (Sumitra Giri et al., 2013; Nirbhay, 2017). Ийнхүү гадна улс орнуудад судлаачид агаарын бохирдол ургамлын физиологийн үзүүлэлтүүдэд хэрхэн нөлөөлдөг, ургамал агаарын бохирдлын хэрхэн тэсвэрлэдэг, агаарын бохирдолд ургамал хэр зэрэг тэсвэртэй байгаад үнэлэлт дүгнэлт өгөх туршилт судалгааны ажлууд нэлээд хийгддэг.

Харин манай орны хувьд энэ чиглэлийн судалгаа бага хийгдсэн бөгөөд бид Улаанбаатар хот болон Гачуурт орчмын зарим модлог ургамлуудын хлорофилл а, хлорофилл b болон каротиноидын агууламжийг харьцуулан судалж, тэдгээрийн агууламжид агаарын бохирдол хэрхэн нөлөөлж буйг үнэлэх зорилгоор энэхүү туршилт судалгааны ажлыг хийж гүйцэтгэсэн.

Судалгааны материал, аргазүй

Дээж цуглуулах

Судалгааны дээж материалыг 2020 оны 7 дугаар сарын 18-наас 20-ны хооронд агаарын бохирдолтой орчинг төлөөлүүлж Улаанбаатар хотын төв зам дагуух (N: 47055'23.5", E:106055'21.3") болон хяналт болгон Улаанбаатар хотоос 25 км зайтай Гачууртын Шар хоолойн ам (N: 4801'5.51", E:107015'3.19")-д ургаж буй *Larix sibirica* Ldb., *Salix tenuifolia* Turcz., *Padus asiatica* Kom., *Ulmus pumila* L. зэрэг 4 зүйл модлог ургамал тус бүрээс биологийн 3 давталт (зүйл тус бүрээс 3 бодгаль) болон техникийн 3 давталттайгаар (бодгаль тус бүрээс 3) навчны нийт 72 ширхэг дээж материалыг авч туршилт судалгааны ажлаа хийж гүйцэтгэсэн..

Ургамлын пигментүүд (хлорофилл а, хлорофилл б, каротиноид)-ийг тодорхойлох

Ургамлын навчнаас 0.3 гр дээжийг жигнэн авч, сайтар нунтаглаад, дээрээс нь 15 мл 100% ацетоны уусмалд хийж, холиод 2500 грм хурдтайгаар 10 минут орчим центрифугдээд, спектрофотометрийн 470 нм, 662 нм, 645 нм тус бүрд шингээлтийн утгыг хэмжинэ. Тооцоог дараах томъёогоор хийж, хлорофилл а, хлорофилл б, нийт хлорофилл болон каротиноидын агууламжийг тодорхойлсон (Şükran et al., 1998).

$$\text{Cha} = 11.75 \text{ A662} - 2.350 \text{ A645} \quad (1)$$

$$\text{Chb} = 18.61 \text{ A645} - 3.960 \text{ A662} \quad (2)$$

$$\text{Нийт хлорофилл} = \text{Cha} + \text{Chb} \quad (3)$$

$$\text{Cx+c} = 1000 \text{ A470} - 2.270 \text{ Cha} - 81.4 \text{ Chb}/227 \quad (4)$$

Cha= хлорофилл а, Chb= хлорофилл б, Cx+c=Нийт каротиноид

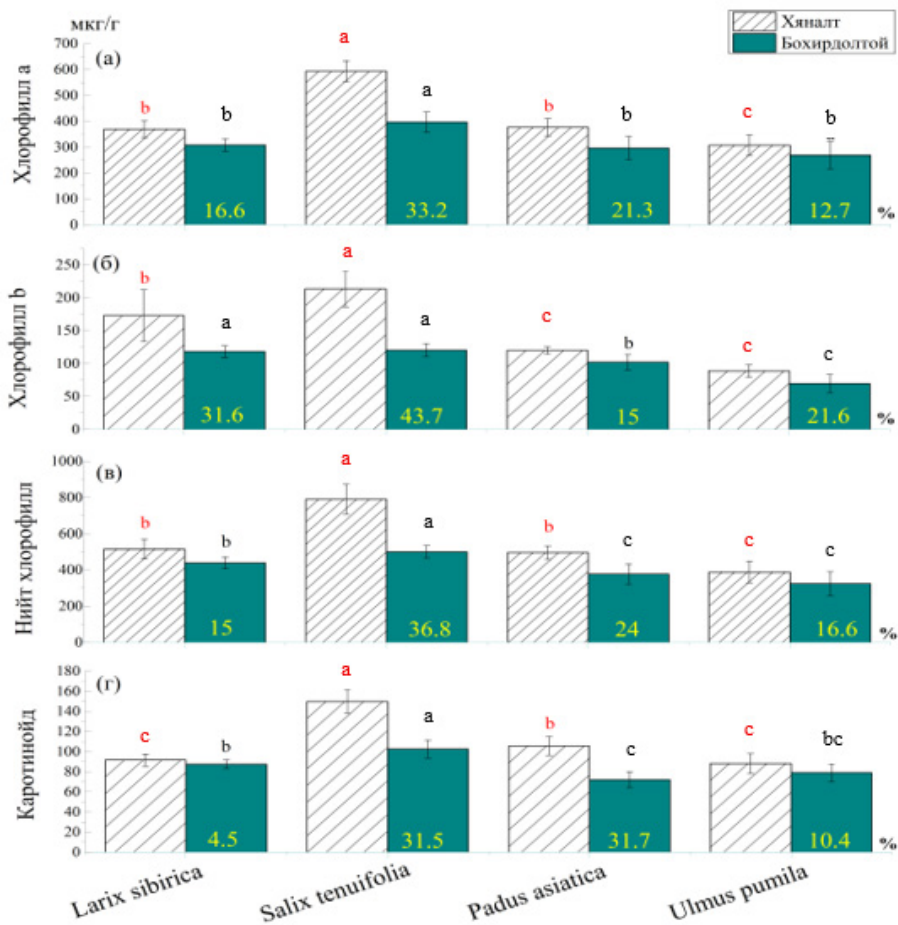
Статистикийн боловсруулалт

Судалгаанд хамрагдсан ургамлууд пигментүүдийн агууламжаараа хоорондоо ялгаатай эсэхийг вариацийн анализ буюу нэг хүчин зүйлийн дисперсийн шинжилгээний Tukey test-ээр, ургамлуудын пигментийн агууламж нь хяналтын болон агаарын бохирдолтой орчинд ялгаатай эсэхийг t-test-ээр, пигментийн агууламжийн өөрчлөлт нь агаарын орчин болон ямар зүйл ургамал гэдгээс хамаарч байгаа эсэхийг хоёр хүчин зүйлийн дисперсийн шинжилгээгээр тус тус шалгасан. Статистикийн боловсруулалтыг SPSS21 программ ашиглан хийсэн.

Судалгааны үр дүн

Судалгаанд хамрагдсан ургамлуудын пигментүүдийн агууламжийн өөрчлөлт

Хяналтын болон бохирдолтой орчинд ургаж буй ургамлуудын пигментийн агууламж статистикийн хувьд ялгаатай байна (Зураг 1). Судалгаанд хамрагдсан ургамлуудын хлорофилл а, хлорофилл б, нийт хлорофилл болон каротиноидын агууламж нь бохирдолтой орчинд харьцангуй бага агууламжтай байсан бөгөөд *Salix tenuifolia*-д нийт хлорофилл 603.20 мг/г болон каротиноидын агууламж 149,81 мг/г буюу хамгийн өндөр байна. Харин *Larix sibirica*-д нийт хлорофилл 375.0 мг/г, каротиноид 89.69 мг/г буюу хамгийн бага агууламжтай байна. Хяналтын болон бохирдолтой орчинд *Ulmus pumila*-д хлорофилл а-ын агууламж хамгийн бага буюу тус бүр 307.3 мкг/г болон 268.2 мкг/г байна. Харин *Salix tenuifolia*-д хамгийн их буюу тус бүр 593.1 мкг/г болон 396.4 мкг/г байна (Зураг 1а). Хлорофилл б, нийт хлорофилл болон каротиноидын агууламж нь хяналтын болон бохирдолтой орчинд *Ulmus pumila*-д бага, *Salix tenuifolia*-д хамгийн их агууламжтай байна (Зураг 1б, в, г). Үүнээс үзэхэд *Salix tenuifolia* нь агаарын бохирдолд илүү, *Larix sibirica* нь харьцангуй бага өртсөн байна.



Зураг 1. Ургамлуудын пигментийн агууламжийн ялгаа

(Багана графикийн дээрх улаан үсгээр хяналтын орчиндох ургамал хоорондын пигментийн ялгааг; хар үсгээр бохирдолтой орчны ургамал хоорондын пигментийн ялгааг ($p < 0.05$) хувилбар тус бүрээр харуулсан; багана график дээрх шар тоонууд бохирдолтой орчиндах пигментийн багасалтыг хувиар харуулсан)

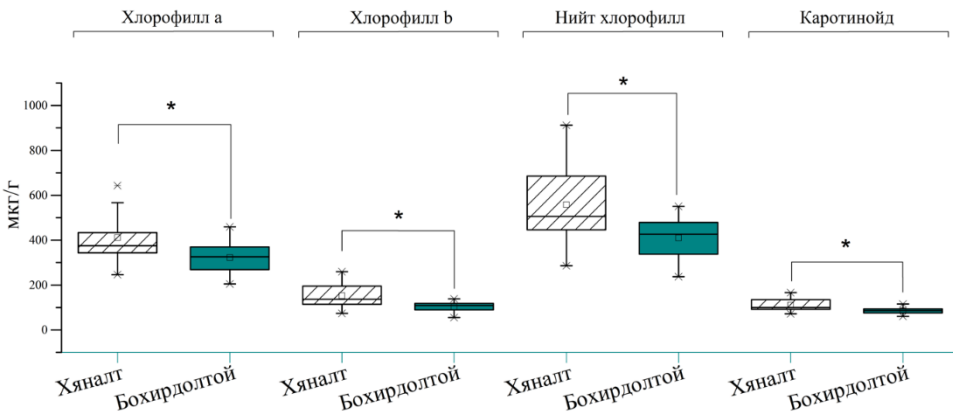
Хүснэгт 1. Судалгаанд хамрагдсан ургамлуудын пигментийн агууламжид агаарын бохирдлын үзүүлэх нөлөө

№	Туршилтын хувилбар	Хлорофилл а	Хлорофилл б	Нийт хлорофилл
1	Хяналт	411 мкг/г	152,6 мкг/г	557,6 мкг/г
2	Бохирдолтой	322 мкг/г	102,6 мкг/г	410 мкг/г
3	Бууралтын хувилбар	83,8%	111,9%	92,4%

Хүснэгт 2. Бохирдолтой орчны хэмжилт хийх үеийн агаарын чанарын үзүүлэлт

№	Бохирдуулах бодисын нэр	MNS 4585:2016	24 цагийн дундажийн хамгийн их агууламж
		Хүлцэх агууламж	2020 оны 7 сар
1	Хүхрийн хий (SO ₂)	50 мкг/м ³	23 мкг/м ³
2	Азотын давхар исэл (NO ₂)	50 мкг/м ³	91 мкг/м ³
3	PM10 тоосонцор	100 мкг/м ³	117 мкг/м ³

Статистикийн t-test-ийн шалгуураар судалгаанд хамрагдсан ургамлуудын пигментийн агууламж нь хяналтын болон агаарын бохирдолтой орчинд ялгаатай байна (Зураг 2).



Зураг 2. Хяналтын болон агаарын бохирдолтой орчин дахь пигментүүдийн агууламжийн ялгаа (Ургамлуудын пигментийн агууламж тус бүрээр; * p<0.05)

Пигментийн агууламжийн өөрчлөлт нь ургамлын зүйл болон орчноос хамаарах хамаарал

Хлорофилл а-ийн агууламж нь судалгаанд хамрагдсан модлог ургамлын зүйл ($F(3, 81)=121.8$; $p<0.001$; $\eta^2= .82$) болон туршилтын хувилбарууд ($F(1, 81)=128.4$; $p<0.001$; $\eta^2= .61$)-аас хамаарч ялгаатай байгаа бөгөөд тэдгээрийн харилцан үйлчлэл ($F(3, 81)=18.8$; $p<0.001$; $\eta^2= .41$) нь хлорофилл а-ийн агууламжид шууд хүчтэй нөлөөлж байна. Хлорофилл b, нийт хлорофилл болон каротинодын агууламж нь ургамлын зүйл болон туршилтын хувилбар тус бүрд ялгаатай байгаа бөгөөд ургамлын зүйл болон туршилтын хувилбар хоорондын харилцан үйлчлэлтэй шууд хүчтэй хамааралтай байна (Хүснэгт 2).

Хүснэгт 3. Пигментийн агууламжид ургамлын зүйл болон туршилтын хувилбарын үзүүлэх нөлөө

Variable	Source	Dfn, Dfd	F	P value	Partial Eta Squared (η^2)
Хлорофилл a	Ургамлын зүйлүүд (У)	3, 81	121.835	<0.001	0.819
	Туршилтын хувилбар (Т)	1,81	128.357	<0.001	0.613
	У × Т	3, 81	18.749	<0.001	0.410
R Squared = .866 (Adjusted R Squared = .855)					
Хлорофилл b	Ургамлын зүйлүүд (У)	3, 70	64.896	<0.001	0.736
	Туршилтын хувилбар (Т)	1, 70	94.316	<0.001	0.574
	У × Т	3, 70	14.184	<0.001	0.378
R Squared = .834 (Adjusted R Squared = .817)					
Нийт хлорофилл	Ургамлын зүйлүүд (У)	3, 77	99.722	<0.001	0.795
	Туршилтын хувилбар (Т)	1, 77	121.627	<0.001	0.612
	У × Т	3, 77	18.537	<0.001	0.419
R Squared = .872 (Adjusted R Squared = .861)					
Каротинойд	Ургамлын зүйлүүд (У)	3, 83	116.680	<0.001	0.808
	Туршилтын хувилбар (Т)	1, 83	154.559	<0.001	0.651
	У × Т	3, 83	30.480	<0.001	0.524
R Squared = .892 (Adjusted R Squared = .883)					

Хэлэлцүүлэг

Хлорофилл нь гэрлийн энергийг химийн энерги (НАДФН болон ГФА) болгон хувиргах, уг химийн энергийг ашиглан сахар нийлэгжүүлэх (Кальвины мөчлөг) гэсэн хоёр үе шатыг уялдуулан зохицуулах замаар глюкоз үүсгэж, O₂ ялгаруулдаг фотосинтезийг явуулдаг бөгөөд агаарын бохирдолд хамгийн их өртдөгийг маш олон судалгаа харуулсаар байна (Nirbhay, 2017; Giri et al., 2013; Iqbal et al., 2015; Ufere et al., 2021). Орчны стрессийн нөлөөгөөр хлорофиллын агууламж өөрчлөгдөх нь фотосинтезийн эрчмийг бууруулаад зогсохгүй цаашлаад ургамлын морфологи, физиологи болон биохимийн үйл солилцоог өөрчилнө (Giri et al., 2013). Агаарын бохирдол нь модлог ургамлын навчны хлорофилл болон каротиноидын агууламжийг бууруулдаг болохыг олон судалгааны үр дүн харуулсан (Giri et al., 2013; Iqbal et al., 2015; Ufere et al., 2021) бөгөөд энэ үр дүн нь бидний үр дүнтэй нийцэж байна (Зураг 2).

Хүснэгт 4. Бусад судлаачдын болон өөрсдийн судалгаанд хамрагдсан модлог ургамлын пигментийн бууралтыг хувиар харуулсан дүн

Модлог ургамлын нэр	Хлорофилл a	Хлорофилл b	Нийт хлорофилл	Каротиноид
Бууралтын хэмжээ, %				
Бидний судалгаагаар (Улаанбаатар)				
<i>Larix sibirica</i>	16.6	31.6	15	4.5
<i>Salix tenuifolia</i>	33.2	43.7	36.8	31.5
<i>Padus asiatica</i>	21.3	15	24	31.7
<i>Ulmus pumila</i>	12.7	21.6	16.6	10.4
Giri et al., 2013 (Bhopal city, India)				
<i>Azadirachta Indica</i>	70.3	53.8	54.4	35.7
<i>Mangifera Indica</i>	21.14	67.48	26.6	40.63

<i>Dalbergia Sissoo</i>	35.9	24.66	38.3	36.5
	Iqbal et al., 2015 (Karachi city, Pakistan)			
<i>Azadirachta indica</i>	5.23	21.54	37.8	-
<i>Conocarpus erectus</i>	37.9	34.2	36.2	-
<i>Guaiacum officinale</i>	39.7	34.6	37.1	-
<i>Eucalyptus sp</i>	17	1.74	9.4	-
	Ufere et al., 2021 (Kumasi city, Ghana)			
<i>Terminalia catappa</i>	30.7	39.1	33.9	31.6
<i>Mangifera indica</i>	39	35.9	38.6	23.5
<i>Ficus platyphylla</i>	36.9	63.2	49.3	21
<i>Polyalthia longifolia</i>	43.48	46.5	47.4	16.7

Дээрх судалгааны үр дүнгүүдээс харахад агаарын бохирдолтой орчинд пигментийн бууралтын хувь нь харилцан адилгүй байгаа (Хүснэгт 4) нь өөр өөр зүйл ургамал болон агаарын бохирдлын хэмжээнээс хамааран харилцан адилгүй (Katiyar and Dubey, 2001) байсан бөгөөд энэ нь бидний судалгаатай тохирч байсан (Зураг 1; Хүснэгт 2). Ногоон ургамал тэр дундаа модлог ургамал нь агаарын бохирдлыг бууруулахад (Yang et al., 2005; Yang et al., 2008; Gourdj, 2018) ач тустай юм. Нөгөөтэйгүүр модлог ургамлаар агаарын бохирдлыг үнэлэх (Giri et al., 2013; Shaheen et al., 2016) болон хлорофиллын агууламжаар нь агаарын бохирдлын тэсвэрлэлтийг үнэлэх (Giri et al., 2013; Iqbal et al., 2015; Ufere et al., 2021) нь агаарын бохирдолтой орчинд ямар ургамлыг тариалах нь тохиромжтойг илрүүлэн зөвлөх суурь судалгаа болж өгдөг.

Дүгнэлт

Пигментийн агууламж нь судалгаанд хамрагдсан модлог ургамлын зүйл болон туршилтын хувилбаруудаас хамааран ялгаатай буюу ургамлын зүйл болон агаарын бохирдол нь пигментийн агууламжид шууд хүчтэй нөлөөлж байна.

Агаарын бохирдол нь модлог ургамлуудын навчны пигментийн агууламжийг бууруулж байгаа бөгөөд *Salix tenuifolia*-д хамгийн их (36.8%), *Padus asiatica L.*-д дунд зэрэг (24%), *Larix sibirica* (15%) болон *Ulmus pumila*-д д хамгийн бага (16,6%) байна. Үүнээс үзэхэд *Larix sibirica L.* нь агаарын бохирдолд мэдрэмтгий, хлорофилл а/в харьцаа хяналтын талбайтай харьцуулахад (2.60) байгаа бол, *Ulmus pumila* нь хлорофилл а/в харьцаа өндөртэй (3.40) байна. Агаарын бохирдлыг бууруулах зорилгоор хот суурин газар бохирдолтой орчинд пигментийг агууламжийн бууралт бага, хлорофилл а/в харьцаа өндөр *Ulmus pumila L.* тариалахад тохиромжтойг харуулж байна.

Талархал

Энэхүү судалгааны ажил нь МУИС-ийн Азийн Судалгааны Төв (P2024-4667)-ийн төслийн санхүүжилттэй хийгдсэн болно.

Эшилсэн бүтээл

- Agbaire P.O., Esiefarienrhe E. 2009. Air Pollution tolerance indices (APTI) of some plants around Otorogun Gas Plant in Delta State, Nigeria. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 13(1):11-14.
- Antenozio ML, Caissutti C, Caporusso FM, Marzi D, Brunetti P. 2024. Urban Air Pollution and Plant Tolerance: Omics Responses to Ozone, Nitrogen Oxides, and Particulate Matter. *Plants*, 13(15): 2027. <https://doi.org/10.3390/plants13152027>
- Bharti S.K., Trivedi A., Kumar, N. 2018. Air pollution tolerance index of plants growing near an industrial site. *Urban Clim*, 24:820–829. <https://doi.org/10.11628/ksppe.2022.25.1.23>
- Giri S., Shrivastava D., Deshmukh K., Dubey P. 2013. Effect of Air Pollution on Chlorophyll Content of Leaves. *Current Agriculture Research Journal*, 1(2): 93-98. <http://dx.doi.org/10.12944/CARJ.1.2.04>.
- Gourdji S. 2018. Review of plants to mitigate particulate matter, ozone as well as nitrogen dioxide air pollutants and applicable recommendations for green roofs in Montreal, Quebec. *Environmental Pollution*, 241: 378-387. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.05.053>.
- Huong-Thi Bui, Uuriintuya Odsuren, Sang-Yong Kim, and Bong-Ju Park. 2022. Particulate Matter Accumulation and Leaf Traits of Ten Woody Species Growing with Different Air Pollution Conditions in Cheongju City, South Korea. *Atmosphere*, 13(9): 1351 <https://doi.org/10.3390/atmos13091351>
- Katiyar V., Dubey P.S. 2001. Sulphur dioxide Sensitivity on two stage of leaf development in a few tropical tree species. *Journal of Environmental Sciences and Toxicology*, 11:78-81. 10.12691/jephh-7-1-2
- Li Y, He N, Hou J, Xu L, Liu C, Zhang J, Wang Q, Zhang X and Wu X. 2018. Factors Influencing Leaf Chlorophyll Content in Natural Forests at the Biome Scale. *Front. Ecol. Evol*, 6(64). <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00064> Liu Y.J., Ding H. 2008. Variation in air pollution tolerance index of plants near a steel factory: implication for landscapeplant species, selection for industrial areas. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 4(1): 24-32. 10.12691/aees-5-1-1
- Lohe R.N., Tyagi B., Singh V., Tyagi P.K., Khanna D.R., Bhutiani R. 2015. A comparative study for air pollution tolerance index of some terrestrial plant species. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 1(4): 315-324. 10.7508/gjesm.2015.04.006
- Nirbhay S.P. 2017. Adverse Effect of Air Pollutants on the Chlorophyll Content in Leaves from Pune, Maharashtra (India). *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.*, 44(2): 131-135.
- Ong A.S.H., and Tee E.S. 1992. Natural sources of Carotenoids from plants and oils. *Meth. Enzymol*, 213: 142-167. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(92\)13118-H](https://doi.org/10.1016/0076-6879(92)13118-H)
- Onwurah I., Ogugua V., Onyike N., Ochonogor A., Otitoju O. 2007. Crude oil spills in the environment, effects and some innovative clean-up biotechnologies.

- International Journal of Environmental Research, 1(4): 307–320. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2001.00671.x>.
- Shaheen A.M., Al-Toukhy A.A. and Hajar A.S. 2016. The Effect of Air Pollution on some Biochemical Parameters of Leaves of Three Tree Species Growing in the Industrial Area in Jeddah, Saudi Arabia. *Journal of King Abdulaziz University-Meteorology Environment and Arid Land Agriculture Sciences*, 26(2):19-22.
- Siefermann-Harms D. 1987. The light harvesting and protective function of carotenoids in photosynthetic membranes. *Physiologia Plantarum*, 69: 561-568. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1987.tb09240.x>
- Sumitra Giri., Deepali Shrivastava., Ketki Deshmunkh and Pallavi Dubey. 2013. Effect of air pollution on chlorophyll content of leaves. *Curr Agri Res*, 1(2). <http://dx.doi.org/10.12944/carj.1.2.04>
- Şükran D, Tohit G, Ridvan S. 1998. Spectrophotometric Determination of Chlorophyll - A, B and Total Carotenoid Contents of Some Algae Species Using Different Solvents. *Turkish Journal of Botany*, 22: 13-17.
- Ufere N. Uka, Ebenezer J. D. Belford, Florence A. 2021. Elebe Effects of road traffic on photosynthetic pigments and heavy metal accumulation in tree species of Kumasi Metropolis, Ghana. *SN Applied Sciences*. 3(131). <https://doi.org/10.1007/s42452-020-04027-9>
- Waldemar Z., Barbara W., Gniewko N. 2020. Quantification of Chlorophyll and Carotene Pigments Content in Mountain Melick (*Melica nutans* L.) in Relation to Edaphic Variables. *Forests*, 11:1197. doi:10.3390/f11111197.
- Wolfenden J, Mansfield T.A. 1990. Physiological disturbances in plants caused by air pollutants. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh Section B Biological Sciences*; 97:117-138. doi:10.1017/S0269727000005315
- Yang J., McBride J., Zhou J., Sun Z. 2005. The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction. *Urban For. Urban Green*, 3: 65-78. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2004.09.001>.
- Yang J., Yu Q., Gong P. 2008. Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. *Atmos. Environ*, 42: 7266-7273. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.07.003>.

Effects of air pollution on pigment content of tree leaves

Otgonbayar Khishigdelger^{1,2*}, Nergui Khandmaa¹, Oyungerel Shagjjab²

¹Botanical Garden, and Research Institute, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar 13330, Mongolia

²Department of Biology, School of Arts and Sciences, National University of Mongolia, Ulaanbaatar 14201, Mongolia

*E-mail: otgonbayarkh@mas.ac.mn, <https://orcid.org/0000-0002-3573-0869>

Received: 31.05.2025

Revised: 01.10.2025

Accepted: 05.11.2025

Abstract: Rapidly increasing air pollution from urbanization and industrial activities negatively affects plant physiology. This study was aimed to evaluate the effects of air pollution on the pigment contents in leaves of *Larix sibirica* Ldb., *Salix tenuifolia* Turcz., *Padus asiatica* Kom., *Ulmus pumila* L. in comparison of chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and carotenoid under the polluted area of Ulaanbaatar city and unpolluted area of Gachuurt. Our results showed that the lowest chlorophyll a (unpolluted-307.3 µg/g; polluted-268.23 µg/g), chlorophyll b (unpolluted-88.9 µg/g; polluted-69.7 µg/g), total chlorophyll (unpolluted-388.5 µg/g; polluted-324 µg/g) and carotenoid content (unpolluted-88.1 µg/g, polluted-79 µg/g) were recorded in *Ulmus pumila* while the highest chlorophyll a (unpolluted-593.1 µg/g; polluted-396.5 µg/g), chlorophyll b (unpolluted-213,4 µg/g; polluted-120,2 µg/g), total chlorophyll (unpolluted-790,6 µg/g; polluted-500 µg/g) and carotenoid content (unpolluted-149,8 µg/g; polluted-102,6 µg/g) were recorded in *Salix tenuifolia* under both conditions, respectively. The air pollution was reduced the pigment content on studied plants. *Salix tenuifolia* showed the highest reduction in pigments, while *Larix sibirica* demonstrates the least reduction in pigments. Two-Way ANOVA results showed that plant species and air pollution are significant factors to pigments content under polluted areas. Their interaction also has a statistically significant effect on the content of the pigments. Finally, we concluded that *Ulmus pumila* and *Larix sibirica* are suitable to cultivate for reducing air pollution in urban areas based on our results.

Keywords: Plant, pigment, chlorophyll, carotenoids, air pollution

© The Author(s). 2025 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 source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.