Хэвтээ дэгд (*Gentiana decumbens L.f.*) ургамлын бичил бүтэц ба гистохимийн судалгаа

Б.Нурдана[1], Л.Дэнсмаа[1], Б.Энхтуул[1], Б.Мөнхзул[1], Б.Хувьтавилан[1], Э.Буянжаргал[1], Х.Даариймаа[1], Ц.Амаржаргал[1]

[1]АШУҮИС, Эм зүйн сургууль, Эмийн хими ургамал судлалын тэнхим
Цахим шуудан: pmh21d078@st.mnums.edu.mn, Утас: 85893121

Түлхүүр үг:

Полифенолт нэгдэл
Цардуулын тархалт
Таннин ба лигниний илрүүлэлт
Микроанатомийн бүтэц

Товч утга:

Үндэслэл: Монгол орны *Gentianaceae* овгийн ургамлууд гашуун иридойд гликозид, флавоноид, полифенолт нэгдлээр баялаг бөгөөд уламжлалт анагаах ухаанд хоол боловсруулалт, элэг хамгаалах, халуун дарах зэрэгт өргөн хэрэглэгддэг. Эдгээрээс тархмал зүйл болох Хэвтээ дэгд (*Gentiana decumbens L.f.*)-ийн бичил бүтэц, гистохимийн талаарх стандарчлагдсан мэдээлэл хомс байгаа нь энэхүү судалгааг хийх үндэслэл боллоо. **Зорилго**: Хэвтээ дэгд ургамлын газрын дээд ба доод хэсгийн бичил бүтцийн онцлогийг тодорхойлж, гистохимийн аргаар цардуул, полисахарид, фенолт нэгдлүүдийн тархцыг илрүүлэх. **Арга, аргачлал:** 2024 оны 7-р сард Хөвсгөл аймгийн Цагаан-Уул сумаас түүсэн дээжийг салхитай сүүдэрт хатаав. Микроскопийн шинжилгээнд ус-спирт-глицерин (1:1:1) уусмалд 24 цаг дэвтээж зөөлрүүлэн, гар микротомоор иш, навч, үндэс, цэцгийн (дохиур, дэлбээ, суудал/хальс) хөндлөн ба тууш зүслэг бэлтгэв. Тунгалагжуулалтад 10% хлоралгидрат хэрэглэв. Будахдаа: калийн бихромат ($K_2Cr_2O_7$), төмрийн (III) хлорид ($FeCl_3$), люголь (I_2+KI), тимол+концентрацитай H_2SO_4, метилен хөх зэргийг ашиглав. Бэлтгэлийг глицеринээр цэвэрлээд Olympus гэрлийн микроскопоор 40x, 100x өсгөлтөөр ажиглаж, 12 MP камерын зураглалаар баримтжуулав. **Үр дүн: Навч**: дорсивентрал зохион байгуулалттай, дээд талдаа нягт палисадын паренхим, доод талдаа завсар ихтэй сийрэг мезофилл, гипостомат байрлалтай амсрын эс, судлын орчмын колленхим ажиглагдсан. Гистохимид судалсан урвалжууд сөрөг (цардуул/фенол илрээгүй). **Иш**: гаднаас эпидермис-өргөн кортикс- тасралтгүй склеренхимын бөгж- дотор талд 12–15 эвколлатерал судлын багц- өргөн төв паренхим ажиглагдсан. $K_2Cr_2O_7$-д бор-шаргал будагдалт (полифенол/лигнин), люголиор хүрэн-бор (цардуул) эерэг; $FeCl_3$, метилен хөх, тимол+H_2SO_4 ихэнхидээ сөрөг (хөндлөн зүслэг). Харин ишний **тууш** зүслэгт люголь (цардуул) ба тимол+H_2SO_4 (полисахарид) эерэг. **Үндэс**: анхдагч байгууламжтай радиаль ксилем-флоэм; тод эндодерми (каспарын зурвас), перицикл. $K_2Cr_2O_7$ ба $FeCl_3$-д эерэг (фенолт нэгдэл/лигнин), люголиор паренхимд цардуул элбэг. **Цэцгийн суудал/хальс**: зузаан кутикултай эпидермис, трихом, гадна-төв паренхим; олон жижиг хаалттай дамжуулах багц (амфивазал маягийн зураглал). $K_2Cr_2O_7$, $FeCl_3$ эерэг (полифенол/флавоноид, таннин), люголь эерэг (цардуул), тимол+H_2SO_4 хэсэгчлэн эерэг (полисахарид). **Дохиур** (**тууш**): эпидермис, эндотец, тоосны уут, дамжуулах багц тод, $K_2Cr_2O_7$, люголь, $FeCl_3$ эерэг будагдалт ажиглагдав. **Дүгнэлт:** *G.decumbens*-ийн анатомийн зураглал нь хуурай, өндөр гэрэлтэй орчинд тохирсон **механик бэхжилт** (**склеренхимын бөгж**), **фотосинтетик үр ашиг** (**нягт палисад**), **нөөц хуримтлал** (**төв/кортикс паренхим дахь цардуул**)-ыг харууллаа. Гистохимийн аргаар үндэс, иш, цэцгийн эрхтэнд **полифенолт нэгдэл** болон **цардуул/полисахарид** локалчлогдож, навчанд илрээгүй нь эрхтэн хооронд бодисын хуримтлал ялгаатайг нотлов.

Үндэслэл: Монгол орны ургамлын аймаг нь олон зуун жилийн турш уламжлалт анагаах ухаанд эмийн түүхий эдийн гол эх үүсвэр болж ирсэн бөгөөд биологийн идэвхт бодисоор баялаг төрөл зүйлсийг агуулдаг. Тэдгээрийн дотор дэгдийн овгийн (*Gentianaceae*) ургамлууд нь гашуун амттай гликозид, иридойд, флавоноид болон полифенолт нэгдлээрээ ялгарч, хоол боловсруулах, элэг хамгаалах, халуун дарах, антиоксидант үйлдэлтэй болох нь олон улсын судалгаагаар нотлогдсон байдаг.[1] Монголын уламжлалт анагаах ухаанд дэгдийн төрлийн ургамлуудыг "Ходоодны илчийг дэмжих, шарын халуун дарах, цус цэвэрлэх" зэрэг зорилгоор өргөн хэрэглэж ирсэн. Тэдгээрийн нэг болох Хэвтээ дэгд (*Gentiana decumbens L.f.*) нь Монголын уулын болон хээрийн бүсийн тархмал зүйл бөгөөд ардын эмнэлэгт "Хоолны дуршил сайжруулах, элэгний өвчин, шарлалт, архины хордлогын үед" хэрэглэж иржээ.[2] Хэвтээ дэгд (*Gentiana decumbens L.f.*) нь Монголын хээр, уулын бүсэд өргөн ургадаг бөгөөд бусад *Gentiana* зүйлүүдийн судалгаагаар гентиопикрин, свирозид, логанин зэрэг иридойд гликозидууд нь элэг хамгаалах болон антиоксидант үйлдэлтэй болох нь тогтоогдсон.[3] Гэвч Хэвтээ дэгд (*Gentiana decumbens L.f).*-ийн бичил бүтэц, фитохимийн найрлагын талаархи судалгаа хомс, ялангуяа Монгол оронд ургадаг зүйлийн хувьд стандарчлагдсан тоон мэдээлэл хангалтгүй байна. Иймээс энэхүү судалгааг хийснээр Хэвтээ дэгд (*Gentiana decumbens L.f.)* ургамлын бичил бүтцийг тодорхойлож гистохимийн судалгааг хийснээр биологийн идэвхийн талаарх шинжлэх ухааны үндэслэлийг баяжуулах хэрэгцээ шаардлага байгаа нь энэхүү судалгааг хийх үндэслэл боллоо.

Зорилго: Хэвтээ дэгд (*Gentiana decumbens L.f)* ургамлын газрын дээд болон доод хэсгийн бичил бүтэц, түүнд агуулагдах бодисыг тодорхойлох.

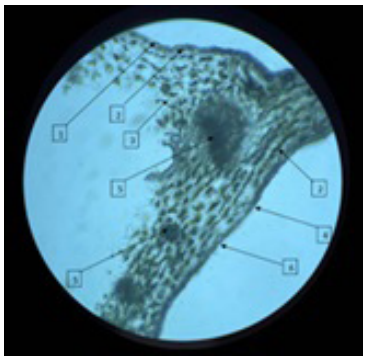
Арга, аргачлал: Энэхүү судалгаанд ургамлын эс болон эдийн бүтцийг болон агуулагдах нэгдлийг тодорхойлох зорилгоор лабораторийн туршилт судалгааны аргыг ашиглав. Судалгааны ургамлын түүхий эдийг 2024 оны 7 дугаар сард Хөвсгөл аймгийн Цагаан-Уул сумаас түүж, салхитай сүүдэр газар хатааж бэлтгэсэн.

Микроскопийн шинжилгээ: Дээжийг ус–спирт–глицерин (1:1:1 эзлэхүүнээр) харьцаатай уусмалд 24 цаг дэвтээж зөөлрүүлсэн. Гистохимийн бүтэцийг тодруулахын тулд калийн бихромат (K_2CrO_7), люголь, тимол концентрацитай хүхрийн хүчил, төмрийн хлорид ($FeCl_3$) болон метилен хөх будаг хэрэглэв. Дээжийг тунгалагжуулж, гэрэл нэвтрүүлэх чадварыг сайжруулахын тулд 10%-ийн хлоралгидратын уусмал ашигласан. Ургамлын иш, навч, цэцэг, үндсийг гар микротом ашиглан хөндлөн болон тууш зүслэг хийж бэлтгэлээ. Ишнээс дээж авахдаа навч ургаж эхэлдэг хэсгийн дунд орчмоос, навчны хувьд навчны бүтцийг хамгийн сайн төлөөлөх хэсэг болох ургамлын орой хэсгийн навчны дунд хэсгээс, цэцэгнээс дээж авахдаа дохиур, дэлбээ, цэцгийн суудал зэрэг хэсгүүдийг, үндэсний эсийн хуваагдлын бүсээс тус тус дээжүүдийг бэлтгэсэн. Бэлтгэсэн зүслэгүүдийг глицеринээр цэвэрлэж, дараа нь Olympus гэрлийн микроскопоор 40х, 100х өсгөлтөөр харж ажигласан. Зургийг 12 MP-ийн дижитал камер ашиглан, байгалийн гэрэлд, микроскопын линзээр ойр байрлуулан авсан. Зургийг Canva программ ашиглан засварласан.

Гистохимийн шинжилгээ: Хатаасан ургамлын түүхий эдийг этанол (70%): глицерин: нэрмэл ус 1:1:1 харьцаатай уусмалдаа дэвтээж хадгалсан (*Strauss-Fleming* уусмал) [4-6]. Гистохимийн шинжилгээг ишний хөндлөн зүслэг дээр хийсэн. Шинжилгээний явцад дараах урвалжуудыг ашигласан [5–7]:

- Метилен хөх урвалж (Sigma-Aldrich, China) – эфирын тосны нэгдлүүдийг тодорхойлоход;
- 10%-ийн Калийн бихромат ($K_2Cr_2O_7$) урвалж (этанолд) (Sigma-Aldrich, China)– фенолын нэгдлүүд (таннины хүчил)-ыг тодорхойлоход;
- 3%-ийн Төмрийн хлорид ($FeCl_3$) урвалж (этанолд) (Sigma-Aldrich, China)– фенолын нэгдлүүд (флавоноидууд)-ыг тодорхойлоход;
- 10%-ийн тимолын урвалж (Sigma-Aldrich, China)-ын төвлөрүүлсэн H_2SO_4-тэй (Centralchem, Bratislava, Slovakia) уусмал Полисахаридыг тодорхойлох зорилгоор;
- Люголийн урвалж буюу иод-калийн иодидын урвалж (Centralchem, Bratislava, Slovakia)-Цардуулыг тодорхойлох зорилгоор тус тус ашиглалаа.

Үр дүн: Хэвтээ дэгд (*Gentiana decumbens L.f.*)-ийн навчийг 100х өсгөлтөөр харахад дорсивентрал бүтэцтэй бөгөөд дээд талдаа сайн хөгжсөн палисадын паренхим, доод талдаа сийрэг мезофиллтэй байна. (Зураг 1) Палисадын эдийн нягт байдал нь фотосинтез идэвхтэй явагдаж буйг илтгэнэ, нарны гэрэлд дасан зохицсон онцлог. Судлын орчмын колленхимийн бэхлэлт нь навчийг механикаар дэмжих, уян хатан чанарыг нэмэгдүүлэх үүрэгтэй. Эпидермис ба кутикул нь хуурайшилтаас хамгаалж, усны алдагдлыг багасгадаг.

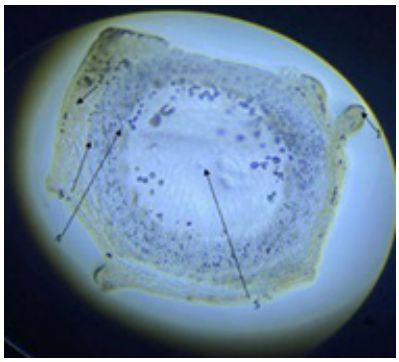


Зураг 1. *Gentiana decumbens L.f.*-ийн навчны хөндлөн зүслэг

Тайлбар: 1. Дээд эпидермис (Upper epidermis), 2. Палисадын паренхим (Palisade mesophyll), 3. Сийрэг эд (Spongy mesophyll), 4. Доод эпидермис (Lower epidermis) 5. Дамжуулах багц (Vascular bundles – veins), 6. Амсрын эс

Хэвтээ дэгд (*Gentiana decumbens L.f.*)-ийн ишний хөндлөн огтлолын зүслэгт байгалийн гаралтай лигнин ба таннин ихээр агуулдаж байгаа нь бор-шаргал

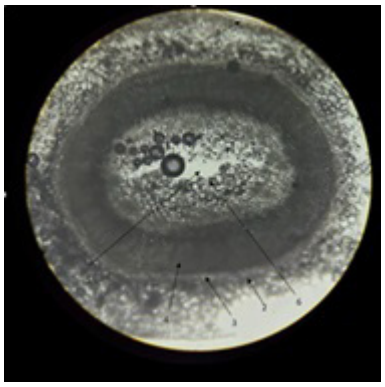
өнгөөр будагдсан байгаагаар харагдана. (Зураг 2)



Зураг 2. *Gentiana decumbens L.f.*-ийн ишний хөндлөн зүслэг

Тайлбар: 1. Эпидермис (Epidermis), 2. Кортикал паренхим (Cortex), 3. Перицикл (Pericycle) 4. Дамжуулах багц (Vascular bundles) 5. Төв цилиндр (Pith)

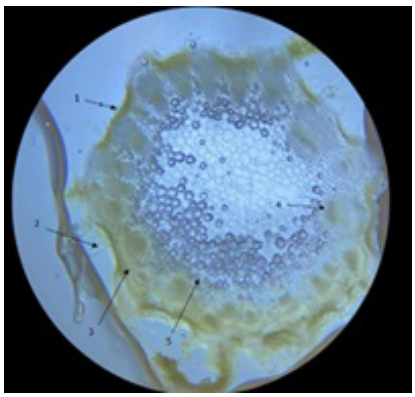
Хэвтээ дэгд (*Gentiana decumbens L.f.)* ургамлын үндэс нь анхдагч байгууламжтай радиаль бүтэцтэй үндэс бөгөөд эпидермис, холтос, эндодерми, перицикл, ксилем ба флоэмийн зохион байгуулалт тод ялгаран харагдлаа. Эдийн бүтэц нь нөөц бодисоор баялаг, дамжуулах эд сайн хөгжсөн, мөн полифенолт нэгдэл (таннин) агуулж байгаагаар онцлог байна. (Зураг 3)



Зураг 3. *Gentiana decumbens L.f.*-ийн үндэсний хөндлөн зүслэг

Тайлбар: 1. Ризодермис давхарга (Rhizodermis), 2. Кортекс (Cortex), 3. Эндодермис (Endodermis), 4. Перицикл (Pericycle), 5. Төв цилиндр (Vascular cylinder), 6. Төв паренхим (Central parenchyma)

Цэцгийн суурь буюу хальсны хөндлөн зүслэгт эпидермис, колленхим, паренхим, дамжуулах багцын бүтэц тод ялгаран ажиглагдав. Эдгээрийн зохион байгуулалт нь хамгаалах болон тэжээлийн үүрэг давамгай, мөн фенолт болон цардуулт нэгдэл агуулж байгаагаар онцлог байна. Энэ нь Хэвтээ дэгд ургамлын хуурай нөхцөлд дасан зохицсон бат бөх бүтэцтэй эрхтэн болохыг илтгэнэ. (Зураг 4)



Зураг 4. *Gentiana decumbens L.f.*)-ийн цэцгийн суурь/хальсны хөндлөн огтлол

Тайлбар: 1. Эпидермис (Epidermis), 2. Трихом (Trichome), 3. Гадна паренхим (Outer parenchyma), 4. Дамжуулах багц (Vascular bundles in receptacle), 5. Дотоод эпидермис (Inner epidermis of hypanthium), 6. Төв паренхим (Central parenchyma)

Хэвтээ дэгдийн цэцгийн дохиурын тууш зүслэгт эпидермис, мезофилл, тоос үүсгэгч эд, дамжуулах багц тод ялгаран ажиглагдав. Дохиурын антер дотор тоосны эх эсүүд ба боловсорч буй pollen grains (ургамлын эр бэлгийн эс) илэрсэн нь идэвхтэй спороген үйл явц явагдаж байгааг харуулна. Мөн будгаар будах үед фенолт нэгдэл болон нөөц бодис илэрсэн нь энэ эрхтэнд химийн идэвхтэй бодис хуримтлагддаг болохыг илтгэнэ. (Зураг 5)



Зураг 5. *Gentiana decumbens L.f.* -ийн цэцгийн дохиурын тууш зүслэг

Тайлбар: 1. Эпидермис 2. Фиброзын давхарга (Endothecium) 3. Тоосны уут (Locules) 4. Дамжуулах багц (vascular bundle)

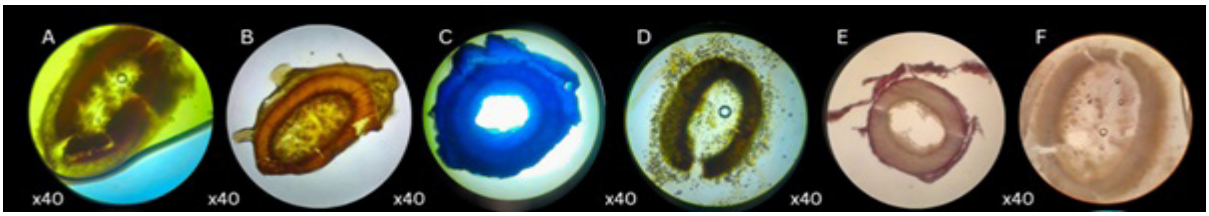
Хэвтээ дэгд (*Gentiana decumbens L.f)*-ийн навчны палисадын мезофил хүчтэй хөгжсөн нь фотосинтезийн идэвхтэй бүтэцтэйг илтгэнэ. Харин ишний склеренхимын бөгж болон үндэсний өргөн кортекс нь механик бэхжилт, нөөц бодис хуримтлуулах үүрэгтэйгээр ялгарна. Цэцгийн суурийн гадна паренхимд хлоропласт ихтэй нь фотосинтезийн үйл ажиллагаанд оролцож, тоос хүртэх явцыг дэмждэг. Эдгээр бүтцийн ялгаа нь Хэвтээ дэгд (*Gentiana decumbens L.f)* ургамлын эрхтнүүд тухайн орчны нөхцөл, үүрэгтээ дасан зохицон хөгжсөнийг харуулж байгааг Хүснэгт 1-с харж болно.

Хүснэгт 1. Хэвтээ дэгд (*Gentiana decumbens L.f.*) ургамлын эрхтнүүдийн анатомийн бүтцийн харьцуулсан байдал.

Бүтэц	Навч	Иш	Үндэс	Цэцгийн суурь Хальс
Гадаргуугийн давхарга	Дээд ба доод эпидермис, нимгэн кутикул	Эпидермис, нимгэн кутикул, трихомгүй	Ризодермис, үндэс үс үүсч болдог	Эпидермис, зузаан кутикул
Механик эд	Судлын орчим колленхим	Склеренхимын бөгж сайн хөгжсөн	Эндодермис Caspar-ian strip бүхий	Зарим газар трихомтай
Фотосинтезийн бүтэц	Палисадын мезофил маш нягт, хлоропласт ихтэй	Кортиксийн хэсэг бага зэрэг хлоропласттай	Үндэст фотосинтез явагдахгүй	Гадна паренхим нь хлоропласт ихтэй
Агаарын солилцоо	Доод талдаа амсрын эс (гипостомат)	Амсрын эсгүй	Амсрын эсгүй	Зарим хэсэгт нектар ялгаруулагч эс ажиглагдана
Паренхимын бүтэц	Сийрэг мезофил их завсарлагтай	Кортикал паренхим өргөн, нөөц бодис агуулна	Кортекс өргөн, крахмал ихтэй	Гадна ба төв паренхим том эсүүдтэй, нөөц бодис агуулна
Дамжуулах систем	Эвколлатерал* судлын багц	Эвколлатерал*, 12–15 судал	Радиал ксилем-флоэм	Амфивазал*
Төв хэсэг	Байдаггүй (навч хавтгай бүтэцтэй)	Төв цилиндр өргөн, кристалл ба цардуулын талсттай	Төв паренхим том эсүүдтэй	Төв паренхим том, нөөц ихтэй
Дасан зохицлын шинж	Нарны гэрэлд дасан зохицсон: зузаан палисад, гипостомат	Намхан ургамлын механик бэхжилт сайн	Уур амьсгал хатуу ширүүн нөхцөлд нөөц хуримтлуулах	Цэцгийн эдийн фотосинтез сайн, тоос хүртэхэд дэмжлэгтэй

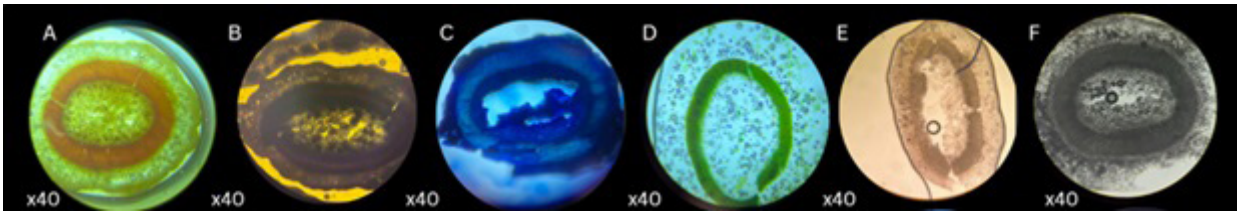
Тайлбар: *Эвколлатерал– ксилем ба флоэм хосолсон судлын багц; Амфивазал– ксилемийг флоэм хүрээлсэн судлын бүтэц.*

Ишний хөндлөн зүслэгийн гистохимийн шинжилгээний үр дүнд алийн бихромат урвалжаар будсан зүслэг улаан хүрэн өнгө үзүүлсэн байгаа нь фенолын нэгдлүүд (таннины хүчил) агуулж байгааг харуулж байна. Люголь урвалжаар будагдсан зүслэг нь хүрэн бор өнгө үзүүлсэн байгаа нь ишний паренхим эсүүдэд цардуул агуулагдаж байгааг илтгэнэ. Харин метилен хөх, тимол + концентрацитай хүхрийн хүчил, төмрийн (III) хлорид будгуудаар будагдаагүй байгаа нь эфирийн тос, полисахар болон флавоноидууд тус хэсэгт агуулаагүй байгааг илтгэж байна. (Зураг 6)



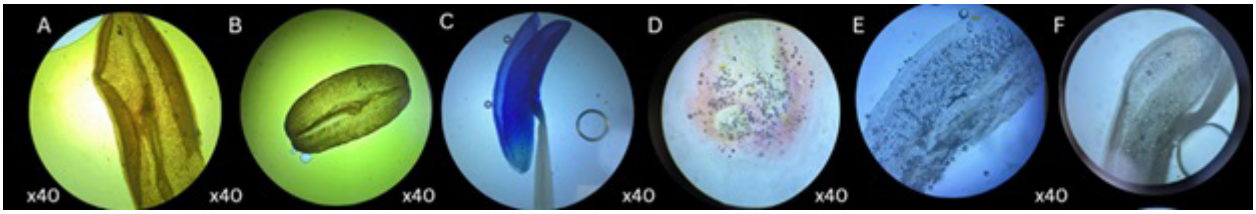
Зураг 6. *Gentiana decumbens L.f.*-ийн ишний хөндлөн зүслэг
Тайлбар: A. Калийн бихромат B. Люголь, C. Метилен хөх, D. Тимол+концентрацитай хүхрийн хүчил, E. Төмрийн III хлорид, F. Хлоральгидрат

Үндэсний хөндлөн зүслэг дээр калийн бихромат будгаар үндэсний дотоод судлын хэсэг, механик эдийн хана тод ялгарах байдлаар будагдсан байна. Энэ нь таннин болон лигнин агуулсан полифенолт нэгдэл илэрсэн болохыг илтгэнэ. Үндэсний паренхимийн хэсэгт цардуул их хэмжээгээр агуулагдаж байгаа нь люголь урвалжид хүрэн бор өнгө үзүүлж байна. Төмрийн (III) хлоридоор будагдсан байгаа нь фенолын нэгдлүүд агуулж байгааг илтгэнэ. Харин метилен хөх, тимол+концентрацитай хүхрийн хүчил, урвалжуудад будагдаагүй байгаа нь эфирийн тос, полисахарид агуулаагүй байгааг илтгэж байна. (Зураг 7)



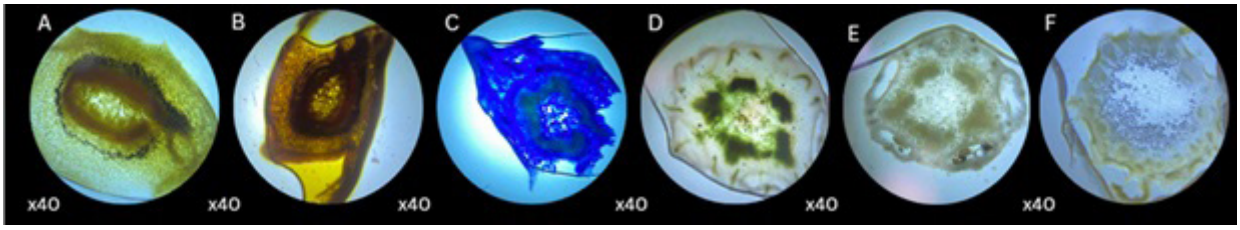
Зураг 7. *Gentiana decumbens L.f.*-ийн үндэсний хөндлөн зүслэг
Тайлбар: **A.** Калийн бихромат **B.** Люголь, **C.** Метилен хөх, **D.** Тимол+концентрацитай хүхрийн хүчил, **E.** Төмрийн III хлорид, **F.** Хлоральгидрат

Калийн бихромат будгаар дохиурын ханын хэсэг болон ууранлаг эдүүд дээр тод будагдсан байгаа нь таннин болон полифенолт нэгдэл илэрсэнийг илтгэнэ. Люголь (I_2 + KI) будгаар будсан будагдалтын өнгө хүрэн бор, төв хэсэгт бараан толбо үүссэн байгаа нь цардуул илэрсэнийг илтгэж байна. Төмрийн (III) хлорид будгаар будхад ногоон-хүрэн өнгөтэй, дохиурын ханы хэсэг болон дотоод эдийн бүсэд илүү тод ялгаралттай харагдаж байгаа нь флавоноидууд илэрснийг илтгэнэ. (Зураг 8)



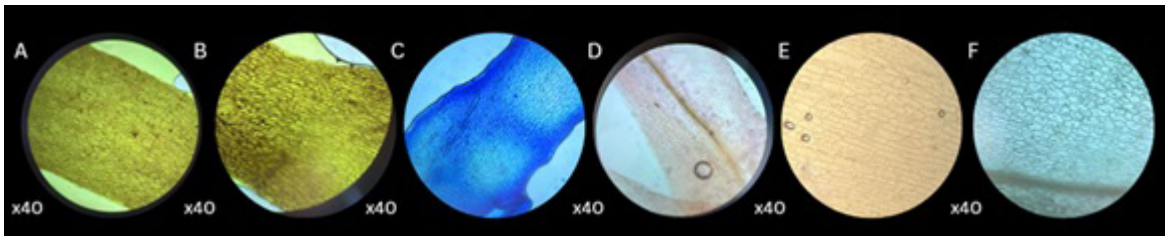
Зураг 8. *Gentiana decumbens L.f.*-ийн цэцгийн дохиурын тууш зүслэг
Тайлбар: A. Калийн бихромат B. Люголь, C. Метилен хөх, D. Тимол+концентрацитай хүхрийн хүчил, E. Төмрийн III хлорид, F. Хлоральгидрат

Цэцгийн суудлын хөндлөн зүслэгийн калийн бихроматаар будагдсан хэсэг нь бордуу-шаргал өнгөтэй, төв хэсэг болон судлын бүс тод ялгарч байна. Энэ нь лигнин, таннин болон фенолт бүтэцтэй нэгдлүүдтэй урвалд орж полифенолт нэгдэл агуулагдаж байгааг илтгэж байна. Люголиор будагдсан хэсэгт хүрэн бор өнгө илэрч, эсийн дотор хэсэгт бараан толбо үүссэн байгаа нь цардуулын мөхлөг агуулагдаж байгааг илтгэж байгаа юм. Метилен хөхөөр будахад эсийн хана ба судлын бүтэц маш тод ялгарсан байна. Энэ нь эфирийн тос илэрсэнийг илтгэж байна. Тимол+концентрацитай хүхрийн хүчилээр саарал-хүрэн, хэсэгчлэн ногоондуу өнгө үзүүлж байна. Энэ нь гадаргуугийн эсийн хэсэгт илүү тод ялгаралт гарсан нь полисахар илэрсэнийг илтгэж байна. Төмрийн (III) хлоридоор будхад ногоон-хүрэн өнгө ажиглагдаж байна. Судлын орчимд өнгөний ялгаралт тод байгаагаар флавоноид, таннин илэрсэн гэж үзнэ. (Зураг 9)



Зураг 9. *Gentiana decumbens L.f.*-ийн цэцгийн суудлын хөндлөн зүслэг
Тайлбар: A. Калийн бихромат B. Люголь, C. Метилен хөх, D. Тимол+концентрацитай хүхрийн хүчил, E. Төмрийн III хлорид, F. Хлоральгидрат

Цэцгийн дэлбээг тимол + концентрацитай хүхрийн хүчилээр будахад өнгө цайвар хүрэн, зарим хэсэгт бараандуу толбо илэрч байна. Энэ нь цэцгийн дэлбээнд полисахар агуулагдаж байгааг илтгэнэ. (Зураг 10)



Зураг 10. *Gentiana decumbens L.f.*-ийн цэцгийн дэлбээний тууш зүслэг
Тайлбар: A. Калийн бихромат B. Люголь, C. Метилен хөх, D. Тимол+концентрацитай хүхрийн хүчил, E. Төмрийн III хлорид, F. Хлоральгидрат

Харин авчны хөндлөн зүслэгийн гистохимийн үр дүнд ямарч будгаар будагдаагүй байгаа нь эфирын тосны нэгдлүүд, таннины хүчил, флавоноидууд, полисахарид, цардуул тус тус агуулаагүй байгааг илтгэж байна.

Хэлцэмж: Энэхүү судалгаагаар Хэвтээ дэгд (*Gentiana decumbens L.f.*)-ийн үндсэн эрхтнүүдийн морфо-анатомийн ба гистохимийн онцлогийг тогтоохдоо уламжлалт гэрлийн микроскопи, сонгомол будах урвалуудыг ашиглав. Навчны дорсивентрал зохион байгуулалт, дээд талын сайн хөгжсөн палисадын паренхим, доод талын завсар ихтэй сийрэг мезофилл нь өндөр гэрэлтэлттэй, хуурай орчинд дасан зохицсон фотосинтетик стратегийг илтгэнэ. Иймээс төрлийн навчны зураглал *Gentiana*-ийн бусад зүйл дээр (жишээ нь, *G. cruciata*) мөн тайлагдсан нь бидний ажиглалтыг баталгаажуулна.[9]

Ишний хөндлөн зүслэгт тод ажиглагдсан склеренхимын бөгж, дотроо эвколлатерал маягаар байрласан олон судлын багц, өргөн төв паренхим нь намхан, салхитай экосистемд механик бат бөх, уян нарийхан байдлыг хангах үндсэн анатомийн дасан зохицол юм. Эдгээр онцлог нь судасны зураглалыг

тайлбарласан ерөнхий анатомийн эх сурвалжуудтай нийцэж байна.[10,11]

Үндэсний хөндлөн зүслэгт радиаль ксилем-флоэм бүхий анхдагч байгууламж, ялгаралт сайтай эндодерми ба перицикл тод харагдсан нь ургамлын анхдагч өсөлтийн хэв шинжийг харуулна. Энэ зураглал нь сонгодог үндэсний анатомийн тайлбартай таарч байна.[10]

Цэцгийн суурь/хальсан дээр илэрсэн олон жижиг хаалттай дамжуулах багцууд нь (манай үзэгдлээр амфивазаль/концентрик хэв шинжтэй байж болох) эрхтний тэжээлийн хангалтыг дэмжихийн зэрэгцээ механик бэхлэлт үүсгэнэ. Амфивазал ба амфикрибрал төрлийн багцуудын тодорхойлолт, хаалттай байх шинжийг тайлбарласан анатомийн эхүүдтэй дүйцэж байна.[12, 13]

Гистохимийн үр дүнгээс, люголь-оор хүрэн-хардуу бараан өнгө илэрсэн хэсгүүд нь цардуулын мөхлөгүүдийн байрлалыг, төмрийн (III) хлоридоор ногоондуу-хүрэн өнгө илэрсэн бүсүүд нь фенолт нэгдлүүд (флавоноид, таннин зэрэг)-ийн локалчлалыг тус тус илтгэж байна. Люголийн цардуулын иж бүрдлийн өнгөний механизм, $FeCl_3$-ийн фенолтой урвалдах гистохимийн хэрэглээ нь урьдчилан тогтоогдсон, өргөн хэрэглээтэй аргууд юм.[14, 15]

Мөн калийн бихроматаар ($K_2Cr_2O_7$) хүрэн-шаргал, бор өнгийн будагдалт ажиглагдсан нь таннин, лигнин зэрэг полифенолт бүтэцтэй бүрэлдэхүүн агуулагдаж байгааг итлэв. $K_2Cr_2O_7$ нь фенолт бодисын байрлал илрүүлэхэд хэрэглэгдэж ирсэн тухай ургамлын эдийн гистохимийн судалгаанд тэмдэглэсэн байдаг.[12]

Тимол+концентрацитай H_2SO_4 урвалын эерэг будагдалт нь полисахарид/ нүүрс-усны бүлгийг илтгэнэ. Тимол-хүхрийн хүчлийн урвал нь нүүрс-усны чанарын ба ТШХ-ийн шинжилгээнд классик аргуудын нэг бөгөөд TLC дээр ч өргөн хэрэглэгддэг.[9, 16]

Манай гистохимийн зураглал Gentiana төрлийн эмийн түүхий эдийн химийн бүрэлдэхүүний талаархи олон нийтлэлийн мэдээлэлтэй уялдана: иридойд гликозид (жишээ нь, гентиопикрозид, свертямарин), флавоноид, таннин зэрэг бүлгүүд Gentianaceae-д түгээмэл тархмал бөгөөд эдгээр нь элэг хамгаалах, хоол боловсруулалт дэмжих, антиоксидант үйлдэлтэйгээр тайлагдсаар ирсэн.[17,18] Монгол орны *Gentiana* зүйлсийн морфологи-анатомийн судалгаанууд (*G. algida*, *G. macrophylla* гэх мэт) тархац-дизайны хувьд манай материалтай ойролцоо нөхцөлд хийгдсэн тул харьцуулан тайлбарлахад ач холбогдолтой.[20,21]

Дүгнэлт: Хэвтээ дэгд (*Gentiana decumbens L.f.*) ургамлын морфо-анатомийн судалгаагаар навч нь дорсивентрал бүтэцтэй, иш нь склеренхимын бөгжтэй, үндэс нь радиаль судлын зохион байгуулалттай болох нь тогтоогдов. Гистохимийн шинжилгээгээр иш, үндэс, цэцгийн эрхтэнд фенолт нэгдэл, таннин, цардуул, полисахарид илэрсэн бол навчанд илрээгүй нь эрхтнүүдийн бодисын хуримтлал ялгаатайг харуулав.

Ном зүй:

1. *Xu Y, Li Y, Maffucci KG, Huang L, Zeng R. Analytical methods of phytochemicals from the genus Gentiana. Molecules. 2017;22(12):2080. doi:10.3390/molecules22122080*
2. *Dungerdorj D, Tsetsegmaa S, Purevsuren S, Bayasgalan B. On the phytochemical investigation of the genus Gentiana used for the treatment of liver diseases in Mongolian traditional medicine. Postępy Fitoterapii. 2006;2:71-74.*
3. *Olennikov DN, Kashchenko NI, Chirikova NK, Tankhaeva LM. Iridoids and flavonoids of four Siberian gentians: chemical profile and gastric stimulatory effect. Molecules. 2015;20(10):19172-19188. doi:10.3390/molecules201019172*
4. *Amantayeva M. Macroscopical, microscopical and histochemical analysis of Eryngium karatavicum Iljin growing on the territory of South Kazakhstan. Plants. 2023;12(14):2714. doi:10.3390/plants12142714*
5. *Wanner G. Mikroskopisch-botanisches Praktikum. 3rd ed. Stuttgart: Thieme; 2017.*
6. *Rahfeld B. Mikroskopischer Farbatlas pflanzlicher Drogen. 3rd ed. Berlin: Springer; 2017.*
7. *Eschrich W. Pulver-Atlas der Drogen des Deutschen Arzneibuches. Jena: Gustav Fischer Verlag; 1966.*
8. *Amantayeva M, Kozhanova K, Kadyrbayeva G, Medeshova A, Tulebayev Y, Zhandabayeva M, Yeleken G, Allambergenova Z, Czigle S. Macroscopical, microscopical and histochemical analysis of Eryngium karatavicum Iljin growing on the territory of South Kazakhstan. Plants. 2023;12(14):2714. doi:10.3390/plants12142714*
9. *Tuka M, et al. Basic pharmacognostic research of Gentiana cruciata L. Planta Med. 2011;77(12):PM_10.*
10. *Evert RF, ed. Esau's Plant Anatomy. 3rd ed. Hoboken, NJ: Wiley; 2007.*
11. *Scarpella E, Marcos D, Friml J, Berleth T. Pattern formation in the vascular system of monocot and dicot plant species. New Phytol. 2004;164(2):209-242.*
12. *Jensen SR. Chemotaxonomy and pharmacology of Gentianaceae. Biochem Syst Ecol. 2002;30(3):303-325.*
13. *European Food Safety Authority (EFSA) Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP). Gentianae radix tincture: safety and efficacy. EFSA J. 2021;19(4):e06547.*
14. *Iodine–starch test. Wikipedia. Updated 2024. Accessed 2025. https://en.wikipedia.org/wiki/Iodine–starch_test*
15. *Ferreira BG, Perez A, et al. Preventing false negatives for histochemical detection of polyphenols in plant tissues. MethodsX. 2016;3:343-350.*
16. *Shetlar MR, Masters JJ. Use of thymol–sulfuric acid reaction for determination of carbohydrates in biological material. Anal Chem. 1957;29(7):1050-1053.*
17. *European Medicines Agency (EMA). Assessment report on Gentiana lutea L., radix. London: EMA; 2018.*
18. *Liu H, et al. The chemical structure, pharmacological activity, and clinical applications of gentiopicroside. Front Pharmacol. 2025;16:1656493. doi:10.3389/fphar.2025.1656493*
19. *Konarska A. Microstructural and histochemical characteristics of Lycium barbarum fruits. Sci Rep. 2018;8:12992. doi:10.1038/s41598-018-31394-7*
20. *Davaajav B, et al. Comparative anatomical and morphological study of Gentiana algida and G. macrophylla in Mongolia. Research Square [preprint]. 2025.*
21. *University of Mosul. Introduction to Plant Anatomy: Teaching Notes. Mosul: University of Mosul; 2021.*

Microscopic structure and histochemical study of *Gentiana decumbens* L.f.

Nurdana B[1], Densmaa L[1], Enkhtuul B[1], Khuvtavilan B[1] ,
Munkhzul B[1] , Buyanjargal E[1] , Daariimaa Kh[1], Amarjargal Ts[1]

[1]Department of Pharmaceutical Chemistry and Pharmacognosy, School of Pharmacy, MNUMS
E-mail: pmh21d078@st.mnums.edu.mn, Tel: +976-85893121

Abstract:
Background: Plants of the family *Gentianaceae* in Mongolia are rich in bitter iridoid glycosides, flavonoids, and polyphenolic compounds, and have been traditionally used in Mongolian medicine to promote digestion, protect the liver, and reduce fever. However, standardized information on the micro-morphology and histochemical characteristics of the widely distributed species *Gentiana decumbens L.f.* is scarce, limiting the assessment of its quality as a medicinal raw material.
Aim: To identify the morphological and anatomical characteristics of the aerial and underground parts of *Gentiana decumbens* and to localize the distribution of starch, polysaccharides, and phenolic compounds using histochemical methods.
Materials and Methods: Plant materials were collected in July 2024 from Tsagaan-Uul soum, Khuvsgul province, and shade-dried. Samples were softened in a water–ethanol–glycerol solution (1:1:1) for 24 hours, and transverse and longitudinal sections of stem, leaf, root, and floral parts (anther, petal, receptacle/bract) were prepared using a hand microtome. Sections were cleared with 10% chloral hydrate. Histochemical reagents included potassium dichromate ($K_2Cr_2O_7$), ferric chloride ($FeCl_3$), Lugol's iodine (I_2+KI), thymol + concentrated H_2SO_4, and methylene blue. Slides were mounted in glycerin and examined under an Olympus light microscope at 40× and 100× magnifications, and images were recorded using a 12 MP digital camera.
Results: Leaf: The leaf exhibits a dorsiventral structure with a dense palisade parenchyma on the adaxial side and a loosely arranged spongy mesophyll on the abaxial side. Stomata are hypostomatic, and collenchyma is well developed around the vascular bundles. Histochemical reactions were negative for starch and phenolic compounds. Stem: The stem consists of an epidermis, a wide cortex, a continuous ring of sclerenchyma, 12–15 collateral vascular bundles, and a broad central parenchyma. Histochemical tests showed a brownish-yellow coloration with potassium dichromate ($K_2Cr_2O_7$), indicating the presence of polyphenols and lignin, and a brown coloration with Lugol's iodine, confirming the presence of starch. Reactions with ferric chloride ($FeCl_3$), methylene blue, and thymol + H_2SO_4 were mostly negative in cross sections. However, in longitudinal sections, Lugol's and thymol + H_2SO_4 showed positive reactions, suggesting the presence of starch and polysaccharides, respectively. Root: The root displays a primary structure with radial xylem and phloem, a distinct endodermis with Casparian strips, and a pericycle layer. Positive reactions were observed with $K_2Cr_2O_7$ and $FeCl_3$, indicating phenolic compounds and lignin. Lugol's iodine showed abundant starch granules in parenchyma cells. Receptacle / Bract: The receptacle is covered by a thick cuticular epidermis with trichomes, and composed of outer and central parenchyma layers containing numerous small closed (amphivasal-type) vascular bundles. Positive reactions were detected with $K_2Cr_2O_7$ and $FeCl_3$, indicating polyphenols, flavonoids, and tannins; Lugol's iodine confirmed the presence of starch; thymol + H_2SO_4 showed partial positivity for polysaccharides. Stamen (longitudinal section): The stamen structure includes epidermis, endothecium, pollen sacs, and a distinct vascular bundle. Positive staining was observed with $K_2Cr_2O_7$, Lugol's iodine, and $FeCl_3$, confirming the presence of polyphenolic compounds, lignified elements, and starch.
Conclusion: The anatomical features of *G. decumbens* indicate adaptations to dry, high-light environments through well-developed mechanical strengthening (sclerenchymatous ring), efficient photosynthetic structure (compact palisade mesophyll), and nutrient storage (starch-rich pith and cortex). Histochemical analysis revealed the localization of polyphenolic compounds and starch/polysaccharides mainly in the root, stem, and floral organs, while absent in the leaves, demonstrating organ-specific accumulation patterns. These findings scientifically support the plant's traditional medicinal uses for digestive stimulation and hepatoprotection.

Keywords: Polyphenolic compounds, Starch localization, Detection of tannins and lignin, Microanatomical structure.