SHAHAR DARAXTLARINING EKOLOGIK HOLATINI FENOLOGIK VA FITOMORFOLOGIK KO‘RSATKICHLAR ASOSIDA

Sobirov Ulmas Alikulovich
Mustaqil izlanuvchi
Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot institute
[ORCID: 0009-0000-9929-0818]

Samiyev Luqmon Naimovich
T.f.d.(DSc), dotsent
Atrof-muhit va tabiatni muhofaza qilish texnologiyalari ilmiy-tadqiqot institute
[ORCID: 0000-0003-4491-3752]

Jahonda aholi sonining kun sayin ortib borishi, shuningdek, sanoatning jadal rivojlanishi, ehtiyojlarning ko‘payishi, ko‘plab ekotizimlar yo‘qolib borayotgani, afsuski, haqiqat. Ekologiya va tabiat bilan bog‘liq muammolar insoniyat kelajagiga tahdid solayotgan hozirgi davrda ekologik muammolarni oldini olish va ular ta’sirini kamaytirish masalalari dolzarbligicha qolmoqda. Mazkur ilmiy maqolada shahar hududlarida manzarali daraxt va butalarining ekologik holatini baholashda fenologik va fitomorfologik ko‘rsatkichlar tahlilini amalga oshirish uchun zamonaviy texnologiyalar va ilmiy asoslangan usullar masalasi o‘rganilgan. Tadqiqot davomida jami Toshkent shahrining tanlab olingan 10 ta tumanida 30 ta nuqtadan iborat hududlardagi 7 turdagi 1250 ta daraxtlar, shundan 620 tasi mahalliy va 630 tasi esa introduksiya qilingan daraxt turlaridan iborat bo‘ldi. Tadqiqot obyektlari va barcha daraxtlar uchun fenologik hamda fitomorfologik ko‘rsatkichlari asosida ekologik ko‘rsatkichlar qayd etildi.

Kalit so‘zlar: fenologik va fitomorfologik ko‘rsatkiyalar, GIS, NDVI va dron monitoringi, daraxtlarning toj diametri, daraxtlarning toj qoplami, barg zichligi.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКИХ ДЕРЕВЬЕВ НА ОСНОВЕ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ И ФИТОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Собиров Улмас Аликулович
Независимый исследователь
[ORCID: 0009-0000-9929-0818]
Научно-исследовательский институт технологий охраны окружающей среды и природы

Самиев Лукмон Наимович
доктор технических наук (DSc), доцент
[ORCID: 0000-0003-4491-3752]
Научно-исследовательский институт технологий охраны окружающей среды и природы

Аннотация: Ежедневный рост численности населения в мире, а также стремительное развитие промышленности, увеличение потребностей и исчезновение многих экосистем, к сожалению, являются реальностью. В настоящее время, когда проблемы, связанные с экологией и природой, угрожают будущему человечества, вопросы предотвращения экологических проблем и снижения их воздействия остаются актуальными. В данной научной статье изучен вопрос применения современных технологий и научно обоснованных методов для проведения анализа фенологических и фитоморфологических показателей при оценке экологического состояния декоративных деревьев и кустарников на городских территориях. В ходе исследования в 10 выбранных районах города Ташкента на территориях, состоящих из 30 точек, было изучено 1250 деревьев 7 видов, из которых 620 относятся к местным, а 630 — к интродуцированным видам деревьев. Для объектов исследования и всех деревьев были зарегистрированы экологические показатели на основе фенологических и фитоморфологических показателей.

Ключевые слова: фенологические и фитоморфологические показатели, GIS, NDVI и мониторинг с использованием дронов, диаметр кроны деревьев, проективное покрытие кроны деревьев, плотность листьев.

[ORCID: 0009-0000-9929-0818]

Aholi sonining ortishi, sanoat va transport infratuzilmalarining kengayishi, atmosfera havosining ifloslanishi hamda iqlim o‘zgarishi jarayonlari shahar

ekotizimlariga sezilarli bosim ko‘rsatmoqda. Bunday sharoitda shahar yashil infratuzilmasi ekologik barqarorlikni ta’minlovchi asosiy elementlardan biri sifatida qaraladi [1-4].

So‘nggi yillarda chang-qum bo‘ronlari va issiqxona gazlari bilan ifloslanish global muammo darajasiga ko‘tarildi. Daraxt va o‘simlik qoplamlarining kamayishi tabiiy ofatlarning ko‘payishiga sabab bo‘lmoqda. Xorijiy mamlakatlarda shahar ekotizimining barqarorligini ta’minlash uchun yashil maydonlar bo‘yicha minimal standartlar joriy etilgan. [5-12].

O‘zbekiston kam daraxtli mamlakatlar qatoriga kiradi, bu esa sanoat va ishlab chiqarishning jadal rivojlanishi fonida ekologik xavflarni oshiradi. Shu sababli “Yashil makon” umummilliy loyihasi doirasida har yili ikki yuz millionlab daraxt va buta ko‘chatlarini ekish tashabbusi ilgari surildi. Bu tashabbus shahar va qishloqlarda yashi maydonlarni kengaytirishga qaratilgan [13-17].

Chunki, daraxtlar atrof-muhit muhofazasida katta ahamiyat kasb etadi. Jumladan, daraxtlar atmosferadagi karbonat angidrid gazini yutib, fosintez jarayonida karbonat angidridni o‘zlashtirib, biomassa hosil qiladi va kislorod ajratadi. Tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, o‘rta yoshdagi bitta daraxt yiliga o‘rtacha 20–25 kg karbonat angidrid gazini yutishi mumkin [15]. Katta yoshdagi daraxtlarning karbon sekvestratsiyasi esa bundan ham yuqori bo‘lib, ayrim hollarda 100 kg/yilgacha yetishi mumkin [18-21].

Daraxt barglari havodagi PM2.5 va PM10 zarrachalarini ushlab qolib, ularning inson organizmiga kirib borishini kamaytiradi. Ayniqsa, chinor (Platanus orientalis), lipa (Tilia cordata), qarag‘ay (Pinus eldarica), archa (Juniperus spp.) va sofora (Sophora japonica) kabi daraxt turlari yuqori chang ushlash qobiliyatiga ega hisoblanadi [22-27].

Shunga qaramay, hozirgi kunda ekilgan daraxt va buta ko‘chatlarining ko‘karuvchanlik darajasini ilmiy asosda aniqlash, baholash mezonlarini ishlab chiqish va kelgusida rejalashtirish tizimini yaratish bo‘yicha aniq metodologiyalar mavjud emas. Daraxtlarning ekologik holatini baholashda fenologik va fitomorfologik ko‘rsatkichlarini tahlilini amalga oshirish bo‘yicha zamonaviy yondoshuvni talab etmoqda**.** Quyida keltiriladigan ilmiy ish natijalari shaharlarni ko‘kalamzorlashtirish tadbirlarining samaradorligini oshirish, ekologik monitoring tizimini takomillashtirish va yashil infratuzilmani boshqarishda amaliy ahamiyat kasb etadi.

Toshkent shahri hududidagi manzarali daraxtlar, ko‘kalamzorlashtirish obyektlari va “Yashil makon” loyihasi doirasida ekilgan daraxt va buta ko‘chatlari.

GIS tahlili, Masofaviy zondlash, dron monitoringi, Sentinel 2 ma’lumotlari, fenologik kuzatuvlar, statistik tahlil, matematik modellashtirish, sun’iy intellekt algoritmlari, korrelyatsion va regressiya tahlili usullaridan foydalanilgan.

1. Daraxtlarning ekologik holatini baholashda fenologik ko‘rsatkichlar tahlili.

Shahar ekotizimlarida daraxtlarning ekologik holatini baholash murakkab va ko‘p omilli jarayon hisoblanadi. Daraxtlarning yashovchanligi, ekologik barqarorligi va urban muhitga moslashuv darajasi ko‘plab biologik, fiziologik hamda morfologik ko‘rsatkichlar orqali namoyon bo‘ladi. Shu sababli zamonaviy ekologik monitoring tizimlarida daraxtlarning holatini baholashda faqatgina vizual kuzatuvlar bilan cheklanib qolmasdan, fenologik va fitomorfologik ko‘rsatkichlar kompleks ravishda tahlil qilinadi.

Fenologik ko‘rsatkichlar daraxt organizmida vegetatsiya davomida sodir bo‘ladigan biologik jarayonlarni aks ettiradi. Fitomorfologik ko‘rsatkichlar esa daraxtlarning tashqi morfologik holatini tavsiflaydi. Ushbu ikki guruh ko‘rsatkichlar birgalikda daraxtlarning ekologik holatini yuqori aniqlikda baholash imkonini beradi.

Mazkur tadqiqotda Toshkent shahri hududida joylashgan turli yashil hududlarda o‘sayotgan mahalliy va introduksiya qilingan daraxt turlari o‘rganildi. Tadqiqot davomida chinor (Platanus orientalis), qayrag‘och (Ulmus pumila), akatsiya (Robinia pseudoacacia), sofora (Sophora japonica), kashtan (Aesculus hippocastanum), archa (Juniperus spp.) va qarag‘ay (Pinus spp.) daraxtlarining ekologik holati baholandi.

Jadval 1.

Dala kuzatuvlarida o‘rganilgan asosiy daraxt turlari

Daraxt turi	**Ilmiy nomi**	**Kelib chiqishi**
Sharq shinori	*Platanus orientalis L.*	Mahalliy
Qayrag‘och	*Ulmus pumila*	Mahalliy
Oq akatsiya	*Robinia pseudoacacia*	Mahalliy
Yapon soforasi	*Sophora japonica*	Introduksiya
Soxta kashtan	*Aesculus hippocastanum*	Introduksiya
Qarag‘ay (turkumi)	*Pinus spp.*	Introduksiya
Archa (turkumi)	*Juniperus spp.*	Introduksiya

1.1. Daraxtlarning asosiy fenologik rivojlanish bosqichlari

Fenologik kuzatuvlar har oyda kamida ikki marotaba amalga oshirildi. Har bir daraxt turi bo‘yicha vegetatsiya davrining boshlanish va tugash sanalari qayd etildi. Olingan natijalar iqlim ma’lumotlari bilan taqqoslandi.

Fenologik ma’lumotlar daraxtlarning ko‘karuvchanlik darajasi bilan chambarchas bog‘liq bo‘lib, sog‘lom daraxtlarda vegetatsiya davri odatda uzoqroq davom etishi kuzatildi. Stress holatidagi daraxtlarda esa barglarning erta sarg‘ayishi va vegetatsiya davrining qisqarishi qayd etildi.

Fenologik kuzatuvlar natijalari keyinchalik NDVI indekslari va dron monitoringi ma’lumotlari bilan taqqoslanib, ularning o‘zaro bog‘liqligi baholandi.

1.2. NDVI tahlili

Masofaviy zondlash texnologiyalari yashil hududlarning ekologik holatini baholashda keng qo‘llanilmoqda. Ushbu tadqiqotda daraxtlarning vegetativ holatini aniqlash uchun NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) indeksidan foydalanildi.

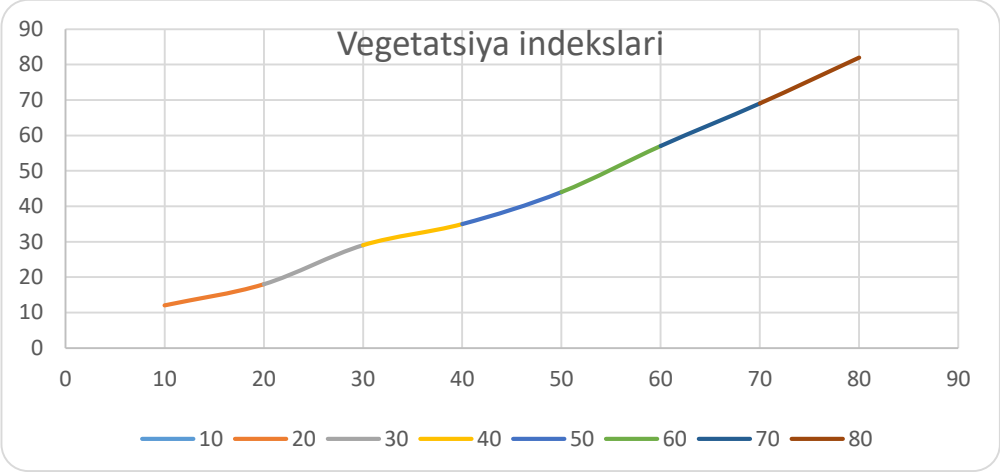
NDVI quyidagi formula yordamida hisoblandi:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

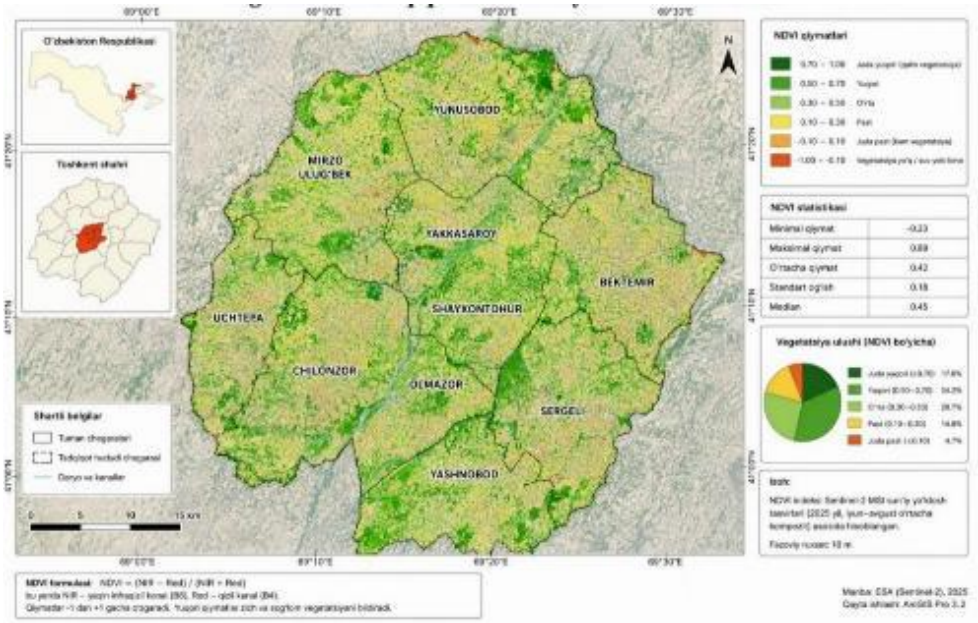
bu yerda:

NIR – yaqin infraqizil diapazondagi aks ettirish qiymati;

Red – qizil diapazondagi aks ettirish qiymati.



Tadqiqotda Sentinel-2 MSI sun’iy yo‘ldosh tasvirlaridan foydalanildi. Tasvirlar Google Earth Engine va ArcGIS Pro muhitida qayta ishlanib, Toshkent shahri hududi uchun NDVI xaritalari yaratildi.



1.2.1. Rasm. Fenologik rivojlanish bosqichlarining tahlili

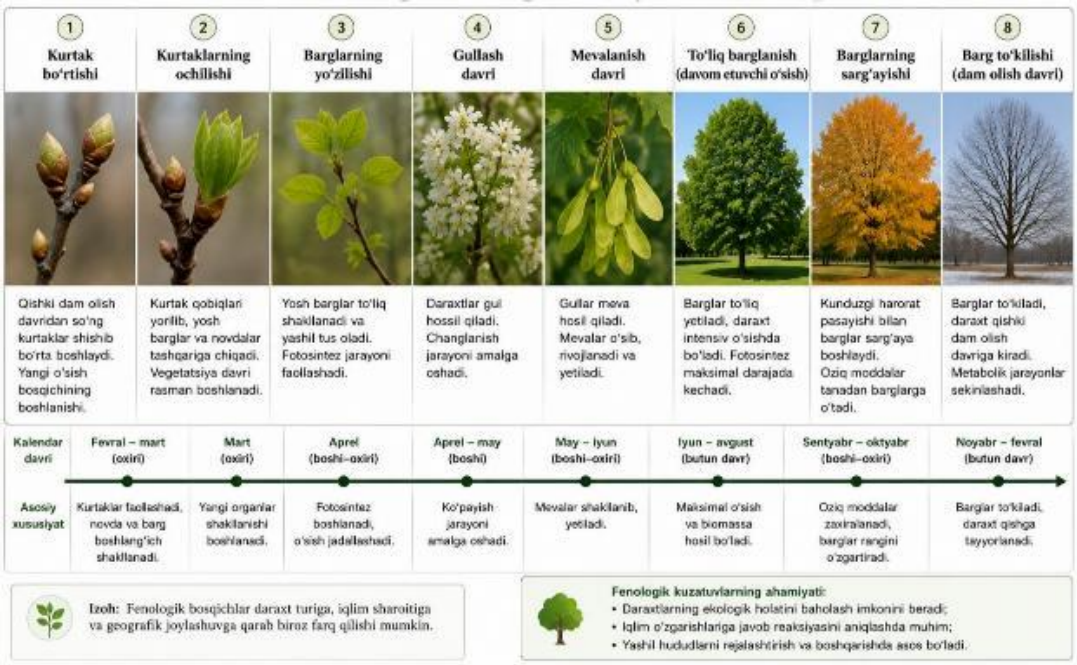
Fenologik kuzatuvlar daraxtlarning tashqi muhit omillariga reaksiyasini aniqlash imkonini beradi. O‘simliklarda kuzatiladigan kurtak bo‘rtishi, barg chiqarish, gullash, mevalanish va barg to‘kilishi kabi bosqichlar ekologik sharoitlarning o‘zgarishiga sezgir biologik indikatorlar hisoblanadi.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra Toshkent shahri sharoitida vegetatsiya davri odatda mart oyining ikkinchi yarmida boshlanib, noyabr oyining boshlarigacha davom etishi aniqlandi. Vegetatsiya davrining davomiyligi daraxt turlari bo‘yicha sezilarli farq qilishi kuzatildi.

Jadval 1.2.1

Daraxt turlarining fenologik ko‘rsatkichlari

Daraxt turi	Kurtak ochilishi	Barg chiqarishi	Vegetatsiya tugashi	Vegetatsiya davri (kun)
Chinor	18.03	25.03	08.11	235
Qayrag‘och	20.03	28.03	05.11	230
Akatsiya	24.03	01.04	30.10	220
Sofora	27.03	04.04	25.10	212
Kashtan	30.03	06.04	18.10	202



1.2.2. Rasm. Daraxtlarning fenologik rivojlanish bosqichlari

Tahlillar natijasida eng uzoq vegetatsiya davri chinor va qayrag‘och daraxtlarida kuzatilgan bo‘lib, mos ravishda 235 va 230 kunni tashkil etdi. Bu daraxtlar Toshkent shahri iqlim sharoitlariga yaxshi moslashganligi sababli vegetativ faoliyatni uzoq davom ettirishi aniqlandi.

Vegetatsiya davri va ko‘karuvchanlik darajasi o‘rtasidagi bog‘liqlik Pearson korrelyatsiya koeffitsienti orqali baholandi:

$$r = [\Sigma(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})] / \sqrt{[\Sigma(x_i - \bar{x})^2 \cdot \Sigma(y_i - \bar{y})^2]}$$

bu yerda:

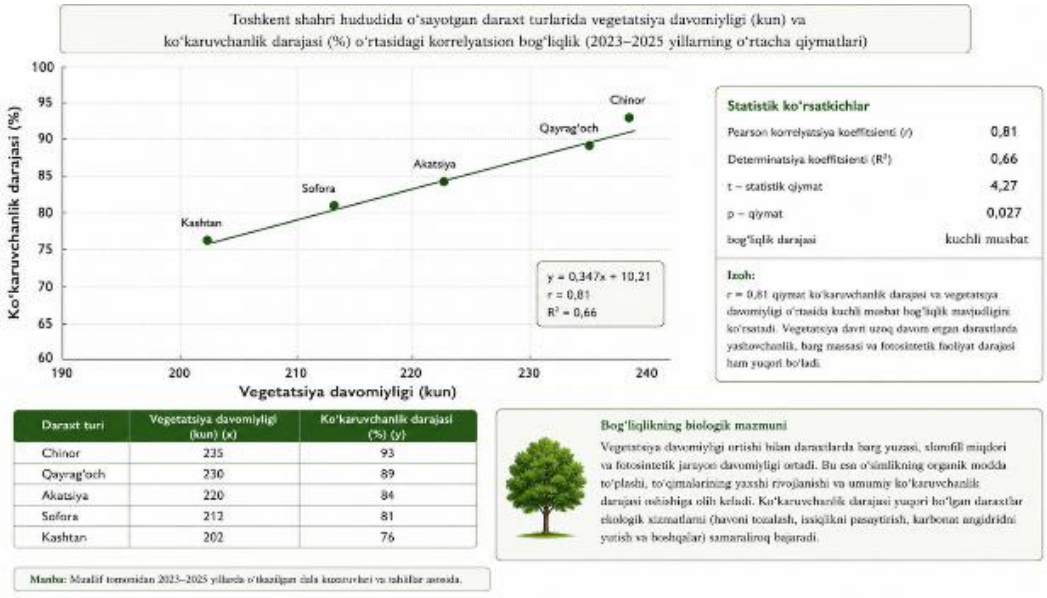
r – korrelyatsiya koeffitsienti;

x_i – vegetatsiya davomiyligi;

y_i – ko‘karuvchanlik darajasi;

$\bar{x}$ va $\bar{y}$ – o‘rtacha qiymatlar.

Hisoblash natijalariga ko‘ra r = 0,81 qiymat olindi. Bu vegetatsiya davomiyligi va ko‘karuvchanlik darajasi o‘rtasida kuchli musbat bog‘liqlik mavjudligini ko‘rsatadi.



3.4.2. Rasm. Vegetatsiya davomiyligi va ko‘karuvchanlik darajasi o‘rtasidagi bog‘liqlik

2. Daraxtlarning ekologik holatini baholashda fitomorfologik ko‘rsatkichlar tahlili.

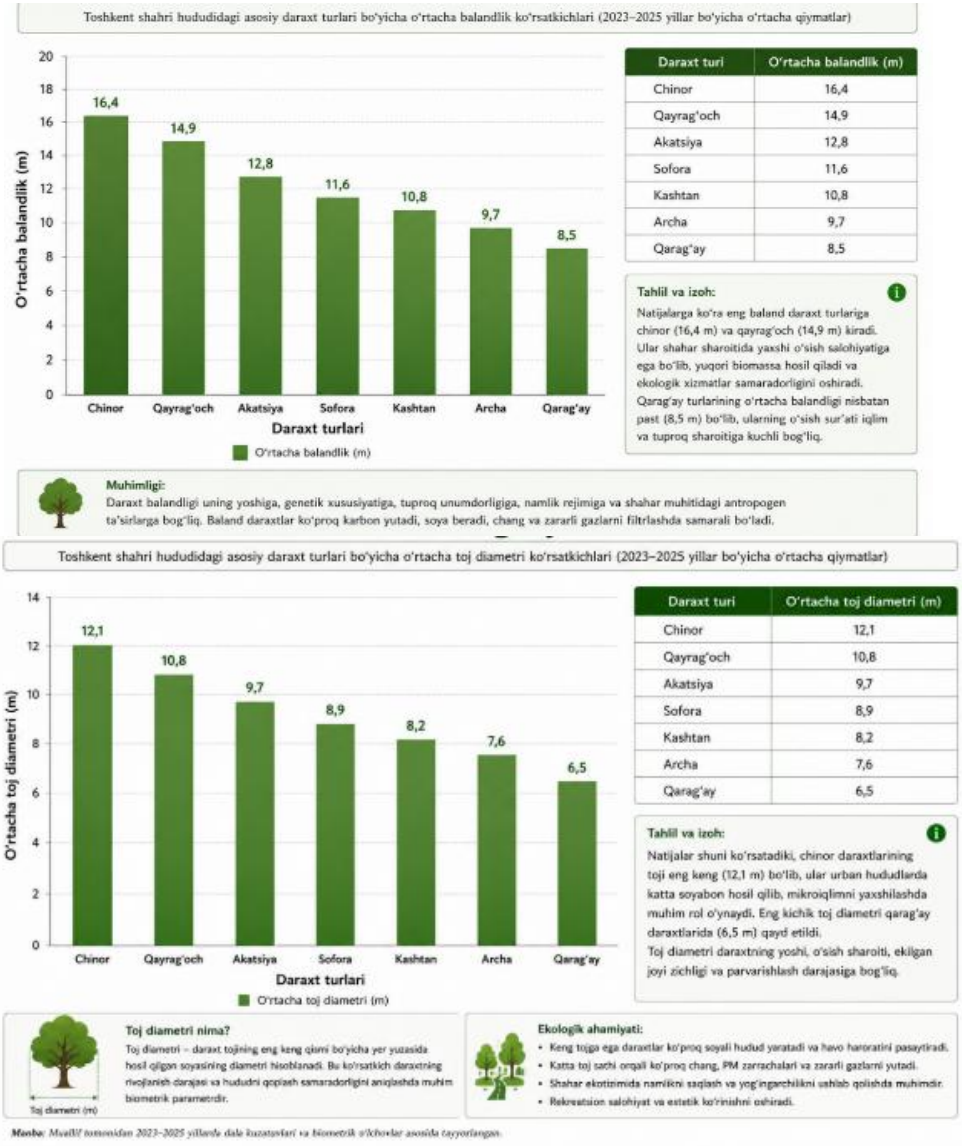
Fitomorfologik tahlil daraxtlarning tashqi ko‘rinishi va rivojlanish darajasini baholashga xizmat qiladi. Tadqiqot davomida daraxt balandligi, tanasi diametri, toj diametri, barg zichligi va qurigan shoxlar ulushi aniqlanib tahlil qilindi.

Jadval 2.1.

2.1. Daraxtlarning o‘rtacha biometrik ko‘rsatkichlari

Daraxt turi	Balandlik (m)	Tana diametri (cm)	Toj diametri (m)
Chinor	16.4	48.7	12.1
Qayrag‘och	14.9	45.3	10.8
Akatsiya	12.8	37.6	9.7
Sofora	11.6	35.2	8.9
Kashtan	10.8	32.5	8.2

Figure 3.4.3. Daraxt turlarining o‘rtacha balandligi



2.1. Rasm. Toshkent shaxri bo‘yicha darajtlarning o‘rtacha balandligi

2.2. Rasm. Daraxt turlarining toj diametri

Natijalarga ko‘ra chinor daraxtlari eng rivojlangan biometrik ko‘rsatkichlarga ega bo‘lib, ularning o‘rtacha balandligi 16,4 metrga yetgan. Bu esa mazkur daraxtlarning urban muhitda yuqori moslashuvchanlikka ega ekanligini ko‘rsatadi.

Daraxtlarning toj qoplami alohida baholandi.

$CC = (Ac / At) \times 100$

bu yerda:

CC – toj qoplami (%);

Ac – toj maydoni (m^2);

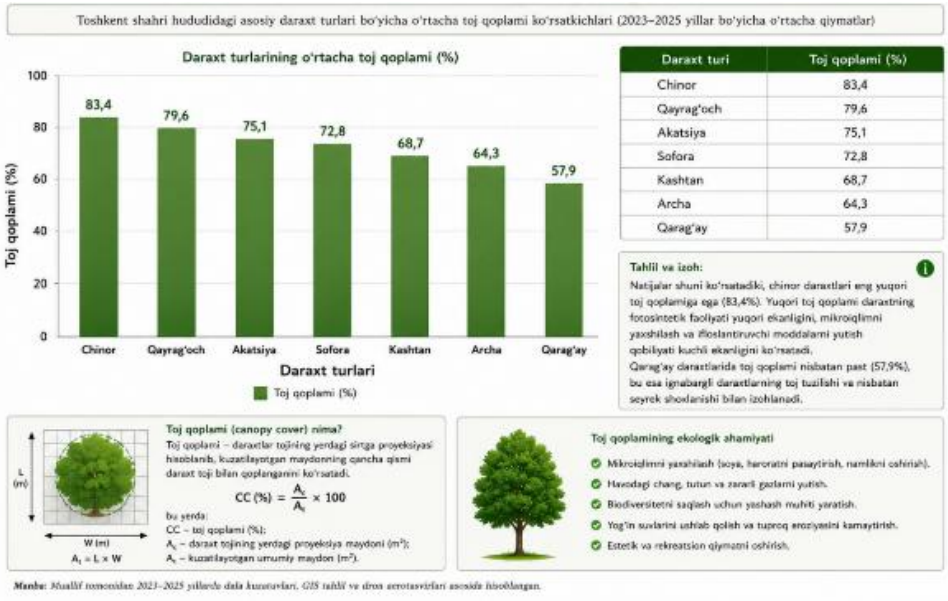
At – kuzatilayotgan umumiy maydon (m^2).

Jadval 2.2.

Toj qoplami ko‘rsatkichlari

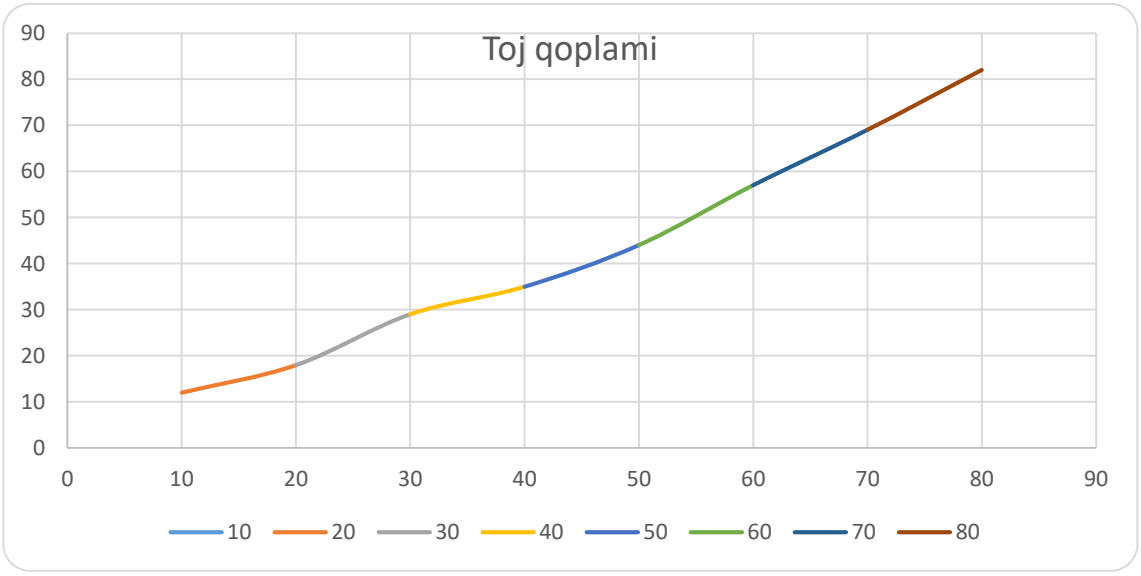
Daraxt turi	**Toj qoplami (%)**

Chinor	83.4
Qayrag‘och	79.6
Akatsiya	75.1
Sofora	72.8
Kashtan	68.7



2.3. Rasm. Daraxt turlarining toj qoplami

Toj qoplami yuqori bo‘lgan daraxtlarda mikroiqlimni yaxshilash samaradorligi ham yuqori bo‘lishi aniqlandi.



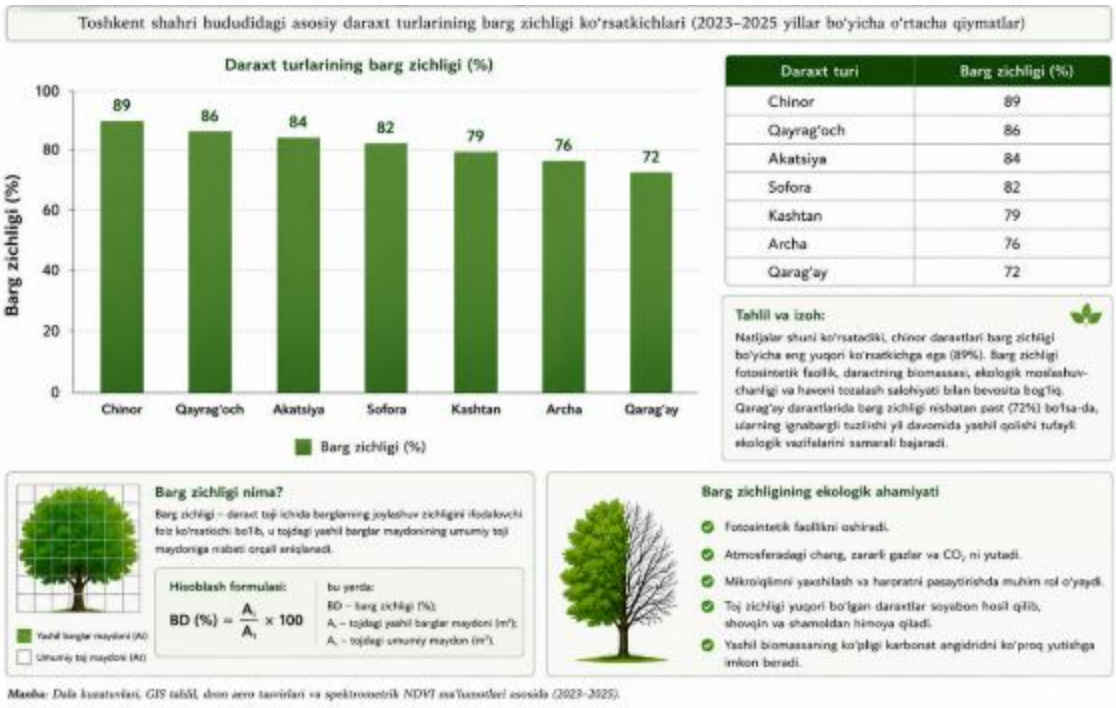
3.4.3. Barg zichligi va fotosintetik faollik

Barg zichligi daraxtlarning fotosintetik imkoniyatini tavsiflovchi asosiy ko‘rsatkichlardan biri hisoblanadi.

Jadval 2.3.

Barg zichligi ko‘rsatkichlari

Daraxt turi	Barg zichligi (%)
Chinor	89
Qayrag‘och	86
Akatsiya	84
Sofora	82
Kashtan	79



2.4. Rasm. Barg zichligi ko‘rsatkichlari

Barg zichligi va NDVI qiymatlari o‘rtasidagi bog‘liqlik ham baholandi. NDVI quyidagi formula asosida hisoblandi:

NDVI = (NIR − RED) / (NIR + RED)

bu yerda:

NIR – yaqin infraqizil diapazon;

RED – qizil diapazon.



2.5. Rasm. Barg zichligi va NDVI qiymatlari o‘rtasidagi bog‘liqlik

Tahlillar natijasida barg zichligi va NDVI o‘rtasida r = 0,87 darajadagi kuchli musbat bog‘liqlik mavjudligi aniqlandi.

3. Daraxtlarning ekologik reytingi

Natijalar shuni ko‘rsatdiki, Toshkent shahri sharoitida chinor va qayrag‘och daraxtlari ekologik jihatdan eng barqaror turlar hisoblanadi. Ushbu daraxtlar vegetatsiya davomiyligi, biometrik rivojlanishi, barg zichligi va fitosanitar holati bo‘yicha yuqori natijalarni namoyon etdi. Shu bilan birga introduksiya qilingan daraxt turlaridan archa va sofora ham urban muhitga yaxshi moslashganligi aniqlandi. Olingan natijalar keyingi bo‘limda daraxtlarni hudud ekotizimiga mos holda tanlash va joylashtirish metodologiyasini ishlab chiqish uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Xulosa

Toshkent shahri misolida mahalliy va introduksiya qilingan daraxt turlarining ko‘karuvchanlik darajasi, fenologik rivojlanish xususiyatlari, fitomorfologik ko‘rsatkichlari hamda ekologik holati kompleks ravishda o‘rganildi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, urban ekotizimlarda daraxtlarning ekologik barqarorligi ularning biologik xususiyatlari, hududning iqlim va tuproq sharoitlari hamda antropogen omillar bilan chambarchas bog‘liqdir.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra fenologik va fitomorfologik ko‘rsatkichlarning tahlili daraxtlarning ekologik holatini baholashda muhim ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatdi. Vegetatsiya davomiyligi, barg zichligi, toj diametri va fitosanitar holat ko‘rsatkichlari ko‘karuvchanlik darajasi bilan kuchli bog‘liqlikka ega bo‘lib, ular daraxtlarning umumiy yashovchanligini baholash imkonini berdi. Barg zichligi va NDVI qiymatlari o‘rtasida kuchli musbat korrelyatsiya mavjudligi aniqlanib,

masofaviy zondlash usullarining ekologik monitoringdagi samaradorligi tasdiqlandi.

Ekologik reyting tizimi sinovdan o‘tkazildi. Mazkur tizim fenologik, fitomorfologik, fitosanitar va masofaviy zondlash ma’lumotlarini yagona baholash platformasiga birlashtirish imkonini berdi. Natijada Toshkent shahri sharoitida chinor va qayrag‘och daraxtlari ekologik jihatdan eng istiqbolli turlar sifatida baholandi. Olingan ilmiy natijalar keyingi bobda daraxtlarning ko‘karuvchanlik darajasini aniqlash texnologiyalari va baholash mezonlarini ishlab chiqish uchun metodologik asos bo‘lib xizmat qiladi.

Adabiyotlar ro‘yxati.

Benedict M.A., McMahon E.T. Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities. Island Press, 2012.

. — 2021. — Vol. 291. — Article 112583. — DOI:
B., Di Sabatino S., Pulvirenti B. Air pollution abatement performances of green infrastructure in open road and built-up street canyon environments – A review

5. Opp C., Groll M., Abbasi H., Ahmadi Foroushani M. Causes and Effects of Sand and Dust Storms: What Has Past Research Taught Us? A Survey // *Journal of Risk and Financial Management*. — 2021. — Vol. 14, No. 7. — Art. 326. — DOI: 10.3390/jrfm14070326. DDOI

6. Middleton N. J. Sand and Dust Storms: Impact Mitigation // *Sustainability*. — 2017. — Vol. 9, No. 6. — Art. 1053. — DOI: 10.3390/su9061053. MDPI.

7. Choi C., Berry P., Smith A. The climate benefits, co-benefits, and trade-offs of green infrastructure: A systematic literature review // *Journal of Environmental Management*. — 2021. — Vol. 291. — Art. 112583. — DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.112583.

8. Herath P., Bai X. Benefits and co-benefits of urban green infrastructure for sustainable cities: six current and emerging themes // *Sustainability Science*. — 2024. — Vol. 19. — P. 1039–1063. — DOI: 10.1007/s11625-024-01475-9.

9. Konijnendijk C. C. Evidence-based guidelines for greener, healthier, more resilient neighbourhoods: Introducing the 3–30–300 rule // *Journal of Forestry Research*. — 2022. — Vol. 34, No. 3. — P. 821–830. — DOI: 10.1007/s11676-022-01523-z. PPubMed Central (PMC)

10.Kondo M. C., Mueller N., Warber S. L., et al. Measuring the 3–30–300 rule to help cities meet nature access thresholds // *Science of the Total Environment*. — 2024. — Vol. 907. — Art. 167739. — DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.167739.