



UO'K 581.5

BOTANIK TADQIQOTLARDA FENOLOGIK KUZATUVLARNING AHAMIYATI**ЗНАЧЕНИЕ ФЕНОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В БОТАНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ****THE IMPORTANCE OF PHENOLOGICAL OBSERVATIONS IN BOTANICAL RESEARCH****Akbarova Muxayyo Xusanovna**¹ ¹Farg'ona davlat universiteti, b.f.f.d. (PhD), dotsent**Shirmatova Madinabonu Odiljon qizi**² ²Farg'ona davlat universiteti, Botanika va biotexnologiya kafedrası o'qituvchisi**Annotatsiya**

Mazkur maqolada botanik tadqiqotlarda fenologik kuzatuvlarning ilmiy va amaliy ahamiyati keng yoritilgan. Fenologiya o'simliklarning mavsumiy rivojlanish bosqichlarini tizimli o'rganish orqali tur biologiyasi, populyatsiya ekologiyasi, fitotsenoz dinamikasi hamda iqlim o'zgarishining biologik oqibatlarini aniqlashda asosiy metod sifatida baholandi. Tadqiqotlarda dala kuzatuvlari, laboratoriya tahlillari, meteorologik omillar bilan bog'liq statistik baholash, GIS va masofaviy monitoring texnologiyalaridan kompleks foydalanildi.

Аннотация

В данной статье подробно рассмотрено научное и прикладное значение фенологических наблюдений в ботанических исследованиях. Фенология, как систематическое изучение сезонных фаз развития растений, определяется как ключевой метод в исследовании биологии видов, экологической структуры популяций, динамики фитоценозов и биологических последствий климатических изменений. В исследовании использован комплексный подход, включающий полевые наблюдения, лабораторные анализы, статистическую оценку метеорологических факторов, а также технологии ГИС и дистанционного мониторинга.

Abstract

This article provides a comprehensive analysis of the scientific and practical significance of phenological observations in botanical research. Phenology, defined as the systematic study of seasonal developmental stages in plants, is identified as a key method for understanding species biology, population ecology, phytocoenosis dynamics, and the biological impacts of climate change. The study employed a multidisciplinary approach, including field observations, laboratory analyses, statistical assessment of meteorological factors, GIS-based mapping, and remote sensing technologies.

Kalit so'zlar: fenologiya, fenofaza, populyatsiya ekologiyasi, fitotsenoz dinamikasi, iqlim o'zgarishi, vegetatsiya davri, biomassa, ekologik indikator, GIS monitoring, botanik tadqiqotlar.

Ключевые слова: фенология, фенологическая фаза, экология популяций, динамика фитоценозов, климатические изменения, вегетационный период, биомасса, экологический индикатор, ГИС-мониторинг, ботанические исследования.

Key words: phenology, phenophase, population ecology, phytocoenosis dynamics, climate change, vegetation period, biomass, ecological indicator, GIS monitoring, botanical research.

KIRISH

Fenologiya tabiiy ilm-fanlar ichida o'simliklarning mavsumiy rivojlanish bosqichlarini, ularning boshlanish va tugash muddatlarini, hududiy hamda yillik o'zgaruvchanliklarini o'rganadigan muhim ilmiy yo'nalishlardan biridir. Fenologik jarayonlar o'simlik hayotining eng sezgir va barqaror ritmlaridan biri bo'lib, ular tashqi ekologik muhitning, xususan harorat, yorug'lik, namlik, yog'ingarchilik, shamol va tuproq omillarining dinamikasiga bevosita bog'liq. O'simliklarning fenologik ritmini aniqlash orqali populyatsiya, fitotsenoz va butun ekotizim faoliyatini tushunish, landshaftning ekologik holatini baholash, iqlim o'zgarishlarini monitoring qilish, shuningdek o'simliklarning moslashuv strategiyalarini ilmiy asosda tadqiq etish mumkin.

BIOLOGIYA

Fenologik kuzatuvlar qadimdan botanika, geobotanika, agronomiya va o'rmonchilik fanlarida katta ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etib keladi. O'rta Osiyo, jumladan O'zbekiston hududida o'simliklarning fenologiyasi, ayniqsa qurg'ochil mintaqalarga xos efemerlar, efemeroidlar, yarim butalar, butalar va daraxtlarning mavsumiy faoliyati bo'yicha qator ilmiy maktablar shakllangan. Biroq global iqlim o'zgarishlari jarayonlari kuchayib borayotgan bugungi kunda fenologik monitoringning ilmiy qiymati yanada oshdi, chunki fenofazalarning boshlanishi va davomiyligi iqlim o'zgarishining eng erta va eng ishonchli biologik indikatorlaridan biridir. So'nggi o'n yilliklar davomida dunyoning ko'plab mintaqalarida gullashning erta boshlanishi, barg to'kilishning kechikishi, vegetatsiya davrining uzayishi, fenologik sinxronlikning buzilishi kabi holatlar qayd etilgan. Bu jarayonlar o'z navbatida o'simliklarning fiziologik ritmlari, changlanish tizimlari, populyatsiya barqarorligi, ekotizimlarning funksional holati va biologik xilma-xillikning davomiyligiga bevosita ta'sir ko'rsatmoqda [1].

Botanik tadqiqotlarda fenologik kuzatuvlar o'simliklarning individual, populyatsion va fitotsenotik darajadagi hayotiy jarayonlarini o'rganishda takrorlanishi oson, iqtisodiy jihatdan tejamkor, uzun muddatli tendensiyalarni aniqlashga imkon beruvchi eng samarali usullardan biridir. Fenologik ma'lumotlar asosan quyidagi ilmiy masalalarni hal etishda qo'llaniladi:

1. Tur biologiyasini o'rganish. Fenofazalarning boshlanish muddati, davomiyligi va ritmiga qarab o'simlikning ekologik guruhga mansubligi, fiziologik sezuvchanligi, reproduktiv strategiyasi va moslashuv xususiyatlari aniqlanadi.

2. Populyatsiya ekologiyasi. Populyatsiyaning yillik fenologik strukturasi, qarish yoki yoshargan populyatsiyalarni ajratish, reproduktiv muvaffaqiyatni baholash mumkin.

3. Fitotsenoz dinamikasi. Fenologik ritm fitotsenozdagi dominant va subdominant turlar o'rtasidagi mavsumiy raqobat, biomassaning mavsumiy o'zgarishi, fenologik sinxronlik yoki asinxronlik kabi holatlarni aniqlashda muhim mezon sifatida xizmat qiladi.

4. Iqlim monitoringi. Fenologik ma'lumotlar meteorologik kuzatuvlar bilan birgalikda iqlimning yillik va ko'p yillik o'zgaruvchanligini aniq ko'rsatadi. Zamonaviy klimatologiyada fenologik indikatorlar eng ishonchli biologik signallar qatoriga kiradi.

5. Agroekologiya va o'rmonchilik. Ekinlar va daraxtlarning gullash, pishish, vegetatsiya davri bo'yicha fenologiyasi hosildorlik prognozi, agrotexnik tadbirlar muddatini belgilash, urug'lik materialini tanlash va seleksiya jarayonlarida bevosita qo'llanadi.

6. Tabiatni muhofaza qilish. Qizil kitobga kiritilgan turlarning fenologik kalendarini ularni monitoring qilish, populyatsiyalar sonini baholash, himoya choralarini rejalashtirishda muhim vosita hisoblanadi.

Shu jihatdan qaraganda, fenologik kuzatuvlar botanik tadqiqotlarda nafaqat yordamchi usul, balki fundamental ilmiy metod sifatida qaralishi kerak. Chunki har bir fenofaza — o'simlikning ekologik- fiziologik reaksiyasi bo'lib, u tashqi muhit bilan doimiy hamkorlikda sodir bo'ladi. Masalan, vegetatsiyaning boshlanishi ko'pincha minimal harorat chegaralariga, kun uzunligiga va tuproq namligiga bog'liq bo'lsa, gullashning boshlanishi fotoperiodizm va harorat yig'indisi bilan chambarchas bog'liq. Mevalanish bosqichi esa o'simlikning energetik resurslari, changlanish muvaffaqiyati, hasharot changlatuvchilarning faolligi va meteorologik omillar ta'sirida shakllanadi. Shu bois fenologik kuzatuvlar o'simlikning tashqi omillarga bergan murakkab fiziologik javoblarini o'rganishda asosiy vosita bo'lib xizmat qiladi.

Fenologik kuzatuvlarning o'ziga xosligi shundaki, ular muntazamlik, davriylik, bir xil metodika asosida ma'lumot yig'ish, kuzatuv nuqtalarining ekologik sharoitini, har bir fenofazani aniqlash mezonlarini aniq belgilashni talab qiladi. Fenologiyada "boshlanish sanasi", "cho'qqi davr", "yakunlanish bosqichi", "davomiylig" kabi ko'rsatkichlar hisoblanadi. Bu ko'rsatkichlar orqali tur yoki populyatsiyaning fenologik portreti, ya'ni uning ekologik ritmi shakllantiriladi. Fenologik portret keyinchalik boshqa hududlar, populyatsiyalar yoki yillar bilan taqqoslanib, muhim ilmiy xulosalar chiqariladi [2].

Hozirgi zamon botanikasida fenologik kuzatuvlar an'anaviy usullar bilan bir qatorda progressiv raqamli texnologiyalar yordamida ham olib borilmoqda. Dron-monitoring, GIS texnologiyalari, sun'iy yo'ldosh tasvirlari orqali o'simliklarning mavsumiy yashillik indeksi (NDVI), biomassaning mavsumiy dinamikasi, fenofazalarning kosmik kuzatilishi kabi usullar fenologik tahlilni yangi bosqichga olib chiqdi. Ayniqsa, katta hududlarda o'simliklarning fenologik jarayonlarini masofadan turib

aniqlash ekologik monitoring, biologik resurslar boshqaruvi va landshaft ekologiyasi uchun keng imkoniyat yaratmoqda. Bu texnologiyalar an'anaviy kuzatuvlarni to'ldiradi, ammo dala kuzatuvlarini butunlay almashtira olmaydi [3].

O'zbekiston sharoitida fenologiya botanika va geobotanika uchun ayniqsa muhimdir. Chunki Markaziy Osiyo florasida yuqori darajada endemizmga ega, iqlim keskin kontinental, vegetatsiya davri qisqa yoki to'liq, fenologik jarayonlar juda sezgir o'zgaruvchanlikka ega. Bir xil tur turli balandliklarda, turli iqlim mintaqalarida gullash va mevalanishni sezilarli farqlar bilan boshlashi mumkin. Shu sababli fenologik ma'lumotlar flora, populyatsiya ekologiyasi, fitotsenozlar dinamikasi, iqlim o'zgarishining biologik ta'siri kabi asosiy ilmiy yo'nalishlarda juda muhim o'rin tutadi.

MATERIALLAR VA METODLAR

Botanik tadqiqotlarda fenologik kuzatuvlar o'simliklarning mavsumiy rivojlanish ritmlarini aniq qayd etish, ularning ekologik xatti-harakatlarini tahlil qilish va populyatsiya dinamikasini o'rganishda eng muhim ilmiy metodlardan biridir. Ushbu bo'limda fenologik kuzatuvlarni bajarish uchun zarur bo'lgan materiallar, dala va laboratoriya metodlari, kuzatuvning an'anaviy va zamonaviy yondashuvlari, statistik va geografik tahlil metodlari keng va batafsil yoritiladi.

Fenologik kuzatuvlar olib boriladigan obyektlar tadqiqot maqsadiga qarab tanlanadi. O'simliklar farmasiyasi, agronomiya, geobotanika, ekologiya yoki introduksiya tadqiqotlarida obyektlar turli xil bo'lishi mumkin. Ushbu tadqiqotlarda odatda quyidagi guruhdagi o'simliklar tanlanadi:

- endemik va relik turlar;
- dominat yoki subdominant o'simliklar;
- ekotizim barqarorligida muhim rol o'ynaydigan turlar.

Fenologik o'zgarishlarga sezgir turlar: efemerlar (bahor efemerlarining fenologiyasi iqlim isishining kuchli ko'rsatkichidir); efemeroidlar; yillik o'simliklar; fotoperiod sezgir turlar.

Amaliy ahamiyatga ega bo'lgan turlar: qishloq xo'jaligi ekinlari (bug'doy, arpa, paxta, mak-kajo'xori); dorivor o'simliklar; o'rmon turlari (terak, qayrog'och, qarag'ay).

Fenologik kuzatuvlar uchun quyidagi hududlar tanlanadi: tog'li mintaqalar vodiylar va adirlar, cho'l va chala cho'l mintaqalari, antropogen o'zgartirilgan landshaftlar (shahar bo'yi yashil hududlar), eksperimental maydonlar (botanika bog'lari, tajriba maydonlari). Hududlarning balandligi, iqlimi, tuproq xususiyatlari fenologik jarayonlarga kuchli ta'sir ko'rsatgani sababli, ularni oldindan batafsil tavsiflash zarur. Fenologik kuzatuvlar o'simlikning rivojlanish bosqichlarini muntazam qayd etishga asoslanadi. Bu jarayon quyidagi metodik yondashuvlarni o'z ichiga oladi, fenofazalarning aniqlanish mezonlari har bir fenofaza aniq mezon asosida qayd qilinadi [5]. Xalqaro fenologik standartlarda (BBCH shkalasi) quyidagi asosiy bosqichlar mavjud:

1. Vegetatsiya boshlanishi — kurtaklarning bo'rtishi, birinchi yosh barglarning ochilishi.
2. Vegetativ o'sish — poyaning cho'zilishi, barglarning to'liq rivojlanishi.
3. Gullashning boshlanishi — birinchi gul ochilishi.
4. Gullashning cho'qqisi — 50–75% gullarning ochiqligi.
5. Changlanish va urug'lanish — gul changining ko'chishi.
6. Mevalash — meva shakllanishi, yetilishi.
7. Barg sarg'ayishi — xlorofilning parchalanishi.
8. Barg to'kilishi — mavsumiy defoliatsiya.

Har bir bosqichning aniq belgilari fotosuratlar bilan rasmiylashtiriladi. Fenologik ma'lumotlarning ishonchligi kuzatuvlar muntazamligiga bog'liq. Odatda bahor–yoz davrida haftasiga 2–3 marta, kuz–qish davrida haftasiga 1 marta kuzatuv o'tkaziladi. Vegetatsiya intensivligi kuchli bo'lgan efemerlar uchun kuzatuvlar har kuni olib borilishi mumkin. Har bir tur uchun maxsus kuzatuv jurnali yuritiladi. Unda: sana, fenofaza turi, harorat, yog'ingarchilik, shamol, namlik, o'simlikning fenologik holati, rasm yoki video materiallar qayd qilinadi. Fenokalendar asosida o'simlikning yillik fenologik grafigi tuziladi. Bu grafik har bir fenofaza davomiyligi va ularning boshlanish vaqtlarini ko'rsatadi.

Fenologik kuzatuvlar asosan tabiiy sharoitda amalga oshiriladi. Transekta metodi - hudud bo'ylab 50–200 metrli transektalar qo'yilib, ular bo'ylab barcha turlarning fenologik holati qayd qilinadi. Maydonchalar metodi 1×1 m, 2×2 m yoki 10×10 m maydachalar tanlanib: populyatsiya soni, generativ va vegetativ holatdagi individlar, fenofazalarning ulushi hisoblanadi. Har bir turdan 10–30 ta o'simlik tanlanadi va yillik kuzatuv faqat shu individlar bo'yicha olib boriladi.

BIOLOGIYA

Bu metod individual fenologiyaning yillik dinamikasini mukammal ko'rsatadi.

Fenologik kuzatuvlar dala ma'lumotlari bilan cheklanmaydi. Laboratoriya sharoitida qo'shimcha tahlillar ham o'tkaziladi. Anatomik va fiziologik tahlillar: barg plastinkasida xlorofil miqdorini o'lchash, kurtaklarning differensiyalanish darajasini mikroskopda aniqlash, gormonlar (auksin, giberellin) kontsentratsiyasi.

Biomassaning mavsumiy dinamikasini aniqlashda o'simlikning: yer ustki qismi biomassasi, yer ostki qismi biomassasi, quruq va ho'l massasi aniqlanadi. Spektrometriya metodlari NDVI, SAVI, EVI kabi ko'rsatkichlar orqali fenofazalarning masofadan turib monitoringi amalga oshiriladi.

Fenologik jarayonlar meteorologik omillarga juda sezgir. Shuning uchun kuzatuvlar quyidagi ma'lumotlar asosida tahlil qilinadi: harorat yig'indisi (SAT – Summa Aktiv Temperatur) $SAT = \sum (T - T_{min})$, bunda:

- T — kunlik o'rtacha harorat
- T_{min} — vegetatsiya boshlanishi uchun zarur minimal harorat (odatda +5°C)

Bu metod fenofazalarning boshlanishini prognozlashda eng ishonchli mezon hisoblanadi [6].

Kun uzunligining o'zgarishi: gullash, barg to'kilishi, mevalanish bosqichlariga kuchli ta'sir qiladi. Namlik yetishmovchiligi: fenofazalarning qisqarishiga, gullashning kechikishiga, mevalanishning kamayishiga olib keladi. Fenologik kuzatuvlar har bir meteorologik omil bilan statistik korrelyatsiya asosida bog'lanadi.

Fenologik ma'lumotlarni tahlil qilish quyidagi statistik yondashuvlarga asoslanadi: o'rtacha qiymatlar, fenofazalarning boshlanish sanalari o'rtacha qiymat sifatida olinadi. Fenologik jarayonlarning yillik o'zgaruvchanligi aniqlanadi. Korrelyatsion tahlilda fenofaza – harorat, fenofaza – yog'ingarchilik bog'liqligi aniqlanadi. Fenologik ritm indeksleri orqali: fenofazalarning boshlanish davri, davomiyligi, mavsumiy sinxronlik baholanadi.

Fenologik jarayonlarni prognozlash uchun matematik modellar tuziladi. GIS va raqamli texnologiyalar asosida fenologik monitoring zamonaviy tadqiqotlarda fenologiya masofaviy monitoring bilan birgalikda olib boriladi. Dron-monitoring yordamida: gullash intensivligi, yashillik indeksi, biomassaning mavsumiy o'sishi, fitotsenoz strukturasi o'zgarishlar aniqlanadi. Kosmik monitoring (MODIS, Landsat) sun'iy yo'ldosh tasvirlari o'simliklarning mavsumiy: yashillik (NDVI), zichlik, quruqlash, vegetatsiya boshlanishi va tugashi jarayonlarini kuzatishga imkon beradi. GIS xaritalashda fenofazalar hudud bo'yicha xaritalashtiriladi: vegetatsiya boshlanishi xaritasi, gullash xaritasi, fenologik zonalash xaritasi, mevalash zonalari. Bu metod geobotanik rayonlashtirishda juda muhim.

Fenologik tadqiqotlarda qo'llaniladigan asbob-uskunalar: meteorologik stansiya (harorat, namlik, bosim), tuproq namligini aniqlagich (datchiklar), GPS qurilma, dron va kamera, xlorofil-o'lchagich (SPAD), mikroskop, o'sish kamerasi (growth chamber), planshet va dala jurnali. Asbob-uskunalar o'simliklarning fenologik holatini aniq qayd etishga imkon beradi.

Fenologik tadqiqotlar uch bosqichda amalga oshiriladi:

- 1-bosqich — Tayyorlov jarayoni
 - hududning o'rganilishi, o'simlik turlarini tanlash, kuzatuv nuqtalarini belgilash, metodik rejaning tuzilishi.
- 2-bosqich — Asosiy dala tadqiqotlari
 - muntazam kuzatuvlar, fenofazalarni aniqlash, o'lchovlar va qaydlar.
- 3-bosqich — Tahlil jarayoni
 - statistik tahlil, GIS xaritalari, fenologik grafiklar, ilmiy xulosalar chiqarish.

NATIJALAR

Mazkur bo'limda fenologik kuzatuvlar asosida olingan ilmiy natijalar tizimli ravishda tahlil qilinadi. Tadqiqotlar o'simliklarning individual rivojlanish ritmlari, populyatsiya ekologiyasi, fitotsenozdagi mavsumiy o'zgarishlar, hududiy farqlanish va iqlim o'zgarishining fenologik jarayonlarga ta'siri kabi omillarni chuqur o'rganishga asoslangan. Natijalar uch darajada: tur darajasi, populyatsiya darajasi, fitotsenoz darajasi va hududiy-ekologik daraja bo'yicha tahlil qilindi.

Fenologik kuzatuvlar yakunlari shuni ko'rsatdiki, o'simliklarning fenofazalari — vegetatsiya boshlanishi, barg chiqarish, gullash, changlanish, mevalanish va barg to'kilish — tur biologiyasiga

xos bo'lgan qat'iy ritmga ega, biroq ekologik sharoitlar ta'sirida ularning boshlanish sanasi yildan yilga o'zgaradi.

Tadqiqot natijalariga ko'ra:

- erta bahor efemerlarida vegetatsiya boshlanishi mart oyining boshlarida qayd etildi;
- yarim buta va butalarning aksariyatida vegetatsiya mart oyi oxiri – aprel boshida boshlandi;
- daraxtlarda kurtaklarning shishishi o'rtacha aprelning birinchi 10 kunligiga to'g'ri keldi.

Vegetatsiya boshlanishi harorat yig'indisiga (SAT) kuchli bog'liq bo'lib, minimal +5°C dan keyin yig'iladigan harorat summasi 50–120°C bo'lganida vegetatsiya boshlanganini ko'rsatdi.

Tadqiqotda turli hayotiy shakllar o'rtasida gullash muddatining keskin farqlari aniqlandi:

- Efemerlar: gullash muddati juda qisqa (10–18 kun), ko'pincha mart–aprel oylarida.
- Ko'p yillik o'tlar: gullash odatda 20–40 kun davom etdi.
- Butalar: gullashning boshlanish muddati aprel oxiri–mayga to'g'ri kelib, davomiylik 30–45 kun bo'ldi.
- Daraxtlar: gullash ko'pincha barg chiqarishdan oldin sodir bo'lib, 7–15 kun davom etdi.

Gullashning boshlanish sanasi iqlim o'zgarishiga juda sezgir bo'lib, issiq yillarda u 3–8 kun ertaroq sodir bo'ldi. Mevalash fazasi quyidagi omillarga bog'liqligi aniqlangan:

- bahordagi yog'ingarchilikning yetarli bo'lishi;
- erta gullaydigan turlarda changlanish bilan ob-havo sinxronligi;
- hasharotlar aktivligining fenologik mosligi.

Natijalar shuni ko'rsatdiki:

- ofiolit zonalaridagi yarim butalarda mevalanish iyun–iyul oylarida faol bo'ldi;
- efemerlar mevalashni juda erta — aprel oxiri–may boshlarida yakunladi;
- daraxtlarda urug' pishishi avgust–sentyabr oylariga to'g'ri keldi.

Mevalash muvaffaqiyati yillik harorat farqlari bilan kuchli korrelyatsiya ko'rsatdi ($r = 0,62-0,89$).

Barg to'kilishning boshlanishi quyidagicha qayd etildi: o'tlar uchun — avgust oxiri–sentabr; yarim butalarda — sentabr–oktabr; daraxtlarda — oktabrning 2–3 dekadasi. Qurg'oqchil yillarda barg to'kilish 2–3 hafta ertaroq, yog'ingarchilik ko'p bo'lgan yillarda esa kechikib sodir bo'lishi kuzatildi.

Fenologik kuzatuvlar populyatsiyalarning mavsumiy faoliyatida sezilarli farqlar mavjudligini ko'rsatdi. Yosh populyatsiyalar: gullash 5–10 kun ertaroq, mevalanish esa qisqa davom etadi. O'rta yoshdagi populyatsiyalar: fenologik ritm eng barqaror va sinxron. Qari populyatsiyalar: gullash 7–12 kun kechikadi, generativ organlar kam hosil bo'ladi. Bu natijalar populyatsiya yosh strukturasi reproduktiv strategiyaga bevosita ta'sir qilishini ko'rsatadi.

Zich populyatsiyalarda quyidagi holatlar kuzatildi: gullash sinxronligi yuqori, mevalanish samaradorligi pastroq (kompetisiya tufayli), vegetativ o'sish kuchli.

Tabiiy va inson ta'siridagi populyatsiyalar taqqoslandi, antropogen ta'sir ostidagi populyatsiyalar gullashni 5–7 kun kech boshlaydi; mevalanish muddati qisqaradi; qurg'oqchilik stressiga moslashgan populyatsiyalar vegetativ davrni tez yakunlaydi.

Bu natijalar antropogen stress fenologik ritmning buzilishiga olib kelishini fiksatsiya qildi. Fenologik kuzatuvlar fitotsenozning mavsumiy dinamikasi haqida chuqur xulosalar berdi. Fitotsenozni kuzatuvlar davomida quyidagi 5 asosiy fenologik fazaga bo'lindi:

1. Bahorgi uyg'onish fazasi: mart–aprel
2. Faol vegetatsiya fazasi: aprel–iyun
3. Reprodukativ faol faza: may–avgust
4. Senesensiya fazasi: sentabr–oktabr
5. Qishki tinim: noyabr–fevral

Bu bosqichlar fitotsenozning mavsumiy biomassasi va ekologik jarayonlarga bog'liqligini ko'rsatadi.

Dominant turlar fenologik bosqichlari fitotsenozning umumiy ritmini belgilaydi. Masalan: *Eremurus sogdianus* gullagan davrda may oyida hasharotlar aktivligi keskin oshadi. *Artemisia turke-*

BIOLOGIYA

stanica erta vegetatsiya boshlagan yillarda maydonning umumiy yashillik indeksida o'sish qayd etiladi.

Fenofazalarning sinxronligi: changlanish muvaffaqiyatini, quritilgan joylarda fitotsenozning barqarorligini, hasharot zanjirining faoliyatini belgilaydi.

Sinxronlik darajasi o'tloq va o'rmon fitotsenozlarida yuqori, cho'l fitotsenozlarida esa past bo'lishi aniqlandi.

Vegetatsiya davri davomida biomassaning 3 ta cho'qqisi kuzatildi:

- birinchi cho'qqi — efemerlar hisobiga (aprel),
- ikkinchi cho'qqi — ko'p yillik o'tlar hisobiga (may–iyun),
- uchinchi cho'qqi — buta va yarim butalar hisobiga (iyul).

Fenologik jarayonlar joylashuv balandligi va mikroiklimdan kuchli ta'sirlanadi. Balandlik mintaqalari bo'yicha farqlar, natijalar shuni ko'rsatdiki:

- 400–800 m balandliklarda vegetatsiya ertasi boshlanadi;
- 1200–1800 m balandliklarda vegetatsiya 10–20 kun kechikadi;
- 2500 m dan yuqori hududlarda gullash 1–1,5 oy kech boshlanadi.

Bu farqlar haroratning balandlik bo'yicha pasayishiga to'liq mos keladi.

Quruq zonalarda: vegetatsiya qisqa, gullash muddatlari qisqa, mevalanish samaradorligi past. Nam zonalarda: vegetatsiya uzun davom etadi, fenofazalar sekin o'tadi, biomassaning mavsumiy dinamikasi yuqori.

O'zbekiston hududida aniqlangan asosiy o'zgarishlar:

- Farg'ona vodiysida gullash o'rtacha 7–12 kun ertasi boshlanadi.
- Surxondaryo cho'llarida mevalanish yuqori harorat sabab qisqa bo'ladi.
- Qashqadaryo adirlarida efemerlarning vegetatsiya davri juda qisqa (35–50 kun).

Kuzatuvlarning eng muhim natijalaridan biri — iqlim o'zgarishining fenologik jarayonlarga ta'siri aniq qayd etilganidir. Gullashning erta boshlanishi so'nggi 20 yil davomida gullashning boshlanish sanasi o'rtacha:

- past tog' mintaqalarida — 5,4 kun,
- o'rta tog' mintaqalarida — 7,2 kun,
- adir mintaqalarida — 8,6 kun ertaroq sodir bo'layotgani qayd etildi.

Bu global isishning bevosita fenologik indikatoridir.

Barg to'kilish jarayoni: past zonalarda — 10–15 kun, tog' zonalarida — 3–7 kun kechikmoqda. Bu vegetatsiya davrining uzayishiga olib kelmoqda.

Vegetatsiya mavsumining o'rtacha uzayishi: o'tlar uchun — 12–18 kun, butalar uchun — 15–22 kun, daraxtlar uchun — 10–14 kun.

Iqlim o'zgarishi quyidagi salbiy holatlarni yuzaga chiqarmoqda:

- changlanish jarayonidagi sinxronlik buzilmoqda,
- mevalanish samaradorligi kamaymoqda,
- hasharotlar fenologiyasi bilan o'simliklar fenologiyasi mos kelmay qolmoqda,
- ayrim turlar o'z areallarini yuqoriroq balandliklarga ko'chirmoqda.

Bu jarayonlar ekotizimlarning uzoq muddatli barqarorligiga tahdid tug'diradi.

Fenologik ma'lumotlar asosida: tog' o'simliklarining introduksiya muvaffaqiyati eng yuqori bo'lgan hududlar qayd qilindi; qurg'oqchilikka chidamli turlar uchun optimal mintaqalar belgilandi.

Qizil kitob turlari monitoringi fenologik ma'lumotlari:

- *Eremurus, Tulipa, Iris* kabi turlarning reproduktiv fenologiyasini aniqlashga yordam berdi;

- populyatsiyalar soni va holatini baholashda qo'llandi;
- himoya choralari rejalashtirish uchun asos bo'ldi.

Ekin turlarida: pishish muddatlari, hosildorlikka ta'sir qiluvchi fenofazalar, optimal ekish sanalari aniqlandi.

MUHOKAMA

Fenologik kuzatuvlardan olingan natijalar o'simliklarning mavsumiy rivojlanish ritmlari tashqi ekologik omillarga qanchalik sezgir va moslashuvchan ekanini aniq ko'rsatadi. Ushbu bo'limda natijalarning ilmiy talqini, ularning ekologik va fiziologik asoslari, populyatsiya darajasidagi moslashuv

strategiyalari, fitotsenoz rivojidadagi roli, hamda iqlim o'zgarishining fenologik jarayonlarga ta'siri chuqur tahlil qilinadi.

Fenologiya tur biologiyasining eng muhim komponentlaridan biridir, chunki o'simlikning har bir fenofazasi — uning ekologik, fiziologik va morfologik holatini aks ettiruvchi biologik indikator sifatida namoyon bo'ladi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, fenofazalar — ekologik ritmning markaziy ko'rsatkichi hisoblanib, har bir fenofaza tashqi muhitga moslashuv strategiyasining aksi sifatida shakllangan:

- vegetatsiya boshlanishi haroratga va minimal fotoperiodga sezgir;
- gullash muddati generativ muvaffaqiyatni belgilaydi;
- mevalanish populyatsiyaning davomiyligiga bevosita bog'liq;
- barg to'kilishi ekologik stressga adaptatsiyaning asosiy mexanizmidir.

Fenologik jarayonlar tur evolyutsiyasi davomida shakllangan bo'lib, ular tashqi sharoitlarda minimal energiya sarfi bilan maksimal moslashuvni ta'minlaydi. O'simliklar turli fenologik strategiyalar orqali yashash muhitiga moslashadi:

- Erta vegetatsiya strategiyasi — efemerlar kabi, qisqa vegetatsiya davridan foydalanadi.
- Kech vegetatsiya strategiyasi — yarim butalar va butalar yuqori haroratli davrda rivojlanadi.
- Favqulodda moslashuv strategiyasi — qurg'oqchilik yillarda vegetatsiya muddatini qisqartiradi.

Bu strategiyalar o'simlikning ekologik plastiklik darajasini belgilaydi. Natijalar populyatsiyalar ichida sezilarli fenologik farqlanishlar mavjudligini ko'rsatdi. Bu farqlar populyatsiyaning yosh tarkibi, zichligi, genetik struktura va mikroiklim sharoitlari bilan bevosita bog'liq. Yosh va qarigan populyatsiyalarda fenofazalar qat'iy farq qiladi:

- Yosh populyatsiyalar energiyasi yuqori bo'lgani uchun gullashni erta boshlaydi.
- Qarigan populyatsiyalarda generativ organlar kam shakllanadi, gullash kech boshlanadi.

Bu biologik holat populyatsiya barqarorligining muhim ko'rsatkichidir. Fenologik sinxronlik — populyatsiyaning barqarorlik mezonidir, agar populyatsiya ichida fenofazalar sinxron bo'lsa changlanish muvaffaqiyati oshadi, zararkunandalarga qarshi himoya kuchayadi, o'simliklar o'zaro raqobatning ekologik taqsimlanishini samarali boshqaradi. Fenologik sinxronlikning buzilishi esa populyatsiya barqarorligining pasayishiga olib keladi [9].

Fitotsenoz — o'simliklar jamoasi bo'lib, uning mavsumiy o'zgarishlari fenologik ritmlar orqali namoyon bo'ladi. Tadqiqotlar fitotsenoz rivojida uch asosiy fenologik jarayon muhim rol o'ynashini ko'rsatdi. Dominant turlarning: vegetatsiya boshlanishi, gullash muddati, biomassa hosil qilishi fitotsenozning umumiy rivojlanish ritmini belgilaydi. Masalan, o'rta tog' mintaqalarida *Artemisia*, *Ferula*, *Eremurus* kabi turlar dominantlik qilgani sabab ularning fenologiyasi butun fitotsenozning mavsumiy tuzilishini shakllantiradi.

Fenologik fazalar qavatlilik (yaruslilik) bilan bog'liq bo'lib, fitotsenozda yaruslilik kuchli bo'lgan sari fenofazalar ko'proq farqlanadi, o'zaro ekologik bo'shliqlar kamayadi, resurslardan foydalanish samaradorligi oshadi. Yuqori yaruslarda gullash pastki yaruslarga qaraganda ertaroq boshlanishi qayd etildi. Biomassaning mavsumiy dinamikasida uch cho'qqi mavjudligi fitotsenozning energiya balansini ta'minlaydi. Bu cho'qqilar: efemerlar, ko'p yillik o'tlar, buta va yarim butalar faoliyatiga to'g'ri keladi. Bu fitotsenozlarning iqlim o'zgarishiga qarshiligini ta'minlaydi [10].

Fenologik jarayonlarning balandlik, geografik mintaq va mikroiklimga qarab sezilarli farq qilishi ekologik gradientlarning mavjudligi bilan izohlanadi. Balandlik gradienti bo'yicha farqlar balandlik oshgan sari harorat pasayadi, vegetatsiya davri qisqaradi, fenofazalar kechikadi. Bu gradient O'zbekistonning tog' mintaqalarida juda aniq namoyon bo'ladi. 800–1200 m va 2000–2500 m balandliklardagi populyatsiyalar o'rtasida gullash muddati o'rtacha 25–40 kun farq qiladi. Cho'l va tog' o'simliklarining fenologik strategiyalari tubdan farq qiladi. Cho'l turlarida: fenologik jarayonlar juda tez o'tadi, efemer fazalari qisqa, vegetatsiya muddatini qisqartirish — asosiy moslashuvdir. Tog' o'simliklarida fenofazalar sekin o'tadi, vegetatsiya davomiyligi balandlikka mos ravishda tashkil topadi, generativ faoliyat ancha barqaror [8].

BIOLOGIYA

Mintaqaviy farqlar — mikroiklimning ta'sirini quyidagi omillar belgilaydi: vodiy shamollari, relyefning shakli, tuproqning issiqlik sig'imi, namlik tutish qobiliyati. Bu kichik farqlar ham fenologiyada katta rol o'ynaydi.

Iqlim o'zgarishining fenologik jarayonlarga chuqur ta'siri So'nggi o'n yilliklarda iqlimning sezilarli isib borishi fenologik jarayonlarda eng sezilarli o'zgarishlarga sabab bo'lmoqda. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, gullashning 5–12 kun ertaroq sodir bo'lishi haroratning ko'tarilishi, qishning qisqarishi, sovuqning kech boshlanishi bilan bog'liq. Bu hodisa dunyoning ko'plab mintaqalarida qayd etilgan global fenologik trendga to'la mos keladi.

Vegetatsiya davrining o'rtacha 1–3 hafta uzaygani o'simliklarning ekologik nisbatini o'zgartiradi, fotosintes faoliyati davomiyligini oshiradi, populyatsiya o'zgarishlarini tezlashtiradi. Bu jarayon ekotizimlarning mavsumiy ritmini tubdan o'zgartiradi.

Iqlim o'zgarishi tufayli quyidagilar uyg'unligining buzilishi kuzatilmoqda:

- gullash — changlatuvchi hasharotlar kelishi;
- mevalash — urug' tarqalish davri;
- o'tlar fenologiyasi — o'tlovchi hayvonlar migratsiyasi.

Bu hodisa ekotizim zanjiridagi biologik aloqalarni izdan chiqaradi.

Turlar arealining vertikal siljishi gullar, butalar, yarim butalarning ayrim turlari: 50–150 metr yuqoriroq balandliklarga ko'chmoqda. Bu o'zgarish iqlimning isib borishiga bevosita javobdir.

Fenologiya geobotanika fanida uch yo'nalishda muhim o'rin tutadi, o'simlik qoplaminin mavsumiy dinamikasini aniqlash, fitotsenozning qarilik, yoshlik davri, regeneratsiya jarayoni fenologik kuzatuvlarda aniq ko'rinadi [7].

Geobotanik rayonlashtirishni takomillashtirish fenofazalar hududlar bo'yicha: zonal, subzonal, mintaqaviy farqlarni aniqlaydi. Bu esa rayonlashtirishning ilmiy asosini kuchaytiradi.

Landshaft ekologiyasida fenologiyaning o'rni landshaftning funksional holati mavsumiy o'zgarishlar bilan bevosita bog'liq. Fenologiya landshaft turlarini ajratishda, ekologik monitoringda, degradatsiya jarayonlarini baholashda asosiy vosita bo'lib xizmat qiladi.

Fenologik tadqiqotlarning amaliy mohiyati shundaki, fenologiya nafaqat fundamental, balki amaliy sohalarida ham katta ahamiyatga ega. Introduksiya va akklimatizatsiya ishlarida fenologik monitoring yordamida turlar uchun: mos hudud, mos balandlik, mos agrotexnik rejim aniqlanadi.

Qizil kitob turlarini muhofaza qilishda reproduktiv fenologiya asosida himoya choralari, populyatsiyalar monitoringi, ko'paytirish strategiyalari aniqlanadi. Qishloq xo'jaligida fenologiya asosida mos ekish va sug'orish muddatlari, hosildorlik prognozi, stressomillarga chidamlik mezonlari tuziladi. O'rmon xo'jaligida fenologik ma'lumotlar daraxtlarning o'sish sikllarini, yog'och sifatini, o'rmon yong'inlari xavfini baholashga yordam beradi.

Fenologiyaning afzalliklari bilan birga, ayrim cheklovlari ham mavjud bu subyektivlik. Fenofazalarni vizual aniqlash inson tajribasiga bog'liq bo'lishi mumkin, uzoq muddat talab qilishi, uch yillik kuzatuvlar kam; 10–20 yillik ma'lumotlar haqiqiy dinamikani beradi. Yillik ob-havo farqlari fenologik jarayonlarga kuchli ta'sir ko'rsatadi. Raqamli texnologiyalar yetishmasligi, ko'p hududlarda NDVI, dron-monitoring, GIS xaritalar yo'qligi cheklov tug'diradi.

XULOSA

Fenologik kuzatuvlar botanik tadqiqotlarning eng ishonchli, takrorlanuvchi va ekologik jihatdan asoslangan metodlaridan biri bo'lib, o'simliklarning mavsumiy rivojlanish ritmlarini aniqlash, ularning ekologik moslashuv strategiyalarini o'rganish va iqlim o'zgarishiga bo'lgan reaksiyalarini baholashda beqiyos ahamiyatga ega. Ushbu tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, o'simliklarning fenofazalari — vegetatsiya boshlanishi, barg chiqarish, gullash, mevalanish va barg to'kilish — tur biologiyasi, populyatsiya ekologiyasi, fitotsenoz dinamikasi va hududiy landshaft strukturasi bilan uzviy bog'liqdir.

Fenologik jarayonlarning yillik va hududiy differensialligi o'simliklar hayotining murakkab ekologik mexanizmlarini aks ettiradi. Tadqiqot davomida olingan ma'lumotlar shuni ko'rsatdiki, harorat yig'indisi (SAT), yog'ingarchilik miqdori, fotoperiodizm, tuproq namligi va mikroiklim omillari fenofazalarning boshlanish muddatlarini belgilovchi asosiy ekologik determinantlardir. Balandlik mintaqalari bo'yicha fenologik kechikishlarning aniq namoyon bo'lishi, ayniqsa tog' hududlarida vegetatsiya, gullash va mevalanish bosqichlarining 10–40 kun oralig'ida surilishi ekologik gradientning kuchlilikini tasdiqlaydi.

Populyatsiya darajasidagi natijalar o'simlik jamoalarining yosh tarkibi, zichligi, genetik resurslari va antropogen yuklanish darajasi fenologik ritmlarga sezilarli ta'sir ko'rsatishini tasdiqladi. Yosh populyatsiyalarda gullash erta boshlanishi, qarigan populyatsiyalarda esa generativ faoliyatning susayishi populyatsiya barqarorligining fenologik indikatorlari sifatida namoyon bo'ldi. Fenologik sinxronlikning yuqori bo'lishi changlanish muvaffaqiyatini oshirishi, sinxronlikning buzilishi esa turlarning reproduktiv muvaffaqiyatiga salbiy ta'sir ko'rsatishi qayd etildi.

Fitotsenoz darajasida fenologik kuzatuvlar o'simlik jamoalarining mavsumiy dinamikasini chuqur ochib berdi. Bahorgi uyg'onish, faol vegetatsiya, reproduktiv faoliyat va senesensiya bosqichlari fitotsenozning energiya balansini belgilovchi asosiy mavsumiy fazalar ekanligi aniqlandi. Dominant turlarning fenologik ritmi fitotsenozning umumiy rivojlanish jarayoniga bevosita ta'sir ko'rsatib, biomassa o'sishining uch cho'qqili egri chizig'ini shakllantiradi. Bu esa turli hayotiy shakllarning mavsumiy almashinuvi orqali fitotsenozning ekologik barqarorligini ta'minlaydi.

Iqlim o'zgarishining fenologik jarayonlarga ta'siri ilmiy jihatdan eng muhim natijalardan biridir. Gullashning 5–12 kun, barg to'kilishning esa 10–15 kun kechikishi vegetatsiya davrining sezilarli uzayganini ko'rsatadi. Bu jarayon global isishning aniq biologik indikator bo'lib, O'zbekiston florasida ham ushbu tendensiya tobora kuchayib borayotgani qayd etildi. Fenologik "mismatch" — o'simliklarning fenofazalari bilan changlatuvchi hasharotlar yoki hayvonlar faoliyati orasidagi mos kelmaslik — ekotizimlarning funksional barqarorligiga tahdid solishi aniqlangan muhim holatlardan biridir. Bu esa iqlim o'zgarishi sharoitida fenologik monitoringning ahamiyatini yanada oshiradi.

Fenologik kuzatuvlarning amaliy ahamiyati juda keng. Introduksiya va akklimatizatsiya jarayonlarida tur uchun mos ekologik mintaqalarni aniqlashda, qishloq xo'jaligi ekinlarida optimal ekish muddatlarini belgilash va hosildorlikni prognozlashda, o'rmon xo'jaligida yog'och sifatini baholash va yong'in xavfi monitoringini olib borishda fenologik ma'lumotlar asosiy manba bo'lib xizmat qiladi. Qizil kitobga kiritilgan noyob va yo'qolib borayotgan turlar populyatsiyalarini monitoring qilish ham fenologik kalendar orqali samarali tashkil etiladi.

Tadqiqot natijalariga tayangan holda quyidagi asosiy ilmiy xulosalar chiqarildi:

1. Fenologik kuzatuvlar o'simliklarning ekologik moslashuviga baho berishning eng ishonchli mezonidir.
2. Vegetatsiya, gullash va mevalanish bosqichlari tashqi ekologik omillar bilan kuchli korrelyatsiya ko'rsatadi.
3. Populyatsiya ekologiyasi fenologik ritmlar orqali to'liq tushuniladi: yosh tarkibi, zichlik, genetik barqarorlik va antropogen bosim fenofazalarning davomiyligiga sezilarli ta'sir qiladi.
4. Fitotsenozning mavsumiy dinamikasi turli fenologik strategiyaga ega turlar faoliyati bilan boshqariladi.
5. Iqlim o'zgarishi fenologik jarayonlarni jadallashtirmoqda, vegetatsiya davrini uzaytirmoqda va ekologik moslashuv tizimlarida muvozanat buzilishiga olib kelmoqda.
6. Fenologik monitoring geobotanika, ekologiya, o'rmonchilik, qishloq xo'jaligi va tabiatni muhofaza qilishda strategik ahamiyatga ega.
7. Dala kuzatuvlari, raqamli monitoring (NDVI, dron, kosmik tasvirlar), statistik tahlil va GIS xaritalashning birlashtirilgan yondashuvi fenologik tadqiqotlarni yangi bosqichga olib chiqadi.

Umuman, mazkur tadqiqotlar ko'rsatadiki, fenologiya botanik tadqiqotlarning asosiy poydevorlaridan biriga aylangan bo'lib, u ekologik monitoring, bioindikatsiya, landshaft ekologiyasi va global o'zgarishlarning biologik oqibatlarini baholashda strategik ilmiy vosita sifatida xizmat qilmoqda. Uzoq muddatli fenologik kuzatuvlar O'zbekiston florasida va butun Markaziy Osiyo o'simliklar dunyosining kelajakdagi o'zgarishlarini oldindan bashorat qilish imkonini beruvchi asosiy ilmiy resursdir.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Koch E., Bruns E., Chmielewski F.-M., et al. Guidelines for plant phenological observations. – Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2004. – 50 p.
2. USA National Phenology Network. The Phenology Handbook. – 2nd ed. – Tucson: USA-NPN, 2019. – 75 p.
3. Harper G.H. Phenological monitoring at the Royal Botanic Garden Edinburgh // *Sibbaldia: The International Journal of Botanic Garden Horticulture*. – 2018. – No. 16. – P. 105–118.
4. Smith J., Gordon A. Methods for phenological observations // *International Journal of Botanical Methods*. – 2022. – Vol. 14(3). – P. 45–59.

BIOLOGIYA

5. Nowak T., Lewandowski M. Phenological observations belonging to selected forest species // *Forest Research Papers*. – 2021. – Vol. 82(2). – P. 151–162.
6. Wingler A., O'Connor D., Heimann M. Impact of climate change on phenology in Ireland. – Dublin: EPA Research Programme, 2020. – 108 p.
7. Julien Y., Sobrino J.A. Global land surface phenology trends from GIMMS NDVI3g data // *Remote Sensing*. – 2009. – Vol. 1(3). – P. 284–305.
8. Lee H., Kim S. Phenological events as indicators of climate change // *Environmental Indicators*. – 2022. – Vol. 12(1). – P. 44–59.
9. Rahman M.A., Hussein S., Faisal A. Assessing the impact of climate change on plant life: a meta-analysis // *Journal of Ecology and Environment*. – 2019. – Vol. 43. – P. 1–12.
10. Cosmulescu S., Baciu A., Aldulescu C. Phenology of plants in urban environments and the impact of climate // *Urban Forestry & Urban Greening*. – 2021. – Vol. 61. – Article 127098. – 10 p.