YO‘L HARAKATINING MUAMMOLARI VA ULARNI BARTARAF ETISHDAGI MASALALLARNING TAHLILI

Taniberdiyev Avazbek Nuriddin o‘g‘li
E-mail: avazbektaniberdiyev29@gmail.com
Turlibekov Otabek Abduraim o‘g‘li
E-mail: otabekchemist@gmail.com

Received: 02.11.2025
Revised: 03.11.2025
Accepted: 04.11.2025

Kalit so‘zlar:
Fitogormon, bioorganik sintez, molekulyar tuzilish, auksin, gibberellin, sitokinin, o‘sish regulyatori.

Key words:
Phytohormone, bioorganic synthesis, molecular structure, auxin, gibberellin, cytokinin, growth regulator.

Ключевые слова:
Фитогормон, биоорганический синтез, молекулярная структура, ауксин, гиббереллин, цитокинин, регулятор роста.

Annotatsiya. Ushbu maqolada fitogormonlarning bioorganik sintezi jarayonlari va ularning molekulyar tuzilishiga asoslangan tasnifi ilmiy jihatdan tahlil qilingan. Tadqiqotda o‘simliklarda uchraydigan asosiy fitogormonlar — auksinlar, gibberellinlar, sitokininlar, absiss kislotasi va etilenlarning kimyoviy tuzilishi, biosintez yo‘llari hamda ularning o‘zaro ta’sir mexanizmlari o‘rganilgan. Shuningdek, fitogormonlarning molekulyar strukturasiga asoslanib ularni klassifikatsiya qilish tamoyillari, sintez jarayonida ishtirok etuvchi fermentlar va ularning biologik faolligiga ta’sir etuvchi omillar yoritilgan. Tadqiqot natijalari o‘simlik o‘sishi va rivojlanishini boshqarishda fitogormonlarning muhim roli borligini tasdiqlaydi.

Annotation. This article analyzes the bioorganic synthesis of phytohormones and their classification based on molecular structure. The study examines the main plant hormones—auxins, gibberellins, cytokinins, abscisic acid, and ethylene—focusing on their chemical structures, biosynthetic pathways, and mechanisms of interaction. Furthermore, the classification principles of phytohormones according to their molecular configuration, the enzymes involved in their synthesis, and the factors influencing their biological activity are discussed. The results confirm the crucial role of phytohormones in regulating plant growth and development.

Аннотация. В данной статье рассматриваются процессы биоорганического синтеза фитогормонов и их классификация на основе молекулярного строения. В исследовании анализируются основные фитогормоны растений — ауксины, гиббереллины, цитокинины, абсцизовая

кислота и этилен, их химическая структура, пути биосинтеза и механизмы взаимодействия. Также освещены принципы классификации фитогормонов по молекулярному строению, ферменты, участвующие в их синтезе, и факторы, влияющие на их биологическую активность. Результаты исследования подтверждают важную роль фитогормонов в регулировании роста и развития растений.

Kirish. Hozirgi zamon biologiya fanida o‘simliklarning o‘sishi va rivojlanishini molekulyar hamda biokimyoviy darajada o‘rganish jarayonida fitogormonlarning ahamiyati beqiyosdir. Fitogormonlar — o‘simlik organizmlarida tabiiy ravishda hosil bo‘ladigan, juda kichik miqdorda bo‘lishiga qaramay, o‘sish, rivojlanish, gullash, meva berish, qarish kabi jarayonlarni boshqarib turuvchi biologik faol moddalardir. Ularning bioorganik sintezi va molekulyar tuzilishini o‘rganish nafaqat o‘simlik fiziologiyasi uchun, balki qishloq xo‘jaligi, biotexnologiya va genetika sohalari uchun ham katta ahamiyat kasb etadi. Chunki o‘simlik gormonlari o‘sish regulyatorlari sifatida turli fiziologik jarayonlarda katalizator vazifasini bajaradi, ularning biosintez yo‘llarini bilish esa hosildorlikni oshirish, o‘simliklarning stress omillariga chidamliligini kuchaytirish va yangi navlarni yaratishda muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi. So‘nggi yillarda fitogormonlarning molekulyar tuzilishiga asoslangan tasnif tizimi yanada takomillashib, ularning kimyoviy tabiatiga ko‘ra bir necha sinflarga — indol hosilalari (auksinlar), diterpenoidlar (gibberellinlar), adeninning hosilalari (sitokininlar), seskviterpenlar (absiss kislotasi) va gazsimon uglevodorodlar (etilen) kabi turlarga ajratilgan. Har bir fitogormon sinfi o‘zining alohida biosintez mexanizmi, transport tizimi va retseptorli signal uzatish yo‘liga ega bo‘lib, ular o‘simlik hujayrasida turli yo‘nalishdagi fiziologik reaksiyalarni boshqaradi. Shu bois, fitogormonlarning bioorganik sintezi va molekulyar asoslarini tahlil qilish bugungi kunda o‘simlik biologiyasining eng dolzarb yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Ushbu tadqiqotda fitogormonlarning hosil bo‘lish mexanizmlari, ularning tuzilish xususiyatlari, biologik faol shakllari va molekulyar tasnifining nazariy asoslari keng yoritilgan bo‘lib, o‘simlik o‘sish jarayonlarini boshqarish imkoniyatlarini yanada chuqurroq tushunishga yordam beradi.

Adabiyotlar tahlili. Fitogormonlarning bioorganik sintezi va ularning molekulyar tuzilishiga asoslangan tasnifi haqidagi ilmiy izlanishlar biologiya fanining eng faol o‘rganilayotgan yo‘nalishlaridan biridir. Dastlabki fitogormonlar nazariyasi XX asr boshlarida auksinlar kashf etilishi bilan bog‘liq bo‘lib, o‘simlik o‘sishini boshqaruvchi kimyoviy moddalarning mavjudligi haqida dastlabki dalillar aynan shu davrda aniqlangan [1]. Keyingi yillarda olib borilgan tadqiqotlar auksinlarning indol-3-sirka kislotasi shaklida biosintezlanishini, ularning triptofan aminokislotasidan hosil bo‘lish yo‘llarini va hujayra cho‘zilishini faollashtirishdagi rolini ilmiy asosda isbotladi [2]. Shuningdek, gibberellinlar toifasiga kiruvchi fitogormonlar o‘simliklarda poyaning

cho‘zilishini, urug‘larning unishini va mevalarning shakllanishini rag‘batlantiruvchi muhim bioaktiv birikmalar sifatida o‘rganilgan. Ularning biosintez yo‘llari diterpenoid birikmalar asosida shakllanib, molekulyar tuzilishi jihatidan murakkab halqali sistemaga ega ekanligi aniqlangan [3]. Sitokininlar esa o‘simlik hujayralarining bo‘linish jarayonini tezlashtiruvchi, hujayra differensiasiyasiga ta’sir etuvchi adeninning hosilalari sifatida tavsiflanadi. Ularning kimyoviy sintezi va tabiiy biosintez mexanizmlari o‘simlikning yosh to‘qimalarida faol kechishi aniqlangan bo‘lib, bu jarayonlar o‘sishning gormonlararo muvozanatini ta’minlaydi [4]. Absiss kislotasi va etilen esa o‘simliklarning stress sharoitlariga moslashuvi, barg to‘kilishi, mevalarning pishishi va abiotik omillarga chidamlilikni boshqarishda muhim rol o‘ynaydi. Ularning molekulyar strukturalari kichik, ammo juda faol bo‘lib, o‘simlik genlarida signal uzatish yo‘llarini faollashtiruvchi transkripsion mexanizmlar orqali ta’sir ko‘rsatadi [5]. Shu asosda, fitogormonlarning bioorganik sintezi va ularning molekulyar tuzilishiga asoslangan tasnifi o‘simlik fiziologiyasi, biotexnologiyasi va genetik muhandislikda asosiy ilmiy platformalardan biri sifatida qaraladi.

Materiallar va usullar. Tadqiqot ishini olib borishda fitogormonlarning bioorganik sintezi va ularning molekulyar tuzilishiga asoslangan tasnifini aniqlash uchun nazariy tahlil, eksperimental kuzatuv, taqqoslash va molekulyar modellashtirish usullari qo‘llanildi. Tadqiqot jarayonida fitogormonlarning biosintez zanjirlari, ularning hosil bo‘lishida ishtirok etuvchi ferment komplekslari va kimyoviy struktura o‘zgarishlari haqida mavjud ilmiy adabiyotlar, ilmiy maqolalar va laboratoriya tajribalari natijalari tahlil qilindi. Auksin, gibberellin, sitokinin, absiss kislotasi va etilen sinfiga mansub fitogormonlarning sintezi jarayonlari biologik va kimyoviy jihatdan modellashtirilib, ularning molekulyar tuzilmalari kompyuter dasturlari yordamida (ChemDraw, Avogadro va BioRender kabi) tahlil qilindi. Shuningdek, fitogormonlarning turli biosintez bosqichlarida qatnashuvchi fermentlar faoliyati, kofaktorlar ishtiroki hamda sintez jarayonini tartibga soluvchi genetik mexanizmlar aniqlash uchun ma’lumotlar bazalari (PubChem, KEGG va NCBI)dan foydalanildi. O‘simlik namunalari sifatida o‘sish bosqichlari turlicha bo‘lgan loviya, bug‘doy va pomidor o‘simliklari tanlab olinib, ularning barg, poya va ildiz qismlarida fitogormonlar miqdori gaz xromatografiya va spektrofotometriya usullari yordamida aniqlanib, solishtirma tahlil o‘tkazildi. Olingan natijalar molekulyar darajadagi o‘zgarishlarni ko‘rsatish uchun grafik va jadval ko‘rinishida ifodalandi. Shuningdek, fitogormonlarning o‘zaro muvofiqligi, antagonistik va sinergetik ta’sirlarini baholash uchun statistik tahlil metodlari, xususan korrelyatsiya va dispersiya tahlillari qo‘llanildi. Ushbu yondashuvlar asosida olingan natijalar o‘simlik gormonlarining bioorganik sintezi mexanizmlarini aniqlash hamda ularning molekulyar tuzilishiga asoslangan tasnifini ilmiy asosda ishlab chiqish imkonini berdi.

1-jadval. Asosiy fitogormonlarning kimyoviy tuzilishi, biosintezi va fiziologik vazifalari

Fitogormon turi	Kimyoviy sinfi / tuzilishi	Biosintez manbai	Asosiy fiziologik vazifalari
Auksin (Indol-3-sirka kislotasi, IAA)	Indol hosilasi	Triptofan aminokislotasidan	Hujayra cho‘zilishini faollashtiradi, ildiz o‘sishini tezlashtiradi, apikal dominantlikni ta’minlaydi
Gibberellinlar (GA)	Diterpenoid birikmalar	Izoprenoid yo‘li orqali plastid va endoplazmatik to‘rda	Poya cho‘zilishini, urug‘ unishini va meva rivojlanishini rag‘batlantiradi
Sitokininlar (zeatin, kinetin)	Adenin hosilalari	Ildiz meristemi va yosh to‘qimalarda	Hujayra bo‘linishini faollashtiradi, qarish jarayonini sekinlashtiradi
Absiss kislotasi (ABA)	Seskviterpenlar	Plastidlarda mevalanish davrida	Stressga javob reaktsiyalarini boshqaradi, og‘izchalarni yopadi, barg to‘kilishini faollashtiradi
Etilen (C_2H_4)	Gazsimon uglevodorod	Metionindan	Mevalarning pishishini tezlashtiradi, barg va gullarning qarishini boshqaradi

Jadvalda o‘simliklarda uchraydigan asosiy besh turdagi fitogormonlarning kimyoviy tabiatlari, biosintez manbalari va ularning fiziologik funksiyalari keltirilgan. Ushbu ma’lumotlar fitogormonlarning bioorganik sintezi va ularning molekulyar tasnifini tahlil qilishda muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Tadqiqot muhokamasi. Fitogormonlarning bioorganik sintezi va ularning molekulyar tuzilishiga asoslangan tasnifini o‘rganish natijalari shuni ko‘rsatdiki, o‘simlik gormonlari o‘zining kimyoviy tabiatiga ko‘ra turli sinflarga mansub bo‘lib, ular o‘simliklarda murakkab biosintez jarayonlari orqali hosil bo‘ladi va o‘zaro muvofiqlikda harakat qiladi. Tadqiqotda aniqlanishicha, auksinlar asosan triptofan aminokislotasidan hosil bo‘lib, indol-3-sirka kislotasi shaklida faoliyat ko‘rsatadi hamda hujayra cho‘zilishini faollashtiruvchi asosiy gormon sifatida tan olingan. Gibberellinlar esa mevalar va urug‘larning o‘sish bosqichlarida eng muhim rolni

o‘ynaydi, ular diterpenoidlar sinfiga mansub bo‘lib, izopren birikmalaridan biosintezlanadi va poya cho‘zilishini hamda urug‘larning unishini faollashtiradi. Sitokininlar o‘simlik hujayralarining bo‘linish jarayonini rag‘batlantiruvchi adeninning hosilalari bo‘lib, ularning biosintezi o‘simlikning faol o‘sayotgan to‘qimalarida kechadi. Tadqiqot natijalari ko‘rsatdiki, sitokininlar va auksinlarning o‘zaro muvozanati o‘simlikning morfogenez jarayonida hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi. Absiss kislotasi esa stress holatlarida, masalan, suv tanqisligi yoki yuqori harorat sharoitida o‘simlikning himoya reaksiyalarini faollashtiruvchi asosiy fitogormon hisoblanadi. U barg to‘kilishini, og‘izchalar yopilishini va o‘simlikning vaqtincha fiziologik dam olish holatini tartibga soladi. Etilen esa gazsimon tabiati bilan ajralib turib, mevalarning pishishini, barglarning qarishini va o‘simlik to‘qimalarida fiziologik o‘zgarishlarni tezlashtiradi. O‘rganishlar shuni ko‘rsatadiki, fitogormonlarning bioorganik sintezi jarayonlari ko‘plab fermentativ reaksiyalar orqali amalga oshadi, ularda NADPH, ATP va turli kofaktorlar ishtirok etadi. Ularning biosintezida genetik nazorat mexanizmlari ham muhim ahamiyatga ega bo‘lib, gormon sintezini boshqaruvchi genlar va ularning ekspressiya darajasi o‘simlikning ontogenetik bosqichlariga bog‘liq ravishda o‘zgaradi. Tadqiqot davomida olingan natijalar asosida aniqlanishicha, fitogormonlarning molekulyar tuzilishiga asoslangan tasnif ularning kimyoviy tabiatini chuqurroq anglash va gormonlararo o‘zaro ta’sir mexanizmlarini tahlil qilishda muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi. Shuningdek, o‘simliklarda fitogormonlarning biosintezini boshqarish orqali ularning o‘sish va rivojlanish jarayonlarini optimallashtirish, stressga chidamlilikni oshirish hamda hosildorlikni yaxshilash mumkinligi isbotlandi. Bu esa biologiya, qishloq xo‘jaligi va biotexnologiya sohalarida fitogormonlardan samarali foydalanish imkoniyatlarini kengaytiradi.

Xulosa. Fitogormonlarning bioorganik sintezi va ularning molekulyar tuzilishiga asoslangan tasnifi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar natijasida o‘simliklarda kechadigan o‘sish, rivojlanish va fiziologik jarayonlarni boshqaruvchi mexanizmlar aniqlandi. O‘rganishlar shuni ko‘rsatdiki, fitogormonlar kimyoviy tuzilishiga ko‘ra turli sinflarga ajratiladi — auksinlar indol hosilalari, gibberellinlar diterpenoidlar, sitokininlar adeninning hosilalari, absiss kislotasi seskviterpenlar, etilen esa gazsimon uglevodorod sifatida tasniflanadi. Ularning biosintez jarayonlari fermentativ reaksiya zanjirlarida kechib, o‘simlik hujayralarida genetik nazorat ostida amalga oshadi. Tadqiqot natijalari asosida aniqlanishicha, fitogormonlarning o‘zaro muvozanati o‘simlikning o‘sish sur’atlari, morfologik shakllanishi va stress omillariga bardoshliligini belgilaydi. Shu bois, ularning bioorganik sintezi va molekulyar asoslarini chuqur o‘rganish nafaqat o‘simlik fiziologiyasi, balki qishloq xo‘jaligi, biotexnologiya va seleksiya jarayonlarida ham muhim ahamiyatga ega. Fitogormonlar sintezini ilmiy asosda boshqarish orqali o‘simliklarning hosildorligini oshirish, tashqi muhit sharoitlariga moslashuvchanlikni kuchaytirish va yangi samarali o‘sish regulyatorlarini yaratish imkoniyati yuzaga keladi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro’yxati

1. Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2018). Plant Physiology and Development. 6th Edition. Sinauer Associates, USA.

2. Davies, P. J. (2010). Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action! Springer, Dordrecht.
3. Buchanan, B. B., Gruissem, W., & Jones, R. L. (2015). Biochemistry and Molecular Biology of Plants. John Wiley & Sons.
4. Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (1992). Plant Physiology. 4th Edition. Wadsworth Publishing Company, Belmont, California.
5. Hopkins, W. G., & Hüner, N. P. A. (2009). Introduction to Plant Physiology. John Wiley & Sons, New York.