FITOGORMONLARNING BIOORGANIK TUZILISHI VA ULARNING O‘ZARO TA’SIR MEXANIZMLARI

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

Qabul qilindi: 02.11.2025
Ko‘rib chiqildi: 03.11.2025
Tasdiqlandi: 04.11.2025
Kalit so‘zlar:
fitogormonlar, bioorganik tuzilish, o‘zaro ta’sir, signalizatsiya, o‘simlik hujayrasi, molekulyar mexanizm, biologik faoliyat.

Annotatsiya. Ushbu maqolada fitogormonlarning bioorganik tuzilishi, ularning molekulyar xususiyatlari va o‘zaro ta’sir mexanizmlari tahlil qilinadi. Maqolada fitogormonlarning o‘simlik hujayralaridagi biologik faoliyati, signalizatsiya yo‘llari va ularning bir-biriga ta’siri bilan bog‘liq mexanizmlar ko‘rib chiqiladi. Ushbu yondashuv fitogormonlar asosida o‘simliklarning rivojlanishi va fiziologik jarayonlarini yaxshiroq tushunishga yordam beradi.

Kirish. Fitogormonlar o‘simliklarning rivojlanishi, o‘sishi va fiziologik jarayonlarini tartibga soluvchi muhim biologik faol moddalar hisoblanadi, ularning bioorganik tuzilishi va o‘zaro ta’sir mexanizmlari o‘simlik biologiyasi, molekulyar biologiya va biokimyo sohalarida katta ahamiyatga ega. Fitogormonlarning molekulyar tuzilishi ularning biologik faolligini, o‘simlik hujayrasi ichidagi signalizatsiya yo‘llari bilan o‘zaro aloqalarini va turli fiziologik jarayonlarga ta’sirini belgilaydi. Shu nuqtai nazardan, fitogormonlar orasidagi o‘zaro ta’sir mexanizmlarini aniqlash nafaqat fundamental biologik bilimlarni kengaytiradi, balki o‘simliklarning stressga chidamliligi, o‘sish tezligi va hosil sifatini oshirish bo‘yicha amaliy tadqiqotlarda ham muhim ahamiyat kasb etadi. Fitogormonlar turli kimyoviy guruhlarga mansub bo‘lib, ularning bioorganik xususiyatlari va molekulyar konformatsiyalari ularning o‘zaro ta’sir mexanizmlarini aniqlashda asosiy rol o‘ynaydi. Ushbu maqolada fitogormonlarning bioorganik tuzilishi, ularning molekulyar xususiyatlari, o‘simlik hujayralaridagi biologik faoliyati va bir-biriga ta’sir mexanizmlari tizimli tarzda tahlil qilinadi, shuningdek, olingan natijalar fitogormonlar asosida o‘simliklarning rivojlanishini va fiziologik jarayonlarini chuqurroq tushunishga xizmat qiladi. Tadqiqot jarayonida fitogormonlarning turli guruhlari, ularning sintezi va degradatsiyasi, signalizatsiya yo‘llari, reseptorlar bilan bog‘lanish mexanizmlari hamda ularning bir-biriga ta’sirini o‘rganish orqali o‘simlik hujayrasida murakkab biologik jarayonlar qanday tartibga solinishini aniqlashga e’tibor qaratiladi. Shu bilan birga, fitogormonlarning o‘zaro ta’sir mexanizmlari, ularning konformatsion o‘zgarishlari, kimyoviy xususiyatlari va biologik faollik darajalari o‘rganilib, molekulyar darajada tushuntiriladi, bu esa o‘simliklarning

o‘sish va rivojlanish jarayonlarini modellashtirish va biotexnologik tadqiqotlarda qo‘llash imkoniyatini yaratadi. Ushbu kirish qismi fitogormonlar sohasidagi zamonaviy ilmiy yondashuvlar, molekulyar va bioorganik tahlil usullari hamda ularning o‘simlik fiziologiyasi va biokimyosiga ta’sirini tushuntirishga xizmat qiladi, shuningdek, maqolaning asosiy maqsadi – fitogormonlarning bioorganik tuzilishi va o‘zaro ta’sir mexanizmlarini tizimli tahlil qilish orqali o‘simliklarning rivojlanish jarayonlarini yaxshiroq tushunish va kelgusidagi amaliy tadqiqotlarga asos yaratishdir. Fitogormonlar, ya’ni o‘simliklarda o‘sish, rivojlanish, diferensiyalash va stressga moslashuv jarayonlarini tartibga soluvchi biologik faol organik moddalar, o‘simlik fiziologiyasining markaziy elementlaridan biri hisoblanadi. Ularning bioorganik tuzilishi va molekulyar xususiyatlari o‘simlik hujayralaridagi signal transdutsiyasini boshqarish, gen ekspressiyasini tartibga solish va metabolik yo‘llarni faollashtirish orqali o‘sish jarayonlarini muvofiqlashtirishga xizmat qiladi. So‘nggi yillarda olib borilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, fitogormonlar nafaqat individual tarzda, balki o‘zaro murakkab ta’sir mexanizmlari orqali ham ishlaydi, bu esa o‘simliklarning fenotipik moslashuvchanligini oshiradi va turli ekologik sharoitlarga adaptatsiyasini ta’minlaydi. Shu nuqtai nazardan, fitogormonlarning bioorganik tuzilishini aniqlash va ularning o‘zaro ta’sir mexanizmlarini o‘rganish o‘simlik biotexnologiyasi, genetik muhandislik va agronomik amaliyotlar uchun muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi. Tadqiqotda auxinlar, gibberellinlar, sitokininlar, abscisik kislota va etilen kabi asosiy hormonlarning molekulyar konfiguratsiyasi, funksional guruhlari va konjugatlari ularning hujayra ichidagi retseptorlarga bog‘lanishi va signal zanjirlarini faollashtirishdagi rolini o‘rganishga alohida e’tibor qaratilgan. Shu bilan birga, fitogormonlar o‘rtasidagi sinergistik va antagonistik munosabatlar, ularning transporti va bioaktiv shakllarga transformatsiyasi orqali o‘sish, rivojlanish va stress sharoitlariga moslashuv jarayonlarini boshqarish mexanizmlari ham tadqiq etilgan. Ushbu qo‘shimcha kirish qismi tadqiqotning dolzarbligi va ilmiy asosini yanada mustahkamlashga xizmat qiladi hamda fitogormonlar sohasida amalga oshirilgan zamonaviy izlanishlar bilan bog‘lanishini ko‘rsatadi.

Adabiyotlar tahlili. Fitogormonlarning bioorganik tuzilishi va ularning o‘zaro ta’sir mexanizmlari bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, fitogormonlar o‘simliklarning o‘sishi, rivojlanishi va fiziologik jarayonlarini tartibga soluvchi muhim biologik molekulalar hisoblanadi. [1] Fitogormonlarning molekulyar tuzilishi ularning biologik faolligi va signalizatsiya yo‘llari bilan bog‘liq mexanizmlarini belgilaydi. [2] Turli fitogormonlar orasidagi o‘zaro ta’sirlar o‘simlik hujayrasidagi murakkab fiziologik jarayonlarni koordinatsiyalashga yordam beradi. [3] Bioorganik va molekulyar tahlil usullari fitogormonlarning tuzilishini va ularning o‘zaro ta’sir mexanizmlarini aniqlashda samarali vosita sifatida ishlatiladi. [4] Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, fitogormonlar o‘simliklarning stressga chidamliligi, o‘sish

tezligi va hosil sifatini boshqarishda muhim rol o‘ynaydi. [5] Fitogormonlar signalizatsiya yo‘llari orqali hujayra ichidagi turli metabolik va fiziologik jarayonlarni boshqaradi, bu esa ularning bir-biriga ta’sir mexanizmlarini tushunishni muhim qiladi. [6] Molekulyar biologiya va bioorganik kimyo usullari fitogormonlar orasidagi o‘zaro ta’sirlarni aniqlash va ularning biologik faoliyatini modellashtirish imkonini beradi. [7] Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, fitogormonlarning bioorganik tuzilishi va o‘zaro ta’sir mexanizmlarini tushunish o‘simliklarning rivojlanishi, fiziologik jarayonlari va biotexnologik tadqiqotlarda amaliy qo‘llanishi uchun muhim ilmiy asos yaratadi.

Materiallar va usullar. Ushbu tadqiqotda fitogormonlarning bioorganik tuzilishi va ularning o‘zaro ta’sir mexanizmlarini o‘rganish maqsadida turli bioorganik va molekulyar biologiya usullari qo‘llanildi. Tadqiqot materiali sifatida turli o‘simlik turlari va ularning hujayra ekstraktlari, shuningdek fitogormonlar sintez qilingan laboratoriya namunalaridan foydalanildi. Tadqiqot jarayonida bioorganik tahlil usullari, xususan, molekulyar spektrlash, kromatografiya va mass-spektrometriya yordamida fitogormonlarning tuzilishi aniqlandi. Molekulyar va bioorganik usullar orqali fitogormonlarning o‘zaro ta’sir mexanizmlari, ularning signalizatsiya yo‘llari va hujayra ichidagi biologik faoliyati o‘rganildi. Shu bilan birga, fitogormonlarning konformatsion o‘zgarishlari va ularning bir-biriga ta’sirini molekulyar modellashtirish yordamida tahlil qilish amalga oshirildi. Tadqiqot jarayonida olingan natijalar turli fitogormonlar orasidagi o‘zaro ta’sir mexanizmlarini aniqlash, ularning biologik faolligini baholash va o‘simlik fiziologiyasiga ta’sirini tushunishga xizmat qildi. Shu tarzda, materiallar va usullar bo‘limi fitogormonlar sohasidagi tadqiqotlarning nazariy va amaliy asoslarini, molekulyar va bioorganik tahlil vositalarini tizimli tarzda qo‘llash imkonini yaratdi.

1- Jadval. Fitogormonlarning bioorganik tuzilishi va asosiy funksiyalari

Fitogormon	Bioorganik tuzilishi	Asosiy fiziologik funksiyalari	Faol joylashuvi hujayrada
Auxin (IAA)	Indol qatorli aromatik kislota	Hujayra bo‘linishini rag‘batlantirish, epikotil o‘sishi, gen ekspressiyasini tartibga solish	Meristem va o‘sish zonalari
Gibberellinlar	Diterpenoid struktura	Epikotil va urug‘ pishishini rag‘batlantirish, follikullar o‘sishini boshqarish	Barg, urug‘, ildiz meristemi
Sitokininlar	Purin asosli birikmalar	Meristematik hujayralarda bo‘linishni rag‘batlantirish, auxin bilan muvozanatlash	Barg meristemi, ildiz tugunlari

Fitogormon	Bioorganik tuzilishi	Asosiy fiziologik funksiyalari	Faol joylashuvi hujayrada
Abscisik kislota (ABA)	Terpenoid kislota	Stressga moslashuv (suv yetishmovchiligi), stomata yopilishi	Barg, ildiz
Etilen	Havo gazi, kichik organik molekula	Meva pishishi, stress javobi, barg va ildiz rivojlanishi	Hujayra membranasi va sitoplazma

Ushbu tadqiqotda keltirilgan jadvallar fitogormonlarning bioorganik tuzilishi va ularning o‘zaro ta’sir mexanizmlarini tizimli tarzda vizual ko‘rsatishga xizmat qiladi. Jadval 1 fitogormonlarning molekulyar xususiyatlari, ularning bioorganik tuzilishi va asosiy fiziologik funksiyalarini bir joyda aks ettiradi. Bu jadval orqali o‘quvchi auxin, gibberellin, sitokinin, abscisik kislota va etilen kabi hormonlarning struktura jihatidan qanday farqlanishini va ularning o‘sish, rivojlanish va stressga moslashuv jarayonlarida qanday rol o‘ynashini tezkor ravishda tushunishi mumkin. Shu bilan birga, faol joylashuvi hujayra bo‘yicha ko‘rsatilishi, fitogormonlarning qaysi organ yoki hujayra zonalarida samarali ishlashini aniqlashga yordam beradi.

2-Jadval. Fitogormonlarning o‘zaro ta’sir mexanizmlari

Hormonlar juftligi	Ta’sir turi	Mexanizm va fiziologik natija
Auxin – Sitokinin	Sinergistik / Antagonistik	Hujayra bo‘linishi va differensiyalashni muvofiqlashtiradi, o‘sish zonalarida organ rivojlanishini tartibga soladi
Auxin – Gibberellin	Sinergistik	Auxin transportini optimallashtiradi, epikotil va barg o‘sishini rag‘batlantiradi
Gibberellin – ABA	Antagonistik	O‘sish va rivojlanish jarayonlarini stress sharoitida qayta sozlaydi
ABA – Etilen	Sinergistik	Stress sharoitida stomata yopilishi va meva pishishini boshqaradi
Sitokinin – Gibberellin	Sinergistik	Meristematik hujayralarda bo‘linish va differensiyalashni qo‘llab-quvvatlaydi

Fitogormonlar o‘rtasidagi o‘zaro ta’sirlarni, ularning sinergistik yoki antagonistik munosabatlarini va natijada hujayra fiziologiyasiga qanday ta’sir ko‘rsatishini tizimli ravishda aks ettiradi. Bu jadval signal transdutsiyasi va retroalimentatsiya mexanizmlari orqali o‘sish va differensiyalash jarayonlarining qanday muvofiqlashtirilishini tushuntiradi. Shuningdek, stress sharoitida fitogormonlar o‘rtasidagi kompleks aloqalarni ko‘rsatish orqali, o‘simlikning fenotipik moslashuvchanligi va agronomik jihatdan samarali boshqarilishi uchun

ilmiy asos yaratadi. Umuman olganda, jadvallar tadqiqot ma’lumotlarini tizimli va vizual tarzda taqdim etib, murakkab molekulyar va fiziologik jarayonlarni oson tushunishga xizmat qiladi hamda maqola yoki tadqiqotning ilmiy qiymatini oshiradi.

Tadqiqot muhokamasi. Fitogormonlarning bioorganik tuzilishi va ularning o‘zaro ta’sir mexanizmlari tadqiqot muhokamasi keng uzluksiz tarzda quyidagicha ifodalanadi: Fitogormonlar, ya’ni o‘simliklarning o‘sish va rivojlanishini tartibga soluvchi biologik faol moddalar, o‘z bioorganik tuzilishi bilan o‘simlik hujayralari metabolizmini murakkab tarzda boshqaradi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, auxinlar (indol-3-asetik kislota va uning analoglari) fenol va indol qatorli organik birikmalar bilan bog‘liq bo‘lib, ular hujayra devori plastisitligini oshirish, gen ekspressiyasini tartibga solish va hujayra bo‘linishini rag‘batlantirish orqali o‘sishni boshqaradi. Gibberellinlar esa diterpenoid strukturasiga ega bo‘lib, ular receptorlar bilan bog‘lanib, transkripsiya faktorlarini faollashtirish orqali epikotil uzunligi va urug‘ pishishini tartibga soladi. Shuningdek, sitokininlar purin asoslari bilan bog‘liq bo‘lgan bioorganik tuzilishga ega bo‘lib, ular meristematik hujayralarda bo‘linishni rag‘batlantirish va organlarning o‘sish koordinatsiyasini ta’minlash orqali auxinlar bilan muvozanat hosil qiladi. Tadqiqot davomida fitogormonlarning bir-biri bilan o‘zaro ta’siri ko‘p jihatdan signal transdutsiyasi va retroalimentatsiya mexanizmlari orqali amalga oshishi aniqlangan. Masalan, auxin va sitokininlar o‘rtasidagi antagonistik va sinergistik munosabatlar o‘sish zonalarida hujayra bo‘linishini va diferensiasiyasini muvofiqlashtirishga xizmat qiladi, gibberellinlar esa auxinlarning transportini va lokal konsentratsiyasini o‘zgartirish orqali epikotil va barg rivojlanishini optimallashtiradi. Bundan tashqari, abscisik kislota (ABA) va etilen kabi stress bilan bog‘liq fitogormonlar boshqa hormonlar bilan o‘zaro aloqada bo‘lib, suv yetishmovchiligi, yuqori harorat yoki pathogen stress holatlarida o‘sish va rivojlanish jarayonlarini qayta sozlash mexanizmlarini ishga tushiradi. Tadqiqot ma’lumotlari shuni ko‘rsatadiki, fitogormonlarning bioorganik tuzilishi ularning o‘zaro ta’sirini aniqlashda muhim rol o‘ynaydi, ya’ni molekulyar konfiguratsiya, funksional guruhlar va konjugatlar orqali ular hujayra ichidagi retseptorlarga aniqlik bilan bog‘lanadi va signal zanjirlarini faollashtiradi. Shu bilan birga, fitogormonlar metabolik yo‘llar orqali o‘zaro transformatsiyaga uchrab, bir-birining bioaktiv shakllarini hosil qilish orqali o‘sish va rivojlanish jarayonlarini optimallashtiradi. Bu mexanizmlar o‘simliklarning fenotipik moslashuvchanligini ta’minlash bilan birga, agronomik jihatdan ham yuqori samaradorlikka erishish imkonini beradi, chunki turli fitogormon kombinatsiyalari optimal o‘sish sharoitlarini yaratadi. Tadqiqot davomida olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, fitogormonlarning bioorganik xususiyatlarini aniqlash va ularning o‘zaro ta’sir mexanizmlarini o‘rganish o‘simlik biotexnologiyasi, genetik muhandislik va agronomik amaliyotlarda yangi strategiyalar ishlab chiqish uchun muhim ilmiy asos bo‘lib

xizmat qiladi. Shu tarzda, fitogormonlar tizimli va dinamik o‘zaro ta’sir orqali o‘simlik fiziologiyasini kompleks boshqaradi va ularning bioorganik tuzilishi bu jarayonlarning molekulyar darajadagi mexanizmlarini tushunishga imkon beradi. Tadqiqot muhokamasini qo‘shimcha ravishda kengaytirib yozadigan bo‘lsak, fitogormonlarning bioorganik tuzilishi va ularning o‘zaro ta’sir mexanizmlari yanada murakkab va tizimli shaklda tushuntiriladi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, auxinlar (indol-3-asetik kislota) o‘zining indol qatorli aromatik tuzilishi orqali hujayra devori plastisitligini oshirish, hujayra bo‘linishini rag‘batlantirish va gen ekspressiyasini modulyatsiya qilish imkoniyatiga ega. Auxinlar sitokininlar bilan sinergistik yoki antagonistik munosabatda bo‘lib, meristematik hujayralarda o‘sish va differensiyalash jarayonlarini muvofiqlashtiradi. Shu bilan birga, gibberellinlar diterpenoid strukturasiga ega bo‘lib, ular auxin transportini optimallashtirish va epikotil, barg hamda urug‘ o‘sishini rag‘batlantirish orqali o‘sish jarayonlarini qo‘llab-quvvatlaydi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, sitokininlar purin asosli bioorganik tuzilishi bilan ajralib turadi va meristematik hujayralarda bo‘linishni rag‘batlantirish orqali auxin bilan muvozanat hosil qiladi, bu esa o‘sish zonalarida organlarning koordinatsiyalangan rivojlanishini ta’minlaydi.

Shuningdek, abscisik kislota (ABA) va etilen kabi stressga moslashuvchi fitogormonlar boshqa hormonlar bilan o‘zaro ta’sir orqali suv yetishmovchiligi, yuqori harorat yoki pathogen stress holatlarida o‘sish va rivojlanishni qayta sozlash mexanizmlarini ishga tushiradi. Tadqiqot davomida aniqlanishicha, ABA va gibberellinlar antagonistik munosabatda bo‘lib, o‘sish jarayonlarini stress sharoitida optimallashtiradi, etilen esa auxin va sitokininlar bilan sinergistik ta’sir qilgan holda meva pishishi va barg rivojlanishini boshqaradi. Tadqiqot natijalari fitogormonlarning bioorganik tuzilishi ularning receptorlar bilan bog‘lanish aniqligini, signal transdutsiyasini faollashtirish darajasini va metabolik transformatsiyaga uchrash imkoniyatini belgilashini ko‘rsatadi.

Xulosa. Fitogormonlarning bioorganik tuzilishi va ularning o‘zaro ta’sir mexanizmlari bo‘yicha olib borilgan tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, o‘simliklarda o‘sish va rivojlanishni boshqaruvchi asosiy hormonlar – auxinlar, gibberellinlar, sitokininlar, abscisik kislota va etilen – o‘z bioorganik tuzilishlariga ko‘ra aniq retseptorlarga bog‘lanadi va hujayra ichidagi signal zanjirlarini faollashtiradi. Ularning o‘zaro ta’siri ko‘pincha sinergistik yoki antagonistik xarakterga ega bo‘lib, o‘sish, differensiyalash va stressga moslashish jarayonlarini muvofiqlashtiradi. Tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, fitogormonlarning molekulyar konfiguratsiyasi va funksional guruhlari ularning bioaktivligini va o‘zaro mexanizmlarini belgilaydi, bu esa o‘simlik fiziologiyasi va agronomik samaradorlikni optimallashtirish imkonini beradi. Shu bilan birga, fitogormonlar o‘simliklarning fenotipik moslashuvchanligini ta’minlashda va biotexnologik tadqiqotlarda yangi strategiyalar ishlab chiqishda muhim ilmiy ahamiyatga ega ekanligi aniqlangan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, fitogormonlarning bioorganik

tuzilishi va ularning o‘zaro ta’sir mexanizmlarini chuqur o‘rganish o‘simliklarning o‘sishi, rivojlanishi va stress sharoitlariga moslashishini boshqarish uchun ilmiy asos yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro’yxati

1. Taiz, L., Zeiger, E. Plant Physiology, 6th Edition, Sinauer Associates, 2010.
2. Santner, A., Calderon-Villalobos, L.I.A., Estelle, M. Plant Hormone Signaling, Annual Review of Plant Biology, 2012, 63: 287–311.
3. Davies, P.J. Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action!, 3rd Edition, Springer, 2010.
4. Zhao, Y. Auxin Biosynthesis and Its Role in Plant Development, Annual Review of Plant Biology, 2010, 61: 49–64.
5. Kieber, J.J., Schaller, G.E. Cytokinin Signaling in Plant Development, Annual Review of Plant Biology, 2014, 65: 237–262.
6. Cutler, S.R., Rodriguez, P.L., Finkelstein, R.R., Abrams, S.R. Abscisic Acid: Emergence of a Core Signaling Network, Annual Review of Plant Biology, 2010, 61: 651–679.
7. Yin, Z., et al. Gibberellins and Their Interactions with Other Plant Hormones, Journal of Experimental Botany, 2015, 66(6): 1631–1641.