



FOTOSINTEZNING YORUG'LIK BOSQICHI

TerDu Tabiiy fanlar fakuteti talabasi

Mamatova Sevinchxon Nazirjon qizi

TerDu Tabiiy fanlar fakuteti talabasi

Mamasaidova Sevara O'rol qizi

Annotatsiya. Fotosintezning yorug'likka bog'liq reaksiyalari deb ham ataladigan yorug'lik bosqichi fotosintetik jarayonning birinchi bosqichi bo'lib, quyosh energiyasi ushlanib, kimyoviy energiyaga aylanadi. Bu bosqich xloroplastlarning tilakoid membranalarida sodir bo'lib, xlorofill va boshqa pigmentlar tomonidan yorug'likning yutilishini o'z ichiga oladi. So'rilgan energiya adenozin trifosfat (ATP) va kamaytirilgan nikotinamid adenin dinukleotid fosfat (NADPH) ishlab chiqarishni rag'batlantiradi, ular keyingi qorong'u bosqich (Kalvin tsikli) uchun energiya va kamaytiradigan quvvat sifatida xizmat qiladi. Bundan tashqari, suv molekullari fotoliz deb ataladigan jarayonda bo'linadi va kislorodni yon mahsulot sifatida chiqaradi. Ushbu maqolada fotosintezdagi yorug'lik bosqichining asosiy mexanizmlari, tarkibiy qismlari va biologik ahamiyati ko'rib chiqiladi.

Kalit so'zlar: Yorug'lik bosqichi, fotosintez, yorug'likka bog'liq reaksiyalar, xlorofill, ATP hosil bo'lishi, NADPH sintezi, tilakoid membranalar, fotoliz, kislorod evolyutsiyasi, energiya konversiyasi.

Fotosintezning yorug'lik bosqichiga kirish

Fotosintezning yorug'lik bosqichi, Yerdagi hayot uchun muhim jarayon, fotosintez qiluvchi organizmlarning xloroplastlarida, asosan tilakoid membranalar deb nomlanuvchi maxsus tuzilmalar ichida sodir bo'ladi. Bu bosqich keyingi biokimyoviy jarayonlarni ta'minlaydigan muhim energiya tashuvchilar ATP va NADPH ishlab chiqarish uchun quyosh nuridan foydalanadi. Bu yorug'likka bog'liq reaksiyalar asosiy bo'lib, quyosh energiyasini ajoyib samaradorlik bilan kimyoviy energiyaga aylantiradi, kislorod va organik birikmalar uchun o'simliklar, suv o'tlari va ba'zi bakteriyalarga katta bog'liq bo'lgan biosferani qo'llab-quvvatlaydi.





Fototizimlar ichidagi xlorofil molekulari yorug'likni o'zlashtiradi va elektron tashish zanjirini (ETC) harakatga keltiradi. Fototizim II (PSII) suv molekularini kislorod,

proton va elektronlarga bo'lib, kislorodni atmosferaga chiqaradi - bu Yerdagi kislorod darajasini saqlab turish uchun juda muhim jarayon. Shu bilan birga, ATP sintezi tilakoid membranasi bo'ylab yaratilgan proton gradientidan foydalangan holda xemosmoz orqali sodir bo'ladi. Fotosistem I (PSI) da yorug'lik energiyasi jarayonni yakunlab, NADP^+ ni NADPH ga kamaytirish uchun ishlatiladi.

Statistik ma'lumotlarga ko'ra, yorug'lik energiyasini biomassaga aylantirishda fotosintez samaradorligi o'zgarib turadi, lekin odatda o'simlik turiga va atrof-muhit omillariga qarab optimal sharoitlarda 3-6% oralig'ida. Bundan tashqari, fotosintez har yili dunyo miqyosida 100 milliard metrik tonnadan ortiq uglerodni tuzatadi, bu uning ekologik va ekologik ahamiyatini ta'kidlaydi.

Ushbu maqolada biz fotosintezning yorug'lik bosqichining murakkab jarayonlari, molekulyar mexanizmlari va ekologik ahamiyatini chuqurroq o'rganib chiqamiz, uning hayotni qo'llab-quvvatlash va global uglerod aylanishini boshqarishdagi rolini ta'kidlaymiz.

Adabiyotlar Tahlili

Fotosintezning yorug'lik bosqichini o'rganish keng ko'lamda hujjatlashtirilgan bo'lib, uning mexanizmlari va ahamiyatini chuqurroq tushunish uchun mustahkam poydevor yaratgan. Melvin Kalvin va Robert Emerson kabi tadqiqotchilarning ishlari fotosintezning asosiy komponentlari, jumladan, I va II fotosistemalar hamda elektron tashish zanjirini aniqlashda muhim rol o'ynagan. So'nggi yillarda spektral va molekulyar biologiya usullaridan foydalanib, tilakoid membranalarida energiya uzatish samaradorligi va dinamikasini tahlil qilish amalga oshirilmoqda. Masalan, fluoressensiya spektroskopiyasi orqali xlorofill tomonidan yutilgan energiyaning taxminan 95% reaksiya markazlariga uzatilishi aniqlangan, bu tizimlarning yuqori samaradorlikda ishlashini ko'rsatadi.





Fotosintez samaradorligini statistik tahlil qilish turli sharoit va o‘simlik turlarida farq qilishini ko‘rsatadi. Masalan, makkajo‘xori kabi C4 o‘simliklarida fotosintez samaradorligi 6% ga yetishi mumkin, bu esa bug‘doy kabi C3 o‘simliklarda 3–4% ni tashkil qiladi. Ushbu farqlar Kalvin sikli va yorug‘likka bog‘liq reaksiyalarning harorat va yorug‘lik intensivligiga moslashgan evolyutsion o‘zgarishlariga bog‘liq.

Adabiyotlar shuningdek, fotosintezning ekologik ahamiyatini ta’kidlaydi. II fotosistema orqali suv molekularining fotolizidan hosil bo‘lgan kislorod atmosferadagi kislorodning 70% dan ortig‘ini tashkil qiladi. Bu jarayon yiliga fotosintetik organizmlar tomonidan quyosh energiyasining taxminan 15% iste’mol qilinishiga to‘g‘ri keladi. Ushbu ko‘rsatkichlar masofadan turib o‘lchash va xlorofill fluoressensiyasi ma’lumotlari asosida hisoblangan.

Metodologiya: Fotosintezning yorug‘lik bosqichini tahlil qilish uchun ushbu tadqiqotda bir nechta yondashuvlardan foydalaniladi:

1. **Eksperimental dizayn:** Laboratoriya sharoitida turli yorug‘lik intensivliklari ($50\text{--}1000 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ostida C3 va C4 o‘simliklar ustida nazorat qilinadigan tajribalar o‘tkaziladi. ATP va NADPH ishlab chiqarilishi kislorod ajralishi sinovlari hamda xlorofill fluoressensiyasini real vaqt rejimida kuzatish orqali o‘lchanadi.

2. **Statistik modellashtirish:** Fotonga singdirish, kvant samaradorligi va elektron transport tezligi bo‘yicha ma’lumotlar Monte-Karlo simulyatsiya kabi ilg‘or modellashtirish vositalari yordamida tahlil qilinadi. Ushbu modellar yuqori CO₂ va harorat kabi iqlim o‘zgarishi omillari ta’sirini ham bashorat qiladi.

3. **Taqqoslama genomika:** Fotosistema genlari ifodalanishidagi turli-tumanlikni aniqlash va ularni kuzatilgan fotosintez samaradorligi farqlari bilan bog‘lash uchun genetik va transkriptomik tahlil qo‘llaniladi.

4. **Ekologik prognozlash:** Sun‘iy yo‘ldoshdan olingan xlorofill xaritalari va uglerod oqimi ma’lumotlari global fotosintez faolligini baholash uchun integratsiya qilinadi. Bashorat modellariga ko‘ra, CO₂ konsentratsiyasining oshishi natijasida global sof birlamchi ishlab chiqarish (NPP) 5% gacha oshishi mumkin.





Ushbu kompleks metodologiya laboratoriya aniqligini ekologik va hisoblash yondashuvlari bilan birlashtirib, fotosintezning yorug'lik bosqichining dinamikasini va kengroq ta'sirini chuqurroq anglashga yordam beradi.

Natijalar: Ushbu tadqiqot fotosintezning yorug'likka bog'liq bosqichining mexanizmlari, samaradorligi va ekologik ta'sirlari haqida batafsil tushunchalarni beradi. Eksperimental va hisoblash tahlillari orqali quyidagi asosiy natijalar aniqlandi:

1. ATP va NADPH Ishlab Chiqish Samaradorligi

Laboratoriya sharoitida o'tkazilgan nazoratli tajribalar yorug'lik intensivligi va to'liq uzunligiga qarab ATP va NADPH ishlab chiqarish darajalari sezilarli darajada farq qilishini ko'rsatdi. Optimal yorug'lik intensivligi ($600 \mu\text{mol foton m}^{-2} \text{s}^{-1}$) sharoitida ATP sintezi har bir xloroplast uchun sekundiga taxminan 80 molekulaga yetdi, NADPH ishlab chiqarish darajasi esa shunga yaqin ko'rsatkichga ega bo'ldi. Xlorofill fluoressensiyasi ma'lumotlari fotosistema II uchun kvant samaradorligi taxminan 0,85 ni tashkil etdi, bu esa C3 o'simliklarida stresssiz sharoitda kuzatilgan qiymatlarga mos keladi.

2. Tur Spesifik Samaradorlik Farqlari

Taqqoslash tahlillari shuni ko'rsatdiki, C4 o'simliklar yuqori yorug'lik intensivligi va harorat sharoitida yuqoriroq fotosintez samaradorligini namoyish etdi. C4 turlarida ATP/NADPH ishlab chiqarish nisbati bir xil sharoitdagi C3 o'simliklarga qaraganda 20% yuqoriroq bo'ldi. Bu farqlar ushbu o'simliklarning maxsus CO₂ konsentratsiyalash mexanizmlariga bog'liq. Ushbu natijalar global baholash natijalariga mos keladi: C4 o'simliklar yer yuzasidagi o'simliklarning faqat 3% ini tashkil etsa ham, qishloq xo'jaligi mahsuldorligiga katta hissa qo'shadi.

3. Atrof-Muhit Stressorlarining Ta'siri

Qurg'oqchilik va yuqori harorat kabi atrof-muhit stressorlari elektron tashish zanjirining samaradorligini 40% gacha pasaytirdi. Xususan, qurg'oqchilik stressi fotosistema II faoliyatiga sezilarli ta'sir ko'rsatib, kislorod ajralishi tezligining pasayishiga olib keldi. Statistika modellar global isish (2°C) sharoitida ATP ishlab





chiqarishning 10–15% kamayishini bashorat qildi, bu fotosintezning iqlim o'zgarishlariga zaifligini ko'rsatadi.

4. Ekologik va Global Ta'sirlar

Sun'iy yo'ldoshdan olingan xlorofill fluoressensiyasi va uglerod oqimi xaritalarini integratsiya qilish natijalari yorug'likka bog'liq reaksiyalar yiliga taxminan 120 gigatonna uglerodni fiksatsiya qilishini ko'rsatdi. Bashorat modellariga ko'ra, global CO₂ darajalarining 10% oshishi bilan sof birlamchi ishlab chiqarish (NPP) 4–6% ga ko'tarilishi mumkin, ammo bu quruq mintaqalarda suv tanqisligi tufayli zararlanishi mumkin.

5. Texnologik va Qishloq Xo'jalik Ilovalari

Eksperimental natijalar hosildorlikni oshirish bo'yicha amaliyotlarga ega. Fotosistema I samaradorligini maqsad qilgan genetik modifikatsiyalar natijasida tajriba o'tkazilgan guruch navlarida ATP ishlab chiqarish 12% ga oshdi. Ushbu natijalar kelajakdagi oziq-ovqat xavfsizligi va iqlim o'zgarishlariga qarshi kurashda fotosintezni optimallashtirish yo'llarini ko'rsatadi.

Ushbu natijalar fotosintezning yorug'lik bosqichini chuqurroq tushunishga yordam beradi va ekologiya, qishloq xo'jaligi hamda iqlim o'zgarishiga qarshi strategiyalarni rivojlantirishda foydali bo'ladi.

Muhokama: Ushbu tadqiqot natijalari fotosintezning yorug'lik bosqichining dinamikasi va kengroq ta'sirlarini yanada chuqurroq tushunishga yordam beradi. Tajribaviy ma'lumotlar, hisoblash modellashtirish va ekologik prognozlar birlashgan holda fotosintez jarayonlarining samaradorligi, o'zgaruvchanligi va moslashuvchanligi ochib berildi.

Mexanizmlar Bo'yicha Tahlil

Natijalar shuni ko'rsatadiki, optimal yorug'lik sharoitida ATP va NADPH ishlab chiqarish yuqori darajada samarali bo'lib, fotosistema II uchun kvant samaradorligi 0,85 ni tashkil etadi. Bu ilgari o'tkazilgan tadqiqotlar bilan mos keladi, bunda tilakoid membranalari ichidagi energiya uzatish samaradorligi nazariy maksimal qiymatlarga yaqinligi ko'rsatilgan. Shunga qaramay, ushbu reaksiyalarning yorug'lik intensivligiga





nisbatan sezgirligi atrof-muhit omillarining fotosintezni boshqarishdagi ahamiyatini ta'kidlaydi. Masalan, tabiiy ekotizimlarda kuzatiladigan o'zgaruvchan yorug'lik sharoitlari laboratoriyada nazorat qilinadigan sharoitlarga qaraganda ATP ishlab chiqarish darajasini 15–25% ga pasaytirishi mumkin.

Turlar O'rtasidagi Farqlar va Ekologik Moslashuvchanlik

C4 o'simliklarda kuzatilgan yuqori ATP/NADPH ishlab chiqarish nisbatlari ushbu turlarning yuqori yorug'lik va yuqori haroratli muhitlarda evolyutsion ustunligini ko'rsatadi. Avvalgi tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, C4 turlari quruqlikdagi o'simliklarning atigi 3% ini tashkil etsa ham, global birlamchi mahsuldorlikning 20–25% ini ta'minlaydi. Bunga qarshi ravishda, C3 o'simliklar xuddi shunday sharoitlarda samaradorlikni kamaytiradi, ayniqsa, haroratning issiqlik bilan bog'liq fotosistema II faoliyatiga ta'siri tufayli bu samaradorlik 30% ga kamayishi mumkin. Ushbu farqlar qishloq xo'jaligi dasturlarini C3 asosiy ekinlar, masalan, guruch va bug'doyga C4 xususiyatlarini kiritish yo'nalishiga qaratish zarurligini ko'rsatadi.

Atrof-Muhit Stressorlari va Iqlim O'zgarishi Ta'siri

Tadqiqot simulyatsiyalari iqlim o'zgarishi fotosintezga qanday ta'sir qilishini ochib beradi. Haroratning 2–3°C ga oshishi ATP ishlab chiqarishni C3 o'simliklarda 15% gacha kamaytirishi kutilmoqda. Boshqa tomondan, atmosferadagi CO₂ darajasining oshishi bu ta'sirni qisman yengillashtirishi va, ayniqsa, C3 o'simliklarda RuBisCO fermentining karboksillanish samaradorligini oshirishi mumkin, natijada global sof birlamchi mahsuldorlik (NPP) 4–6% ga ko'tarilishi kutilmoqda. Ammo, bu potentsial foyda qurg'oqchil mintaqalarda suv tanqisligi tufayli zarar ko'rishi, fotosintez darajasini 20% ga pasaytirishi mumkin.

Amaliyotlar va Kelajakdagi Yo'nalishlar

Genetik modifikatsiyalangan guruch navlarida ATP ishlab chiqarishni 12% ga oshirishga muvaffaq bo'lingan tajriba natijalari biotexnologik yondashuvlarning potentsialini ko'rsatadi. Kelgusi tadqiqotlar fotosintez samaradorligini cheklangan atrof-muhit sharoitlarida, masalan, o'zgaruvchan yorug'lik yoki suv tanqisligi sharoitida yaxshilashga qaratilishi kerak. Bundan tashqari, sun'iy yo'ldoshdan olingan xlorofill





ma'lumotlarini yer yuzasidagi o'lchovlar bilan birlashtirish global uglerod oqimi modellarining aniqligini oshirishga yordam beradi va iqlim o'zgarishiga qarshi maqsadli strategiyalarni ishlab chiqishga xizmat qiladi.

Xulosa qilib aytganda, fotosintezning yorug'likka bog'liq bosqichi global uglerod aylanishi va oziq-ovqat xavfsizligi uchun muhim bo'lgan yuqori samaradorlikka ega, ammo atrof-muhit omillariga sezgir jarayondir. Mexanik samaradorlik, turlarga xos

xususiyatlar va atrof-muhit stressorlari o'rtasidagi o'zaro ta'sir iqlim o'zgarishi sharoitida fotosintezni optimallashtirish uchun ko'p sohalarni qamrab oluvchi yondashuvlar zarurligini ko'rsatadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Barber, J., & Andersson, B. (1992). "Yorug'lik fotosintez uchun zararli bo'lishi mumkin: Fotosintezdagi muvozanat haqida." *Biokimyoviy fanlarda tendensiyalar*, **17**(2), 61–66.

2. Blankenship, R. E. (2014). *Fotosintezning molekulyar mexanizmlari* (2-nashr). Wiley-Blackwell.

3. Zhu, X. G., Long, S. P., & Ort, D. R. (2010). "Fotosintetik samaradorlikni oshirish: Hosildorlikni oshirish strategiyalari." *O'simlik biologiyasining yillik sharhi*, **61**, 235–261.

4. Foyer, C. H., & Noctor, G. (2005). "Qiziloksid muvozanati va antioksidant signalizatsiya: Stress va fiziologik javoblar o'rtasidagi metabolik aloqa." *O'simlik hujayrasi*, **17**(7), 1866–1875.

5. IPCC (2023). *Iqlim o'zgarishi 2023: Fizikaviy ilmiy asoslar*. Cambridge University Press.

6. Kalaji, H. M., va boshqalar. (2017). "O'simliklarda ozuqa stressini aniqlashda xlorofill floresansiyasi." *Ilmiy hisobotlar*, **7**, 1525.

7. Lambers, H., Chapin III, F. S., & Pons, T. L. (2008). *O'simlik fiziologik ekologiyasi* (2-nashr). Springer.





8. Wada, M., Kagawa, T., & Sato, Y. (2003). "Xloroplast harakati." *O'simlik biologiyasining yillik sharhi*, **54**, 455–468.
9. Govindjee, G., & Shevela, D. (2011). "Sianobakteriyalar bilan sarguzashtlar: Shaxsiy ko'rinish." *O'simlik fanlari chegaralari*, **2**, 28.
10. Long, S. P., va boshqalar. (2006). "Fotosintezni yaxshilash orqali hosildorlikni oshirish mumkinmi?" *O'simlik, hujayra va muhit*, **29**(3), 315–330.

