

**THE EFFECT OF MINERAL ELEMENTS ON THE ACTIVITY OF
PHOTOSYNTHETIC ENZYMES IN PLANTS**

¹Kamola Nabiyeva.

Shahrasabz davlat pedagogika instituti talabasi.

E-mail: kamolanabiyeva480@gmail.com

tel: +998772577711

Kimyo fanlari doktori, Kamolov L.S taqrizi asosida

²Dilnoza Shavkatova,

Shahrasabz davlat pedagogika instituti

Tabiiy fanlar kafedrasi v.b.dotsenti

E- mail: shavkatova89dilnoza@mail.ru

tel: 91 949 10 30

Kimyo fanlari doktori, Kamolov L.S taqrizi asosida

Abstract.

This article analyzes the activity of key enzymes involved in plant photosynthesis and their dependence on mineral elements. The role of Mg, Fe, and Mn in the light and dark phases of photosynthesis is discussed based on scientific sources. Imbalance in mineral nutrition negatively affects enzymatic processes and reduces photosynthetic intensity. The results confirm that balanced mineral nutrition is an important factor in increasing photosynthetic efficiency.

Key words: photosynthesis, Rubisco, enzymes, mineral elements, plant physiology

**ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА АКТИВНОСТЬ
ФЕРМЕНТОВ ФОТОСИНТЕЗА У РАСТЕНИЙ**

Аннотация

В данной статье исследована активность ферментов, участвующих в процессе фотосинтеза у растений, и их связь с минеральными элементами. Проанализировано влияние магния, железа и марганца на активность ферментов.

Результаты показывают взаимосвязь между минеральным питанием и интенсивностью фотосинтеза, что важно для роста и урожайности растений.

Ключевые слова: фотосинтез, Рубиско, ферменты, минеральные элементы, физиология растений

O'SIMLIKLARDA FOTOSINTEZ FERMENTLARI FAOLLIGIGA MINERAL ELEMENTLARNING TA'SIRI

Annotatsiya

Ushbu maqolada o'simliklarda fotosintez jarayonida ishtirok etuvchi asosiy fermentlar va ularning faolligiga mineral elementlarning ta'siri tahlil qilingan. Fotosintezning yorug'lik va qorong'ilik bosqichlarida Mg, Fe va Mn elementlarining roli ilmiy manbalar asosida yoritilgan. Mineral oziqlanishning buzilishi fermentativ jarayonlarga va fotosintez samaradorligiga salbiy ta'sir ko'rsatishi aniqlangan. Tadqiqot natijalari qishloq xo'jaligida o'g'itlardan oqilona foydalanish zarurligini asoslaydi.

Kalit so'zlar: fotosintez, Rubisko, fermentlar, mineral elementlar, o'simlik fiziologiyasi

Kirish. Fotosintez — yashil o'simliklarda yorug'lik energiyasi yordamida organik moddalarning sintez qilinish jarayoni bo'lib, u biosferada hayotning asosiy manbai hisoblanadi. Fotosintez tabiatda sodir bo'ladigan eng, muhim biologik jarayonlardan biri. Fotosintezda quyosh energiyasi organik birikmalardagi kimyoviy energiyaga aylanadi. Fotosintezda hosil bo'lgan organik birikmalar barcha tirik organizmlar uchun asosiy hayot manbai hisoblanadi. Fotosintezda barcha tirik organizmlarning nafas olishi uchun zarur bo'lgan kislorod atmosferaga ajralib chiqadi. Fotosintez haqidagi dastlabki ma'lumotlar ingliz botanigi va kimyogari S. Geyls (1727), rus olimi M. V. Lomonosov (1753) ishlarida keltiriladi. Ammo Fotosintezni tajribalar orqali o'rganish ingliz kimyogari J.Pristli (1771), golland tabiatshunosi J.Senebye (1782), shveysariyalik olim T. Sossyur (1804) va boshqalarning ishlari bilan boshlandi. Nemis fiziologi Yu. Saks (1863) barglardagi xloroplastlarda kraxmal sintezlanishini ko'rsatadi. Fotosintezda kislorod hosil bo'lishi jarayonini nemis fiziologi T. V. Engelman (1881) o'rgangan.

Fotosintezda yorug'lik nurining ahamiyati 19-asrning o'rtalaridan o'rganila boshlandi. Rus olimi K. A. Timiryazev (1875) yorug'lik energiyasining o'simlikdagi xlorofill orqali fotosintetik o'zgarishlar jarayonida ishtirok etishini ko'rsatdi. XIX

asrning o'rtalaridan boshlab fotosintezni o'rganishda yangi metodlar gaz analizi, izotop metodi, spektroskopiya, elektron mikroskopiya usullari va boshqalar qo'llanila boshlangandan so'ng fotosintezda xlorofillning qatnashish mexanizmlari ishlab chiqildi. Fotosintez tufayli har yili quruqlikda 100—172 mlrd. t, dengiz va okeanlarda 60—70 mlrd. t (quruq og'irlikka nisbatan) organik modda hosil bo'ladi. Fotosintez tufayli atmosferadagi CO₂ miqdori doimiy (0,03%) saqlanib turadi. Fotosintez natijasida bir yil davomida atmosferaga tirik organizmlar nafas olishi uchun zarur bo'lgan 70—120 mlrd. t. ga yaqin erkin kislorod ajraladi. Ushbu jarayon samaradorligi ko'plab omillarga, xususan fermentlar faolligiga bog'liq. Ushbu jarayon biosferada modda va energiya almashinuvida markaziy o'rin tutadi. Fermentlar esa o'z navbatida o'simlikning mineral oziqlanish darajasiga chambarchas bog'liqdir. Fermentlar biologik katalizatorlar sifatida fotosintezning barcha bosqichlarida ishtirok etadi. Ularning faolligi esa muhit sharoiti, harorat, pH darajasi va ayniqsa mineral elementlarning mavjudligiga bevosita bog'liq.

Zamonaviy qishloq xo'jaligida hosildorlikni oshirish masalasi fotosintez intensivligini oshirish bilan bevosita bog'liq. Shu sababli fotosintetik fermentlar faoliyatida mineral elementlarning rolini o'rganish muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Mineral elementlar fermentlarning strukturaviy komponenti yoki kofaktori sifatida ishtirok etadi. Mineral oziqlanishdagi nomutanosiblik fotosintez tezligining pasayishiga, xlorofill miqdorining kamayishiga va o'simlik o'sishining susayishiga olib keladi. Shu sababli fotosintetik fermentlar faoliyatida mineral elementlarning rolini o'rganish biologiya va qishloq xo'jaligi fanlari uchun dolzarb ahamiyat kasb etadi.

-Mavzuga oid adabiyotlar tahlili (Literature review). Fotosintez jarayoni va uning fermentativ mexanizmi o'simlik fiziologiyasining eng chuqur o'rganilgan yo'nalishlaridan biridir. XX asrning o'rtalaridan boshlab fotosintezning biokimyoviy bosqichlari, xususan Kalvin sikli va karbonat angidrid fiksatsiyasi mexanizmi batafsil tadqiq etildi. Rus biokimyogari A. N. Bax (1893) fotosintez da SO₂ assimilyatsiyasi suv vodorodi va gidroksil guruhi ishtirokidagi oksidlanishqaytarilish jarayonidan iborat ekanligi haqida fikr bildirdi.

Gollandiyalik mikrobiolog K. B. Van Nil bakteriyalar va o'simliklar fotosintezini solishtirib, birlamchi fotosintezning fotokimyoviy jarayoni suvning dissotsialanishidan iboratligini aniqladi. Fotosintezlovchi bakteriyalar (sianobakteriyalardan tashqari) H₂S, N₂, SN₃ va boshqa qaytaruvchilarga muhtoj bo'lgani uchun kislorod ajratmaydi. Fotosintezning bu xili fotoreduksiya deyiladi.

1. Fotosintez fermentlari bo'yicha ilmiy qarashlar

Fotosintezning qorong'ilik bosqichida asosiy rol o'ynovchi ferment — RuBisCO bo'lib, u CO₂ ni ribuloza-1,5-bisfosfat bilan biriktiradi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, RuBisCO yer yuzidagi eng ko'p tarqalgan oqsillardan biri hisoblanadi. Biroq uning katalitik samaradorligi nisbatan past bo'lib, ferment faoliyati ko'plab omillarga, jumladan ion muhitiga bog'liq.

Taiz va Zeiger (2015) ma'lumotlariga ko'ra, fotosintetik fermentlarning faolligi Mg²⁺ ionlari mavjudligiga bevosita bog'liq. Mg²⁺ RuBisCO faol markazining aktivatori sifatida ishtirok etadi. Agar magniy yetishmasa, ferment substrat bilan bog'lana olmaydi va CO₂ fiksatsiyasi kamayadi.

Buchanan va boshqalar (2015) elektron transport zanjirida temir (Fe) tutgan sitoxromlar va ferredoksinning muhim rolini ko'rsatgan. Temir yetishmovchiligi NADPH hosil bo'lishini kamaytiradi, natijada qorong'ilik bosqichidagi reduksiya jarayonlari sustlashadi.

Temir yetishmovchiligi xlorofill sintezining buzilishiga va barglarda xloroz paydo bo'lishiga olib keladi. Marganes (Mn) suvning fotoliz reaksiyasida ishtirok etuvchi ferment kompleksining tarkibiy qismi hisoblanadi. Mn yetishmovchiligi kislorod ajralish jarayonini sekinlashtiradi va elektron transport zanjirini izdan chiqaradi. Mineral elementlarning optimal miqdori fermentlar faolligini oshiradi, ortiqcha yoki yetishmovchiligi esa fotosintez jarayonining pasayishiga olib keladi. Mineral elementlarning fotosintez fermentlariga ta'siri Magniy (Mg) ta'siri Marganes (Mn) esa suvning fotolizi jarayonida ishtirok etuvchi suv-parchalovchi kompleks tarkibiga kiradi. Ilmiy adabiyotlarda Mn yetishmovchiligi kislorod ajralishining kamayishiga olib kelishi qayd etilgan. Mengel va Kirkby (2001) o'z tadqiqotlarida mineral oziqlanishning fermentativ tizimlarga ta'sirini chuqur tahlil qilgan. Ularning fikricha, mineral elementlar: fermentlarning kofaktori sifatida ishtirok etadi. Ferment strukturasi barqarorlashtiradi, metabolik yo'llarni faollashtiradi.

Zamonaviy tadqiqotlarda fotosintez samaradorligi mineral oziqlanish darajasi bilan to'g'ridan-to'g'ri korrelyatsiyada ekanligi aniqlangan. RuBisCO ning past selektivligi fotosintez samaradorligini cheklaydi. Mineral elementlar muvozanati buzilganda oksidlovchi stress kuchayadi. Qishloq xo'jaligida noto'g'ri o'g'itlash ferment tizimlariga salbiy ta'sir qiladi. Shu sababli mineral elementlar va fotosintetik fermentlar o'rtasidagi bog'liqlikni kompleks o'rganish dolzarb hisoblanadi.

Ushbu metodologiya: ferment faolligi va mineral oziqlanish o'rtasidagi sabab-oqibat bog'liqligini aniqlash fotosintez samaradorligini oshirish strategiyalarini ishlab chiqish hosildorlikni ilmiy asosda boshqarish imkonini beradi. Fotosintez jarayoni ikki bosqichda amalga oshadi: yorug'lik bosqichi va qorong'ilik bosqichi (Kalvin sikli).

Yorug'lik bosqichida suvning fotolizi, elektronlar transporti va ATP hamda NADPH sintezi sodir bo'ladi. Qorong'ilik bosqichida esa karbonat angidrid organik moddalarga aylantiriladi.

Qorong'ilik bosqichining asosiy fermenti — RuBisCO bo'lib, u CO₂ ni ribuloza-1,5-bisfosfat bilan biriktiradi. Ushbu fermentning faolligi Mg²⁺ ionlariga bog'liq. Magniy fermentning faol markazini barqarorlashtiradi va karboksillanish reaksiyasini tezlashtiradi. Temir (Fe) fotosintezning yorug'lik bosqichida elektron tashuvchi oqsillar tarkibiga kiradi. Magniy xlorofill molekulasi markaziy atomi hisoblanadi. Shuningdek, Mg²⁺ ionlari Rubisko fermentining faol markazini aktivlashtiradi. Magniy yetishmovchiligi: barglarda sarg'ayish (xloroz), ATP sintezining pasayishi, fermentativ reaksiyalarning sustlashishi. Natijada fotosintez tezligi kamayadi.

Temir fotosintezning yorug'lik bosqichida elektron tashuvchi oqsillar tarkibiga kiradi (sitoxromlar, ferredoksin). Temir yetishmovchiligi: yosh barglarda kuchli xloroz, elektron transport zanjirining buzilishi, NADPH hosil bo'lishining kamayishi. Bu esa qorong'ilik bosqichida CO₂ birikish jarayonini sekinlashtiradi.

Marganes suvning fotoliz jarayonida ishtirok etuvchi ferment kompleksining tarkibiy qismi hisoblanadi. Mn yetishmovchiligi: kislorod ajralishining kamayishi, yorug'lik bosqichida, elektron oqimining susayishi, fotosintez intensivligining pasayishi

Mineral elementlarning ortiqcha yoki yetishmovchiligi ferment strukturasi o'zgartirishi mumkin. Og'ir metallarning ortiqcha miqdori fermentlarni ingibitsiya qiladi. Ion muvozanati buzilganda: ferment-substrat kompleksi hosil bo'lishi qiyinlashadi, metabolik jarayonlar izdan chiqadi. Biomassaning to'planishi kamayadi. Shu sababli o'simliklarni muvozanatli oziqlantirish muhim hisoblanadi.

- **Tadqiqot metodologiyasi (Research Methodology).** Tadqiqot metodologiyasi quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oldi: mavjud ilmiy manbalarni saralash, ularni mazmuniy tahlil qilish, asosiy tushunchalarni tizimlashtirish hamda olingan natijalarni ilmiy umimlashtirish. Natijalar strukturaviy-biokimyoviy yondashuv asosida talqin qilindi.

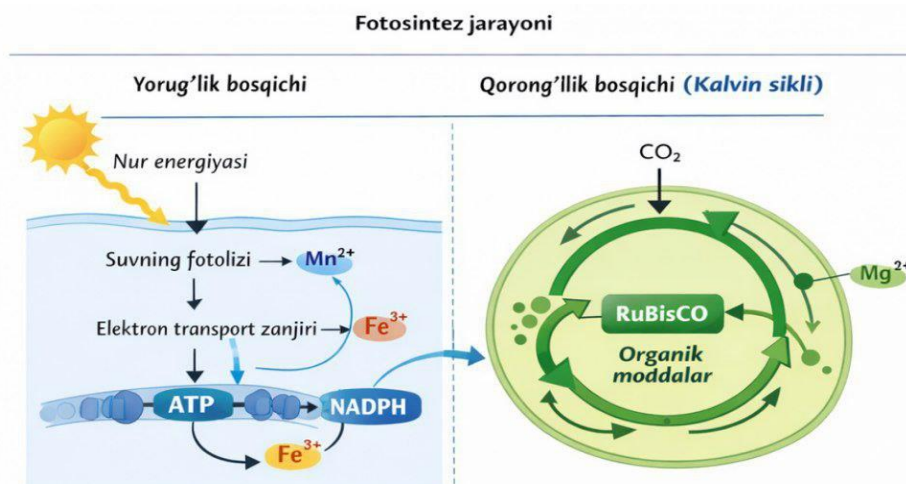
- **Tajriba va natijalar (Analysis and results).** O'tkazilgan nazariy tahlil shuni ko'rsatdiki, Mg, Fe va Mn elementlari fotosintetik fermentlar faoliyati uchun zarur kofaktorlar hisoblanadi. Ushbu elementlar yetishmovchiligi fotosintez jarayonining barcha bosqichlariga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Magniy Rubisko faolligini oshiradi, temir elektron transport tizimini barqarorlashtiradi, marganes esa suvning fotoliz jarayonini ta'minlaydi. Mineral

elementlarning optimal miqdori fotosintez tezligini oshiradi va biomassa hosil bo'lishini kuchaytiradi.

Qishloq xo'jaligi sharoitida o'g'itlardan ilmiy asosda foydalanish fotosintez samaradorligini oshirishga yordam beradi. Mineral oziqlanishni me'yorida boshqarish hosildorlikni sezilarli darajada ko'paytirishi mumkin.

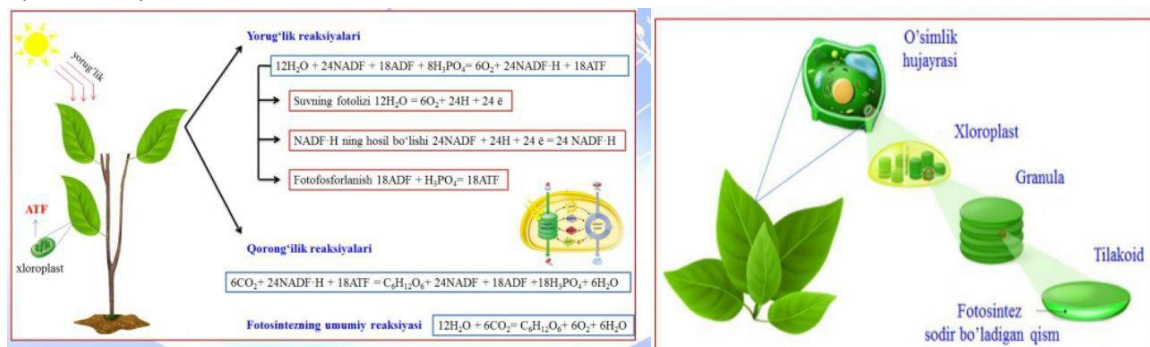
Fotosintez tabiatda eng muxim biologik jarayonlardan biri. Fotosintez tufayli har yili quruqlikda 100—172 mlrd. t, dengiz va okeanlarda 60—70 mlrd. t (quruq og'irlikka nisbatan) organik modda hosil bo'ladi. Fotosintez tufayli atmosferadagi CO₂ miqdori doimiy (0,03%) saqlanib turadi. Fotosintez natijasida bir yil davomida atmosferaga tirik organizmlar nafas olishi uchun zarur bo'lgan 70—120 mlrd. t. ga yaqin erkin kislorod ajraladi. Bu jarayonda o'rmonlar, ayniqsa katta ahamiyatga ega. Masalam, 1 ga o'rmon daraxtlari bahor va yoz oylarida 1 kishi nafas olishi uchun yetarli miqdorda kislorod ajratadi. Kislorod atmosferaning yuqori (25 km) qatlamida ozon (O₃) halqani hosil qilib, tirik organizmlarni ultrabinafsha nurlardan himoya qiladi (qarang Ozon). Fotosintez energetikasi hamda mexanizmini o'rganish kelajakda kishilik jamiyatini energiya va oziq-ovqat, ishlab chiqarishni xom ashyo bilan ta'minlash masalasini hal etishda juda katta ahamiyatga ega.



1-rasm. Fotosintez fermentlari va mineral elementlarning ta'siri

Fotosintez jarayonining ikki asosiy bosqichini — yorug'lik bosqichi va qorong'lik bosqichini o'zaro bog'langan holda tasvirlaydi hamda mineral elementlarning ushbu jarayonlardagi ishtirokini ko'rsatadi. Diagrammaning chap qismida yorug'lik bosqichi berilgan bo'lib, u xloroplastning tilakoid membranalarida sodir bo'ladi. Bu bosqichda quyosh nuri xlorofill tomonidan yutiladi va elektronlar

qo'zg'aladi. Natijada suv molekulasini fotoliz jarayonida parchalanadi, ya'ni suv vodorod protonlari, elektronlar va kislorodga ajraladi. Ushbu jarayonda marganes (Mn) muhim rol o'ynaydi, chunki u suvni parchalovchi kompleks tarkibiga kiradi. Agar Mn yetishmovchiligi yuzaga kelsa, kislorod ajralishi kamayadi va fotosintez intensivligi pasayadi. Yorug'lik bosqichida hosil bo'lgan elektronlar elektron transport zanjiri orqali harakatlanadi. Bu zanjirda temir (Fe) tutgan sitoxromlar va ferredoksin kabi oqsillar ishtirok etadi. Temir elektron tashish jarayonining uzluksizligini ta'minlaydi va NADPH hosil bo'lishiga yordam beradi. Agar Fe yetishmasa, elektron transport sekinlashadi, NADPH miqdori kamayadi va qorong'ilik bosqichi uchun zarur energiya yetarli bo'lmaydi. Shu bosqichda proton gradienti hosil bo'lib, ATP sintezlanadi. Shunday qilib, yorug'lik bosqichining asosi mahsulotlari ATP, NADPH va kislorod hisoblanadi. Diagrammaning o'ng qismida qorong'ilik bosqichi, ya'ni Calvin sikli tasvirlangan. Bu jarayon xloroplast stromasida kechadi va unda karbonat anhidrid organik moddalarga aylantiriladi. Ushbu bosqichning asosiy fermenti — RuBisCO bo'lib, u CO₂ ni ribuloza-1,5-bisfosfat bilan biriktiradi. Natijada organik birikmalar sintezi boshlanadi va oxir-oqibat glyukoza hosil bo'ladi. Bu jarayonda magniy (Mg) alohida ahamiyatga ega, chunki u RuBisCO fermentining faol markazini aktivlashtiradi va xlorofill molekulasining markaziy atomidir. Agar Mg yetishmasa, ferment faoliyati pasayadi, CO₂ fiksatsiyasi kamayadi va fotosintez samaradorligi susayadi. Bu esa barglarning sarg'ayishi va o'simlik o'sishining sekinlashishiga olib keladi.(2-rasm.)



2-rasm. O'simlik hujayrasida xloroplastlarning tuzilishi , yorug'lik va qorong'ilik bosqichlari.

Fotosintez aynan xloroplastlarda sodir bo'ladi. Xloroplast ichida granular mavjud bo'lib, ular tillakoidlar to'plamidan tashkil topgan. Tilakoid membranalari fotosintezning yorug'lik bosqichi kechadigan asosiy joy hisoblanadi. Xlorofill pigmenti aynan shu membranalarda joylashgan bo'lib, u quyosh nurini yutadi. Yutilgan yorug'lik energiyasi kimyoviy energiyaga aylantiriladi. Xloroplastning stroma deb ataluvchi suyuq qismida esa fotosintezning ikkinchi bosqichi – qorong'ilik

(yorug'likka bevosita bog'liq bo'lmagan) reaksiyalar amalga oshadi. Fotosintez ikki asosiy bosqichdan iborat: yorug'lik reaksiyalari va qorong'ilik reaksiyalari (Kalvin sikli). Yorug'lik reaksiyalari tilakoid membranalarida sodir bo'ladi. Bu bosqichda suv molekulasi parchalanadi, natijada kislorod ajralib chiqadi, elektronlar va protonlar hosil bo'ladi. Elektronlar maxsus tashuvchi molekulalar orqali harakatlanib, NADF dan NADF·H hosil qiladi va ATF sintezlanadi. ATF va NADF·H energiya saqlovchi birikmalar bo'lib, ular keyingi bosqich uchun zarur hisoblanadi. Qorong'ilik reaksiyalari esa xloroplast stromasida kechadi. Bu bosqichda karbonat angidrid ATF va NADF·H yordamida organik moddalarga aylantiriladi. Natijada glyukoza hosil bo'ladi. Demak, yorug'lik bosqichida energiya yig'iladi, qorong'ilik bosqichida esa shu energiya hisobiga organik modda sintez qilinadi.

Fotosintezning umumiy reaksiyasi quyidagicha: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ quyosh energiyasi ishtirokida $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ ga aylanadi. Ya'ni karbonat angidrid va suvdan glyukoza va kislorod hosil bo'ladi. Bu jarayon energiya yutilishi bilan kechadi. Hujayra nafas olish jarayoni esa buning teskarisidir: glyukoza kislorod ishtirokida parchalanib, karbonat angidrid va suv hosil qiladi hamda ATF ko'rinishida energiya ajraladi. Shunday qilib, fotosintez energiyani to'plovchi jarayon, nafas olish esa energiyani ajratuvchi jarayondir. Ular bir-biri bilan chambarchas bog'langan bo'lib, tabiatdagi modda va energiya aylanishining asosini tashkil etadi.

Mineral elementlarning har biri o'ziga xos bosqichda ishtirok etadi va ulardan birortasining yetishmovchiligi butun jarayon samaradorligini pasaytiradi. Shuning uchun mineral oziqlanishni ilmiy asosda boshqarish fotosintez samaradorligini oshirish va o'simlik hosildorligini ko'paytirish uchun muhim ahamiyatga ega.

1-jadval.

Mineral elementlarning fermentlar faoliyatiga ta'siri

Mineral element	Asosiy rol	Fermentga ta'siri	Yetishmovchilik belgilari	Ortiqcha miqdor oqibatlari
Mg (Magniy)	Xlorofill markazi, Rubisko aktivligi	Rubisko faolligi ↑, ATP sintezi ↑	Barglarda xloroz, fotosintez sekinlashadi	Ferment faoliyati izdan chiqadi
Fe (Temir)	Elektron transport zanjiri (sitoxromlar, ferredoksin)	Elektron tashish, NADPH hosil bo'lishi	Xloroz, elektron tashish pasayadi	ROS hosil bo'lishi, oksidlovchi stress
Mn (Marganes)	Suv fotolizi (O ₂ ajralishi)	Kislorod ajralishi ↑	Fotosintez intensivligi pasayadi	Suv parchalanishi susayadi

Jadval ushbu jarayonlarni tizimli ravishda umumlashtirib beradi. Unda har bir mineral elementning asosiy vazifasi, fermentlarga ta'siri, yetishmovchilik belgilari va ortiqcha miqdordagi salbiy oqibatlari ko'rsatilgan. Masalan, magniy xlorofill va ferment aktivatori sifatida ishlaydi, temir elektron transport zanjirining ajralmas qismi hisoblanadi, marganes esa suvning fotolizida ishtirok etadi. Yetishmovchilik holatlarida fotosintez intensivligi pasayadi, xloroz kuzatiladi va biomassa kamayadi. Ortiqcha miqdorda esa ferment tuzilmasi buzilishi va oksidlovchi stress paydo bo'lishi mumkin.

Umuman olganda fotosintez jarayoni murakkab, ammo muvozanatli tizim ekanligini ko'rsatadi. Fotosintez va hujayra nafas olish jarayonlari o'zaro teskari, ammo bir-birini to'ldiruvchi jarayonlar bo'lib, tabiatda uzluksiz biologik aylanishni hosil qiladi. Fotosintez energiyani yig'ish va saqlash vazifasini bajarsa, nafas olish jarayoni ushbu energiyani ajratib, tirik organizmlarning hayotiy faoliyatini ta'minlaydi. Shuningdek, fotosintezning bosqichlari, kimyoviy reaksiyalari va miqdoriy hisob-kitoblari biologiya fanini o'qitishda nazariy bilimlarni amaliy masalalar bilan bog'lash imkonini beradi.

Xulosa (Conclusion). Fotosintez jarayoni tirik tabiatning eng muhim va murakkab biologik hodisalaridan biri bo'lib, u Yer yuzida hayotning davom etishini ta'minlaydigan asosiy manba hisoblanadi. Fotosintez orqali yashil o'simliklar, suvo'tlar va ayrim bakteriyalar quyosh nurining energiyasini o'zlashtirib, uni kimyoviy energiyaga aylantiradi hamda noorganik moddalardan organik birikmalar sintez qiladi. Ushbu jarayon o'simlik hujayrasidagi xloroplastlarda, xususan, tilakoid membranalari va stromada bosqichma-bosqich amalga oshadi. Yorug'lik bosqichida suvning fotolizi

sodir bo‘lib, kislorod ajralib chiqadi, ATF va NADF·H kabi energiya tashuvchi birikmalar hosil bo‘ladi. Qorong‘ilik bosqichida esa karbonat angidrid ushbu energiya manbalari yordamida qayta ishlanib, glyukoza va boshqa organik moddalar hosil qilinadi.

Fotosintezning umumiy tenglamasi – karbonat angidrid va suvdan quyosh energiyasi ishtirokida glyukoza va kislorod hosil bo‘lishi – tabiatdagi modda va energiya aylanishining asosi ekanligini ko‘rsatadi. Bu jarayon nafaqat o‘simliklarning o‘sishi va rivojlanishi uchun, balki barcha tirik organizmlar uchun zarur bo‘lgan oziqa zanjirining boshlanish nuqtasi hisoblanadi. Chunki geterotrof organizmlar tayyor organik moddalarni iste‘mol qilish orqali yashaydi va bu moddalarning dastlabki manbai aynan fotosintezdir. Shu bilan birga, atmosferadagi kislorod miqdorining barqaror saqlanishi ham fotosintez jarayoni bilan chambarchas bog‘liqdir.

Fotosintez va hujayra nafas olish jarayonlari o‘zaro teskari, ammo bir-birini to‘ldiruvchi jarayonlar bo‘lib, tabiatda uzluksiz biologik aylanishni hosil qiladi. Fotosintez energiyani yig‘ish va saqlash vazifasini bajarsa, nafas olish jarayoni ushbu energiyani ajratib, tirik organizmlarning hayotiy faoliyatini ta‘minlaydi. Shuningdek, fotosintezning bosqichlari, kimyoviy reaksiyalari va miqdoriy hisob-kitoblari biologiya fanini o‘qitishda nazariy bilimlarni amaliy masalalar bilan bog‘lash imkonini beradi.

Umuman olganda, fotosintezni chuqur o‘rganish o‘quvchilarda ilmiy dunyoqarashni shakllantiradi, ekologik tafakkurni rivojlantiradi va tabiatdagi jarayonlarga ongli munosabatni kuchaytiradi. Fotosintez – bu nafaqat o‘simliklarning oziqlanish usuli, balki Yer sayyorasidagi hayotning energetik va ekologik poydevori hisoblanadi.

ADABIYOTLAR

1. Taiz L., Zeiger E., Møller I.M., Murphy A. Plant Physiology and Development. – 6th ed. – Sunderland: Sinauer Associates, 2015. – 761 p.
2. Hopkins W.G., Hüner N.P.A. Introduction to Plant Physiology. – 4th ed. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2009. – 528 p.
3. Buchanan B.B., Gruissem W., Jones R.L. Biochemistry and Molecular Biology of Plants. – 2nd ed. – Oxford: Wiley Blackwell, 2015. – 1280 p.
4. Hall D.O., Rao K.K. Photosynthesis. – 6th ed. – Cambridge: Cambridge University Press, 1999. – 214 p.
5. Blankenship R.E. Molecular Mechanisms of Photosynthesis. – 2nd ed. – Oxford: Wiley-Blackwell, 2014. – 312 p.

6. Raven P.H., Evert R.F., Eichhorn S.E. *Biology of Plants*. – 8th ed. – New York: W.H. Freeman, 2013. – 900 p.
7. Mengel K., Kirkby E.A. *Principles of Plant Nutrition*. – 5th ed. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. – 849 p.
8. O‘simliklar fiziologiyasi: Oliy ta’lim muassasalari uchun darslik / Tahrir ostida. – Toshkent: O‘qituvchi, 2018. – 320 b.
9. Fotosintez va mineral oziqlanish jarayonlari bo‘yicha ilmiy maqolalar // O‘zbekiston biologiya jurnali. – Toshkent, 2020–2023.