

535.243.63.195

**ՖՈՏՈՍԻՆԹԵԶԻ ՖՈՏՈՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐԻ
ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ՄԹՆՈԼՈՐՏԻ ՔԻՄԻԱԿԱՆ ԱՂՏՈՏՎԱԾՈՒԹՅԱՆ
ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ**

Ջ. Մ. ՃԱՎԱՇԵԱՆ

Հետազոտված են բույսերի ֆոտոսինթեզի առաջնային ֆոտոֆիզիկական փուլի կարգավորման մեխանիզմները մթնոլորտի քիմիական աղտոտվածության պայմաններում: Հայտնաբերված են ֆոտոսինթեզող սպայրառի կլանման սպեկտրում «հիպեքսոմային էֆեկտը» կապառամանուշակագույն տիրույթում: Պարզված են ֆոտոսինթեզող օրյեկտների կողմից լույսի կլանման և էլեկտրոնային զրգովածության էներգիայի միգրացիայի օրինաչափությունները, կախված մթնոլորտ աղտոտող նյութերի բնույթից և բույսերի տեսակից:

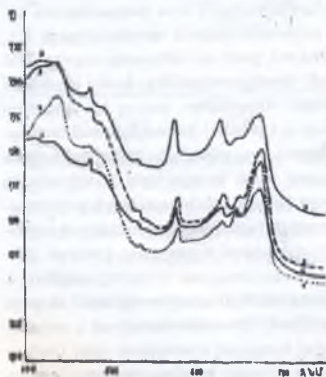
Արեգակնային էներգիայի կենսականվեսիայի պրոցեսում վճռական դերը պատկանում է ֆոտոսինթեզի առաջնային փուլին, մասնավորապես ֆոտոֆիզիկական պրոցեսներին, որոնք ընթանում են բույսերի, ջրիմուռների ու բակտերիաների ֆոտոսինթեզող ապարատի թաղանթներում: Ներկայումս աշխարհի տարբեր լաբորատորիաներում այդ պրոցեսները ուսումնասիրում են տարբեր ասպեկտներով: Ֆոթոսինթեզի պրոբլեմի կարևոր խնդիրներից մեկը հանդիսանում է նրա կարգավորման մեխանիզմների պարզաբանումը մթնոլորտի աղտոտվածության պայմաններում: Այդ ունի տեսական և գործնական մեծ նշանակություն, քանի որ մթնոլորտի աղտոտումն առաջացնում է տիկալոիդային թաղանթների վերակառուցումներ, որոնք բերում են առաջնային պրոցեսների փոփոխությունների: Վերջիններս կարող են պատճառ դառնալ բույսերում արեգակնային էներգիայի ոչ էֆեկտիվ փոխակերպման համար: Մթնոլորտի աղտոտվածության պայմաններում ֆոտոսինթեզի ֆոտոֆիզիկական պրոցեսների հետազոտումը հնարավորություն կտա կարգավորել և ղեկավարել դրանք, նպատակ ունենալով ինտենսիվացնել ֆոտոսինթեզի պրոցեսը և բարձրացնել ֆոտոսինթեզող օրգանիզմների լիերքատվությունը: Նման ուսումնասիրությունները կնպաստեն նաև էկոլոգիական պրոբլեմների լուծման նպատակով մշակելու կենսաֆիզիկական չափանիշներ մթնոլորտի աղտոտվածության ֆոտոֆիզիկացիայի և մոնիտորինգի համար: Այդ կարգի հետազոտություններն ավելի արդիական են դարձել կապված տրանսպորտի, արդյունաբերության, գյուղատնտեսության և ռազմական տեխնիկայի կողմից մթնոլորտի թունավոր նյութերով աղտոտման հետ: Ներկայումս մեր մոլորակի որոշ ռեգիոններում խիստ մեծացել է մթնոլորտ արտանետվող թունավոր նյութերի տեսականիս և թանակը:

ՀԵՏԱԶՈՏՄԱՆ ՆՊԵՏԱԿԸ: Ներկայ աշխատանքի նպատակն էրել է մթնոլորտի աղտոտվողներ քիմիական աղտոտվածության պայմաններում ուսումնասիրել ֆոտո-

սինթետիկ ֆոտոֆիզիոլոգիական փուլի կարգավորումը, պարզաբանել բույսերի ֆոտոսինթեզող ապարատի կողմից լույսի կլանման և էլեկտրոնային զրգռվածության էներգիայի միգրացիայի կարգավորման մեխանիզմները:

ՀԵՏԱԶՈՏԱՆ ԾԱՅԵԿՏՆԵՐԸ ԵՎ ՄԵՌՈՂՆԵՐԸ: Մթնոլորտի աղտոտվածության պայմաններում ֆոտոսինթետիկ ֆոտոֆիզիոլոգիական փուլը հետազոտել ենք տարեր ծառերի և խոտաբույսերի տերևներում և նրանց մեկուսացված քլորոպլաստներում: Բնական պայմաններում մթնոլորտի աղտոտվածության երկարատև ազդեցությունը հետազոտել ենք Վանաձոր քաղաքի քիմիական կոմբինատի ազդեցության գոտում աճող ծառաբույսերի (*Aesculus hippocastanum* L., *Juglans regia* L., *Populus gracillilis* Grossh., *Acer trautvet. terii* Medu., *Robinia pseudoacacia* L.) մոտ: Մթնոլորտի աղտոտվածության կարճատև ազդեցության ուսումնասիրման համար, որպես հետազոտման օբյեկտ ծառայել են մի շարք խոտաբույսեր (*Phasiolus vulgare* L., *Latuca sativa*) ֆոտոսինթեզող ապարատը: Աշխատանքում օգտագործել ենք կենսաֆիզիոլոգիական և կենսաքիմիական ժամանակակից մեթոդներ: Չափումները կատարել ենք սերիական արտադրության ինչպես նաև մեր կողմից ստեղծված սարքերի օգնությամբ: Տերևների և քլորոպլաստների կլանման և նրանց ածանցյալ սպեկտրները, սենյակային և հեղուկ ազոտի ջերմաստիճանում (-196°C), զրանցել ենք ՄՖ-10 սպեկտրոֆոտոմետրի օգնությամբ, որն օժտված է մեր կողմից հավաքված սպեկտրները ածանցող սարքով: Անջատված պիգմենտային կոմպլեքսների կլանման սպեկտրները հետազոտել ենք Սպեկտրո-40 սպեկտրոֆոտոմետրով: Ֆլուորեսցենցիայի ջերմահիմնով կցված փոփոխության զրանցումը կատարել ենք մեր կողմից ստեղծված ֆլուորոմետրի օգնությամբ (1): Բույսերի տերևներից քլորոպլաստների անջատումը կատարել ենք հետազոտողների կողմից ճանաչում գտած մեթոդով (2): Պիգմենտների քանակական անալիզը կատարել ենք ինչպես նրանց ընդհանուր խառնուրդում երկալիքային մեթոդով (2), այնպես էլ մեր կողմից կատարելագործված թղթային բրոմատոգրաֆիայի եղանակով (3):

ՀԵՏԱԶՈՏԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԸ: Մթնոլորտի աղտոտվածության պայմաններում բույսերի ֆոտոսինթետիկ ֆոտոֆիզիոլոգիական պրոցեսներում, մասնավորապես ֆոտոսինթեզող օբյեկտի լուսականման սպեկտրներում տեղի ունեցող փոփոխությունների ուսումնասիրման համար կարևոր մեթոդ է հանդիսանում

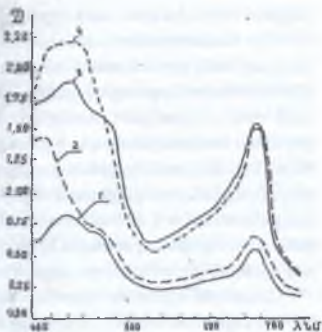


Նկ. 1. Չիակասի (1,2) և Բարդու (3,4) քլորոպլաստների կլանման սպեկտրները -196° -ում: Քիմիական կոմբինատից 3-4 կմ (1,3) և 0.3-0.4 կմ (2,4) հեռավորություն վրա աճած:

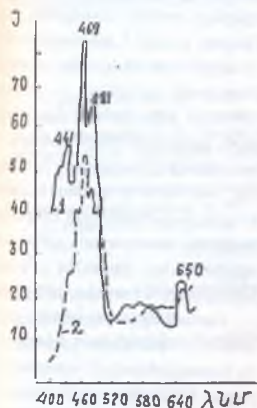
սպեկտրներում տեղի ունեցող փոփոխությունների ուսումնասիրման համար կարևոր մեթոդ է հանդիսանում ցածր ջերմաստիճանային սպեկտրոսկոպիան: Նկ. 1-ում բերված են քիմիական կոմբինատի մոտակայքում (0,3-0,4 կմ) և նրանցից 3-4 կմ հեռավորության վրա աճած ծառաբույսերի քլորոպլաստների կլանման ցածր ջերմաստիճանային սպեկտրները: Այդ սպեկտրալ կորերը բնորոշ են նրանով, որ քլորոֆիլների և կարոտինոիդների մոլեկուլների լուսականման շերտերից բացի ի հայտ են գալիս կլանման մոտ շիրտեր, որոնց մաքսիմումները ընկած են 420 նմ, 530 նմ, 576 նմ և 630 նմ ալիքային երկարություններում: Այդ սպեկտրները

վկայում են այն մասին, որ մթնոլորտի քիմիական աղտոտվածության պայմաններում ֆոտոսինթետիկ օբյեկտների կլանման սպեկտրներում ի հայտ եկող փոփոխությունները կախված են բույսի տեսակից և մթնոլորտի աղտոտվածության աստիճանից: Ընդ որում ոչ զազաղիմացկուն ծառերի (*Robinia pseudoacacia*, *Populus gracilis*, *Acer trautvetter*) քլորոպլաստների կլանման սպեկտրներում դիտվում է լուսակլանման անկում հատկապես քլորոֆիլային մոլեկուլների կլանման տիրույթներում:

Ոչ զազաղիմացկուն ծառաբույսերի քլորոպլաստների ցածր ջերմաստիճանային կլանման ածանցյալ սպեկտրների ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ քլորոպլաստների կողմից լուսակլանման անկումը պայմանավորված է քլորոֆիլային պիգմենտների բնական սպեկտրալ ձևերի ոչ միահավասար վնասմամբ: Առավել զգայուն են 648 մմ, 682 մմ և 693 մմ ձևերը և համեմատաբար կայուն է 662 մմ ձևը: Սակայն այլ օրինաչափություն է դիտվում զազաղիմացկուն ծառաբույսերի (*Aesculus hippocastanum*, *Junglans regia*) քլորոպլաստների կլանման սպեկտրներում: Նրանց մոտ նկատվում է լույսի կլանման մեծացում սպեկտրի 400-750 մմ տիրույթում: Լուսակլանման ուժեղացումը կարելի է բացատրել այդ բույսերի քլորոպլաստների տիպկոնյային թաղանթներում պիգմենտների տարբեր սպեկտրալ ձևերի մոտ մոլեկուլների քանակի ավելացմամբ: Հատկապես խթանվում են քլորոֆիլի մոլեկուլների կարծախիբային 648 մմ, 669 մմ ձևերի սինթեզը: Բնական պայմաններում պիգմենտների վրա մթնոլորտի աղտոտվածության



Նկ. 2. Լորու (1,2) և սալաբի (3,4) տերևների կլանման սպեկտրները սենյակային ջերմաստիճանում, ամոնիակի 6×10^{-3} մգ/լ (2) և ծխի (4) կարծատն (15 ր.) ազդեցությունից առաջ և հետո:



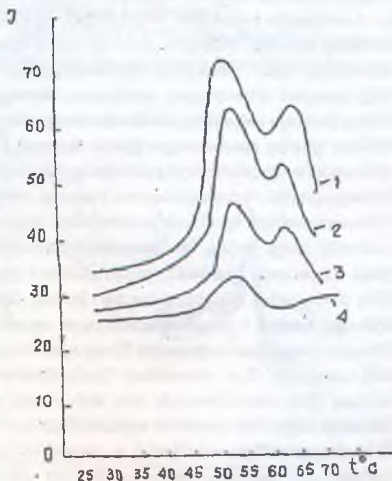
Նկ. 3. Տերևներում քլորոֆիլ ա-ի գրգռման սպեկտրն ամոնիակի ազդեցությունից առաջ (1) և հետո (2) (6.10-3 մգ/լ):

ազդեցության վերաբերյալ սպեկտրալ մեթոդով ստացված այս տվյալները համապատասխանում են մեր կողմից քլորոպլաստաֆիլային մեթոդով (3) կատարված պիգմենտների քանակական անալիզի տվյալներին: Գազաղիմացկուն ծառաբույսերի քլորոպլաստների կլանման սպեկտրների հետազոտումը ցույց տվեց, որ կապտամանուշակագույն տիրույթում դիտվում է լույսի կլանման կտրուկ ուժեղացում (հիպերքլորմային էֆեկտ): Այդ երևույթը կարելի է բացատրել մթնոլորտ արտանետվող գազանման ազոտային միացությունների ազդեցությամբ: Այս տեսակետի հիմնավորման համար մենք ուսումնասիրել ենք մաս տարբեր բույսերի տերևների կլանման սպեկտրների կրած փոփոխություններն ամոնիակի և բուսական օբյեկտների այրումից առաջացած ծխի կայուն ազդեցություններից հետո (նկ. 2): Դժվար չէ նկատել, որ բույսերի վրա ամոնիակի և ծխի ազդեցության դեպքում նրանց տերևների կլանման սպեկտրների կապտամանուշակագույն տիրույթում

լույթում նույնպես դիտվում է հիպերբրոմային էֆեկտ:

Ար հետազոտության հաջորդ փուլում կատարել ենք հիպերբրոմային էֆեկտի առաջացմանը քլորոպլաստների պիգմենտների մասնակցության պարզաբանումը: Այդ նպատակով կատարել ենք պիգմենտների որակական և քանակական վերլուծությունը բրոմատոգրաֆիայի և սպեկտրոֆոտոմետրիայի մեթոդների կիրառմամբ: Լաբորատոր մոդելավորումը ցույց է տալիս, որ քլորոֆիլային և կարոտինոիդային պիգմենտների մոլեկուլները չեն ենթարկվում քիմիական ձևափոխության կամ այնպիսի փոփոխության, որոնք կրեքեին սպեկտրի կապտամանուշակագույն տիրույթում լուսակլանման կտրուկ մեծացմանը՝ հիպերբրոմային էֆեկտին: Այստեղից կարելի է եզրակացնել, որ հիպերբրոմային էֆեկտի առաջացմանը մասնակցում են ֆոտոսինթեզի օբյեկտների անգույն բաղադրամասերը:

Այնուհետև կատարել ենք տիտուլոլիզային թաղանթներում պիգմենտների էլեկտրոնային գրգռվածության էներգիայի տեղափոխման և վերաբաշխման վրա քիմիական աղտոտվածության ազդեցության ուսումնասիրություն: Էներգիայի միգրացիան ուսումնասիրել ենք ֆլուորեսցենցիայի գրգռման սպեկտրների օգնությամբ: Նկ. 3-ում բերված են բույսի տերևներում քլորոֆիլ ա-ի գրգռման սպեկտրներն ամոնիակի ազդեցությունից առաջ և հետո: Սպեկտրի կապտամանուշակագույն տիրույթում լույսի կլանման կտրուկ մեծացմանը համապատասխան պետք է դիտվեր էներգիայի տեղափոխման ուժեղացում սպեկտրի այդ տիրույթում: Սակայն դրան հակառակ քլորոֆիլ ա-ի գրգռման սպեկտրի (նկ. 3) կապտամանուշակագույն տիրույթում տեղի է ունենում սենսիբիլիզացված ֆլուորեսցենցիայի ելքի ուժեղ անկում: Այդ վկայում է այն մասին, որ տեղի է ունենում էներգիայի միգրացիայի էֆեկտիվության նվազում, որը կարելի է բացատրել անհայտ նյութի և քլորոֆիլի մոլեկուլի միջև էներգետիկ փոխազդեցության բացակայությամբ: Հավանաբար հիպերբրոմային էֆեկտ առաջացնող



Նկ. 4. Սալաթի տերևներում քլորոֆիլի ֆլուորեսցենցիայի ելքի ջերմաինդուկցված փոփոխությունը կախված ամոնիակի կոնցենտրացիայից:

1. ստուգիչ: 3.1, 8.10-2 մգ/լ;
2. 6.10-3 մգ/լ; 4. 4, 9.10-2 մգ/լ:

նյութը կլանում է օբյեկտի վրա ընկած էներգիայի մի մասը և այդ էներգիան միգրացիայի չի ենթարկվում, և չի օգտագործվում ֆոտոսինթեզի համար: Այսպիսով, այդ էֆեկտը բերում է քլորոպլաստների պիգմենտների կողմից լուսային էներգիայի կլանման և տեղափոխման նվազեցման: Այդ փորձերի արդյունքներից հետևում է, որ քիմիական նյութերով մթնոլորտի աղտոտումը կարող է առաջացնել նաև էներգիայի տեղափոխության խանգարում օժանդակ պիգմենտների (քլորոֆիլ բ, կարոտինոիդներ) և քլորոֆիլ ա-ի միջև:

Համաձայն ժամանակակից պատկերացումների ֆոտոսինթեզի ֆոտոֆիզիկական պրոցեսների բարձր էֆեկտիվությունն ապահովում է ոչ միայն երկու տիպի ֆոտոսինթեզի միավորների (ունիցեննարալ և մուլտիցեննարալ) առկայությամբ, այլ նաև երկու ֆոտո-

համակարգերի (ՖՀ 2 և ՖՀ 1) միջև կլանված էներգիայի ճիշտ վերաբաշխմամբ: Վերջինս կրում է բարդ բնույթ, որը ստացել է «սպլիտվեր» անունը և հիմնականում կախված է ֆոտոսինթեզող տիլակոիդային թաղանթների կոնֆորմացիոն վիճակից (4): Այս տեսակետից մթնոլորտի բիմիական ադոտոպիանության պայմաններում երկու ֆոտոհամակարգերի միջև կլանված լուսային էներգիայի վերաբաշխման փոփոխության ռադիոստատիստիկական համար լավագույն մեթոդներից մեկը հանդիսանում է քլորոպլաստներում քլորոֆիլի ֆլուորեսցենցիայի ելքի ջերմաինդուկցված փոփոխության կինետիկական կորերի զրանցումը: Այդ մեթոդը հնարավորություն է տալիս ֆոտոսինթեզող օբյեկտներում ռադիոստատիստիկական ելքով ֆոտոհամակարգերի միջև էներգիայի վերամշակումը, կախված ֆոտոսինթեզող թաղանթների կոնֆորմացիայի վիճակից (1): Այստեղ նկ. 4-ում բերված են սալաթի (*Latuca sativa*) տերևներում քլորոֆիլի մոլեկուլի տերևներում ֆլուորեսցենցիայի ելքի ջերմաինդուկցված փոփոխության կորերը ամոնիակի ազդեցությունից առաջ և հետո: Դժվար չէ նկատել, որ օդում ամոնիակի քանակի բարձրացման հետ միասին տեղի է ունենում քլորոֆիլի մոլեկուլի ֆլուորեսցենցիայի զուտարային ինտենսիվության փոքրացում (արտահայտված մակերեսով) զլխավորապես բարձր ջերմաստիճանային զազաթների ինտենսիվության նվազման հաշվին: Բույսերի քլորոպլաստների տիլակոիդային թաղանթներում ենթադրվում է ֆոտոսինթեզի միավորի ունիցենտրալ և մուլտիցենտրալ տիպերի առաջացում, կախված թաղանթի կոնֆորմացիայի վոփոխությունից և ֆոտոհամակարգերի միջև առաջացած նոր փոխազդեցություններից (4):

Այսպիսով, ելնելով մեր հետազոտությունների տվյալներից կարելի է եզրակացնել, որ մթնոլորտի բիմիական ադոտոպիանության պայմաններում բույսերի ֆոտոսինթեզի ֆոտոֆիզիկական պրոցեսները կրում են յուրահատուկ փոփոխություններ, կախված մթնոլորտի ադոտոման բնույթից և բույսերի տեսակից: Մասնավորապես ցույց է տրված, որ լուսակլանումը որպես ֆոտոսինթեզի սկզբնական փուլ կախված է մթնոլորտի բիմիական ադոտոպիանությունից: Աշխատանքում առաջին անգամ դիտվել և ուսումնասիրվել է «Հիպերբորմային էֆեկտը» սպեկտրի կապտամանուշակագույն տիրույթում և սահմանվել է որպես ֆոտոսինթեզող օբյեկտներում ոչ զուտաբերական հայտ նյութի ձևավոխության արդյունք:

Գրականություն

1. Джавршян Дж. М. Способ исследования биологических объектов, Авторское свидетельство 1254360, 1986, Приоритет от 5 марта 1985 г.
 2. Гавриленко В. Ф., Ладыгина М. Е., Хандобина Л. М. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание. М., "Всш. школа". 1975. с. 105-125.
 3. Джавршян Дж. М. Быстрое разделение основных пигментов листа меч с14 с помощью бумажной хроматографии. Научная конфер. по геологомисералогическим, географическим и биологическим наукам за 1965 г. изд. КГУ, 1966 г.
 4. Рубин А. Б. Биофизика. Книга 2.
- Биофизика клеточных процессов М., "Всш. школа", 1987 г., ст. 191-208.

**ԱՊՐԷ, բժշկա-կենսաբանական գիտությունների
և բիմիայի ամբիոն
ԵՊՀ կենսաֆիզիկայի ամբիոն**

Ստացված է 10.06.1997

Дж. М. Чавршян

Исследование фотофизических процессов фотосинтеза в условиях химического загрязнения атмосферы

РЕЗЮМЕ

В процессе биоконверсии солнечной энергии в растениях решающую роль играют первичные стадии фотосинтеза, в частности фотофизические процессы, которые протекают в тиллакоидных мембранах фотосинтетического аппарата. В настоящее время во многих лабораториях мира исследуются различные аспекты первичных процессов фотосинтеза. Важным биофизическим аспектом этой проблемы является изучение первичных фотофизических процессов фотосинтеза при загрязнении атмосферы. Это обусловлено тем, что первичные фотофизические процессы могут являться причиной падения эффективности биоконверсии солнечной энергии при фотосинтезе. Подобные исследования будут способствовать разработке биофизических подходов для управления и интенсификации процессов фотосинтеза, а также разработке критериев для биофизического мониторинга окружающей среды.

В данной работе исследовано влияние антропогенного загрязнения атмосферы на фотофизические процессы фотосинтеза. Показано, что процессы поглощения и миграции энергии электронного возбуждения пигментов, как начальные этапы фотосинтеза, зависят от химического загрязнения атмосферы. В работе обнаружено явление "гиперхромия" в сине-фиолетовой области спектра, которое связано с превращением неизвестного бесцветного вещества под действием азотсодержащих газообразных загрязнителей атмосферы.

Установлено, что явление "гиперхромия" в сине-фиолетовой области спектра ведет к неэффективному поглощению и миграции энергии в этой области.