

Կենսաբանություն

УДК 58.03+581.174+543.428

Ջ. Մ. ՃԱՎՐՇԱՆ, Հ. Հ. ԹԱՂԵՎՈՍՅԱՆ

ՔԼՈՐԵԼԱ ԵՎ ՍՊԻՐՈՒԼԻՆԱ ՄԻԿՐՈՋԻՄԻՈՆՆԵՐԻ ԷԼԵԿՏՐՈՆ-  
ՏՐԱՆՍՊՈՐՏԱՅԻՆ ԵՂԹԱՅԻ ՌԻՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ  
ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ ԿԱՊԱՐԻ ԱՌԿԱՅՈՒԹՅԱՄԲ

Ներկայումս ֆոտոսինթետիկ ապարատի տիպակոդային թաղանթներում էլեկտրոնների տեղափոխման գործընթացների վրա ծանր մետաղների ազդեցության ուսումնասիրությունը հանդիսանում է ժամանակակից կենսաֆիզիկայի կարևոր խնդիրներից մեկը:

Հայտնի է, որ երբ ջրիմուռները ինտոքսիկացվում են ծանր մետաղների աղերով, նրանց ֆոտոսինթեզի ինտենսիվությունը հանդիսանում է շատ արդյունավետ տեստային ռեակցիա [1]: Քլորոպլաստների էլեկտրոն-տրանսպորտային շղթայի տարրեր հատվածներում ծանր մետաղները արգելակում են էլեկտրոնների տեղափոխությունը: Արդյունաբերական և գյուղատնտեսական թափոնների հետևանքով առաջացած ծանր մետաղների շարքին է դասվում կապարը (Pb), որը ֆոտոսինթեզը ընկճող ֆիտոտոքսիկ ազեոններից մեկն է [2]: Կապարը իջեցնում է ֆոտոսինթեզի ինտենսիվությունը և անջատված քլորոպլաստներում արգելակում Հիլի ռեակցիան: Ծանր մետաղների ազդեցության ժամանակ առաջնային թիրախ են հանդիսանում ֆոտոհամակարգ-2-ի (ՖՀ2) օքսիդացող բաղադրիչները:

Թեև բույսերի և միկրոօրգանիզմների տեսակների, ինչպես նաև մշակման պայմանների բազմազանությունը բարդություն է ստեղծում հետազոտությունների արդյունքների համեմատության և եզրահանգումների համար, սակայն ծանր մետաղների խիստ ֆիտոտոքսիկ ազդեցությունը կասկած չի հարուցում [3]:

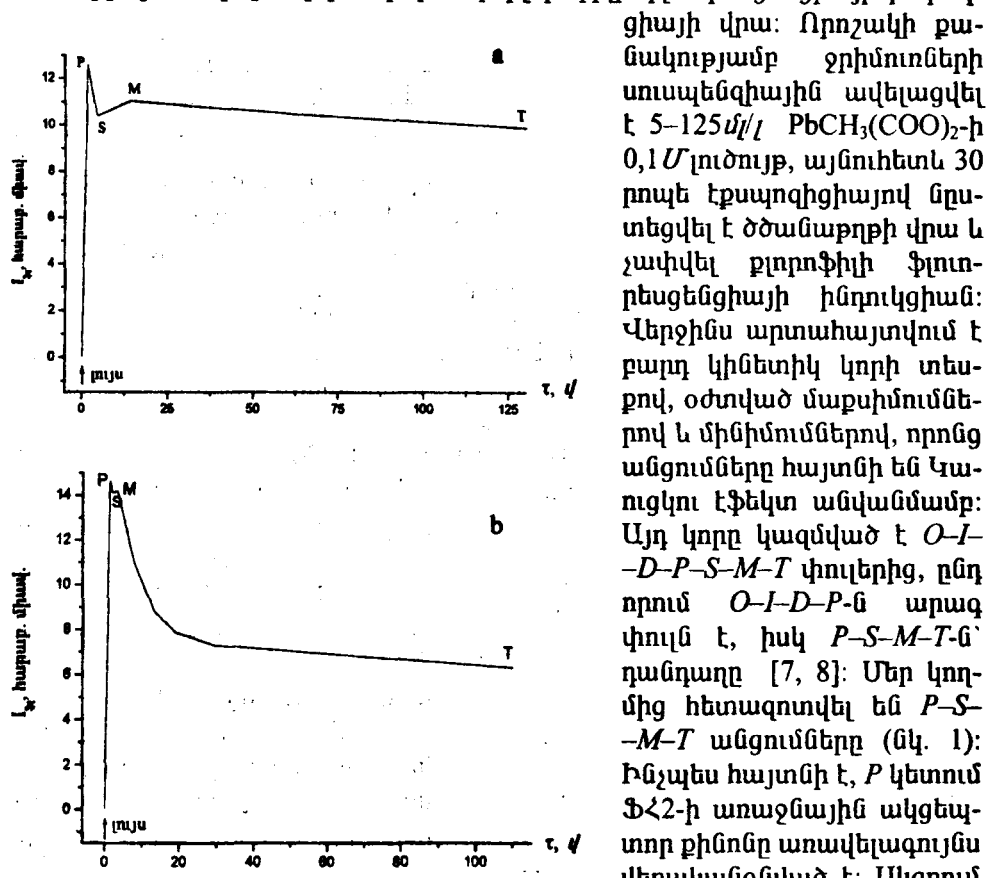
Սույն աշխատանքի նպատակն է եղել ուսումնասիրել կապարի ազդեցությունը միկրոօրգանիզմների էլեկտրոն-տրանսպորտային շղթայում էլեկտրոնների տեղափոխման ակտիվության վրա, որով պայմանավորված է ֆոտոսինթեզի առաջնային պրոցեսների էֆեկտիվությունը [4, 5]:

Հետազոտության մեթոդիկան: Աշխատանքում օգտագործվել են միաբջիջ կանաչ ջրիմուռ *Chlorella pyrenoidosa*-ն, որը աճեցվել է Տամիայի միջավայրում (рН 6,8) սենյակային ջերմաստիճանում ( $25^{\circ}\text{C}$ ), լուսավորու-

թյունը 500–800 լ/ուր, ինչպես նաև *Spirulina platensis*-ը՝ անեցված Չառուկի միջավայրում նույն պայմաններում:

Ֆլուորեսցենցիայի ինդուկցիան գրանցել ենք [6]-ում նկարագրված ֆլուորիմետր-ֆոսֆորոսկոպով: Փորձերի կենսաբանական կրկնողությունը հնգակի է:

Արդյունքները և նրանց բննարկումը: Մեր կողմից դիտարկվել է կապարի տարբեր բանակության ազդեցությունը կանաչ և կապտականաչ ջրիմուռների ֆոտոսինթետիկ ապարատի քլորոֆիլի ֆլուորեսցենցիայի ինդուկցիայի վրա: Որոշակի քանակությամբ ջրիմուռների սուսպենզիային ավելացվել է 5–125 մ/լ  $PbCH_3(COO)_2$ -ի 0,1 Մ լուծույթ, այնուհետև 30 րոպե էքսպոզիցիայով նրստեցվել է ծծամաթթրի վրա և չափվել քլորոֆիլի ֆլուորեսցենցիայի ինդուկցիան:



Նկ. 1. Սպիրուլինա (a) և քլորելա (b) միկրոջրիմուռների ֆլուորեսցենցիայի ինդուկցիոն կորերը:

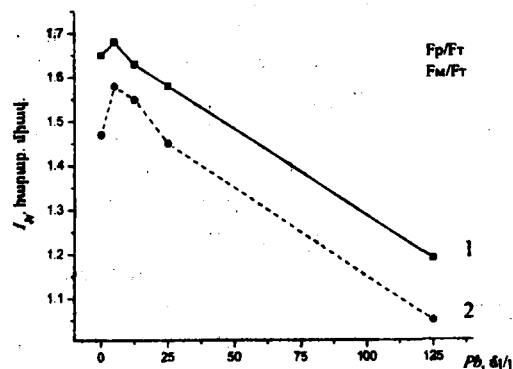
նում է երկրորդ մաքսիմումը՝ *M*, որին հաջորդում է ֆլուորեսցենցիայի ինտենսիվության անկում մինչև *T* մակարդակ: *P-S* անցման 2 եղանակ կա. առաջինը՝ ֆոտոքիմիական, որը կապված է ՖՀ2-ի քիմոնի օքսիդացման հետ և երկրորդը՝ ոչ ֆոտոքիմիական մարում, որը կապված է ՖՀ2-ից ՖՀ1 (ֆոտոհամակարգ 1) գրգռման էներգիայի վերաբաշխման հետ [8]: Այդ երևույթը ստացել է *սպիլոլեթ* անվանումը: Այն բարձրակարգ բույսերի դեպքում բացատրվում է լույս հավաքող կոմպլեքսի սպիտակուցների ֆոսֆորիլացմամբ, որը հանգեցնում է պիզմենո-սպիտակուցային համակարգի կոնֆորմացիոն փոփոխության, արդյունքում գրգռման էներգիան փոխանցվում է ՖՀ2-ից ՖՀ1-ին [4, 8]:

Ինչպես երևում է նկ. 1-ից, թեև քլորելայի և սպիրոլինայի ինդուկցիոն կորերը բավականին տարբեր են, սակայն  $P-S-M-T$  անցումները երկուսի դեպքում էլ լավ արտահայտված են:

*Քլորելայի ֆլուորեսցենցիայի P, S, M, T պարամետրերի ինտենսիվությունները (հարաբ. միավորներ) կախված միջավայրում կապարի կոնցենտրացիայից*

Pb, մ/լ	P	S	M	T
ստուգիչ	9,94	9,02	9,04	6,04
5,0	11,06	10,32	10,32	6,54
12,5	11,7	11,2	11,22	7,2
25,0	10,5	9,7	9,34	6,4
125,0	7,2	6,4	6,6	5,2

Փորձերի արդյունքները ցույց են տալիս, որ կապարի  $0,1U$  լուծույթի ցածր կոնցենտրացիայի ( $5-25$  մ/լ) դեպքում դիտվում է ինդուկցիոն կորերի բոլոր մաքսիմումների և մինիմումների աճ ստուգիչի հետ համեմատաձև, որը կապված է ջրիմուռների պաշտպանական հարմարվողական պրոցեսների ակտիվացման հետ [9]: Ենթադրվում է, որ  $P$  մաքսիմումի աճը քլորելայի դեպքում 11,5%-ով (տես աղյուսակը) կապված է ՖՀ2-ի ռեակցիոն կենտրոնների առավելագույն փակման հետ: Ինչ վերաբերում է ֆլուորեսցենցիայի դանդաղ  $S-M-T$  փոփոխությանը, ապա՝ համաձայն ժամանակակից պատկերացումների, այն կապում են ԱԵՖ/ԱԴՖ, ՆԱԴՖՀ/ՆԱԴՖ՝ անցումների և



Նկ. 2:  $F_p/F_T$  (1) և  $F_m/F_T$  (2) հարաբերությունների կախվածությունը միջավայրում կապարի կոնցենտրացիայից:

խախտում: Արդյունքում տեղի է ունենում քլորոֆիլի գրգռված վիճակի դեգակտիվացիա ֆլուորեսցենցիայի ճանապարհով: Ընդ որում, նկատվում է ֆլուորեսցենցիայի թույլ արտահայտված աճ  $M-T$  հատվածում:

Հայտնի է, որ ծանր մետաղները առաջացնում են քլորոֆիլի լույս հավաքող կոմպլեքսների դեգադրեզացիա, ֆոտոհամակարգերի ռեակցիոն կենտրոնների գրգռման էներգիայի փոխանցման խանգարում, ինչպես նաև կապվում են ՖՀ1-ի և ՖՀ2-ի քլորոֆիլ-սպիտակուցային լույս հավաքող կոմպլեքսների կոդմից [10, 11]:

Կապարի կոնցենտրացիայի հետագա մեծացումը ( $25$  մ/լ) առաջացնում է ֆլուորեսցենցիայի  $P$  և  $S$  կետերի անկում, որը պայմանավորված է ՖՀ2-ից ՖՀ1 էներգիայի փոխանցման մեծացումով:

Միջավայրում մեծ քանակությամբ կապարի ( $125$  մ/լ) առկայության դեպքում նկատվում է ինդուկցիոն կորի բոլոր մաքսիմումների կտրուկ անկում: Pb-ի մեծ կոնցենտրացիան առաջացնում է ՖՀ2-ի պիզմենտ-սպիտակուցային համակարգի կառուցվածքային ամբողջականության

Որպես դանդաղ ֆլուորեսցենցիայի ինդուկցիայի պարամետրեր ստացել ենք  $F_M/F_T$  հարաբերությունը (նկ. 2), որը ցույց է տալիս ֆոտոսինթեզի էֆեկտիվությունը, ինչպես նաև  $F_P/F_T$  հարաբերությունը, որը ցույց է տալիս բյուրեղի ֆլուորեսցենցիայի մարումը ամբողջ  $P-S-M-T$  տիրույթում [3]: Այստեղ  $F_M$ -ը և  $F_P$ -ն ֆլուորեսցենցիայի այն մակարդակներն են, որոնք համապատասխանում են ինդուկցիայի  $M$  և  $P$  մաքսիմումներին, իսկ  $F_T$ -ն ֆլուորեսցենցիայի ստացիոնար վիճակն է:

Կապարի կոնցենտրացիայի մինիմալ քանակությունը ( $5\text{մ}/լ$ ) հանգեցնում է  $F_P/F_T$  հարաբերության աճին, իսկ  $5-125\text{մ}/լ$ -ը՝ նվազմանը: Միևնույն օրինաչափությունն է նկատվում նաև  $F_M/F_T$  հարաբերության համար, որի աճը պայմանավորված է լուսավորման առաջին վայրկյաններին ԱԵՖ-ի սինթեզի ակտիվացմամբ  $\Delta pH$ -ի փոքրացման հաշվին [3]:

Մեր ուսումնասիրությունները ցույց են տվել նաև, որ ոչ ֆոտոդեմիական մարման գործակիցը ( $qN=(P-P')/P$  [12]) բյուրեղայի դեպքում աճում է 28%-ով ( $Pb=125\text{մ}/լ$ -ի դեպքում), ինչը պայմանավորված է նրա ֆոտոսինթետիկ ապարատի վրա ծանր մետաղների ազդեցությամբ:

Ինչ վերաբերում է սպիրտլինային, ապա մեր կողմից պարզվել է, որ ուսումնասիրված կոնցենտրացիայի տիրույթում վերջինս շատ ավելի կայուն է կապարի ազդեցության նկատմամբ և նրա ֆոտոսինթետիկ ակտիվությունը նկատելի փոփոխության չի ենթարկվում՝  $qN$  գործակիցը գրեթե չի փոխվում:

Վերը բերված և գրականությունից հայտնի տվյալները թույլ են տալիս եզրակացնել կապարի ազդեցության ժամանակ ֆոտոսինթետիկ ապարատի ոչ հատկանշական և ոչ միաբժեք պատասխան ռեակցիայի մասին. փոքր կոնցենտրացիաների դեպքում դրսևորվում է ֆոտոսինթետիկ ակտիվության աճ, մեծ կոնցենտրացիաների դեպքում՝ ֆոտոսինթետիկ ապարատի ինակտիվացիա:

Կենսաֆիզիկայի ամբիոն

Ստացվել է 18.06.2004

#### Գ Ր Ա Կ Ա Ն ՈՒ Թ Յ ՈՒ Ն

1. Зайцева И.И. – Ботанический журнал, 1999, т. 84, № 8, с. 33–41.
2. Полюнов В.А., Маторин Д.Н., Вавилин Д.В. – Физиол. раст., 1993, т. 40, № 5, с. 754–759.
3. Караваяев В.А., Баулин А.М. – Физиол. раст., 2001, т. 48, № 1, с. 47–54.
4. Рубан А.В., Федоренко Ю.П. – Физиол. раст., 1991, т. 38, № 2, с. 228–234.
5. Samson G., Porovic R. – Ecotoxicol. Environ. Saf., 1988, v. 16, № 3, p. 272–278.
6. Джавршян Дж.М. – Первичные процессы фотосинтеза растений при загрязнении атмосферы и перспективы биофизического мониторинга: Автореф. дис. на соискание уч. ст. док. биол. наук. Минск, 1991.
7. Гаевский Н.А., Моргун В.Н. – Физиол. раст., 1993, т. 40, № 1, с. 136–145.
8. Веселовский В.А. Люминесценция растений. М.: Наука, 1990, 200с.
9. Таланова В.В., Титов А.Ф. – Физиология и биохимия культурных растений, 2001, т. 33, № 1, с. 33–37.
10. Бекасова О. Д., Бреховский А.А. – Биофизика клетки, 2002, т. 47, № 3, с. 515–523.
11. Amblard-Gross G., Fegard J.F. – Environ. Pollut., 2002, v. 120, № 1, p. 47–58.
12. Рубин А.Б. Биофизика. Т. 2. М.: Книжный дом «Университет», 2000, 468с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОН-ТРАНСПОРТНОЙ ЦЕПИ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ХЛОРЕЛЛЫ И СПИРУЛИНЫ ПРИ НАЛИЧИИ В СРЕДЕ СВИНЦА

### Резюме

Исследовали влияние разных концентраций свинца на индукцию флуоресценции хлорофилла *a* хлореллы и спирулины. Начиная с концентрации 12,5 мг/л, наблюдалось падение параметров индукционной кривой. Изменение этих параметров свидетельствует о снижении активности ФС2. Также показано, что спирулина более устойчива к наличию свинца в среде, чем хлорелла.

J. M. JAVRSHYAN, H. H. TADEVOSYAN

## STUDY OF ELEKTRON TRANSPORT CHAIN OF MICROALGAE CHLORELLA AND SPIRULINA IN PRESENCE OF LEAD IN THE ENVIRONMENT

### Summary

Effects of different lead concentrations on induction of chlorophyll *a* fluorescence were studied in *Chlorella* and *Spirulina*. Beginning with concentration of 12,5 mg/l falling of parameters of induction curve was observed. The change of these parameters indicates decrease of activity of PS II. It is also shown, that *Spirulina* is steadier in presence of lead in the environment, than *Chlorella*.