



UDK:582.263:639.64

Erkin BAYMURZAYEV,
O'zR FA Mikrobiologiya instituti tayanch doktoranti
E-mail: erkin9414@gmail.com
Anatoliy TONKIX,
O'zR FA Mikrobiologiya instituti katta ilmiy xodimi, b.f.n.
E-mail: anatoliytonkikh@mail.ru
Olga VERUSHKINA,
O'zR FA Mikrobiologiya instituti kichik ilmiy xodimi, PhD.
E-mail: olga.verushkina@bk.ru

O'zMU dotsenti, b.f.n., A.Bekmuxamedov taqrizi asosida

DUNALIELLA SALINA OROL MIKROSUVO'TI BIOMASSASINING TO'PLANISHIGA ELEKTROMAGNIT MAYDONLARNING TA'SIRI

Annotatsiya

Ushbu tadqiqot ishda turli elektromagnit maydonlarning (EMM) *Dunaliella salina* mikrosvu'ti Orol shtamining rivojlanishiga ta'siri o'rganilgan. 4, 10, 20 Gts past chastota impulsli elektromagnit maydonlar eng samarali ekanligi aniqlangan. *Dunaliella salina* mikrosvu'tini ochiq havoda yetishtirish bo'yicha o'tkazilgan tajribalarda 4 Gts chastota impulsli EMM va 500 nTl atrofidagi magnit induksiyasi bilan kultural muhitga uzluksiz ishlov berish ushbu mikrosvu'tining rivojlanishini o'rtacha 20% ga tezlashtirish mumkinligi aniqlandi.

Kalit so'zlar: *Dunaliella salina*, past chastotali impulsli elektromagnit maydon, yetishtirish, biomassa.

ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА НАКОПЛЕНИЕ БИОМАССЫ АРАЛСКОЙ МИКРОВОДОРОСЛИ DUNALIELLA SALINA

Аннотация

В работе исследовано действие различных электромагнитных полей (ЭМП) на развитие Аральского штамма микроводоросли *Dunaliella salina*. Показано, что наиболее эффективными являются импульсные электромагнитные поля низких частот 4, 10, 20 Гц. В экспериментах по культивированию *Dunaliella salina* на открытом воздухе показано, что непрерывная обработка культуральной среды импульсным ЭМП с частотой 4 Гц и магнитной индукцией около 500 нТл, ускоряет процессы развития этой микроводоросли приблизительно на 20%.

Ключевые слова: *Dunaliella salina*, низкочастотное импульсное электромагнитное поле, культивирования, biomassa.

THE EFFECT OF ELECTROMAGNETIC FIELDS ON THE ACCUMULATION OF BIOMASS OF THE ARAL MICROALGAE DUNALIELLA SALINA

Annotation

In this work, the effect of various electromagnetic fields (EMF) on the development of the Aral strain of microalgae *Dunaliella salina* was studied. It is shown that low-frequency pulsed electromagnetic fields of 4, 10, 20 Hz are the most effective. Experiments on the cultivation of *Dunaliella salina* in the off door showed that continuous treatment of the culture medium with a pulsed EMF with a frequency of 4 Hz and a magnetic induction of about 500 nTl accelerates the development of this microalgae by approximately 20%.

Keywords: *Dunaliella salina*, low frequency pulsed electromagnetic field, cultivation, biomass.

Kirish. Hozirgi kunda sanoat uchun ahamiyatli bo'lgan mikroorganizmlarni, ya'ni suv o'tlarni o'sishini, metabolitlar sintezini faollashtiruvchi omillar ta'sirini o'rganish va ulardan istiqbolli foydalanish usullarini ishlab chiqish algologik biotexnologiya oldiga qo'yilgan dolzarb muammolardan biri bo'lib hisoblanadi.

Faollashtiruvchi omillardan biri bo'lgan impulsli EMM larning ta'sirini va fan oldidagi ba'zi muammolarni o'rganish joizdir. Bu muammolardan biri, qanday qilib manbadan 10-15 sm oraliqqa tarqalmaydigan 50 Gts chastotali doimiy magnit yoki sinusoidal maydonlar bir necha yuz kubometr hajmli katta plantatsiyalarda mikrosvu'tlarining ko'payishini faollashtirish uchun ishlatilishi mumkin degan muammoli savol tug'iladi. Muammoning yechimi sifatida suv muhitida antennadan bir necha metr masofada tarqalishi mumkin bo'lgan impulsli EMMdan foydalanish bo'lishi mumkin.

Yuqoridagilardan kelib chiqib, ushbu ishning maqsadi *Dunaliella salina* Orol mikrosvu'tini ochiq havoda yetishtirish paytida uni ko'paytirish va rivojlanishini faollantirish uchun impulsli EMM-dan foydalanish imkoniyatlarini o'rganishdan iborat.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili. Adabiyotlarda turli xil elektromagnit maydonlarning (EMM) turli mikroorganizmlarga [1], shu jumladan suvu'tlarini [1, 2, 3, 4] faollashtiruvchi ijobiy ta'siri haqida ko'plab ma'lumotlar mavjud. Ushbu tadqiqot ishlarida turli mualliflar turli xil elektromagnit maydonlardan foydalanganlar: har xil intensivlikdagi doimiy elektr va doimiy magnit maydonlari, turli chastotali o'zgaruvchan sinusoidal EMM (asosan sanoat chastotasi 5 yoki 50 Gts) va turli xil xususiyatlarga ega impulsli EMM lar. Xususan, Yamaoka va boshqalar (1992) olib borgan tadqiqot ishlarida intensivligi 10-23 mTl bo'lgan doimiy magnit maydon *dunaliella* ning ko'payish tezligini 90% ga oshirishi ko'rsatib o'tilgan [5].

Tadqiqot ob'ekti. O'zR FA Mikrobiologiya institutining mikroorganizmlar kolleksiyasidagi *Dunaliella salina* AR1 mikrosvu'ti Orol shtammi.

Tadqiqot metodologiyasi. *Dunaliella salina* Orol shtammini kultivatsiya qilish o'zgartirilgan Artari muhitida [4, 6] amalga oshirildi, muhiting umumiy sho'rligi 225 g•l⁻¹ bo'lib: NaCl–200 g•l⁻¹; MgSO₄ 7H₂O–50 g l⁻¹; KNO₃–2,5 g l⁻¹; K₂HPO₄–0,2 g l⁻¹; NaHCO₃–1,0 g l⁻¹; mikroelementlarning 1 ml•l⁻¹ konsentrlangan eritmasi: H₃BO₃–2,8 g•l⁻¹; MnCl₂ 4H₂O–1,8 g l⁻¹; ZnSO₄ 7H₂O–0,2 g l⁻¹; MoO₃–0,02 g l⁻¹; NH₄VO₃–0,02 g l⁻¹; FeSO₄ 7H₂O–0,001 g l⁻¹.

Laboratoriyada tajribalar 1 litr hajmli stakanlarda o'tkazildi. Ochiq havoda kultivatsiya qilish diametri 2 m va balandligi 0,5 m bo'lgan kompozit plastmassa hovuzlarda parrakli aralashtirgichlar bilan aralashtirish yoki havo bilan ko'piklash orqali, qalinligi 30 sm kultural muhitda, 42°C haroratda 20 kun davomida tabiiy quyosh nuri ostida amalga oshirildi.

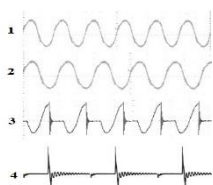
Mikrosuvo'plarining konsentratsiyasi uchta usul bilan: 1-mikroskopik, Goryaeva kamerasi yordamida hujayralar sonini hisoblash (10⁶•ml⁻¹) – 2-og'irligi bo'yicha, diametri 5 sm va poralar hajmi 0,45 mkm bo'lgan quritilgan nitrotsellyuloza filtrlarini 10 ml kultural suspenziyani filtrlashdan oldin va keyin o'lshash va 3-optik, suspenziyaning optik zichligini elektr fotokolorimetr **KF-77 Zalimp** (Polsha) bilan o'lchash orqali aniqlandi. Ushbu uchta usul asosida optik zichlikning 10⁶•ml⁻¹ dagi hujayralar soniga va g•l⁻¹ dagi biomassaga bog'liqligini kalibrlash grafiklari yaratildi. Keyingi tadqiqotlarimizda kalibrlash grafigi asosida o'lchashning eng tezkor va eng oddiy usuli optik zichlikni aniqlash qo'llanildi.

Tadqiqot ishda Leica Microsystems (Buyuk Britaniya) firmasining Leica DFC-280 kamerali Leica IM mikroskopi ishlatildi.

Elektromagnit maydon manbalari. 1 – 1-100 mTl magnit induksiya diametri 62 mm li doimiy halqa ferrit magniti; 2 – MM-5 magnit aralashtirgichining 0,1-1,0 mTl induksiya magnit maydonini hosil qiluvchi, 45 Gts chastotada doimiy aylanuvchi magniti;

Elektromagnit maydon manbalari. 1 – 1-100 mTl magnit induksiya diametri 62 mm li doimiy halqa ferrit magniti; 2 – MM-5 magnit aralashtirgichining 0,1-1,0 mTl induksiya magnit maydonini hosil qiluvchi, 45 Gts chastotada doimiy aylanuvchi magniti; 3 – 220/28 V transformatorga ulangan, 100 burama simli diametri 30 sm halqa tomonidan yaratilgan 0,1-1,0 mTl induksiya magnit va 50 Gts chastotali o'zgaruvchan sinusoidal EMM; 4 – 50–500 mTl induksiya magnit va 50 Gts chastotali o'zgaruvchan impuls – sinusoidal EMM (bunday EMM ko'plab magnitoterapevtik uskunalarda qo'llaniladi, masalan Polyus); 5 – yasama impuls generatori yordamida yaratiladigan 1-10 mTl magnit induksiya impulsni takrorlash chastotasi 50 Gts, impulsni to'ldirish chastotasi 100 kGts impulsli EMM.

O'zgaruvchan EMM ning ossillogrammasi 1 - rasmda ko'rsatilgan.



1 - rasm. Nurlantiruvchi EMM ossillogrammalari:

- 1 – magnit aralashtirgichli;
- 2 – induktor bilan 220/30 V transformatorga ulangan;
- 3 – induktor bilan diod orqali 220/30 V transformatorga ulangan ;
- 4 – impulsli generator bilan.

Elektromagnit impulslarning chastotasi va shakli raqamli ossillograf-multimetr Siglent SHS 810 (Xitoy) yordamida o'lchandi.

EMM intensivligi AlphaLab Inc (AQSh) kompaniyasining protativ milligaussmetr UHS 2 bilan o'lchandi.

Natijalar va uning muhokamasi. *Dunaliella salina* ning ko'payishiga doimiy magnit maydonning faollashtiruvchi ta'siri haqidagi adabiyot ma'lumotlarini hisobga olgan holda [5], birinchi navbatda, turli xil EMM turlarining *Dunaliella* mikrosuvo'plarining o'sish tezligiga qiyosiy ta'siri o'rganildi.

Tajriba uchun NaCl konsentratsiyasi 200 g/l bo'lgan Artari muhitida inokulyant sifatida *Dunaliella salina* mikrosuvo'lining Orol shtammi olindi. Laboratoriya tajribalari 1 l hajmdagi oltita stakanlarda o'tkazildi. Mikrosuvo'plarining daslabki biomassa konsentratsiyasi 100 mg/l ni tashkil etdi. Stakanlarning har biri alohida janubiy tarafdagi qarang, yoritilish darajasi 50 kLk bo'lgan deraza tokchalar oldiga joylashtirilib, 5 kun davomida kuzatuv ishlari olib borildi. Stakanlar oraligi bir-biridan kamida 1 m masofani tashkil etdi.

Har bir tokcha oldida joylangan stakanlarga EMM manbalari: birinchisi nazorat; ikkinchi stakanga 62 mm diametrli halqali ferrit magniti; uchinchi stakanga MM-5 magnit aralashtirgich; to'rtinchi stakanga 50 Gts chastotali sinusoidal EMM hosil qiluvchi elektromagnit induktor; beshinchi stakanga 50 Gts chastotali sinusoidal – impulsli EMM hosil qiluvchi induktor; oltinchi stakanga impulsli generatori antenasi o'rnatildi.

Stakanlardagi biomassa konsentratsiyasi tadqiqot boshida va 5 kunlik inkubatsiyadan so'ng o'lchandi. Natijalar 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Dunaliella salina AR-1 mikrosuvo'ti biomassasini oshirishga turli xil EMM turlarining qiyosiy ta'siri.

№		Dastlabki konsentratsiya, mg/l	5 kundan keyingi konsentratsiya, mg/l	5 kundan keyingi konsentratsiya, %
1	Nazorat	100	410±38	100%
2	Doimiy magnit 1 – 100 mTl.	100	455±43	111%
3	40 Gts magnit aylantirgichning sinusoidal EMM, 100 - 1000 mTl.	100	475±42	116%
4	50 Gts induktorli sinusoidal EMM, 100 - 1000 mTl.	100	471±48	115%
5	50 Gts induktorli sinusoidal-impulsli EMM, 50 – 500 mTl	100	504±55	123%
6	Impulsli EMM 50 Gts, 1 mTl	100	496±59	121%

Eslatma. 3 ta tajribadan olingan o'rtacha qiymatlar ± o'rtacha kvadrat og'ish ko'rsatilgan.

Jadvaldan ko'rinib turinib turganidek, elektromagnit maydoni ta'sirlarning barcha turlari biomassa konsentratsiyasini nazoratga nisbatan taqqoslaganda 11-25% ga oshiradi. Sinusoidal-impulsli va impulsli EMM ta'sirini eng samarali deb hisoblash mumkin, chunki ular biomassaning o'sishini boshqa EMMlarga qaraganda nisbatan 20-25% ga oshirishi kuzatildi.

Bundan tashqari, impulsli EMMning magnit induksiya sinusoidal impulsli EMM dan 50-100 baravar kam edi. Doimiy va sinusoidal EMMlar EMM manbasidan uzoqqa tarqalmasligini va impulsli EMM lar suvli muhitda bir necha metrga tarqalishi mumkinligini hisobga olsak, bu tajriba impulsli EMM larning mikrosuvo'plariga ta'sirini inkor etilmaydigan afzalligini aniqladi.

Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, turli mikroorganizmlarning faolligiga 1-100 Gs li judapast chastotalar eng yaxshi ta'sir qiladi [Hunt et al., 2009]. Dunaliellaning rivojlanib ko'payishiga qaysi chastotadagi impulsli EMM ta'siri faollashtirib berishini 10 ta chastotadagi 1-100 Gs diapazon chastotada tekshirilib ko'rildi.

Buning uchun NaCl konsentratsiyasi 200 g/l bo'lgan Artari muhitida *Dunaliella salina* Orol shtammi mikrosvu'ining inokulyanti 1 litrli 5 stakanga joylashtirildi. Mikrosvu'ining dastlabki biomassa konsentratsiyasi 100 mg/l ni tashkil etti.

Bizda 4 ta generator mavjudligi sababli bir vaqtning o'zida 1 ta nazorat namunasi bilan 4 xil chastotada tajriba o'tkazishimiz mumkin bo'ldi. Generatorlar ossilloskop bilan o'lchagan holda bir xil impuls amplitudasi bilan turli chastotalarga sozlandi.

Keyin stakanlar bir-biridan 1,5 m oraliqda, yaqin bo'lmagan holda quyosh nuri tushgan joyga tashqariga, institut hovlisiga joylashtirildi va to'rtta stakan yoniga antennali 4 ta elektromagnit impulsli generator o'rnatildi. 5 kundan keyin har bir stakandagi biomassa konsentratsiyasi spektrometrik usul bilan o'lchandi. Natijalar 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval.

Ba'zi impulsli EMM chastotalarining *Dunaliella salina* Orol shtammi biomassasining oshirishga qiyosiy ta'siri.

№		Dastlabki konsentratsiya, mg/l	5 kundan keyingi konsentratsiya, mg/l	konsentratsiya, %
1	Nazorat	100	540 ± 50	100
2	4 Gts	100	831 ± 95	154
3	10 Gts	100	837 ± 90	155
4	20 Gts	100	821 ± 92	152
5	30 Gts	100	767 ± 88	142
6	40 Gts	100	718 ± 83	133
7	50 Gts	100	686 ± 75	127
8	60 Gts	100	675 ± 70	125
9	70 Gts	100	642 ± 75	119
10	80 Gts	100	621 ± 72	115
11	90 Gts	100	615 ± 78	114
12	100 Gts	100	599 ± 72	111

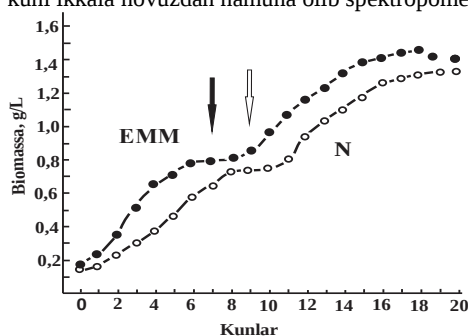
Eslatma. 3 ta tajribadan olingan o'rtacha qiymatlar ± o'rtacha kvadrat og'ish ko'rsatilgan.

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, pastki chastotalar biomassaning ko'payishini yaxshiroq faollashtirishini taminlashi kuzatilib, 4, 10 va 20 Gts chastotalari taxminan bir xil ta'sir ko'rsatdi. Bu fakti tirik organizmlarga past chastotali EMM ta'sirining siklotron rezonans gipotezalari bilan izohlash mumkin, unga ko'ra hujayraning hayotiy faoliyatini aniqlaydigan asosiy ionlarning siklotron chastotalari (Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , aminokislotalar va boshqalar) gidratlangan holatda 1-10 Gts oralig'ida yotishidir.

4 Gts chastotasi quloq tomonidan qulay tarzda sozlanganligi va radio qabul qilgich tomonidan boshqariladiganligi sababli, biz keyingi barcha tajribalarni 4 Gts chastotada o'tkazishni maqul ko'rdik.

Ishning navbatdagi bosqichi ochiq havoda suniy hovuzlarda *Dunaliella salina* Orol shtammining rivojlanishiga impulsli EMM ta'sirini o'rganish bo'lib, bu sanoat miqyosida yetishtirishni optimallashtirishning bir qismi hisoblanadi.

Dunaliella salina Orol shtammi mikrosvu'ining rivojlanishining yashil bosqichiga ta'siri o'rganilib, kultural muhitning qalinligi 30 sm va yashil biomassaning konsentratsiyasi taxminan 0,2 g·l⁻¹ bo'lgan hovuzlardan biriga antenna (uzunligi 1 m bo'lgan izolyatsiyalangan elektr sim) tushirildi, unga takrorlash chastotasi 4 Gs impulsli generator bilan yo'naltirildi. Suvdagi magnit induksiya 500 nTl dan oshmadi. Xuddi shunday biomassa konsentratsiyasiga ega bo'lgan yana bir hovuz nazorat sifatida ishlatildi. Biomassa konsentratsiyasi har kuni ikkala hovuzdan namuna olib spektrometrik usulda o'lchab borildi.



2- rasm. 500 nTl atrofidagi magnit induksiya va 4 Gs chastotali EMM impuls bilan ishlov berilayotgan tajriba va nazorat hovuzlarining 30–50 kLk (540 - 400 $\mu\text{Mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$) yoritilishda va havo kompressori bilan ko'piklantirilgan 30 sm qalinlikdagi 200 g/l NaCl konsentratsiyali Artari muhitida *Dunaliella salina* Orol shtammining biomassasining o'sish dinamikasi. Qora ko'rsatkich bilan EMM bilan ishlov hovuzga biogen elementlar qo'shishi, oq ko'rsatkich bilan nazorat.

2-rasmdan ko'rinib turibdiki, impulsli EMM mavjud bo'lganda, biomassaning maksimal to'planishi taxminan 2 kun oldin sodir bo'ladi, ya'ni rivojlanish jarayoni taxminan 20% ga tezlashadi.

Shunday qilib, kuchsiz impulsli past chastotali EMM bilan doimiy ishlov berish *Dunaliella salina* mikrosvu'ining fotosintetik o'sish bosqichini va ko'payish bosqichini taxminan 20% ga tezlashtiradi degan xulosaga kelish mumkin. Katta plantatsiyalarda, sanoat miqyosida yetishtirish sharoitida bu sezilarli darajada iqtisodiy samara berishi mumkin.

ADABIYOTLAR

- Hunt R.W., Zavalin A., Bhatnagar A., Chinnasamy S., Das K.C. Electromagnetic Biostimulation of Living Cultures for Biotechnology, Biofuel and Bioenergy Applications// International Journal of Molecular Sciences. 2009. V.10. P.4515-4558.
- Li, Z.-Y.; Guo, S.-Y.; Lin, L.; Cai, M.-Y. Effects of electromagnetic field on the batch cultivation and nutritional composition of *Spirulina platensis* in an air-lift photobioreactor. // Bioresour. Technol. 2007, 98, 700-705.
- Utsunomiya, T.; Yamane, Y.-I.; Watanabe, M.; Sasaki, K. Stimulation of porphyrin production by application of an external magnetic field to a photosynthetic bacterium, *Rhodospira rubra*. // J. Biosci. Bioeng. 2003, 95, 401-404.
- Wang, H.-Y.; Zeng, X.-B.; Guo, S.-Y.; Li, Z.-T. Effects of magnetic field on the antioxidant defense system of

- recirculation-cultured *Chlorella vulgaris*. //Bioelectromagnetics 2008, 29, 39-46.
5. Yamaoka, Y.; Takimura, O.; Fuse, H.; Kamimura, K. Effect of magnetism on growth of *Dunaliella salina*. //Res. Photosynth. 1992, 3, 87-90.
6. Баймурзаев Е.Н., Верушкина О.А., Ишанходжаев Т.М., Тонких А.К. Культивирование Аральского штамма *Dunaliella salina* AR-1 на открытом воздухе / Научный журнал "Вестник НУУз" 2021 г. № 3.2.1 ст.15-18