



<https://doi.org/10.70728/a.series.tab.v08.i09.115>

UDK:631.811.98:582.263:635

**CHLORELLA VULGARIS ASOSIDA BIOSTIMULYATOR
SUSPENZIYALARINI OLISH VA SABZAVOT EKINLARI HOSILDORLIGIGA
TA’SIRINI BAHOLASH (FARG‘ONA VILOYATI MISOLIDA)**

Normatov A.E.

Farg‘ona davlat universiteti

abdurahim85normatov@gmail.com

Soliyeva Nilufarxon Elmurod qizi

Farg‘ona shahar 15- umumiy o'rta ta'lim

maktabi biologiya fani o'qituvchisi

gulomovanilu9@gmail.com

ORCID ID 0009-0008-9693-7223

Annotatsiya. Maqolada yashil mikroalga *Chlorella vulgaris* ning tizimiy o‘rni, tabiiy tarqalishi va biokimyoviy xususiyatlari, shuningdek uni sabzavot ekinlari uchun biostimulyator suspenziyasi sifatida qo‘llashga oid so‘nggi o‘n yillikdagi jahon ilmiy adabiyotlari tizimli tahlil qilingan. Turli mualliflarning salat, bodring, pomidor, bug‘doy va loviya ekinlarida olib borgan tajribalari qiyosiy jadval va diagrammalar asosida umumlashtirilgan. *Chlorella vulgaris* va *Spirulina (Arthrospira platensis)* suspenziyalarini Farg‘ona viloyati sabzavotchiligidagi sinash uchun taklif etilayotgan tajriba metodikasi - mikroalga o‘stirish sharoitlari, suspenziya konsentratsiyalari, tajriba sxemasi va baholanadigan ko‘rsatkichlar - batafsil bayon etilgan. Olib borilgan tahlil mikroalga asosidagi biostimulyatorlarning kimyoviy o‘g‘itlarga ekologik muqobil sifatidagi ilmiy va amaliy istiqbolini asoslaydi.

Kalit so‘zlar: *Chlorella vulgaris*, *Spirulina*, mikroalga, biostimulyator, suspenziya, sabzavot ekinlari, hosildorlik, Farg‘ona viloyati, barqaror qishloq xo‘jaligi.

Аннотация. В статье систематизированы данные мировой научной литературы последнего десятилетия о таксономическом положении, природном распространении и биохимических свойствах зелёной микроводоросли *Chlorella vulgaris*, а также о её применении в качестве биостимулирующей суспензии для овощных культур. Результаты экспериментов различных авторов на салате, огурце, томате, пшенице и фасоли обобщены в сравнительных таблицах и диаграммах. Подробно изложена предлагаемая методика исследования - условия культивирования микроводорослей, концентрации суспензий, схема опыта и оцениваемые показатели - для последующего

испытания суспензий *Chlorella vulgaris* и *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) на овощных культурах в условиях Ферганской области. Проведённый анализ обосновывает научную и практическую перспективность биостимуляторов на основе микроводорослей как экологичной альтернативы химическим удобрениям.

Ключевые слова: *Chlorella vulgaris*, *Spirulina*, микроводоросли, биостимулятор, суспензия, овощные культуры, урожайность, Ферганская область, устойчивое сельское хозяйство.

Abstract. This article systematically reviews the taxonomic position, natural distribution and biochemical properties of the green microalga *Chlorella vulgaris*, along with a decade of international research on its use as a biostimulant suspension for vegetable crops. Findings from studies on lettuce, cucumber, tomato, wheat and bean are summarized through comparative tables and charts. A proposed research methodology - microalgae cultivation conditions, suspension concentrations, experimental design and evaluated parameters - is described in detail for the forthcoming testing of *Chlorella vulgaris* and *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) suspensions on vegetable crops under the agro-climatic conditions of the Fergana region. The analysis substantiates the scientific and practical potential of microalgae-based biostimulants as an environmentally sound alternative to chemical fertilizers.

Keywords: *Chlorella vulgaris*, *Spirulina*, microalgae, biostimulant, suspension, vegetable crops, yield, Fergana region, sustainable agriculture.

KIRISH. So‘nggi o‘n yilliklarda dunyo aholisining tez sur‘atlarda o‘shishi oziq-ovqat ishlab chiqarishni intensivlashtirishni taqozo etmoqda, biroq sintetik o‘g‘itlar va kimyoviy preparatlarning ortiqcha ishlatilishi tuproq unumdorligining pasayishi, suv havzalarining ifloslanishi, agroekotizimlar biologik xilma-xilligining kamayishi kabi jiddiy oqibatlariga olib kelmoqda. Shu sababli jahon agrar fanida ekologik xavfsiz, tabiiy kelib chiqishga ega bo‘lgan biostimulyator va biofertilizantlarni ishlab chiqish hamda amaliyotga joriy etish barqaror qishloq xo‘jaligining ustuvor yo‘nalishlaridan biriga aylandi.

Biostimulyatorlar - o‘simlik fiziologik jarayonlarini o‘g‘itlash yo‘li bilan emas, balki biologik faol moddalar orqali rag‘batlantiruvchi vositalar bo‘lib, ular o‘simlikning oziq moddalarni o‘zlashtirish samaradorligini, abiotik stress omillariga (qurg‘oqchilik, sho‘rlanish, harorat o‘zgarishi) chidamliligini va hosil sifatini yaxshilaydi. Ushbu guruhda mikroalgalar, xususan *Chlorella* va *Spirulina* (*Arthrospira*) turkumiga mansub organizmlar alohida ahamiyat kasb etadi: ular yuqori fotosintetik faollikka, tez ko‘payish qobiliyatiga, nisbatan arzon va sodda o‘stirish texnologiyasiga hamda boy biokimyoviy tarkibga (fitogormonlar, aminokislotalar, polisaxaridlar, vitaminlar, mikroelementlar) ega.

Mazkur tadqiqot doirasida ikkita mikroalga turi - *Chlorella vulgaris* va *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) - biostimulyator suspenziyalarini olish uchun xomashyo sifatida tanlangan bo‘lib, ularning Farg‘ona viloyati sharoitida sabzavot ekinlari (pomidor, bodring, qalampir va boshqalar) o‘shishi, rivojlanishi va hosildorligiga ta‘sirini baholash asosiy maqsad qilib qo‘yilgan. Ushbu maqolada, dissertatsiya tadqiqotining boshlang‘ich bosqichi sifatida, mavzu bo‘yicha jahon ilmiy adabiyotlari tizimli tahlil qilingan, shu asosda mualliflar

tomonidan olingan natijalar umumlashtirilgan hamda o‘z tajribamizni o‘tkazish uchun ilmiy asoslangan metodika taklif etilgan. Tadqiqotning dolzarbligi shundaki, Farg‘ona vodiysi - respublikaning eng zich sug‘oriladigan va sabzavotchilik ixtisoslashgan hududlaridan biri bo‘lib, bu yerda ekologik toza, mahalliy xomashyo asosidagi biostimulyatorlarni joriy etish tuproq unumdorligini saqlash va mahsulot sifatini oshirishda amaliy ahamiyatga ega.

ADABIYOTLAR TAHLILI

1.1. *Chlorella vulgaris* ning tizimiy o‘rni, biologik xususiyatlari va tarqalishi

Chlorella vulgaris - Chlorophyta (yashil suvo‘tlar) bo‘limi, Trebouxiophyceae sinfi, Chlorellales turkumi, Chlorellaceae oilasiga mansub bir hujayrali yashil mikroalga bo‘lib, uni 1890-yilda golland mikrobiologi Martinus Beijerinck kashf etgan. Chlorellaceae oilasi hozirgi kunda taxminan 48 avlod va 258 turni birlashtiradi, ular butun dunyo bo‘ylab chuchuk suv, dengiz va quruqlik muhitlarida tarqalgan [14]. *Chlorella* genusining o‘zi kosmopolit tarqalishga ega bo‘lib, ko‘l va hovuzlarda, tuproq yuzasida, namlangan devor va inshootlarda, hatto vaqtincha turg‘un suv idishlarida ham uchraydi; ayrim shtammlari 30 promillegacha sho‘rlangan suvlarga ham chidamli [6].

Biokimyoviy tarkibi jihatidan *Chlorella vulgaris* quruq biomassada 40–50% oqsil, 20–25% uglevod, 15–20% lipid, qariyb 10% mineral moddalar va vitaminlarni saqlaydi, shuningdek tarkibida fenol birikmalari, karotinoidlar hamda o‘simlik rivojlanishini tezlashtiruvchi tabiiy fitogormonlar - gibberellin va brassinosteroid tabiatiga yaqin moddalar aniqlangan [6]. O‘stirish sharoitlariga nisbatan *Chlorella* beqiyoslashuvchan hisoblanadi: u fotoavtotrof (yorug‘lik energiyasi hisobiga) va geterotrof (organik uglerod manbalari hisobiga qorong‘ulikda) rivojlanish qobiliyatiga ega, eng qulay o‘sish harorati 25-26°C atrofida bo‘lib, ayrim termofil shtammlar 38–39°C da ham rivojlanadi [6; 1]. Bu xususiyatlar *Chlorella* ni fotobioreaktorlarda yoki ochiq havzalarda arzon va tez ko‘paytirish, shu jumladan Farg‘ona vodiysining iqlim sharoitida mahalliy shtammlarni o‘stirish imkonini beradi.

1.2. *Chlorella vulgaris* asosidagi biostimulyatorlarning sabzavot ekinlariga ta’siri

So‘nggi yillarda *Chlorella vulgaris* suspenziyasi va ekstraktlarining turli sabzavot ekinlariga ta’siri bo‘yicha ko‘plab tadqiqotlar amalga oshirilgan (1-jadval). Tuproqsiz (gidroponika) sharoitida o‘tkazilgan tajribada haftalik *Chlorella* suspenziyasi (0,5-5,0 g/l) bilan sug‘orish natijasida salat o‘simligining barg yuzasi, ildiz xom va quruq massasi hamda ildiz hajmi nazoratga nisbatan sezilarli darajada ortgani, shuningdek barglarda azot, fosfor, kaliy va temir to‘planishi yaxshilangani aniqlangan [15]. Italyalik tadqiqotchilar *Chlorella* metanol ekstraktining barg orqali purkalishi salat ko‘chatlarining morfobiometrik ko‘rsatkichlari, fotosintetik pigmentlar (xlorofill, karotinoid) miqdori va fermentativ faolligini yaxshilaganini ko‘rsatishgan [10].

Gidroponika sharoitida bodring ko‘chatlariga *Chlorella vulgaris* avtentik shtammi suspenziyasini qo‘llash ildiz quruq biomassasining ortishiga olib kelgan, bu hodisa suspenziyadagi erigan kislorod miqdorining yuqoriligi bilan izohlanadi [2]. AQShning Janubiy Karolina shtatida olib borilgan amaliy tajribada *Chlorella vulgaris* ni kompost bilan birgalikda qo‘llash pomidor o‘simliklarining umumiy hayotiyligi, kasalliklarga (bakterial dog‘ va janubiy so‘lish) chidamliligi hamda hosildorligini oshirgani qayd etilgan [9]. Bundan

tashqari, tuproqdan ajratilgan *Chlorella vulgaris* shtammini yuqori dozada (50%) qo‘llash bug‘doy urug‘ining unib chiqishi, tuproqning fizik-kimyoviy xossalari, shuningdek o‘simlikning azot va fosforni o‘zlashtirishini sezilarli darajada yaxshilagani aniqlangan [4]. Issiqxona sharoitida yetishtirilgan organik pomidorda *Chlorella vulgaris* biofertilizant sifatida qo‘llanilganda o‘simlik o‘sishi, hosildorligi va meva sifati ko‘rsatkichlari yaxshilangani, bu esa mikroalgani sanoat miqyosida biofertilizant ishlab chiqarish uchun ham istiqbolli xomashyo sifatida ko‘rsatgani qayd etilgan [13].

Misrda o‘tkazilgan pot-tajribasida *Chlorella vulgaris*, *Nannochloropsis salina* va *Arthrospira platensis* ekstraktlarining (0,25-2,0% konsentratsiyada) barg orqali purkalishi loviya o‘simligining ildiz va poya uzunligi, barg va gul soni, xom hamda quruq massasini 1,0% dozagacha ortishiga olib kelgan; shu bilan birga o‘simlikning antioksidant faolligi ham oshgan [11]. Arabidopsis thaliana modelida o‘tkazilgan tadqiqotda *Chlorella vulgaris* madaniy suyuqligi (culture supernatant) o‘simlikning o‘sishini rag‘batlantirish bilan birga qurg‘oqchilikka chidamliligini ham oshirgani ko‘rsatilgan, bu esa mikroalga biostimulyatorlarining stress sharoitida ham samarali qo‘llanilishi mumkinligidan dalolat beradi [12].

1.3. Spirulina (*Arthrospira platensis*) asosidagi biostimulyatorlar bo‘yicha jahon tajribasi

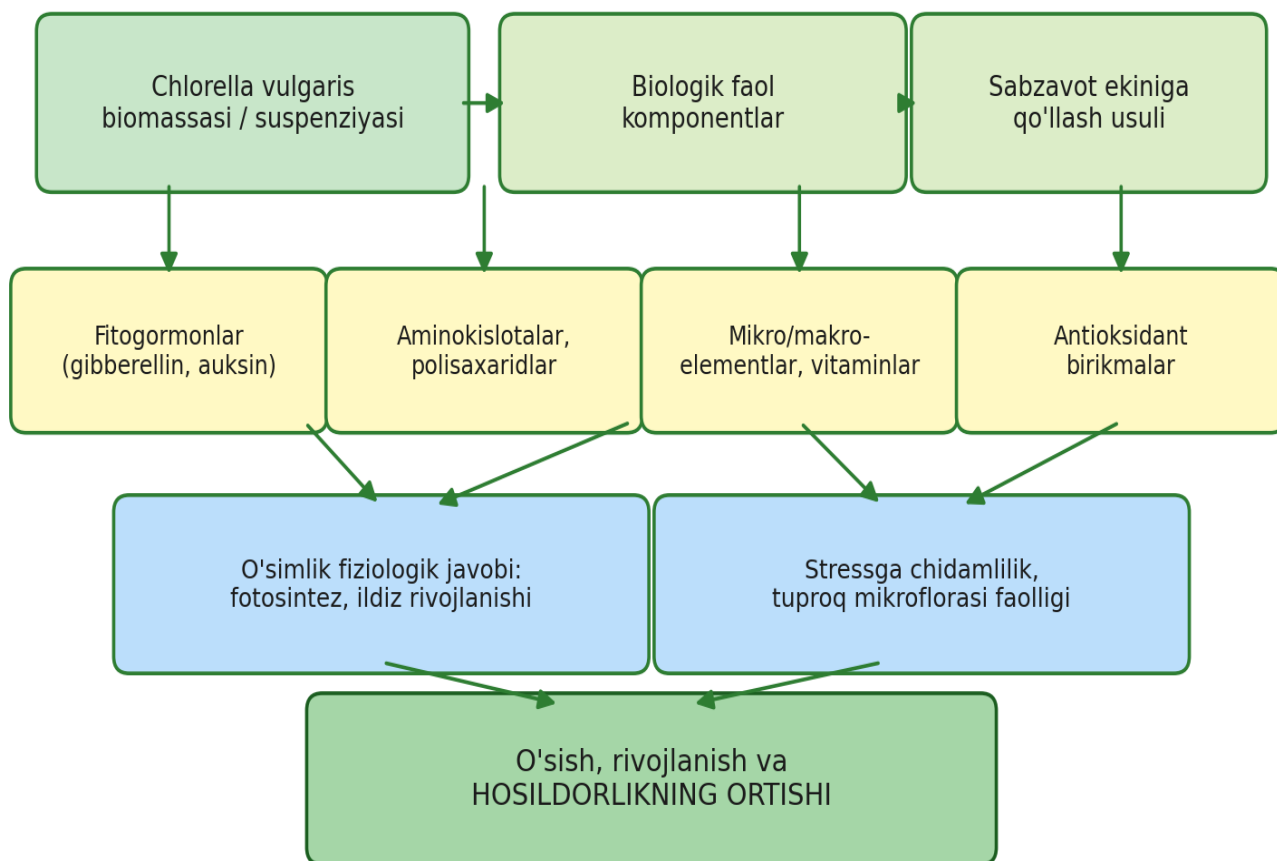
Chlorella bilan bir qatorda *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) ham sabzavot ekinlari uchun istiqbolli biostimulyator xomashyosi hisoblanadi. Qalampir (*Capsicum annuum*) ekinida o‘tkazilgan tajribada *Spirulina* ekstraktini 2000, 4000 va 6000 ppm konsentratsiyalarda, o‘simlik ko‘chirilgandan so‘ng 21 kunlik oraliqda uch marta barg orqali purkash natijasida meva massasi, kengligi va umumiy hosildorlik ko‘rsatkichlari yuqori dozalarda sezilarli oshgani aniqlangan [8]. Akvaponika tizimida yetishtirilgan salatda *Spirulina* suspenziyasini qo‘llash barcha tajriba variantlarida o‘sinh ko‘rsatkichlarining nazoratdan yuqori bo‘lishiga olib kelgan [5].

Spirulina biomassasidan superkritik uglerod (IV)-oksid ekstraktsiyasi (SC-CO₂) usulida olingan ekstraktlarning bug‘doy va sholg‘om (rapeseed) dala tajribalarida o‘simlikning boshlang‘ich rivojlanish bosqichi va hosildorligiga ijobiy ta’siri, shuningdek bir qator zamburug‘ patogenlariga qarshi faolligi aniqlangan, bunda fitotoksiklik holatlari qayd etilmagan [3]. Fikotsianin ajratib olingandan keyingi qoldiq *Spirulina* biomassasidan (post-phycocyanin biomass) turli gidroliz usullari (fizik, kimyoviy, fermentativ) yordamida tayyorlangan gidrolizatlar tarkibida azot, fosfor va kaliyning yuqori miqdori (mos ravishda 4,0%, 9,9% va 8,5%) aniqlangan bo‘lib, bu gidrolizatlar pomidor ko‘chatlarida o‘simlik o‘sishini rag‘batlantiruvchi ta’sir ko‘rsatgan [7]. Bu ma’lumotlar *Spirulina* qayta ishlash sanoatining ikkilamchi mahsulotlarini ham biostimulyator xomashyosi sifatida qo‘llash imkoniyatini ko‘rsatadi, bu esa texnologiyaning iqtisodiy jihatdan yanada maqbul bo‘lishiga xizmat qiladi.

1.4. Ta’sir mexanizmi va ilmiy bo‘shliq

Yuqorida keltirilgan tadqiqotlar natijalarini umumlashtirish shuni ko‘rsatadiki, mikroalga biostimulyatorlarining o‘simlikka ijobiy ta’siri kompleks mexanizm orqali amalga oshadi (1-rasm): biomassa tarkibidagi fitogormonlar, erkin aminokislotalar va polisaxaridlar

fotosintez pigmentlari sintezini faollashtiradi hamda ildiz tizimi rivojlanishini rag‘batlantiradi; mikro - va makroelementlar, vitaminlar o‘simlik to‘qimalarining mineral ta‘minotini yaxshilaydi; antioksidant birikmalar esa abiotik stress omillariga chidamlilikni oshiradi. Bundan tashqari, mikroalga tuproqqa tushganda tuproq mikroflorasi faolligini va oziq moddalar o‘zlashtirilishini yaxshilash orqali bilvosita ta’sir ko‘rsatadi



1-rasm. Mikroalga (*Chlorella vulgaris*) biostimulyatorining o‘simlikka ta’sir mexanizmi sxemasi

Tahlil qilingan adabiyotlarning aksariyati Yevropa, Shimoliy Amerika va Yaqin Sharq mamlakatlarida, asosan issiqxona yoki gidroponika sharoitida o‘tkazilgan bo‘lib, Markaziy Osiyoning o‘tkir kontinental iqlimi va sug‘oriladigan dehqonchilik sharoitida, xususan Farg‘ona vodiysida, *Chlorella* va *Spirulina* suspenziyalarining mahalliy sabzavot navlariga ta’siri bo‘yicha tadqiqotlar deyarli olib borilmagan. Aynan shu ilmiy bo’shliq mazkur dissertatsiya tadqiqotining dolzarbligini va yangiligini belgilaydi.

1.5. Farg‘ona viloyatining tabiiy-iqlim sharoiti va sabzavotchilikdagi o‘rni

Farg‘ona vodiysi - uch tomondan baland tog‘ tizmalari (Chotqol, Farg‘ona, Oloy) bilan o‘ralgan, o‘tkir kontinental iqlimga ega tabiiy-geografik o‘lka bo‘lib, yozi issiq va quruq, qishi nisbatan yumshoq kechadi; hududning asosiy dehqonchilik yerlari Norin va Qoradaryo daryolari hamda ulardan tarmoqlangan sug‘orish tarmoqlari hisobiga suv bilan ta‘minlanadi. Respublikaning eng zich aholi joylashgan va intensiv sug‘oriladigan dehqonchilik hududlaridan biri sifatida Farg‘ona vodiysi (Farg‘ona, Andijon, Namangan viloyatlari) sabzavotchilik, polizchilik va bog‘dorchilikka ixtisoslashgan, mahsulot nafaqat ichki bozorni ta‘minlaydi, balki eksport salohiyatiga ham ega.

Shu bilan birga, so‘nggi yillarda iqlim o‘zgarishi - o‘rtacha havo haroratining ko‘tarilishi, yog‘ingarchilik rejimining beqarorlashuvi va suv resurslarining taqchillashuvi - vodiy meva-sabzavot yetishtiruvchilari, jumladan fermer va dehqon xo‘jaliklari uchun jiddiy moslashuv muammolarini keltirib chiqarmoqda [15]. Bunday sharoitda tuproq unumdorligini tabiiy usullar bilan saqlash, o‘simliklarning suv va issiqlik stressiga chidamliligini oshirish hamda kimyoviy o‘g‘itlarga bo‘lgan qaramlikni kamaytirish alohida dolzarblik kasb etadi. Mikroalga asosidagi biostimulyatorlar, adabiyotlar tahlilida ko‘rsatilganidek (1.2-1.4-bandlar), aynan shu ikki vazifani - tuproq-o‘simlik tizimi unumdorligini oshirish va stressga chidamlilikni kuchaytirishni - bir vaqtda hal qilish salohiyatiga ega, bu esa ularni Farg‘ona viloyati sharoitida sinovdan o‘tkazishning agroekologik asoslanganligini ko‘rsatadi.

Mintaqada an‘anaviy yetishtiriladigan pomidor, bodring, qalampir, baqlajon va boshqa issiqsevar sabzavot ekinlari, odatda, aprel-may oylarida ochiq dalaga yoki fevral-mart oylarida issiqxonaga ekiladi, bu esa Chlorella va Spirulina suspenziyalarini ko‘chat davridan boshlab qo‘llash va ularning butun vegetatsiya davomidagi ta‘sirini kuzatish imkonini beradi. Aynan shu agroteknik xususiyatlar quyida keltirilgan tajriba metodikasini ishlab chiqishda hisobga olingan.

METODIKA VA MATERIALLAR. Tadqiqotning ushbu bosqichida quyidagi vazifalar bajarildi: (1) mavzu bo‘yicha jahon ilmiy adabiyotlarini qidirish, tizimlashtirish va tahlil qilish; (2) tahlil natijalarini qiyosiy jadval va diagrammalar shaklida umumlashtirish; (3) Farg‘ona viloyati sharoitida o‘tkaziladigan tajriba uchun ilmiy asoslangan metodika ishlab chiqish. Adabiyotlar tahlili uchun Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, PMC/PubMed va boshqa ilmiy ma‘lumotlar bazalarida so‘nggi 10 yil (2016-2026) ichida chop etilgan, Chlorella vulgaris va Spirulina (Arthrospira platensis) ning o‘simliklarga biostimulyator sifatidagi ta‘sirini o‘rganuvchi maqolalar tanlab olindi.

2.1. Mikroalga suspenziyasini olish bo‘yicha taklif etilayotgan protocol

Adabiyotlarda keng qo‘llaniladigan uslublarga asoslanib [1; 2], Chlorella vulgaris shtammi Bold Basal Medium (BBM) muhitida o‘stirilishi rejalashtirilgan: makro- va mikroelementlar (NaNO_3 , $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, K_2HPO_4 , KH_2PO_4 , NaCl va mikroelement aralashmasi) hamda B1 (tiamin) va B12 (sianokobalamin) vitaminlari qo‘shilgan muhitda, $25 \pm 2^\circ\text{C}$ haroratda, 16/8 soat yorug‘lik/qorong‘ulik rejimida, doimiy aeratsiya yoki aylantirish (100 ayl/daq) sharoitida ekspotensial o‘sinh fazasigacha (7-15 kun) yetishtiriladi. Spirulina (Arthrospira platensis) uchun Zarrouk muhiti qo‘llanilishi, o‘stirish harorati $28-30^\circ\text{C}$, muhit pH 9,0-10,0 atrofida saqlanishi ko‘zda tutiladi.

Biomassa ekspotensial o‘sinh fazasi yakunida sentrifugalash (3000–6000 ayl/daq, 5-10 daqiqa) yoki cho‘ktirish yo‘li bilan ajratib olinadi, distillangan suvda yuviladi va quruq moddaga nisbatan hisoblangan konsentratsiyada (g/l yoki ppm) suvli suspenziya tayyorlanadi. Suspenziya konsentratsiyasi adabiyotlarda qo‘llanilgan dozalar diapazoniga [10; 15; 8] muvofiq - Chlorella uchun 0,5; 2,0 va 5,0 g/l, Spirulina uchun 2000; 4000 va 6000 ppm - belgilanishi taklif etiladi.

2.2. Tajriba sxemasi va kuzatiladigan ko‘rsatkichlar

Farg‘ona viloyati sharoitida o‘tkaziladigan dala/issiqxona tajribasi tasodifiy bloklar usulida, har bir variant uchun kamida 3 takrorlikda tashkil etilishi rejalashtirilgan (1-jadval).

Tajriba obyekti sifatida mintaqada keng tarqalgan sabzavot ekinlari - pomidor (*Solanum lycopersicum*), bodring (*Cucumis sativus*) va qalampir (*Capsicum annuum*) - tanlanadi.

1-jadval

Farg‘ona viloyati sharoitida o‘tkaziladigan tajribaning taklif etilayotgan sxemasi

№	Tajriba varianti	Qo‘llaniladigan biostimulyator	Kuzatiladigan ko‘rsatkichlar
1	Nazorat (control)	Suv bilan sug‘orish / purkash (biostimulyatorsiz)	Unuvchanlik, o‘shish dinamikasi, hosildorlik, biokimyoviy ko‘rsatkichlar
2–4	Chlorella vulgaris suspenziyasi, past/o‘rta/yuqori doza	Suspenziya konsentratsiyasi 0,5; 2,0; 5,0 g/l (quruq biomassa nisbatan)	Xuddi shu ko‘rsatkichlar + ildiz tizimi parametrlari
5–7	Spirulina (Arthrospira platensis) suspenziyasi, past/o‘rta/yuqori doza	Suspenziya konsentratsiyasi 2000; 4000; 6000 ppm	Xuddi shu ko‘rsatkichlar + ildiz tizimi parametrlari
8	Kombinatsiyalangan variant	Chlorella + Spirulina suspenziyalari aralashmasi (optimal dozada)	Sinergik ta’sirni baholash

Kuzatiladigan ko‘rsatkichlar quyidagi guruhlariga bo‘linadi: 1) o‘svchanlik ko‘rsatkichlari - urug‘ unuvchanligi, ko‘chat balandligi, barg soni va yuzasi, ildiz uzunligi va massasi; 2) fiziologik-biokimyoviy ko‘rsatkichlar - xlorofill (a, b) va karotinoidlar miqdori, umumiy oqsil, makroelementlar (N, P, K) to‘planishi; 3) hosildorlik ko‘rsatkichlari - bir tup/1 m² dan olingan hosil massasi, meva soni va o‘rtacha massasi, tovar sifatidagi ko‘rsatkichlar; 4) tuproq unumdorligi ko‘rsatkichlari - tajriba oldi va keyingi tuproq namunalarida organik modda, umumiy N, P, K miqdori. Statistik tahlil dispersion tahlil (ANOVA) va Duncan yoki LSD ko‘p oraliqli testlari yordamida, $p < 0,05$ ishonchlilik darajasida amalga oshirilishi ko‘zda tutilgan.

NATIJALAR VA MUHOKAMA. Mazkur bo‘lim - o‘z dala tajribalari hali boshlanmagan ushbu bosqichda - tahlil qilingan 2016-2026-yillar oralig‘idagi ilmiy manbalarda keltirilgan miqdoriy natijalarning qiyosiy sintezini o‘z ichiga oladi; keyingi bosqichda bu yerda o‘tkaziladigan tajribalarning bevosita natijalari bilan to‘ldiriladi va taqqoslanadi.

Tahlil qilingan 2-jadvalda keltirilgan ma’lumotlar shuni ko‘rsatadiki, *Chlorella vulgaris* suspenziyasining samaradorligi qo‘llash usuli (tuproqqa kiritish, barg orqali purkash yoki gidroponika eritmasiga qo‘shish) va konsentratsiyasiga bog‘liq holda farqlanadi.

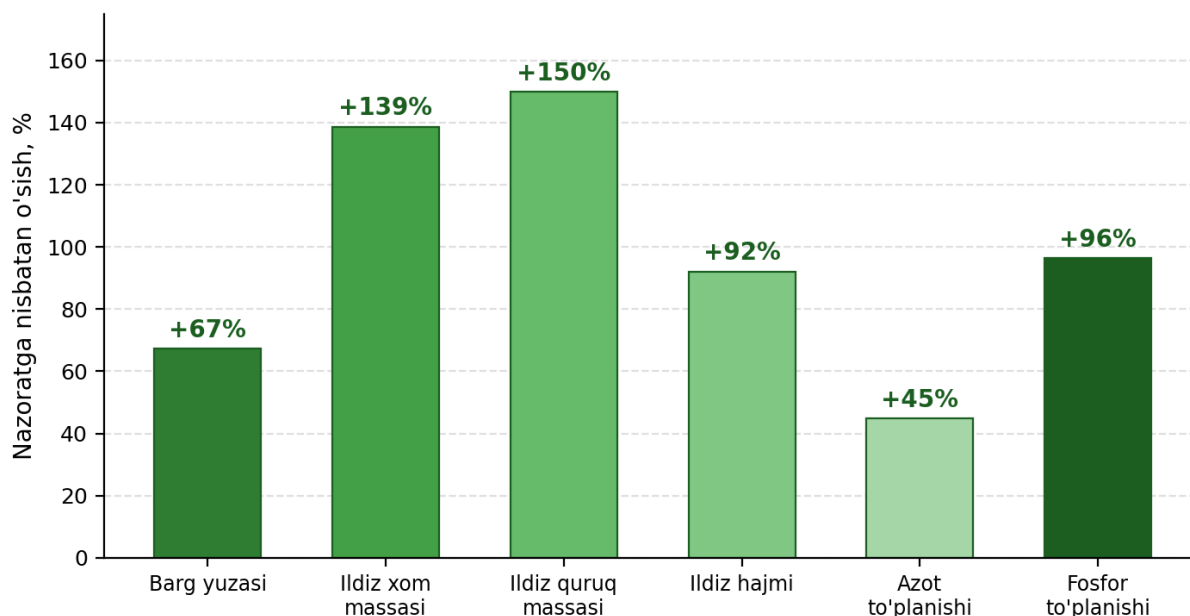
2-jadval

Chlorella vulgaris* va *Spirulina biostimulyatorlarining savzavot ekinlariga ta’siri bo’yicha jahon tadqiqotlari natijalarining qiyosis tahlili

Ekin turi	Mikroalga / shakli	Qo‘llash usuli, doza	Asosiy natija (nazoratga nisbatan)
Salat (<i>Lactuca sativa</i>)	<i>Chlorella vulgaris</i> suspenziyasi, 0,5–5,0 g/l	Tuproqsiz (gidroponika) sharoitida haftalik sug‘orish	Barg yuzasi +67,4%; ildiz xom massasi +138,7%; ildiz hajmi +92,1%; ildiz quruq massasi +150,0%
Salat ko‘chatlari	<i>Chlorella vulgaris</i> metanol ekstrakti	Barg orqali purkash	Morfobiometrik ko‘rsatkichlar, xlorofill/karotinoid miqdori va fermentativ faollik yaxshilandi
Bodring (gidroponika)	<i>Chlorella vulgaris</i> (avtentik shtamm) suspenziyasi	Ildiz zonasiga kiritish	Ildiz quruq biomassasi ortdi; erigan kislorod miqdori yuqori bo‘lgan sharoitda samara kuchliroq
Pomidor	<i>Chlorella vulgaris</i> + kompost	Tuproqqa kiritish (dala sharoiti)	O‘simlik hayotiyliigi, kasalliklarga chidamlilik va hosildorlik oshgani qayd etildi
Bug‘doy	Tuproqdan ajratilgan <i>Chlorella vulgaris</i> shtammi, 50%	Tuproqqa kiritish	Tuproqning fizik-kimyoviy xossalari va o‘simlikning N, P o‘zlashtirishi sezilarli yaxshilandi
Loviya (common bean)	<i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Nannochloropsis salina</i> , <i>Arthrospira platensis</i> ekstraktlari, 0,25–2,0%	Barg orqali purkash	Ildiz/poya uzunligi, barg va gul soni, xom/quruq massa 1,0% dozagacha ortdi
Qalampir (<i>Capsicum annum</i>)	<i>Arthrospira</i> (<i>Spirulina</i>) <i>platensis</i> ekstrakti, 2000–6000 ppm	Barg orqali purkash, 21 kunlik oraliqda 3 marta	Meva massasi, kengligi va umumiy hosildorlik yuqori dozalarda ortdi
Salat (akvaponika)	<i>Arthrospira platensis</i> suspenziyasi	Suv/oziqlantirish eritmasiga qo‘shish	O‘shish ko‘rsatkichlari barcha <i>spirulina</i> variantlarida nazoratdan yuqori bo‘ldi

Xususan, gidroponika sharoitida yetishtirilgan salatda eng yuqori *Chlorella* dozasi (5,0 g/l) qo‘llanilganda ildiz tizimi ko‘rsatkichlari (ildiz quruq massasi +150,0%, ildiz xom massasi +138,7%) barg yuzasi (+67,4%) ga nisbatan ancha yuqori o‘shish ko‘rsatgani aniqlandi (1-rasm, 2-diagramma) - bu mikroalga biostimulyatorlarining, birinchi navbatda, ildiz rivojlanishiga kuchliroq ta’sir ko‘rsatishidan dalolat beradi, bu esa o‘z navbatida o‘simlikning suv va oziq moddalarni o‘zlashtirish qobiliyatini oshiradi.

Chlorella vulgaris (5 g/l) ta'sirida salat o'simligi ko'rsatkichlarining nazoratga nisbatan o'sishi (gidroponika sharoiti)



2-diagramma. *Chlorella vulgaris* suspenziyasi (5 g/l) ta'sirida salat o'simligi ko'rsatkichlarining nazoratga nisbatan o'sishi

Turli ekinlar bo'yicha natijalarni qiyoslash shuni ko'rsatadiki, barg orqali purkash usuli (salat, loviya, qalampir misolida) asosan fotosintetik faollik va meva/hosil sifatiga, tuproqqa yoki ildiz zonasiga kiritish usuli (bug'doy, bodring, pomidor misolida) esa ko'proq ildiz tizimi rivojlanishi va tuproq unumdorligiga ta'sir ko'rsatadi. Bu qonuniyat Farg'ona viloyatida o'tkaziladigan tajriba metodikasini ishlab chiqishda - ya'ni bir vaqtning o'zida ham barg orqali purkash, ham tuproqqa kiritish variantlarini sinash zarurligini -asoslaydi (1-jadval).

Shuningdek, *Chlorella* va *Spirulina* natijalarini qiyoslash ularning ta'sir mexanizmida qisman farq borligini ko'rsatadi: *Spirulina* ekstraktlarida gibberellin va auksin miqdori *Chlorella* va boshqa mikroalgalariga nisbatan yuqoriroq bo'lishi mumkinligi qayd etilgan [11], bu esa ikkala mikroalga suspenziyasini birgalikda (kombinatsiyalangan variant, 2-jadval, 8-variant) qo'llash orqali sinergik samaraga erishish mumkinligi haqidagi gipotezani ilgari suradi. Bu gipoteza mazkur dissertatsiya doirasida o'tkaziladigan tajribalarning asosiy ilmiy farazlaridan birini tashkil etadi.

Umuman olganda, tahlil qilingan manbalarning aksariyati (8 ta manbadan 7 tasi, 2-jadval) *Chlorella* va *Spirulina* suspenziyalarining kamida bitta o'suvchanlik yoki hosildorlik ko'rsatkichiga statistik ishonchli ijobiy ta'sirini qayd etadi, bu esa mikroalga asosidagi biostimulyatorlarning Farg'ona viloyati sabzavotchiligidagi sinovdan o'tkazilishi uchun yetarli ilmiy asos mavjudligini tasdiqlaydi.

XULOSA. O'tkazilgan adabiyotlar tahlili natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. *Chlorella vulgaris* kosmopolit tarqalishga, moslashuvchan o'stirish texnologiyasiga va boy biokimyoviy tarkibga (fitogormonlar, aminokislotalar, polisaxaridlar, mikroelementlar) ega bo'lgan yashil mikroalga bo'lib, zamonaviy barqaror qishloq xo'jaligida biostimulyator xomashyosi sifatida katta salohiyatga ega.

2. Jahon tajribasi *Chlorella vulgaris* va *Spirulina (Arthrospira platensis)* suspenziyalarining salat, bodring, pomidor, bug‘doy, loviya va qalampir kabi ekinlarning o‘svchanlik, fiziologik-biokimyoviy holati va hosildorligiga ijobiy ta‘sirini ishonchli tasdiqlaydi, ta‘sir darajasi ekin turi, qo‘llash usuli va suspenziya konsentratsiyasiga bog‘liq.

3. Markaziy Osiyo, jumladan Farg‘ona vodiysining o‘tkir kontinental iqlimi va sug‘oriladigan dehqonchilik sharoitida mikroalga biostimulyatorlarini sinash bo‘yicha tadqiqotlar deyarli olib borilmagan, bu esa mazkur dissertatsiya tadqiqotining ilmiy yangiligini belgilaydi.

4. Adabiyotlar tahlili asosida ishlab chiqilgan tajriba metodikasi (BBM/Zarrouk muhitida mikroalga o‘stirish, 0,5-5,0 g/l va 2000–6000 ppm konsentratsiyalar diapazoni, randomized block dizayn, kompleks ko‘rsatkichlar tizimi) Farg‘ona viloyati sharoitida o‘z tajribalarini o‘tkazish uchun ilmiy asoslangan boshlang‘ich nuqta bo‘lib xizmat qiladi.

5. Kelgusi tadqiqot bosqichida olinadigan bevosita eksperimental natijalar ushbu maqolada keltirilgan jahon tajribasi bilan taqqoslanadi, bu esa *Chlorella* va *Spirulina* asosidagi biostimulyatorlarning mintaqaviy sabzavotchilikda qo‘llash samaradorligini ilmiy asoslangan holda baholash imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Allaguvatova R., Myasina Y., Zakharenko V., Gaysina L. A simple method for the cultivation of algae *Chlorella vulgaris* Beijerinck // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2019. - Vol. 390. - Art. 012020.

2. Application of *Chlorella vulgaris* Beijerinck as a Biostimulant for Growing Cucumber Seedlings in Hydroponics // PMC (National Library of Medicine). - 2023.

3. Bioactive fatty acids and compounds from *Spirulina (Arthrospira) platensis*: Potential as biostimulants for plant growth // ScienceDirect (Algal Research). - 2022.

4. Biostimulant effect of green soil microalgae *Chlorella vulgaris* suspensions on germination and growth of wheat (*Triticum aestivum* var. Achta) and soil fertility // Science of the Total Environment (ScienceDirect). - 2024.

5. BIOSTIMULANT EFFECT OF SPIRULINA (ARTHROSPIRA PLATENSIS) ON LETTUCE (LACTUCA SATIVA) CULTIVATED UNDER AQUAPONIC SYSTEM // ResearchGate. - 2022.

6. *Chlorella* (PROSEA) // Plant Resources of South-East Asia (uses.plantnet-project.org).

7. Development of biofertilizer/biostimulant for plant growth from *Arthrospira platensis* co-products // Journal of Applied Phycology. - 2026.

8. Effects of foliar applications of commercial seaweed and *spirulina platensis* extracts on yield and fruit quality in pepper (*Capsicum annuum* L.) // Cogent Food & Agriculture. - 2023. - Vol. 9(1). - DOI: 10.1080/23311932.2023.2233733.

9. Farmer Studies the Effects of a Biostimulant on Tomato Vigor and Yields // Southern SARE (Sustainable Agriculture Research and Education). - 2023.

10. Foliar Spray Application of Chlorella vulgaris Extract: Effect on the Growth of Lettuce Seedlings // Agronomy. - 2021. - Vol. 11(2).- Art. 308. - DOI: 10.3390/agronomy11020308.

11. Impact of Chlorella vulgaris, Nannochloropsis salina, and Arthrospira platensis as bio-stimulants on common bean plant growth, yield and antioxidant capacity // Scientific Reports. -2024.

12. Physiological Effects and Mechanisms of Chlorella vulgaris as a Biostimulant on the Growth and Drought Tolerance of Arabidopsis thaliana // Plants. - 2024. - Vol. 13(21). - Art. 3012. - DOI: 10.3390/plants13213012.

13. Production of Chlorella vulgaris and its effects on plant growth, yield and fruit quality of organic tomato grown in greenhouse as biofertilizer // ResearchGate. -2016.

14. Song H., Hu Z., Liu G. Assessing advances in taxonomic research on Chlorellaceae (Chlorophyta) // Biodiversity Science. - 2023. - Vol. 31(2). - Art. 22083.

15. O‘zbekistonning Farg‘ona vodiysida meva-sabzavot yetishtiruvchilarning iqlim o‘zgarishiga moslashuvini oshirish // BMT Taraqqiyot dasturi (UNDP Uzbekiston), rasmiy sayt (undp.org).