QO‘QON DAVLAT PEDAGOGIKA INSTITUTI ILMIY XABARLARI
(2026-yil 10-son)

TABIIY FANLAR

NATURAL SCIENCES

https://doi.org/10.70728/a.series.tab.v08.i10.154

BUXORO VILOYATI BALIQCHILIK HOVUZLARI OQOVA SUVLARIDA YETISHTIRILGAN *LEMNA GIBBA* L. VA *AZOLLA CAROLINIANA* WILLD. BIOMASSASIDA QURUQ MODDA TO‘PLANISHI VA BALIQCHILIKDAGI OZUQAVIY AHAMIYATI

Jalolov Elbek Baxshilloyevich
Buxoro davlat universiteti
e.b.jalolov@buxdu.uz;
https://orcid.org/0009-0003-8000-6225

Annotatsiya. Ushbu tadqiqotda Buxoro viloyati baliqchilik hovuzlari oqova suvi hamda Hoagland muhitlarida yetishtirilgan *Lemna gibba* va *Azolla caroliniana* biomassasida quruq modda to‘planishi qiyoslandi. Oqova suv sharoitida ikkala makrofitda quruq qoldiq yuqori bo‘lib, ularning baliqchilikdagi ozuqaviy istiqboli izohlandi hamda biotexnologik ahamiyati ilmiy asoslandi.

Kalit so‘zlar: *Lemna gibba*; *Azolla* caroliniana; makrofitlar; biomassa; quruq modda; oqova suv; Hoagland; akvakultura; baliqchilik; ozuqa; fitoremediatsiya; biotexnologiya.

Аннотация. В исследовании сопоставлено накопление сухого вещества в биомассе *Lemna gibba* и *Azolla*, выращенной в стоках рыбоводных прудов Бухарской области и средах Хоагланда. В сточной воде оба макрофита имели более высокий сухой остаток, подтверждая перспективность их кормового применения в аквакультуре региона.

Ключевые слова: *Lemna gibba*; *Azolla* caroliniana; макрофиты; биомасса; сухое вещество; стоки; Хоагланд; аквакультура; рыбоводство; корм; фиторемедиация; биотехнология.

Abstract. This study compared dry matter accumulation in *Lemna gibba* and *Azolla* biomass cultivated in fish-farm effluent and Hoagland media in Bukhara region. Both macrophytes showed higher dry residue under effluent conditions, supporting their nutritional potential for sustainable aquaculture feed applications.

Keywords: *Lemna gibba*; *Azolla* caroliniana; macrophytes; biomass; dry matter; wastewater; Hoagland; aquaculture; fisheries; feed; phytoremediation; biotechnology.

KIRISH. Buxoro viloyati sharoitida baliqchilik hovuzlaridan chiqadigan oqova suv tarkibidagi biogen elementlarni yuksak suv o‘simliklari biomassasiga aylantirish suv resurslaridan takroriy foydalanish va mahalliy ozuqa xomashyosi olish uchun muhim biotexnologik yo‘nalish hisoblanadi. FAO sharhida yuzuvchi suv o‘imliklar ryaska va azolla

tez o‘suvchi suzuvchi makrofitlar sifatida tavsiflanib, ularning kimyoviy tarkibi, yetishtirish bitexnologiyasi va baliq ozuqasidagi qo‘llanilishi umumlashtirilgan [1]. Zamonaviy tizimli tahlil suv o‘imliklari biomassasining baliq yemlarida 15-30% darajadagi qo‘llanilishi ko‘plab tajribalarda ijobiy o‘sish va ozuqa konversiyasi bilan bog‘liqligini ko‘rsatadi [2]. *Lemna gibba* oqova suvdagi oziqa elementlarini o‘zlashtirib, quruq biomassa hosildorligini oshirishi mumkin [3,4], biroq sho‘rlanish kuchayishi uning o‘sishi va quruq massa shakllanishini cheklaydi [5]. *Azolla* ham yuqori ozuqaviy qiymatga ega bo‘lib, yangi biomassasi tilapiya ratsionida samarali qo‘llanilgan [6], turli sho‘rlanish sharoitlarida esa ratsiondagi maqbul ulushi baliq fiziologiyasi va o‘sishiga ta’sir ko‘rsatadi [7]. Oqova suvli akvakultura tizimlariga azolla integratsiyasi suv sifatini yaxshilash va qo‘shimcha ozuqa biomassasi olish imkonini beradi [8]. Suv o‘simliklari biomassasining quruq modda miqdori yetishtirish va quritish sharoitiga sezgirligi ham ko‘rsatilgan [9], Azollaning ozuqa va bioremediatsiyadagi ko‘p funksiyali roli zamonaviy sharhlarda tasdiqlangan [10].

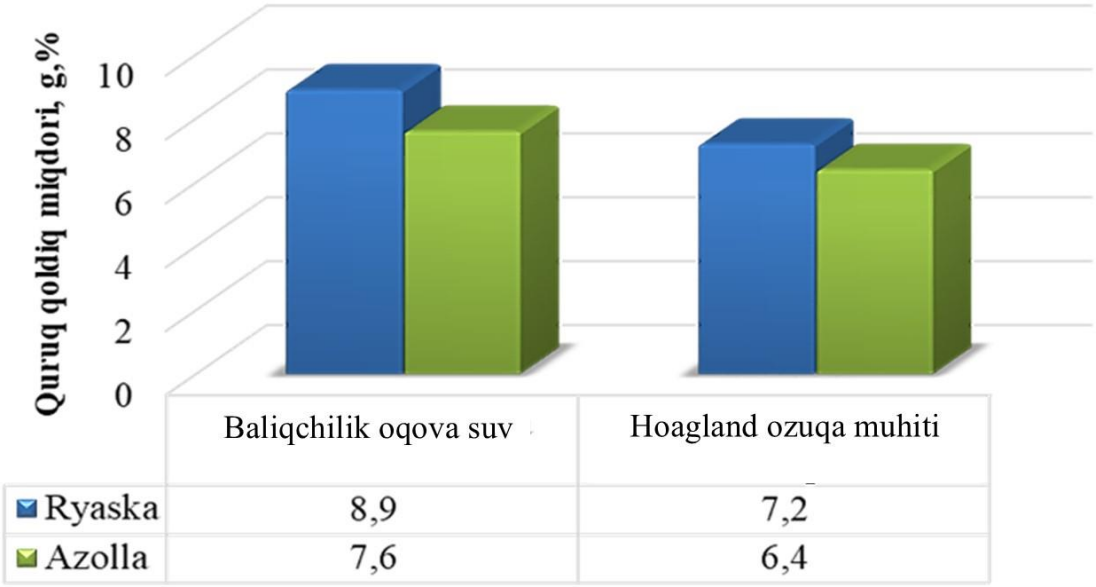
Quruq qoldiq ko‘rsatkichi yangi biomassadagi oqsil, lipid, uglevod, strukturaviy va mineral komponentlarning yig‘indisini aks ettirib, hosil qilingan makrofit biomassasining konsentrlangan ozuqaviy qiymati hamda qayta ishlash samaradorligini baholashga imkon beradi.

Tadqiqotda baliqchilik oqova suvi hamda tegishli Hoagland muhitlarida yetishtirilgan *Lemna gibba* L. va *Azolla caroliniana* Willd. biomassasida quruq qoldiq to‘planishini qiyosiy baholash va baliqchilikdagi ozuqaviy ahamiyatini asoslashdir.

Har ikkala makrofitning yangi biomassasidagi quruq qoldiq ulushini aniqlash; oqova suv va Hoagland variantlarini qiyoslash; turlararo farqlarni baholash; natijalarni ozuqaviy va texnologik nuqtai nazardan izohlash kabi muhim masalalar ijobiy hal etilgan.

METODOLOGIYA: Tajriba ikki makrofit turi va ikki yetishtirish muhiti bo‘yicha qiyosiy tashkil etildi. *Lemna gibba* L. baliqchilik oqova suvi hamda Hoagland 0,1× muhitida, *Azolla caroliniana* Willd. esa baliqchilik oqova suvi va azotsiz Hoagland 0,4× muhitida yetishtirildi. Yangi biomassadagi quruq qoldiq foizda baholandi. Natijalar mutlaq va nisbiy farqlar asosida qiyoslandi. Tadqiqot natijalar deskriptiv-qiyosiy tahlil qilindi, xalqaro adabiyotlar bilan solishtirildi.

TAJRIBA: Makrofit biomassasining ozuqaviy qiymatini baholashda oqsil, yog‘, uglevod va mineral elementlar tarkibi bilan bir qatorda quruq qoldiq miqdori ham muhim biotexnologik va biologik ko‘rsatkich sifatida olindi. Quruq qoldiq yangi biomassada to‘plangan oqsillar, lipidlar, uglevodlar, strukturaviy komponentlar va mineral moddalarning umumiy miqdorini ifodalaydi. Shundan kelib chiqib, baliqchilik hovuzlaridan chiqadigan oqova suv, *Lemna gibba* L. uchun Hoagland 0,1× va *Azolla caroliniana* Willd. uchun azotsiz Hoagland 0,4× sharoitlarida yetishtirilgan biomassaning quruq qoldiq miqdori qiyosiy o‘rganildi (1-rasm).



1-rasm. Baliqchilik oqova suvi va Hoagland muhitlarida yetishtirilgan *Lemna gibba* L. hamda *Azolla caroliniana* Willd. biomassasining quruq qoldiq miqdori, %

NATIJALAR: 1-rasm natijalari yetishtirish muhitining gidrokimyoviy holati har ikkala makrofit biomassasida quruq modda to‘planishiga yaqqol ta’sir qilganini ko‘rsatdi. Baliqchilik oqova suvida *Lemna gibba* L. biomassasining quruq qoldiq miqdori 8,9%, *Azolla caroliniana* Willd. da esa 7,6% ni tashkil etdi. Hoagland variantlarida mazkur ko‘rsatkichlar mos ravishda 7,2 va 6,4% gacha kamaydi.

Lemna gibba L. da oqova suv va Hoagland 0,1× o‘rtasidagi mutlaq farq 1,7 foiz punktni tashkil etdi. Oqova suvdagi quruq qoldiq Hoagland 0,1× variantiga nisbatan 23,6% yuqori bo‘ldi; Hoagland muhitidagi kamayish esa oqova suv variantiga nisbatan 19,1% ni tashkil etdi.

Azolla caroliniana Willd. da shu yo‘nalish saqlandi, biroq o‘zgarish nisbatan yumshoqroq bo‘ldi. Oqova suvdagi 7,6% quruq qoldiq azotsiz Hoagland 0,4× da 6,4% gacha kamayib, mutlaq farq 1,2 foiz punktni tashkil etdi. Oqova suvdagi ko‘rsatkich azotsiz Hoagland 0,4× ga nisbatan 18,8% yuqori, kamayish esa oqova suv variantiga nisbatan 15,8% bo‘ldi.

Turlararo qiyoslashda oqova suv sharoitida *Lemna gibba* L. quruq qoldig‘i 8,9%, *Azolla caroliniana* Willd. niki 7,6% bo‘lib, farq 1,3 foiz punkt yoki 17,1% ni tashkil etdi. Hoagland variantlarida mos ravishda 7,2 va 6,4% qayd etilib, farq 0,8 foiz punkt yoki 12,5% bo‘ldi. Shartli 100 kg yangi biomassada bu mos ravishda 8,9 va 7,6 kg, Hoagland sharoitida esa 7,2 va 6,4 kg quruq modda demakdir.

MUHOKAMA: Mazkur natijalar baliqchilik hovuzlari oqova suvidagi NPK va organik moddalarning samaradorligi faqat oziqa elementlarining mavjudligi bilan emas, ularning o‘simlik tomonidan o‘zlashtirilish darajasi bilan ham belgilanayotganini ko‘rsatadi. *Lemna gibba* L. oqova suv oziqa elementlarini quruq va oqsilga boy biomassaga aylantira olishi xalqaro tadqiqotlarda ham ko‘rsatilgan [3,4].

Hoagland variantlarida quruq qoldiqning kamayishi mineralizatsiya va sho‘rlanish bilan bog‘liq osmotik-ion stressi tufayli metabolik resurslarning bir qismi yangi biomassa hosil qilishdan ko‘ra gomeostazni saqlashga yo‘naltirilishi bilan izohlanishi mumkin. *Lemna*

gibba L. da yuqori sho‘rlanish biomassa hosil bo‘lishini cheklashi eksperimental ko‘rsatilgan [5]. Shu sababli mazkur mexanizm ushbu tadqiqot natijalarini izohlovchi ilmiy ehtimol sifatida qaraldi.

Oldingi biokimyoviy natijalar bilan birgalikda qaralganda, oqova suv sharoitida *Lemna gibba* L. da oqsil va yog‘ miqdorining yuqoriroq bo‘lishi quruq qoldiqning 8,9% gacha ortishi bilan bir yo‘nalishda kechgan. Demak, quruq moddaning ortishi faqat mineral qoldiq emas, balki ozuqaviy ahamiyatga ega organik komponentlarning to‘planishi bilan ham bog‘liq. Suv o‘simliklari biomassasining baliq ozuqasidagi istiqboli FAO va tizimli tahlillarda qayd etilgan [1,2].

Hoagland sharoitida avvalgi natijalarda umumiy kul ulushi ortgan bo‘lsa-da, yangi biomassadagi umumiy quruq qoldiq kamaygan. Bunda quruq qoldiq yangi biomassaning umumiy quruq moddasi, kul esa shu quruq moddaning kuydirishdan keyingi mineral fraksiyasi ekanini hisobga olish zarur. Shuning uchun umumiy quruq modda kamayishi bilan bir vaqtda uning tarkibidagi mineral fraksiya ulushi ortishi mumkin.

Azolla caroliniana Willd. da quruq qoldiqning oqova suv sharoitida 7,6% bo‘lishi va Hoagland variantida 6,4% gacha pasayishi *Azolla* biomassasining ham yetishtirish sharoitiga sezgirligini ko‘rsatadi. *Azolla* turlarining baliq ozuqasidagi qiymati, yangi biomassaning ozuqaviy xususiyatlari va turli sho‘rlanish sharoitlaridagi samarasi tajribaviy ishlarda tasdiqlangan [6,7]. Oqova suvli akvakultura tizimlarida *Azolla* integratsiyasi suv sifatini yaxshilash va qo‘shimcha ozuqa biomassasi olish imkonini ko‘rsatadi [8].

Quruq modda ko‘rsatkichi amaliy qayta ishlash uchun ham muhim. Suv o‘simliklarida yetishtirish va quritish sharoiti quruq modda hamda ozuqaviy komponentlarning saqlanishiga ta’sir ko‘rsatadi [9]. *Azolla*ning ozuqa, bioremediatsiya va barqaror ishlab chiqarishdagi ko‘p funksiyali xususiyatlari ham zamonaviy sharhlarda qayd etilgan [10]. Shu sababli baliqchilik uchun makrofit biomassasini maqsadli yetishtirishda faqat yangi biomassa hosildorligi emas, balki 1 kg yangi biomassadagi quruq modda va ozuqaviy komponentlar miqdori ham hisobga olinishi lozim.

XULOSALAR. Baliqchilik hovuzlari oqova suvi sharoitida quruq qoldiq miqdori *Lemna gibba* L. da 8,9% va *Azolla caroliniana* Willd. da 7,6% bo‘lib, tegishli Hoagland variantlaridagi 7,2 va 6,4% ko‘rsatkichlardan yuqori bo‘ldi; demak, oqova suv muhiti quruq modda to‘planishi uchun samaraliroq bo‘lgan; *Lemna gibba* L. da Hoagland 0,1× sharoitida quruq qoldiq oqova suv variantiga nisbatan 19,1%, *Azolla caroliniana* Willd. da azotsiz Hoagland 0,4× sharoitida 15,8% kamaydi. Bu yetishtirish muhitining gidrokimyoviy xususiyatlari yangi biomassadagi quruq modda ulushini boshqaruvchi muhim omil ekanini ko‘rsatdi; Tajriba sharoitida *Lemna gibba* L. quruq modda to‘plash bo‘yicha *Azolla caroliniana* Willd. dan ustun bo‘ldi; oqova suvda farq 17,1%, Hoagland variantlarida 12,5% ni tashkil etdi. Bu natija baliqchilik ozuqasi uchun biomassani baholashda yangi massa bilan birga quruq modda chiqimini ham hisobga olish zarurligini asoslaydi.

AMALIY TAVSIYALAR: Baliqchilik oqova suvlarida *Lemna gibba* L. va *Azolla caroliniana* Willd. ni yetishtirishda yangi biomassa hosildorligi bilan bir qatorda quruq qoldiq, oqsil va kul miqdori muntazam baholanib, ozuqaviy mahsuldorlik kg quruq modda/m² yoki kg quruq modda/hovuz birliklarida hisoblanishi tavsiya etiladi; Quruq qoldiq

kamayishining sabablarini aniqlashtirish uchun keyingi tajribalarda suvning elektr o‘tkazuvchanligi, umumiy mineralizatsiyasi, Na^+/K^+ nisbati, N va P miqdori bilan quruq modda hosildorligi o‘rtasidagi bog‘liqlik regressiya tahlili orqali baholanishi lozim; Makrofit biomassasini baliq ozuqasiga joriy etishdan oldin optimal quritish rejimi, oqsil saqlanishi, og‘ir metallar va mikrobiologik xavfsizlik tekshirilib, Lemna va Azolla uchun alohida oziqlantirish sinovlarida ozuqa konversiyasi, o‘sish sur’ati va tirik qolish ko‘rsatkichlari aniqlanishi tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

[1] Hasan, M.R.; Chakrabarti, R. (2009). Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small-scale aquaculture: a review. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 531. Rome: FAO. 123 p. Elektron havola: https://www.fao.org/4/i1141e/i1141e00.htm

[2] Minich, J.J.; Michael, T.P. (2024). A review of using duckweed (*Lemnaceae*) in fish feeds. Reviews in Aquaculture, 16(3), 1212–1228. DOI: 10.1111/raq.12892. Elektron havola: https://doi.org/10.1111/raq.12892

[3] Verma, R.; Suthar, S. (2014). Synchronized urban wastewater treatment and biomass production using duckweed *Lemna gibba L.* Ecological Engineering, 64, 337–343. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2013.12.055. Elektron havola: https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.12.055

[4] Oron, G. (1994). Duckweed culture for wastewater renovation and biomass production. Agricultural Water Management, 26(1–2), 27–40. DOI: 10.1016/0378-3774(94)90022-1. Elektron havola: https://doi.org/10.1016/0378-3774(94)90022-1

[5] Yilmaz, D.D. (2007). Effects of salinity on growth and nickel accumulation capacity of *Lemna gibba* (*Lemnaceae*). Journal of Hazardous Materials, 147(1–2), 74–77. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2006.12.047. Elektron havola: https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.12.047

[6] Refaey, M.M.; Mehrim, A.I.; Zenhom, O.A.; Areda, H.A.; Ragaza, J.A.; Hassaan, M.S. (2023). Fresh *Azolla*, *Azolla pinnata* as a Complementary Feed for *Oreochromis niloticus*: Growth, Digestive Enzymes, Intestinal Morphology, Physiological Responses, and Flesh Quality. Aquaculture Nutrition, 2023, 1403704. DOI: 10.1155/2023/1403704. Elektron havola: https://doi.org/10.1155/2023/1403704

[7] Sallam, G.R.; Helal, A.M.; Mabrouk, H.A.H.; Hermina, A.H.F.G.; Habib, Y.J.; Fayed, W.M.; Dossou, S.; El Basuini, M.F.; Shehata, A.I. (2024). Comparative impact of replacing fish meal with azolla on growth, water quality, and physiology of red tilapia fingerlings at varying salinities. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 108(5), 1370–1382. DOI: 10.1111/jpn.13980. Elektron havola: https://doi.org/10.1111/jpn.13980

[8] Saif, T.; Ben Ali, M.; Mohamed, A.S.Y.; Zahra, I.; Al-Yasi, H.M.; Boufahja, F.; et al. (2026). Integration of *Azolla filiculoides* in wastewater-fed aquaculture: Enhancing water quality, mitigating heavy metals, and promoting Tilapia production. Regional Studies in Marine Science, 95, 104851. DOI: 10.1016/j.rsma.2026.104851. Elektron havola: https://doi.org/10.1016/j.rsma.2026.104851

[9] Prosridee, K.; Oonsivilai, R.; Tira-Aumphon, A.; Singthong, J.; Oonmetta-Aree, J.; Oonsivilai, A. (2023). Optimum aquaculture and drying conditions for *Wolffia arrhiza* (L.) Wimm. Heliyon, 9(9), e19730. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e19730. Elektron havola: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19730

[10] Yang, Y.; Yang, Y.; Deng, S.; Ying, Z. (2025). Role of *Azolla* in sustainable agriculture and climate resilience: a comprehensive review. Frontiers in Plant Science, 16, 1661720. DOI: 10.3389/fpls.2025.1661720. Elektron havola: https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1661720