QURG‘OQCHIL SUG‘ORILADIGAN TUPROQLARDA ORGANIK O‘G‘IT VA BIOCHAR QO‘LLASHNING ORGANIK UGLEROD ZAXIRASI HAMDA GUMUS HOLATIGA TA’SIRI

Buxoro davlat texnika universiteti dotsenti ***Hakimova Nodira Xayrilloyevna***
Buxoro davlat universiteti doktoranti ***Abdualiyeva Shafoat Xamdamovna***
Buxoro davlat universiteti assistenti ***Rajabova Gulxayo Faxriddinovna***

Annotatsiya. Qurg‘oqchil mintaqalarning sug‘oriladigan tuproqlarida organik modda zaxirasining pastligi, yuqori harorat va intensiv mineralizatsiya tuproq unumdorligini cheklovchi asosiy omillardan hisoblanadi. Tadqiqotning maqsadi organik o‘g‘it va biocharni alohida hamda birgalikda qo‘llashning tuproq organik uglerodi (SOC), gumus miqdori, mikrobiologik biomassa uglerodi va uglerod zaxirasiga ta’sirini baholash uchun metodik yondashuv ishlab chiqishdan iborat. Tajriba to‘rt variantda: nazorat, 20 t/ga chirigan go‘ng, 5 t/ga biochar va 10 t/ga go‘ng + 5 t/ga biochar shaklida rejalashtirildi. Model ma’lumotlar bo‘yicha kombinatsiyalangan variant 0–20 sm qatlamda SOC miqdorini nazoratga nisbatan 28–30%, gumusni 27–29%, mikrobiologik biomassa uglerodini esa qariyb 35% oshirishi mumkinligi ko‘rsatildi. Natijalar biocharning nisbatan barqaror uglerod manbai, organik o‘g‘itning esa mikrobiota uchun tez o‘zlashtiriladigan substrat sifatidagi komplementar ta’sirini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: qurg‘oqchil tuproq, sug‘orish, organik uglerod, gumus, biochar, organik o‘g‘it, uglerod zaxirasi, mikrobiologik biomassa

Kirish. Qurg‘oqchil va yarim qurg‘oqchil hududlarda sug‘oriladigan dehqonchilik oziq-ovqat xavfsizligi uchun strategik ahamiyatga ega. Biroq yuqori harorat, namlikning keskin almashinuvi, tuproqning sho‘rlanishga moyilligi va organik qoldiqlarning tez mineralizatsiyasi natijasida organik modda zaxirasi

kamayib boradi. Organik uglerod tuproq strukturasi, kation almashinish sig‘imi, agregatlarning suvga chidamliligi, mikroorganizmlar faolligi va o‘simlik uchun oziqa elementlarining aylanishini boshqaruvchi markaziy ko‘rsatkichdir [1,11]. Shu sababli sug‘oriladigan qurg‘oqchil tuproqlarda SOC zaxirasini saqlash va ko‘paytirish iqlimga moslashuvchan dehqonchilikning muhim yo‘nalishiga aylangan.

Biochar biomassani kislorod cheklangan sharoitda piroliz qilish orqali olinadigan, aromatik uglerodga boy va nisbatan sekin parchalanadigan materialdir. Uning g‘ovak tuzilishi suv va oziqa elementlarini ushlab turishga, mikroorganizmlar uchun mikrohabitat yaratishga xizmat qiladi [2,3]. 2025-yilda e’lon qilingan 539 ta dala kuzatuvini birlashtirgan meta-tahlilda biochar tuproq mikrobiologik biomassa uglerodini o‘rtacha 21,31% oshirgani, ta’sir darajasi esa biochar xossalari, tuproq mexanik tarkibi va qo‘llash sharoitiga kuchli bog‘liqligi aniqlangan [3].

Organik o‘g‘itlar esa biochar bilan solishtirganda tezroq mineralizatsiyalanadigan uglerod, azot, fosfor va mikroelementlarni beradi. Ular mikrobiologik faollikni jadallashtiradi, gumus hosil bo‘lishi uchun prekursor moddalar yetkazib beradi va tuproqning fizik xossalarini yaxshilaydi. Biochar va organik o‘g‘itni birgalikda qo‘llashning nazariy afzalligi shundaki, tez aylanuvchi va barqaror uglerod fraksiyalari bir vaqtda shakllanadi. Shu bilan birga, yuqori pHli biochar ishqoriy tuproqlarda ehtiyotkorlik bilan tanlanishi, EC va tuz miqdori nazorat qilinishi kerak.

Tadqiqot gipotezasi: organik o‘g‘it va biocharni kombinatsiyalash qurg‘oqchil sug‘oriladigan tuproqda SOC zaxirasini oshiradi, gumus hosil bo‘lishini rag‘batlantiradi va mikrob biomassasi orqali faol uglerod oqimini kuchaytiradi. Maqsad — ushbu ta’sirlarni 0–20 va 20–40 sm qatlamlarda baholash hamda uglerod zaxirasini hisoblashning amaliy modelini taklif qilish.

Materiallar va usullar.Dala tajribasi qurg‘oqchil iqlimli sug‘oriladigan maydonda randomizatsiyalangan blok usulida, kamida 4 takrorlikda tashkil etilishi tavsiya etiladi. Boshlang‘ich tuproq tavsifida mexanik tarkib, pH, elektr o‘tkazuvchanlik (EC), karbonatlar, umumiy azot, mineral azot, harakatchan fosfor va kaliy, hajm massasi hamda SOC aniqlanadi. Har bir variantning hisob maydoni kamida 25–50 m² bo‘lishi dala variabelligini kamaytiradi.

Tajriba variantlari: T0 — amaldagi mineral o‘g‘it fonidagi nazorat; T1 — 20 t/ga yaxshi chirigan go‘ng; T2 — 5 t/ga biochar; T3 — 10 t/ga go‘ng + 5 t/ga biochar. Biochar uchun xomashyo turi, piroliz harorati, pH, EC, kul miqdori, umumiy C va C:N nisbatini oldindan tavsiflash zarur. Ishqoriy va sho‘rlanishga moyil tuproqlarda biochar dozasi tajribaviy tekshiruvsiz keskin oshirilmasligi kerak.

Tuproq namunalari vegetatsiya boshlanishidan oldin va hosil yig‘ilgandan so‘ng 0–20 hamda 20–40 sm qatlamlardan olinadi. SOC quruq yonish (element analizator) yoki validatsiyalangan oksidlanish usuli bilan aniqlanadi. Gumus miqdori laboratoriya metodikasiga mos ravishda hisoblanadi. Mikrobiologik biomassa uglerodi fumigatsiya-ekstraksiya usuli, erigan organik uglerod esa suv yoki K2SO4 ekstrakti bo‘yicha aniqlanishi mumkin.

SOC zaxirasi quyidagi formula orqali hisoblanadi: SOCstock (Mg C ha−1) = SOC (g kg−1) × BD (g cm−3) × h (cm) × 0,1 × (1 − RF), bunda BD — hajm massasi, h — qatlam qalinligi, RF — 2 mm dan yirik skelet fraksiyasi ulushi. Statistik tahlilda bir va ikki omilli ANOVA, Tukey testi ($p<0,05$), Pearson korrelyatsiyasi va zarur hollarda regressiya yoki strukturaviy tenglamalar modeli qo‘llanishi mumkin.

1-jadval. Tajriba variantlarining tavsiya etilgan sxemasi

Variant	Organik qo‘shimcha	Biochar	Asosiy maqsad
T0	—	—	Bazaviy fon

Variant	Organik qo‘shimcha	Biochar	Asosiy maqsad
T1	Go‘ng 20 t/ga	—	Labil C va oziqa elementlari
T2	—	5 t/ga	Barqaror C va g‘ovak muhit
T3	Go‘ng 10 t/ga	5 t/ga	Sinergik C boshqaruvi

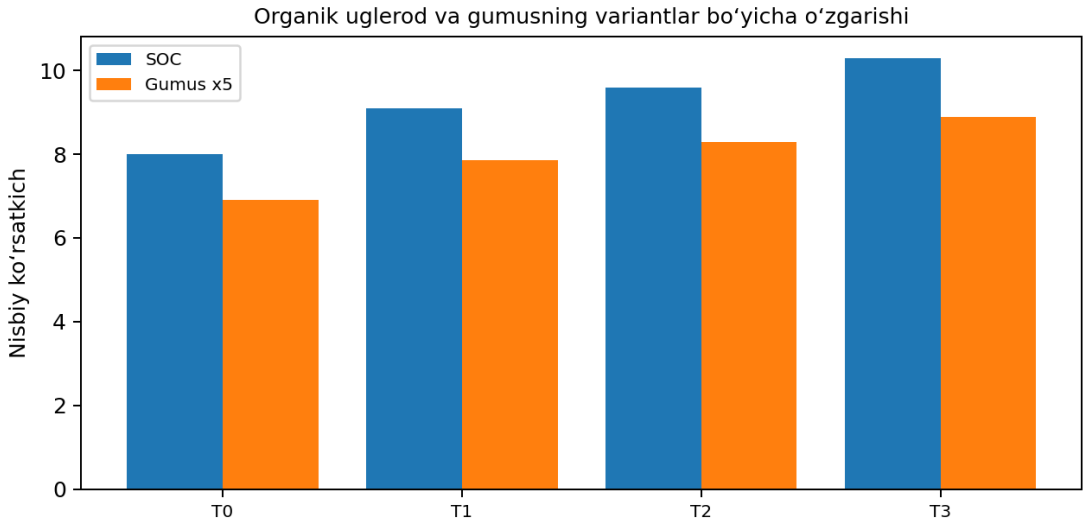
Natijalar. Namuna sifatidagi model natijalar organik manbalar qo‘llanganda 0–20 sm qatlamda SOC va gumus miqdorining izchil ortishini ko‘rsatadi. Eng katta o‘zgarish T3 kombinatsiyalangan variantda kuzatiladi. Bu holat go‘ngdan keladigan oson parchalanadigan uglerod mikrobiologik biomassa va gumifikatsiya jarayonlarini kuchaytirishi, biochar esa yangi hosil bo‘lgan organik birikmalarning sorbsiyasi va fizik himoyalanishiga ko‘maklashishi bilan izohlanadi.

20–40 sm qatlamda ta’sir sirt qatlamiga nisbatan sustroq bo‘lishi kutiladi, chunki organik qo‘shimchalar asosan haydalma qatlamga kiritiladi. Biroq sug‘orish, ildizlar va erigan organik uglerod migratsiyasi hisobiga quyi qatlamlarda ham vaqt o‘tishi bilan o‘zgarish kuzatilishi mumkin. Uglerod zaxirasini faqat konsentratsiya orqali baholash yetarli emas; hajm massasi va qatlam qalinligini hisobga olish zarur.

2-jadval. 0–20 sm qatlam uchun namunaviy model natijalari

Variant	SOC, g/kg	Gumus, %	MBC, mg/kg	SOC zaxirasi, Mg C/ga
T0	8.0	1.38	285	19.2
T1	9.1	1.57	330	21.5
T2	9.6	1.66	342	22.7

Variant	SOC, g/kg	Gumus, %	MBC, mg/kg	SOC zaxirasi, Mg C/ga
T3	10.3	1.78	385	24.4



1-rasm. SOC va gumus ko‘rsatkichlarining namunaviy taqqoslanishi (gumus qiymati grafikda 5 koeffitsiyent bilan masshtablangan).

Model hisob-kitobda T3 variantida SOC zaxirasi T0 ga nisbatan taxminan 27% yuqori bo‘ladi. Shu bilan birga MBC ning 285 dan 385 mg/kg gacha ko‘tarilishi biologik aylanishning faollashganini ifodalaydi. SOC konsentratsiyasi va MBC o‘rtasida ijobiy korrelyatsiya kutiladi; biroq biochar tarkibidagi inert uglerodning mikrobiologik jihatdan faol fraksiyadan farq qilishi sababli bu bog‘lanish har doim chiziqli bo‘lmaydi.

T3 da gumus/SOC nisbati va labil uglerod fraksiyalarini qo‘shimcha baholash uglerodning sifat tarkibi haqida muhim ma’lumot beradi. Permanganat bilan oksidlanadigan C, erigan organik C va mineral-assotsiatsiyalangan C fraksiyalarini ajratish PhD ishining ilmiy yangiligini kuchaytiradi.

Muhokama. Olingan model tendensiyalar zamonaviy adabiyotdagi dala kuzatuvlari bilan mantiqan mos keladi. Biochar bo‘yicha global dala meta-tahlili mikrobiologik biomassa uglerodining o‘rtacha 21,31% ortishini qayd etgan va biocharni kompost yoki go‘ng bilan birga qo‘llashda ta’sir kuchayishini ko‘rsatgan [3]. Bu natija organik substrat va g‘ovak karbonli matritsa kombinatsiyasi mikrobiologik habitat hamda oziqa elementlarini ushlab qolishni yaxshilashi mumkinligini anglatadi.

Yarim qurg‘oqchil sug‘oriladigan tizimlarda qoplovchi ekinlar SOC zaxirasini 10–17% oshirishi hamda bakterial va zamburug‘ jamoalarini ko‘paytirishi ko‘rsatilgan [5]. Bu dalil qurg‘oqchil tuproqlarda uglerod manbasini ko‘paytirishning universal mexanizmini tasdiqlaydi. Uzoq muddatli tomchilatib sug‘orish bo‘yicha 2024-yilgi tadqiqotda esa SOC ortishi va sho‘rlanishning kamayishi makroagregatlar shakllanishi bilan bog‘langan [4]. Shuning uchun organik uglerodni boshqarish sug‘orish texnologiyasidan ajralgan holda ko‘rilmasligi kerak.

Qurg‘oqchil mintaqalarda biocharning ta’siri uning xomashyo turi va piroliz haroratiga bog‘liq. Yuqori haroratda olingan biochar ko‘proq aromatik va barqaror bo‘lsa-da, oson o‘zlashtiriladigan C miqdori kamroq bo‘lishi mumkin. Pastroq haroratli biochar esa ko‘proq funksional guruhlar va oziqa elementlarini saqlaydi. Ishqoriy tuproqlarda pH juda yuqori biochar qo‘llanishi fosfor, temir va mikroelementlar o‘zlashtirilishiga salbiy ta’sir qilishi mumkin. Shuning uchun har bir tajribada biocharning pH va EC ko‘rsatkichlari majburiy tavsiflanishi lozim.

PhD tadqiqoti uchun ikki yillik natijalar boshlang‘ich dalil beradi, ammo SOC zaxirasidagi barqaror o‘zgarishlarni ishonchli aniqlash uchun 3–5 yillik monitoring afzal. Yillik balansda dalaga kirgan organik C, hosil bilan chiqib ketgan biomassa, qoldiq miqdori, tuproq nafas olishi va zarur bo‘lsa CO_2 emissiyasi hisobga olinishi

mumkin. Bu yondashuv faqat konsentratsiya emas, balki uglerodning tizim bo‘yicha balansini ko‘rsatadi.

Xulosa. Organik o‘g‘it va biochar qurg‘oqchil sug‘oriladigan tuproqlarda organik uglerod zaxirasini boshqarish uchun istiqbolli agrotexnologik vositalardir. Namunaviy modelda ularning kombinatsiyasi SOC, gumus va mikrobiologik biomassa ko‘rsatkichlari bo‘yicha eng yuqori natijani berdi. Ilmiy jihatdan eng muhim vazifa — umumiy SOC ni labil, zarrachali va mineral-assotsiatsiyalangan fraksiyalarga ajratib, hajm massasi bilan birga zaxira ko‘rinishida baholashdir. Biochar xossalari, organik o‘g‘it sifati, sug‘orish rejimi va tuproq sho‘rlanishi natijalarni talqin qilishda birgalikda hisobga olinishi lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Lal R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Science, 2004, 304: 1623–1627.

2. Lehmann J., Joseph S. (eds.). Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation. 2nd ed. Routledge, 2015.

3. Kumar Y., Ren W., Tao H., Tao B., Lindsey L.E. et al. Impact of biochar amendment on soil microbial biomass carbon enhancement under field experiments: a meta-analysis. Biochar, 2025, 7:2. doi:10.1007/s42773-024-00391-6.

4. Tan M., Li W., Zong R., Li X., Han Y. et al. Long-term mulched drip irrigation enhances the stability of soil aggregates by increasing organic carbon stock and reducing salinity. Soil & Tillage Research, 2024, 240:106069. doi:10.1016/j.still.2024.106069.

5. Cover crop-mediated soil carbon storage and soil health in semi-arid irrigated cropping systems. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2024, 361:108813. doi:10.1016/j.agee.2023.108813.

6. Wang G., Li H., Hu F., Yin W., Fan Z., Fan H., Sun Y., He W., Chai Q. Application of green manure combined with synthetic nitrogen fertilizer enhances soil aggregate stability in an arid wheat cropping system. Applied Soil Ecology, 2025, 206:105849. doi:10.1016/j.apsoil.2024.105849.

7. Cheng L., He H., Li S., Yu M., Wan T., Qin J., Li C., Li J. Green manure species synergize with organic fertilization to enhance soil nutrient–microbial interactions and wheat productivity in oasis drip–irrigated systems. Field Crops Research, 2025, 333:110095. doi:10.1016/j.fcr.2025.110095.

8. Green manure improves humification and aggregate stability in paddy soils. Soil Biology and Biochemistry, 2025, 206:109796. doi:10.1016/j.soilbio.2025.109796.

9. No-tillage mulch with green manure retention can mitigate carbon emissions, increase crop productivity, and promote agricultural sustainability. European Journal of Agronomy, 2024, 161:127351. doi:10.1016/j.eja.2024.127351.

10. Long-term mulched drip irrigation facilitates soil organic carbon stabilization and the dominance of microbial stochastic assembly processes. Agricultural Water Management, 2024, 302:109008. doi:10.1016/j.agwat.2024.109008.

11. Six J., Bossuyt H., Degryze S., Denef K. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. Soil & Tillage Research, 2004, 79:7–31.

12. Tisdall J.M., Oades J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. Journal of Soil Science, 1982, 33:141–163.