

YASHIL IQTISODIYOT SHAROITIDA DEGRADATSIYALANGAN TUPROQLARNI
TIKLASH VA CHIQINDISIZ KOMPOZITSION MAHSULOTLAR OLISH

Xayitboeva Dilshoda Bobobekovna
Ibragimov Nasrilla Ismoilovich
Jumayev Anvarbek Abdumurod o'g'li
Muradov Botir Xayat
Tashkent state technical university

Annotatsiya. Bugungi kunda degradatsiyaga uchragan tuproqlarni ekologik tiklash, qayta tiklanuvchi biomassa resurslaridan samarali foydalanish va chiqindilarni kamaytirish yashil iqtisodiyotning muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Shu nuqtai nazardan, tez o'suvchi va yuqori biomassa hosil qiluvchi *Miscanthus* turkumiga mansub o'simliklar ekologik tiklash hamda biobased mahsulotlar olish uchun istiqbolli xomashyo sifatida qaralmoqda. Mazkur tadqiqotning maqsadi *Miscanthus* o'simligining degradatsiyalangan tuproqlarni tiklashdagi ekologik ahamiyatini hamda uning biomassasidan sellyuloza, biochar va kompozitsion materiallar olish imkoniyatlarini tahlil qilishdan iborat. Tadqiqotda ilmiy adabiyotlarning qiyosiy tahlili, ma'lumotlarni tizimlashtirish va *Miscanthus* biomassasidan kompleks foydalanishga asoslangan konseptual yondashuv qo'llanildi. Adabiyotlar tahlili *Miscanthus*ning marginal va ayrim ifloslangan yerlarda yetishtirilishi, tuproqni barqarorlashtirish va biomassa hosil qilish imkoniyatlarini ko'rsatdi. Shuningdek, uning lignosellyulozali tarkibi sellyuloza olish, biochar ishlab chiqarish va biokompozitlar yaratish uchun muhim xomashyo ekanligi aniqlandi. *Miscanthus* biomassasidan biochar olish va uni yana tuproqni tiklash jarayoniga qaytarish biomassaning yopiq siklda foydalanilishiga imkon beradi. Natijada *Miscanthus* asosida tuproqni ekologik tiklash, biomassani qayta ishlash va yuqori qo'shimcha qiymatga ega mahsulotlar olishni birlashtiruvchi aylanma yashil iqtisodiyot modeli taklif etildi.

Kalit so'zlar: *Miscanthus*, yashil iqtisodiyot, degradatsiyalangan tuproq, ekologik tiklash, biomassa, sellyuloza, biochar, biokompozit, aylanma iqtisodiyot, chiqindisiz texnologiya.

Kirish. Tuproq resurslarining degradatsiyasi bugungi kunda ekologik va ijtimoiy-iqtisodiy muammolardan biridir. Sanoat faoliyati, konchilik, noto'g'ri sug'orish, eroziya, sho'rlanish va boshqa antropogen omillar natijasida tuproqning fizik-kimyoviy xususiyatlari yomonlashib, uning biologik unumdorligi pasayadi. Ayniqsa, qurg'oqchil va yarim qurg'oqchil hududlarda degradatsiyalangan yerlarni qayta tiklash qo'shimcha ekologik va iqtisodiy yondashuvlarni talab qiladi.

An'anaviy rekultivatsiya usullarining ayrimlari katta miqdorda energiya, suv va material sarfini talab qiladi. Shu sababli ekologik tiklash jarayonlarini mahalliy qayta tiklanuvchi resurslardan foydalanish va biomassani iqtisodiy qiymatga ega mahsulotlarga aylantirish bilan birlashtirish yashil iqtisodiyotning muhim yo'nalishiga aylanmoqda.

Miscanthus — tez o'suvchi, ko'p yillik va yuqori biomassa hosil qiluvchi C4 o'simlik bo'lib, energetik ekin sifatida keng o'rganilgan. Shu bilan birga, uning ekologik xizmatlari uglerodni saqlash, tuproqni barqarorlashtirish va ayrim ifloslangan yoki marginal yerlarni boshqarish bilan bog'liq. Adabiyotlarda *Miscanthus* × *giganteus*ning Cd va Hg bilan ifloslangan tuproqlarda phytostabilizatsiya uchun qo'llanish imkoniyati ko'rsatilgan.

Multidisciplinary research and Innovation (SICMRI 2026)

Miscanthus biomassasining yana bir muhim xususiyati uning lignosellyulozali tarkibidir. O'simlik biomassasining asosiy komponentlari selluloza, gemitsellyuloza va lignindan iborat bo'lib, ularni turli texnologiyalar yordamida alohida yoki kompleks qayta ishlash mumkin. Tadqiqotlarda *Miscanthus* biomassasidan selluloza va pulpa olish imkoniyati ko'rsatilgan.

Bundan tashqari, biomassaning qoldiq qismini piroliz orqali biocharga aylantirish mumkin. *Miscanthus* biochari tuproq xususiyatlarini yaxshilash, uglerodni barqaror shaklda saqlash va ayrim ifloslantiruvchi elementlarning harakatchanligini kamaytirishda potensialga ega. Shu sababli *Miscanthus* biomassasini biochar, selluloza va boshqa biokompozitsion mahsulotlarga kompleks qayta ishlash chiqindisiz yoki kam chiqindili texnologik tizimni shakllantirish imkonini beradi.

Materiallar va usullar

Tadqiqot *Miscanthus* biomassasidan kompleks foydalanish imkoniyatlarini baholashga qaratilgan tahliliy-konseptual yondashuv asosida olib borildi. Tadqiqot uchun *Miscanthus*, degradatsiyalangan tuproqlarni ekologik tiklash, phytoremediation, phytostabilization, selluloza, biochar, biokompozit va aylanma iqtisodiyot yo'nalishlarida chop etilgan ilmiy maqolalar tahlil qilindi. Adabiyotlarni tanlashda asosan Scopus, Web of Science, ScienceDirect va Springer ilmiy ma'lumotlar bazalaridagi manbalardan foydalanildi. Tanlangan tadqiqotlarda *Miscanthus*ning tuproq xususiyatlariga ta'siri, biomassa hosildorligi, lignosellyulozali tarkibi, selluloza ajratib olish imkoniyati, biochar olish texnologiyasi va hosil bo'lgan mahsulotlarning ekologik qo'llanilishi qiyosiy tahlil qilindi.

Natijalar va muhokamalar. Uch yillik tadqiqot natijalarida MxG biomassasi hosildorligi nazorat variantida 7,3–15,5 t quruq modda/ga, ifloslangan tuproq variantlarida esa 6,3–11,4 t quruq modda/ga oralig'ida bo'lgan. O'simliklarning bo'yi 103–172 sm, bir tupdagi poyalar soni esa 6–11 dona oralig'ida qayd etilgan. Muhimi, Cd va Hg bilan ifloslanish sharoitida ham biomassaning hosil bo'lishi to'liq to'xtamagan, bu esa *Miscanthus*ning ma'lum darajadagi ekologik stressga chidamliligini ko'rsatadi. Tadqiqotda Cd ning o'simlik biomassasidagi miqdori 45–6758 µg/kg, Hg esa 8,7–108,9 µg/kg oralig'ida bo'lgan. Cd miqdorining tuproqdagi konsentratsiya oshishi bilan o'simlik biomassasida ham ortishi kuzatilgan, biroq Hg ning yuqoridan yer ustki biomassaga o'tishi nisbatan cheklangan. Ayniqsa, Cd bo'yicha biomassadan chiqarib tashlangan miqdor ifloslangan variantlarda 11,8–49,0 g/ga gacha yetgan, Hg bo'yicha esa maksimal ko'rsatkich 0,79 g/ga ni tashkil qilgan. Ushbu natijalar *Miscanthus*ni yuqori darajadagi fitoekstraksiya o'simligi sifatida emas, balki fitostabilizatsiya va tuproqni ekologik barqarorlashtirish vositasi sifatida qo'llash maqsadga muvofiqligini ko'rsatadi. Uning rivojlangan yer osti biomassasi va zich o'sishi tuproq yuzasini qoplab, eroziya jarayonlarini kamaytirishga, ildiz tizimi esa tuproq strukturasi barqarorligini oshirishga xizmat qilishi mumkin. Shu bilan birga, yuqori biomassa hosildorligi *Miscanthus*ni ekologik tiklash jarayonini iqtisodiy qiymatga ega mahsulotlar ishlab chiqarish bilan birlashtirish imkonini beradi. Hosil qilingan biomassaning selluloza va boshqa lignosellyulozali komponentlari biokompozit va boshqa bioasosli materiallar olish uchun xomashyo sifatida ishlatilishi, qayta ishlashdan qolgan organik fraksiyalar esa piroliz orqali biocharga aylantirilishi mumkin. Biocharni keyinchalik tuproqqa qaytarish orqali biomassadagi uglerodni tuproq tizimida saqlash va aylanma foydalanish modelini shakllantirish mumkin. Bunda “degradatsiyalangan tuproq → *Miscanthus* yetishtirish → biomassa → selluloza/biokompozit → qoldiq biomassadan biochar → biocharni tuproqqa qaytarish” zanjiri shakllanadi. Shunday qilib, *Miscanthus*dan foydalanish faqat tuproqni tiklash bilan cheklanmay, biomassa asosida qo'shimcha mahsulotlar olish va chiqindilarni kamaytirishga asoslangan yashil iqtisodiyot modelini yaratish imkonini beradi.

Xulosa. Tadqiqotlar tahlili *Miscanthus* × *giganteus*ning degradatsiyalangan va og‘ir metallar bilan ifloslangan tuproqlarni ekologik tiklashda istiqbolli o‘simlik ekanligini ko‘rsatdi. Uning yuqori biomassa hosildorligi, rivojlangan ildiz tizimi va Cd hamda Hg ta‘siriga nisbatan chidamliligi tuproq eroziyasini kamaytirish va ifloslantiruvchilarni fitostabilizatsiya qilish imkonini beradi. Shu bilan birga, *Miscanthus* biomassasi sellyuloza va biokompozitlar olish uchun qayta tiklanuvchi xomashyo, qolgan organik fraksiyasi esa biochar ishlab chiqarish uchun ishlatilishi mumkin. Biocharning tuproqqa qaytarilishi uglerodni saqlash va biomassadan kompleks foydalanishga imkon beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Pidlisnyuk V., Stefanovska T., Lewis E.E., Erickson L.E., Davis L.C. *Miscanthus* as a Productive Biofuel Crop for Phytoremediation. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2014. Vol. 33, pp. 1–19. <https://doi.org/10.1080/07352689.2014.870020>
2. Čuček L., et al. *Miscanthus* biochar value chain – A review. *Journal of Environmental Management*. 2021. Vol. 290, 112611. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112611>
3. Kocoń A., Jurga B. The evaluation of growth and phytoextraction potential of *Miscanthus* × *giganteus* and *Sida hermaphrodita* on soil contaminated simultaneously with Cd, Cu, Ni, Pb, and Zn. *Environmental Science and Pollution Research*. 2017. Vol. 24, pp. 4990–5000.
4. Antonkiewicz J., Kołodziej B., Bielińska E.J. The use of reed canary grass and giant miscanthus in the phytoremediation of municipal sewage sludge. *Environmental Science and Pollution Research*. 2016. Vol. 23, pp. 9505–9517. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6165-3>
5. Cadmium and Mercury phytostabilization from soil using *Miscanthus* × *giganteus*. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10, 6685. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63488-5>