

## TUPROQNI TADQIQ QILISHDA QO‘LLANILADIGAN MODELLAR

**Temur Matqurbonov Rajabayevich**

Urganch davlat universiteti, 3-kurs tayanch doktorant

[temurmatqurbonov@urdu.uz](mailto:temurmatqurbonov@urdu.uz)

**Annotatsiya:** Tuproq qishloq xo‘jalik ekinlarini yetishtirishda asosiy omil hisoblanadi. Tuproq tuzilish jihatidan murakkab bo‘lib, fizik, kimyoviy va biologik jarayonlarni o‘z ichiga oladi. Bunday jarayonlarni o‘rganish tadqiqotchidan ko‘p vaqt, kuch va mablag‘ talab qiladi. Ushbu muammolarni hal qilish va barqaror qishloq xo‘jaligini yaratishda tuproq modellari katta rol o‘ynaydi. Ushbu modellar tadqiqotchilarga sug‘orish suvini boshqarish, ozuqa moddalarining aylanishi va organik moddalarning holati kabi tuproq xossalari hamda tarkibining dinamikasini simulyatsiya qilish orqali ushbu jarayonlarni osongina tushunishga yordam beradi. Modellardan foydalanib, olimlar tuproqning turli xil ekologik sharoitlarga va boshqaruv usullariga qanday javob berishini taxmin qilishlari mumkin, bu esa tuproqni barqaror boshqarish uchun juda muhimdir. Ushbu sharh maqolada tuproqshunoslik sohasida keng qo‘llaniladigan tuproq va qishloq xo‘jaligi modellari qisqacha muhokama qilinadi.

**Kalit so‘zlar:** tuproq, qishloq xo‘jaligi, model, simulyatsiya.

**Аннотация.** Почва является основным фактором выращивания сельскохозяйственных культур. Почва является сложно структурное и включает в себя физические, химические и биологические процессы. Изучение таких процессов требует от исследователя много времени, сил и средств. Почвенные модели играют большую роль в решении этих проблем и создании устойчивого сельского хозяйства. Эти модели помогают исследователям легко понять эти процессы, моделируя динамику свойств почвы, таких как управление оросительной водой, круговорот питательных веществ и поступление органических веществ. С помощью моделей ученые могут предсказать, как почвы будут реагировать на различные условия окружающей среды и методы управления, что имеет решающее значение для устойчивого управления почвами. В этой обзорной статье кратко обсуждаются почвенные и сельскохозяйственные модели, обычно используемые в области почвоведения.

**Ключевые слова:** почв, сельское хозяйство, модели, симуляция.

**Annotation.** Soil is the main factor for growing crops. Soil is a complex structure and includes physical, chemical and biological processes. Studying such processes requires a lot of time, effort and money from the researcher. Soil models play a big role in solving these problems and creating sustainable agriculture. These models help researchers easily understand these processes by simulating the dynamics of soil properties such as irrigation water management, nutrient cycling and organic matter input. With the help of models, scientists can predict how soils will respond to different environmental conditions and management practices, which is crucial for sustainable soil management. This review article briefly discusses soil and agricultural models commonly used in the field of soil science.

**Keywords:** soil, agriculture, models, simulation.

## **Kirish**

Yer yuzida aholi soni jadallik bilan ortib bormoqda. 1950 yildan beri dunyo aholisi 2.5 milliarddan 7.7 milliardga oshib, 2050 yilga borib esa 9.7 milliardga yetishi kutilmoqda [16]. Bu esa aholining oziq-ovqatga bo'lgan talabini kuchayishiga olib keladi. Shu bilan birgalikda iqlim o'zgarishi tufayli qishloq xo'jaligi mahsulotlarini yetishtirishda agrotexnik tadbirlarni to'g'ri qo'llash orqali tuproq unumdorligini oshirishni talab etadi. Shu nuqtai nazardan hudud tuproqlarini o'rganish hozirgi kunning dolzarb masalalaridan biridir.

Tuproq murakkab tuzilishga ega bo'lib, unda kechadigan jarayonlar ham turlichadir. Tuproq modellari tuproqda sodir bo'ladigan turli jarayonlarni va ularning xususiyatlarini tadqiq qilish hamda oqibatlarini bashorat qilish uchun ishlatiladigan hisoblash vositalaridir (dasturiy ta'minotdir) [26]. Ushbu modellar tuproqni monitoring qilish, qishloq xo'jaligi tizimini boshqarish va atrof-muhitga ta'sirni baholash uchun juda muhimdir. Tuproq modellari o'zining bajaradigan funksiyasi, foydalanish usullari jihatidan bir-biridan farq qilishi mumkin. Bunday modellar foydalanishi oddiy empirik modellardan tortib, tuproqning ko'plab xossalari va unda kechadigan o'zaro ta'sirini hisobga oladigan real jarayonga asoslangan murakkab modellargacha farqlanadi. Bu sohada ko'p qo'llaniladigan ayrim modellar to'g'risida to'xtalib o'tamiz.

Empirik modellar: bunday modellar kuzatuvlar asosida olingan ma'lumotlarga asoslanadi va ko'pincha jarayonga asoslangan modellarga qaraganda soddaroq va kamroq ma'lumot talab qiladi. Shu bilan birgalikda kiritilgan ma'lumotlar bo'yicha tuproq xususiyatlarini yoki natijalarini bashorat qilish uchun statistik korrelyatsiya va regressiya usullaridan foydalaniladi [26,18].

Empirik modellar orasida ko'p qo'llaniladigan modellardan biri bu-tuproqlarni yo'qotilish universal modeli (Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE yoki USLE)) hisoblanib, yog'ingarchilik, tuproq turi, topografiya, ekinlar tizimi va ularni boshqaruv usullari kabi omillar tufayli tuproq yo'qotilishini bashorat qilishga yordam beradi [24]. USLE modelidan foydalanishda quyidagi omillar talab qilinadi:

$$A=R \times K \times LS \times C \times P$$

Bu yerda:

A – o'rtacha yillik tuproq yo'qotilishi (tonna/akr/yil), (1 akr=0.4 gektarga teng);

R – yomg'irning eroziyalik omili;

K – tuproqning eroziyalanish omili;

LS – nishab uzunligi va tiklik omili;

C – qoplama va boshqaruv omili;

P – saqlash amaliyoti omili.

Yuqoridagi formulaga asosan R koeffitsienti yog'ingarchilik va oqimlarning eroziyaga ta'sirini ifodalaydi. Yomg'irning kinetik energiyasi va yog'ingarchilik jadalligi asosida aniqlanadi. K tuproq zarralarining suvga chidamliligi, ya'ni yog'ingarchilik ta'sirida ajralish va yuvilishga moyilligini aks ettiradi. LS topografik omil hisoblanib, nishab uzunligi (L) va qiyalik, tikligi (S)ni bildiradi. Chunki uzunroq, tik qiyaliklar oqim tezligini oshiradi va shu bilan birga tuproq yo'qotilish miqdorini ko'paytiradi. C koeffitsienti o'simlik qoplaminin ma'lum bir turidan tuproq yo'qotilishi va uni boshqarish usuli bilan doimiy tuproq yo'qotilishini solishtiradigan nisbatdir. Bu tuproqni eroziyadan himoya qilishda ekin qoplaminin samaradorligini aks ettiradi. Turli ekinlar va boshqaruv tizimlari

uchun odatiy C qiymatlarini qishloq xo'jaligi qo'llanmalaridan topish mumkin. P omili suv oqimini sekinlashtirib, eroziyani kamaytiradigan amallar, chiziqli kesish va terraslash kabi usullarning ta'sirini ifodalaydi. Demak, tuproq yo'qotilishini ushbu omillarni birgalikda ko'paytirish orqali hisoblab, bir daladagi eroziya xavfini baholash va tuproqni yo'qotilishidan saqlash bo'yicha tegishli chora-tadbirlarni ishlab chiqish uchun ishlatilishi mumkin [26,21].

H. Wang va boshqalar Xitoyning Bashang platosi va Shimoliy tog'li mintaqasida o'simliklar qoplamini o'zgarishining tuproq suv eroziyasi, shamol eroziyasi va shamol-suv eroziyasi dinamikasiga ta'sirini korrelyatsion tahlil va USLE modeli yordamida o'rganganlar [8]. C.P. Devatha va boshqalar ham tuproq eroziyasini o'rganishda ushbu modeldan foydalanganlar. Ular Hindistonning Shivrath, Kulhan, Mahanadi, Chhattisgarh pastki suv havzalarining yillik tuproq yo'qotilishini baholagan va hudud tuproq eroziyasining turli darajalari bo'yicha tasniflab tuproq eroziyasi indeksi xaritasini ishlab chiqqanlar [4]. Bundan tashqari bir qancha tadqiqotchilar USLE tuproq modelidan foydalanib tadqiqotlar olib borganlar. J. Fan va boshqalar USLE modelining qanchalik ishonchliligi va qo'llanilishini baholash maqsadida Tibet platosining baland va toshli tog'li hududlarida tuproq yo'qotilishini ba'zi Xitoy tadqiqotlarida mavjud bo'lgan, kuzatilgan va modellashtirilgan tuproq yo'qotish ma'lumotlaridan foydalanib o'rgangan [9].

Yana bir empirik modellardan biri bu- tuproqning organik uglerod modeli (Soil Carbon Models) bo'lib ko'pincha tuproqdagi uglerod o'zgarishlarini o'rganishda va tuproq unumdorligini baholashda qo'llaniladi [17,20]. Shu bilan birgalik ushbu model yordamida ekotizimdagi tuproq organik uglerod dinamikasi global uglerod aylanishi va global iqlim o'zgarishlarda katta rol o'ynaydi. Bu borada S. Grunwald [19], B. Tupek [3], Yang Li-xi [27] larning olib borgan tadqiqotlarini misol qilishimiz mumkin.

O'rganishlarga ko'ra ushbu empirik modellardan bevosita jarayonga asoslangan modellar bilan birgalikda foydalanish orqali kutilgan natijaga erishish mumkin.

Jarayonga asoslangan modellar: bunday modellar tuproq xossalariga ta'sir qiladigan uning fizik, kimyoviy va biologik jarayonlarni tadqiq qiluvchi murakkab vositalardir. Ushbu modellar turli xil atrof-muhit omillari va boshqaruv usullarining tuproqning xossalariga ta'sirini o'rganishda muhim hisoblanadi. Bunday modellardan biri bu-tuproq va suvni baholash modeli (Soil and Water Assessment Tool (SWAT)) hisoblanib, yer usti suv oqimi, infiltratsiya, evapotranspiratsiya, ozuqa moddalarining aylanishi va eroziya kabi jarayonlarni tuproq xossalariga ta'sirini baholashda qo'llaniladi [1,6]. Ushbu modeldan foydalanishda dastlab raqamli balandlik modellari (DEM-Digital Elevation Models) va GAT (GIS) yordamida suv havzasi va pastki havzalarning topografiyasi belgilanadi. Kirish ma'lumotlari uchun DEM, yerdan foydalanish, tuproq turi va iqlim ma'lumotlari (yog'ingarchilik, harorat, quyosh radiatsiyasi, shamol tezligi va nisbiy namlik) talab qilinadi. Modelni kalibrlashda suv havzasining tarixiy ma'lumotlardan foydalaniladi va model prognoz qilish qobiliyatini tekshirish uchun mustaqil ma'lumotlar to'plamidan foydalangan holda tasdiqlanadi. Tasdiqlash modelning turli sharoitlarda suv havzasi jarayonlarini aniq simulyatsiya qilish imkonini beradi [13,6,25].

Century Modeli bu-tuproqdagi uglerod, azot, fosfor va oltingugurt dinamikasini simulyatsiya qiluvchi jarayonga asoslangan model. U parchalanish, mineralizatsiya va ozuqa moddalarining aylanishi kabi jarayonlarni baholashda yaxshi vosita hisoblanadi [14,15]. Ushbu modeldan foydalanishda iqlim, tuproq tuzilishi, o'simlik turi va yerni boshqarish usullari to'g'risidagi ma'lumotlar talab qilinadi. Modelni kalibrlashda aniq simulyatsiya natijalarini ta'minlash uchun model parametrlarini dala ma'lumotlari asosida to'g'irlanadi. Iqlim ma'lumotlaridan o'rtacha oylik harorat, o'rtacha oylik yog'ingarchilik va evapotranspiratsiya ma'lumotlari talab qilinadi. Tuproqning har bir qatlami bo'yicha uning fizik xossalari va kimyoviy tarkibiga oid ma'lumotlar talab qilinadi. O'rganilayotgan hududda yetishtirilayotgan o'simlik turining biologik ko'rsatkichlari ma'lumotlari

ham zarur hisoblanadi. Qishloq xo'jaligi ekinlarini yetishtirish agrotexnologiyalariga oid ma'lumotlar, ya'ni qanday turdagi o'g'itlar va pestitsidlarning qo'llanilishi va ularni qo'llanish vaqti, ekinlarni almashlab ekish va tuproqni shudgorlash tadbirlari haqidagi ma'lumotlar modelda o'zgarishlarni simulyatsiya qilishda ishlatiladi [15,12].

Tuproq, ob-havo va ekin yetishtirish boshqaruv usullarining ekinlarning o'sishi, rivojlanishi va hosildorligini tadqiq qiluvchi DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer-Agrotexnologiyalarni qo'llash bo'yicha qarorlarni qabul qilish tizimi) modeldir. Bu model tuproqdagi suv balansi, azot dinamikasi va ildizlarning o'sishi uchun batafsil modullarni o'z ichiga oladi hamda bu tuproq va o'simliklarning o'zaro ta'sirini o'rganish uchun ishonchli vositadir [10,11,23]. Ushbu modeldan foydalanishda ko'p ma'lumotlar talab qilinadi. DSSAT Modeli uchun talab qilinadigan asosiy ma'lumotlar:

-Iqlim ma'lumotlari:

- Kundalik harorat: minimal va maksimal harorat (0C);
- Yog'ingarchilik: kundalik yog'ingarchilik miqdori (mm);
- Quyosh nurlanishi: kundalik o'rtacha quyosh nurlanishi (MJ/m<sup>2</sup>);
- Shamol tezligi va yo'nalishi: ayrim modellarda shamol ma'lumotlari ham talab qilinishi mumkin.

Tuproq ma'lumotlari:

- Tuproqning fizik xususiyatlari: qum, loy va qumoqning foizdagi miqdori, zichligi, suvni ushlab qobiliyati va suv o'tkazuvchanligi;
- Tuproqning kimyoviy tarkibi: tuproqning pH darajasi, organik moddalar miqdori, boshlang'ich oziqa moddalar (N, P, K) miqdori;
- Tuproqning qatlamlari: turli qatlamlar bo'yicha yuqoridagi ma'lumotlar kiritilishi kerak.

Ekinlar va o'simliklar ma'lumotlari:

- Ekin turi va navlari: ekinning fenologik kuzatuv ma'lumotlari;
- Boshqaruv amaliyotlari: sug'orish, o'g'itlash, almashlab ekish, ekin ekish va yig'ib olish sanalari, qator oralig'i;
- Biomassani ishlab chiqarish: ekinning fotosintez tezligi, barg indeksi, ildiz va poya biomassasi.

Boshqaruv amaliyotlari va xo'jalik ma'lumotlari:

- Sug'orish: sug'orish miqdori va vaqti;
- O'g'itlash: o'g'itlar turi, miqdori va qo'llanilish vaqti;
- Yerni ishlash: tuproqni haydash, tuproqni tayyorlash va boshqa agrotadbirlar.

Boshlang'ich sharoitlar:

- Boshlang'ich sharoitlar: tuproqdagi boshlang'ich namlik, oziqa moddalar zaxirasi va tuproq harorati haqida ma'lumotlar talab qilinadi [10,7,22].

APSIM (Agricultural Production Systems sIMulator-Qishloq xo'jaligi ishlab chiqarish tizimi simulyatori) modeli- o'simlik hosildorlik ko'rsatkichlarining tuproq tarkibidagi namlik va minerallar yetishmasligini o'rganadi. APSIM modeli mavjud tuproq va iqlim sharoitida ekinlar rivojlanish ko'rsatkichlarini simulyatsiya qilish orqali qishloq xo'jaligi barqarorligini ta'minlashga xizmat qiluvchi turli ekin ekish strategiyalarini aniqlashda muhim o'rin tutadi. APSIM model tuproq biologik va fizik jarayonlarni simulyatsiya qilib, turli ssenariyni amalga oshirishda ma'lumot kiritish va

natijalarni olishning yaxlit tizimidir [2,5,11]. Ushbu modeldan foydalanish uchun ham DSSAT modeli talab qiladigan ma'lumotlar zarur hisoblanadi. Ushbu modellarning farqlari ularning ishlatilish maqsadlari, qamrov doirasi va texnik xususiyatlariga bog'liq [5,10].

Xulosa qilib aytganda, empirik modellar tuproqshunoslikda tuproqni tezkor baholash va ma'lumotlar tanqisligi sharoitida muhim vosita bo'lib xizmat qiladi. Ular tuproq eroziyasi, organik uglerod miqdori va ozuqaviy moddalar dinamikasi haqida qimmatli ma'lumotlarni beradi. Biroq, ushbu modellarni qo'llashda ularni tuproqda kechadigan jarayonlar bilan baholaydigan modellar bilan birgalikda amalga oshirish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Jumladan, DSSAT, APSIM va SWAT kabi jarayonlarga asoslangan modellar turli boshqaruv usullarining qishloq xo'jalik ekinlari hosildorligiga, suvdan foydalanish samaradorligiga va ozuqa moddalarining aylanishiga ta'sirini simulyatsiya qilish orqali qishloq xo'jaligi amaliyotlarini optimallashtirish uchun keng qo'llaniladi. Ayniqsa qishloq xo'jaligi ekinlarini yetishtirishda qo'llaniladigan agrotexnologiya va atrof-muhit omillarining tuproq xossalari ta'sirini baholashda hamda turli ssenariylar asosida moslashish strategiyalarini ishlab chiqishda CENTURY va DSSAT kabi modellar yordam beradi. Biroq, jarayonga asoslangan modellar murakkabroq va aniq, ishonchli kirish ma'lumotlarini talab qiladi, bu esa ma'lumotlar kam bo'lgan hududlarda cheklash bo'lishi mumkin. Modelning aniqligini ta'minlash uchun kalibrlash va tekshirish zarur.

#### ***Adabiyotlar ro'yxati:***

1. Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S., & Williams, J.R. Large area hydrologic modeling and assessment part I: Model development. *Journal of the American Water Resources Association*, 34(1), 73-89. 1998
2. B.A.Keating et al., "An overview of APSIM, a model designed for farming systems simulation," *Eur. J. Agron.*, vol. 18, no. 3-4, 2003. pp. 267-288.
3. Boris Tupek, Carina A. Ortiz, Shoji Hashimoto, Johan Stendahl, Jonas Dahlgren, Erik Karlton, and Aleksii Lehtonen Underestimation of boreal soil carbon stocks by mathematical soil carbon models linked to soil nutrient status *Biogeosciences*, 13, 4439–4459, 2016.
4. C.P. Devatha, Vaibhav Deshpande, M.S. Renukaprasad, Estimation of Soil loss using USLE model for Kulhan Watershed, Chattisgarh- A case study. *INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER RESOURCES, COASTAL AND OCEAN ENGINEERING*. *Aquatic Procedia* 4, 1429 – 1436, 2015.
5. D.P.Holzworth et al., "APSIM - Evolution towards a new generation of agricultural systems simulation," *Environ. Model. Softw.*, 2014. Vol. 62, pp. 327–350.
6. Gassman, P.W., Reyes, M.R., Green, C.H., & Arnold, J.G. The Soil and Water Assessment Tool: Historical Development, Applications, and Future Research Directions. *Transactions of the ASABE*, 50(4), 2007. 1211-1250.
7. Hoogenboom, G., et al. Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.5 [CD-ROM] and the Reference Manual. University of Hawaii. 2012
8. Huiqin Wang, Baoping Sun, Xinxiao Yu, Zhongbao Xin, Guodong Jia. The driver-pattern-effect connection of vegetation dynamics in the transition area between semi-arid and semi-humid northern China. *Catena* 194 (2020) 104713
9. Jihui Fan, Artemis Motamedi, Majid Galoie. Impact of C factor of USLE technique on the accuracy of soil erosion modeling in elevated mountainous area (case study: the Tibetan plateau). *Environment, Development and Sustainability* 23:12615–12630, 2021.
10. Jones, J.W., Hoogenboom, G., Porter, C.H., et al. The DSSAT cropping system model. *European Journal of Agronomy*, 18(3-4), 235-265. 2003

11. Matqurbonov T.R., Sultanov M.Q., Jumaniyazova N.B. Qishloq xo‘jaligi ekinlari hosildorligini modellashtirish. “Oziq-ovqat xavfsizligi: Global va milliy muammolar” mavzusida V xalqaro ilmiy-amaliy anjuman, Samarqand, 2023 yil 13-14 oktyabr, 256-258
12. Metherell, A.K., et al. CENTURY Soil Organic Matter Model Environment: Technical Documentation. USDA-ARS Technical Report. 1993.
13. Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., & Williams, J.R. Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2009. Texas Water Resources Institute Technical Report No. 406. 2011.
14. Parton, W.J., et al. Modeling soil organic matter dynamics and plant productivity in tropical ecosystems. In *Tropical Ecosystems: A Synthesis of Tropical Ecology and Management* (pp. 283-297). 1994
15. Parton, W.J., Schimel, D.S., Cole, C.V., & Ojima, D.S. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands. *Soil Science Society of America Journal*, 51(5), 1173-1179. 1987
16. Pew Research Center, and NADYA SABER, IMF, based on the Pew Research Center’s analysis of the United Nations’ 2019 World Population Prospects Report
17. Post, W.M., & Kwon, K.C. Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global Change Biology*, 6(3), 317-327. 2000
18. Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K., & Yoder, D.C. *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. 1997
19. Sabine Grunwald Artificial intelligence and soil carbon modeling demystified: power, potentials, and perils *Carbon Footprints*, 2022.
20. Smith, P., et al. Modeling soil carbon dynamics: Comparison of models with long-term experimental data sets from European sites. *European Journal of Soil Science*, 58(3), 519-533. 2007
21. Toy, T.J., Foster, G.R., & Renard, K.G. *Soil Erosion: Processes, Prediction, Measurement, and Control*. John Wiley & Sons. 2002.
22. Tsuji, G.Y., Hoogenboom, G., & Thornton, P.K. (Eds.). *Understanding Options for Agricultural Production*. Springer. 1998.
23. Tsuji, G.Y., Uehara, G., & Balas, S. *DSSAT version 3.5: Software for crop modeling*. 1994
24. Williams, J.R. Sediment-yield prediction with universal equation using runoff energy factor. *Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources*. USDA Agricultural Research Service, ARS-S-40. 1975
25. Winchell, M., Srinivasan, R., Di Luzio, M., & Arnold, J.G. *ArcSWAT Interface for SWAT2012: User's Guide*. USDA Agricultural Research Service and Texas A&M AgriLife Research, 2013.
26. Wischmeier, W.H., & Smith, D.D. *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning*. USDA Agriculture Handbook No. 537. 1978.
27. YANG Li-xia, PAN Jian-jun Dynamics models of soil organic carbon *Journal of Forestry Research*, 14(4): 323-330, 2003.