

**EFFECT OF FERTIGATION UNDER DRIP IRRIGATION ON NPK MOBILITY AND
DEPTH DISTRIBUTION IN THE SOIL OF AN INTENSIVE APPLE ORCHARD**

Yuldasheva Xayriniso Eshmamatovna, Agrobiotexnologiyalar va oziq-ovqat xavfsizligi instituti,
Agroekotizimlarni boshqarish kafedrası magistranti,
Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti
<https://orcid.org/0009-0000-0423-4670>
yoldashovaxayriniso@gmail.com



Ergasheva Madina To‘lqinjon qizi, Agrobiotexnologiyalar va oziq-ovqat xavfsizligi instituti,
Agroekotizimlarni boshqarish kafedrası magistranti,
Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti
<https://orcid.org/0009-0000-8932-7007>
madinaergasheva624@gmail.com



Tashkenbayev Otabek Negmatovich, Agrobiotexnologiyalar va oziq-ovqat xavfsizligi instituti,
Agroekotizimlarni boshqarish kafedrası dotsenti,
Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti
<https://orcid.org/0000-0002-1878-4582>
beka_maft@mail.ru

Abstract. The aim of this study was to quantitatively assess and compare the content, seasonal dynamics, and depth distribution of ammonium nitrogen (N-NH_4), nitrate nitrogen (N-NO_3), available phosphorus (P_2O_5), and exchangeable potassium (K_2O) in the soil under three different nutrient management practices in an intensive ‘Zero My Golden’ apple orchard: an unfertilized control, conventional band fertilization, and drip fertigation. The study was conducted in 2024–2025 at the

“Baxmal Fruit Growing” farm in Baxmal District, Jizzakh Region, Uzbekistan, in an 11-year-old ‘Zero My Golden’ apple orchard grafted onto M26 rootstock, with a planting density of 4×1 m (2,500 trees/ha). The experiment was arranged according to a randomized complete block design with three treatments and three replications: (N) unfertilized control, (A) conventional band fertilization, and (F) fertigation. All fertilized treatments received the same nutrient rates of 109.85 kg N, 103 kg P_2O_5 , and 158 kg K_2O per hectare. Soil samples were collected from the 0–30 cm and 30–60 cm soil layers in November, May, and September and subjected to agrochemical analysis. The results showed that, compared with conventional fertilization, fertigation increased the content of N-NH₄ in the root zone by 23–28% in the 0–30 cm layer and by 36–37% in the 30–60 cm layer. The corresponding increases in N-NO₃ were 34–44% and 54–70%, respectively. Available P_2O_5 increased by approximately 53% in the 0–30 cm layer and by 81–97% in the 30–60 cm layer, while exchangeable K_2O increased by 27–28% and 39–41%, respectively. The greatest relative increases were observed in the deeper 30–60 cm soil layer, particularly for phosphorus and potassium. Under fertigation, soil pH was 6.5–6.6, compared with 6.7–6.8 in the other treatments. Soil moisture in the 0–30 cm layer under fertigation was 28–33%, compared with 20–27% in the other treatments, while annual irrigation water consumption was reduced by 25–40%. Fruit yield was 32.0 t/ha in the control treatment, 40.0 t/ha under conventional fertilization, and 55.0 t/ha under fertigation. The study demonstrated that drip fertigation is an effective agrochemical strategy for intensive apple orchards under the dry climatic conditions of Uzbekistan, improving the mobility of nitrogen, phosphorus, and potassium in sierozem soils, enhancing their retention within the root zone, and improving their distribution throughout the soil profile while simultaneously saving irrigation water.

Keywords: drip irrigation, fertigation, intensive apple orchard, *Malus domestica* Borkh., sierozem soil, nitrogen, phosphorus, potassium, mobility, depth distribution.

Annotatsiya. Tadqiqot maqsadi intensiv “Zero My Golden” olma bog‘ida o‘g‘itsiz nazorat, an‘anaviy tasma usulida o‘g‘itlash va tomchilatib fertigatsiya sharoitida tuproqdagi ammoniyli azoti (N-NH₄), nitratli azoti (N-NO₃), harakatchan fosfor (P_2O_5) va almashinuvchi kaliy (K_2O) miqdori, mavsumiy dinamikasi hamda chuqurlik bo‘yicha taqsimlanishini miqdoriy baholash va taqqoslashdan iborat. Tadqiqot 2024–2025-yillarda Jizzax viloyati Baxmal tumanidagi “Baxmal Fruit Growing” fermer xo‘jaligida, M26 payvandtagidagi 11 yoshli “Zero My Golden” navli olma daraxtlarida (4×1 m ekish sxemasi, 2500 tup/ga) tasodifiylashtirilgan to‘liq bloklar sxemasi bo‘yicha uch variant, uch qaytariqda: (N) o‘g‘itsiz nazorat, (A) an‘anaviy tasma usulida o‘g‘itlash va (F) fertigatsiya - bir xil me‘yorda (109,85 kg N, 103 kg P_2O_5 , 158 kg K_2O /ga) tashkil etildi. Tuproq namunalari 0-30 va 30-60 sm qatlamlardan noyabr, may va sentyabr oylarida olinib, agrokimyoviy tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, fertigatsiya an‘anaviy o‘g‘itlashga nisbatan ildiz zonasidagi N-NH₄ miqdorini 0–30 sm qatlamda 23–28%, 30–60 sm qatlamda 36–37% ga; N-NO₃ ni mos ravishda 34–44% va 54–70% ga; harakatchan P_2O_5 ni $\approx$ 53% va 81–97% ga; almashinuvchi K_2O ni 27–28% va 39–41% ga oshirdi. Eng katta nisbiy o‘sish 30–60 sm quyi qatlamda, ayniqsa fosfor va kaliy bo‘yicha kuzatildi. Fertigatsiyada tuproq pH 6,5–6,6 (boshqa variantlarda 6,7–6,8), 0–30 sm qatlamdagi namlik 28–33% (boshqa variantlarda 20–27%) bo‘lib, yillik sug‘orish suvi sarfi 25–40% ga kamaydi. Hosildorlik nazoratda 32,0 t/ga, an‘anaviy o‘g‘itlashda 40,0 t/ga, fertigatsiyada 55,0 t/ga ni tashkil etdi. Tomchilatib fertigatsiya quruq iqlim sharoitida intensiv olma bog‘larning bo‘z tuproqlarda azot, fosfor va kaliyning harakatchanligini, ildiz zonasida ushlanib qolishini hamda chuqurlik bo‘yicha taqsimlanishini yaxshilovchi, suvni tejovchi samarali agrokimyoviy strategiya ekanligini tadqiqotlar ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: tomchilatib sug‘orish, fertigatsiya, intensiv olma bog‘i, *Malus domestica* Borkh., bo‘z tuproq, azot, fosfor, kaliy, harakatchanlik, chuqurlik bo‘yicha taqsimlanish.

Kirish: Azot, fosfor va kaliy tuproq profilidagi harakatchanligi bo‘yicha keskin farq qiladi: nitrat azoti (N-NO₃) yuqori darajada eruvchan bo‘lib, an‘anaviy sug‘orishda ildiz zonasidan pastga yuvilib ketishga moyil [1,2]; fosfor, aksincha, kalsiy, temir va alyuminiy bilan tezda reaksiyaga kirishib, harakatsiz birikmalar ($Ca_3(PO_4)_2$, $FePO_4$, $AlPO_4$) hosil qiladi va uchta makroelement orasida

eng harakatsizi hisoblanadi [3,4]; kaliyning harakatchanligi esa bu ikki chegara oralig‘ida bo‘lib, gil minerallari qatlamlararo bo‘shlig‘ida fiksatsiyalanishga moyil [5,6]. An‘anaviy tasma usulida sochib o‘g‘itlash ushbu farqlarni yanada kuchaytiradi, chunki o‘g‘it bir martalik katta dozada va ildiz zonasining tor bir qismiga solinadi [1,7,8].

Fertigatsiya - eritilgan o‘g‘itlarni tomchilatib sug‘orish suvi bilan birgalikda bevosita namlangan ildiz zonasiga, o‘simlik ehtiyojiga mos kichik va tez-tez beriladigan dozalarda yetkazib berish usuli bo‘lib, aynan shu harakatchanlik cheklovlarini bartaraf etish maqsadida qo‘llaniladi [9,3,10]. Ko‘plab olimlarning olib borgan tajribalari, fertigatsiya mineral azotning [1,2,7,11], va undan ham ko‘proq, tuproqda fiksatsiya jarayonlari tufayli keskin cheklanadigan fosfor [3-6] va kaliyning [5,6,10] chuqurlik bo‘yicha taqsimoti va o‘zlashtirilishini yaxshilashini tasdiqlaydi [1-7, 9-12, 14]. Biroq O‘zbekistonning intensiv olmachilik hududlariga xos bo‘lgan tog‘ oldi bo‘z tuproqlari va keskin kontinental iqlim sharoitida an‘anaviy va fertigatsiyaga asoslangan oziqlantirish tizimlarini bir nechta oziqa elementi va bir nechta chuqurlik bo‘yicha bevosita taqqoslaydigan tadqiqotlar hali kam. Mazkur tadqiqot O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 23-oktabrdagi PF-5853-son Farmoni [15] bilan tasdiqlangan qishloq xo‘jaligini rivojlantirish strategiyasi doirasida dolzarb hisoblanadi.

Tadqiqotning maqsadi - intensiv “Zero My Golden” olma bog‘ida o‘g‘itsiz nazorat, an‘anaviy tasma usulida o‘g‘itlash va tomchilatib fertigatsiya sharoitida tuproqdagi ammoniy azoti, nitrat azoti, harakatchan fosfor va almashinuvchi kaliyning miqdori, mavsumiy dinamikasi va chuqurlik bo‘yicha taqsimotini miqdoriy baholash va taqqoslash, shu orqali fertigatsiya bilan bog‘liq hosildorlik o‘sishi ortidagi agrokimyoviy mexanizmlarni aniqlashdan iborat.

Materiallar va usullar:

Tajriba 2024–2025-yillarda Jizzax viloyati Baxmal tumanidagi “Baxmal Fruit Growing” fermer xo‘jaligining intensiv olma bog‘ida (dengiz sathidan 1200-1500 m balandlikda), M26 payvandtagiga payvandlangan 11 yoshli “Zero My Golden” navli daraxtlarda (4×1 m ekish sxemasi, 2500 tup/ga) o‘tkazildi. Tajriba tuprog‘i - o‘rta va og‘ir mexanik tarkibli bo‘z tog‘ oldi tuprog‘i bo‘lib, dastlabki (o‘g‘itlashdan oldingi) gumus miqdori 0-30 sm qatlamda 1,8-2,0%, 30-60 sm qatlamda 0,6-1,2% ni, harakatchan P₂O₅ - 28,6 va 14,5 mg/kg ni, almashinuvchi K₂O - 170 va 149 mg/kg ni, pH esa neytralga yaqin (6,74 va 6,80) qiymatlarni tashkil etdi.

Tadqiqot uch qaytariqli RCBD (tasodifiylashtirilgan to‘liq bloklar) sxemasi bo‘yicha (jami 9 blok, har bir delyankada 25 tup - 9 tasi hisobga olinadigan, 16 tasi himoya tuplari) uchta variantda tashkil etildi: (A) o‘g‘itsiz nazorat; (B) an‘anaviy o‘g‘itlash - mineral o‘g‘itlar ildiz zonasi yaqiniga tasma usulida solindi; (C) fertigatsiya - an‘anaviy o‘g‘itlash bilan bir xil mavsumiy me‘yordagi (109,85 kg N, 103 kg P₂O₅ va 158 kg K₂O/ga) o‘g‘itlar eritilgan holda tomchilatib sug‘orish tizimi orqali, fenologik bosqichga moslashtirilgan holda (hosildan keyin karbamid zaxira dozasi, erta bahorda ammoniy sulfat/monoammoniy fosfat, gullashdan keyin NPK 12:12:36, mevaning jadal o‘sish davrida NPK 0:0:52) berildi. An‘anaviy variantda qo‘llanilgan qo‘sh superfosfat o‘rniga fertigatsiya variantida ortofosfat kislota (80–100 l/ga, oyiga bir marta) qo‘llanildi - bu ham fosfor bilan ta‘minlash, ham tomchilatgichlarda tuz va chang zarralari to‘planishining oldini olish maqsadida amalga oshirildi.

Tuproq namunalari 0–30 va 30–60 sm qatlamlardan uchta muddatda — o‘g‘itlashdan oldin (noyabr boshi), oziqa elementlarining eng faol o‘zlashtirilish davrida (may) va hosil yig‘ib olingandan keyin (sentabr boshi) - har bir 200 m² li monitoring maydonchasidan konvert usulida, besh nuqtadan olindi. Namunalarda gumus (Tyurin usuli), ammoniy azoti N–NH₄ (Nessler reaktivi yordamida, kolorimetrik), nitrat azoti N–NO₃ (Grandval–Lyaju, kolorimetrik), harakatchan fosfor P₂O₅ (Machigin usuli), almashinuvchi kaliy K₂O (alangali fotometrda, Machigin–Protasov usuli), tuproq pH (potensiometrik) hamda gravimetrik namlik aniqlandi.

Tadqiqot natijalari:

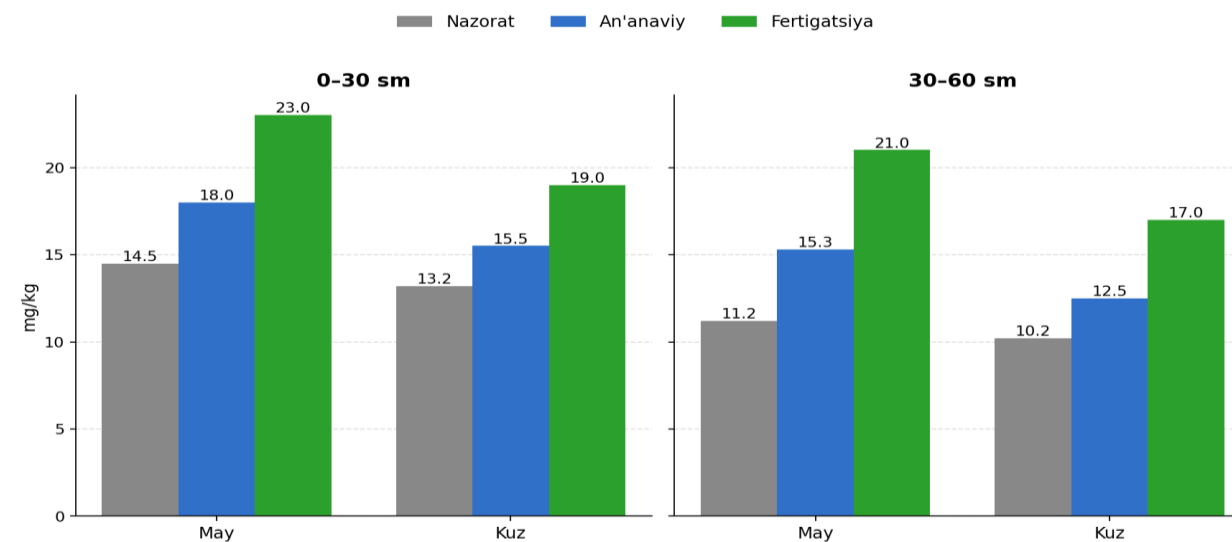
Barcha to‘rtta oziqa element shakli bo‘yicha konsentratsiya har ikkala namuna olish chuqurligida va har ikkala sanada izchil ravishda quyidagi tartibda joylashdi: fertigatsiya > an‘anaviy o‘g‘itlash > nazorat (1-jadval, 1-4- rasmlar).

1-jadval.

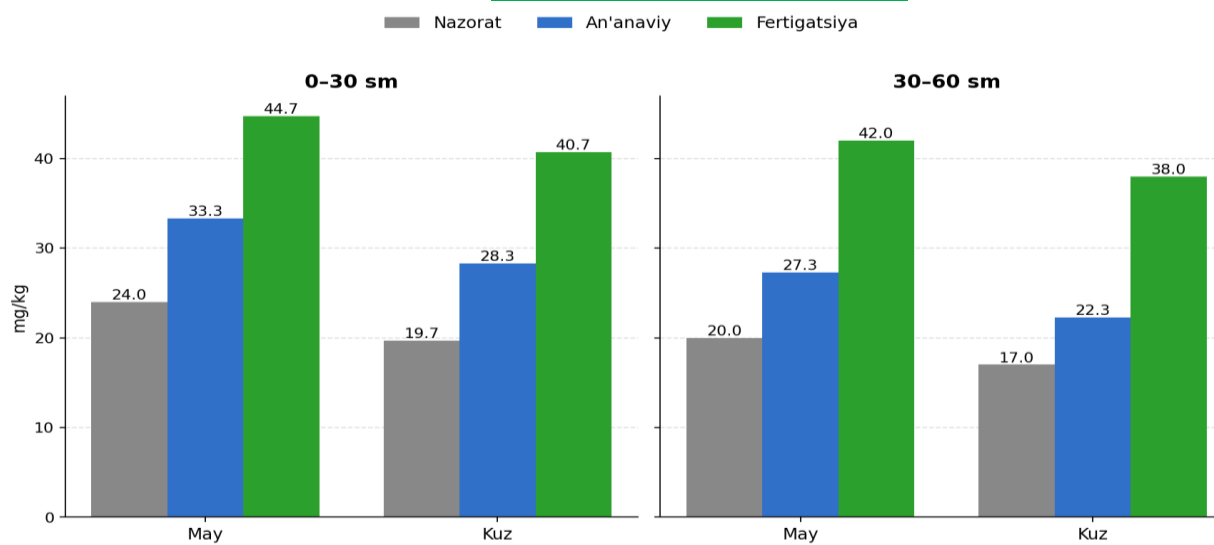
Tuproqdagi oziqa elementlari miqdori variant, chuqurlik va namuna olish vaqti bo‘yicha ((mg/kg)

Variant	Qatlam, sm	N-NH ₄ , May	N-NH ₄ , Kuz	N-NO ₃ , May	N-NO ₃ , Kuz	P ₂ O ₅ , May	P ₂ O ₅ , Kuz	K ₂ O, May	K ₂ O, Kuz
Nazorat	0–30	14,5	13,2	24,0	19,7	32,0	28,0	175	165
An‘anaviy	0–30	18,0	15,5	33,3	28,3	52,3	49,0	215	201
Fertigatsiya	0–30	23,0	19,0	44,7	40,7	80,0	75,0	273	258
Nazorat	30–60	11,2	10,2	20,0	17,0	16,0	12,0	150	145
An‘anaviy	30–60	15,3	12,5	27,3	22,3	35,3	30,5	181	176
Fertigatsiya	30–60	21,0	17,0	42,0	38,0	64,0	60,0	255	245

May oyida fertigatsiya 0-30 sm qatlamdagi N-NH₄ miqdorini nazoratdan 58,6%, an‘anaviydan 27,8% ga oshirdi; 30-60 sm qatlamda bu ustunlik yanada katta bo‘ldi (+87,5% va +37,3%). Kuzga kelib konsentratsiyalar barcha variantlarda pasaydi, biroq fertigatsiyaning nisbiy ustunligi saqlanib qoldi (1-rasm). Nitrat azoti bo‘yicha ham xuddi shunday tartib kuzatildi, biroq farqlar kattaroq bo‘lib, bu uning yuqori eruvchanligi va harakatchanligini aks ettiradi: mayda fertigatsiya N-NO₃ ni 0–30 sm qatlamda an‘anaviydan 34,2%, 30–60 sm qatlamda 53,9% ga oshirdi, kuzga kelib bu ustunlik mos ravishda 43,8% va 70,4% ga yetdi (2-rasm). Bu tomchilatib sug‘orish orqali azotni bevosita ildiz zonasiga yetkazish yuvilib ketish va bug‘lanish yo‘qotishlarini mavsum davomida izchil kamaytirganini ko‘rsatadi.

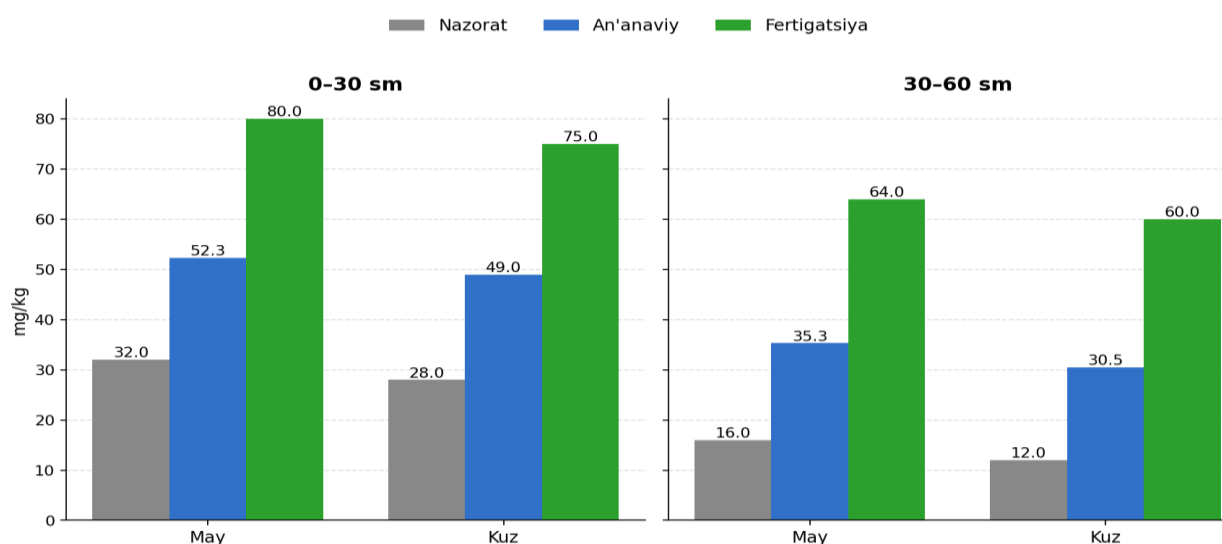


1-rasm. Ammoniyli azot (N-NH₄) miqdori (variant, chuqurlik va olingan vaqti bo‘yicha)



2-rasm. Nitratli azoti ($N-NO_3$) miqdori (variant, chuqurlik va olingan vaqti bo'yicha)

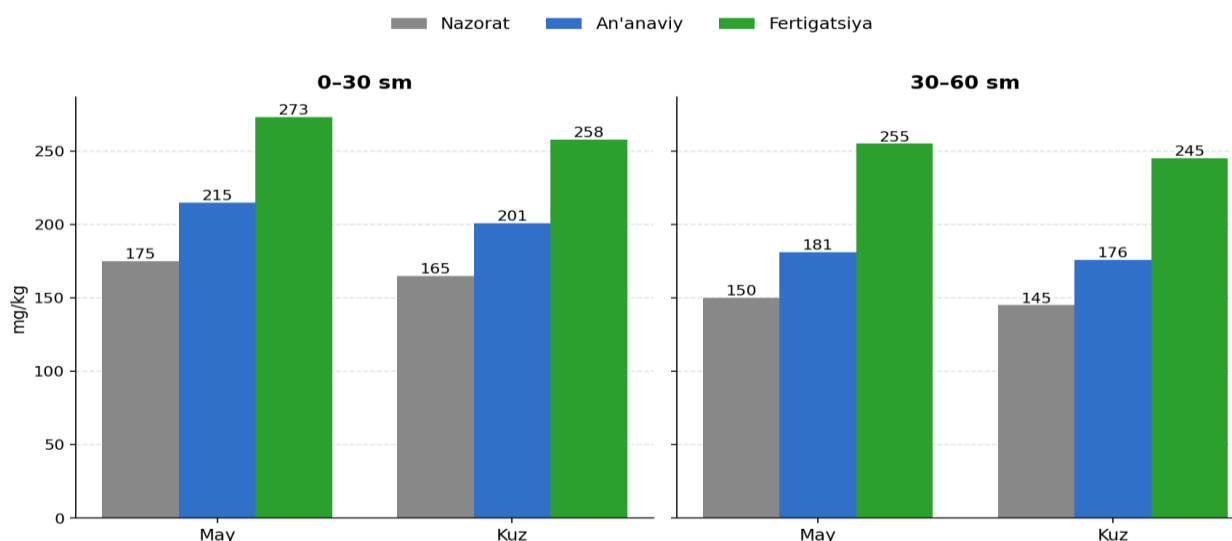
Uchta makroelement orasida eng harakatsizi bo'lgan fosfor fertigatsiyaga nisbatan eng katta nisbiy javobni ko'rsatdi (3-rasm). 0–30 sm qatlamda fertigatsiya P_2O_5 miqdorini an'anaviy o'g'itlashdan $\approx 53\%$ ga, 30–60 sm quyi qatlamda esa 81,3–96,7% ga oshirdi. Dastlabki bazaviy ko'rsatkichga (28,6 va 14,5 mg/kg) nisbatan, hosildan keyingi konsentratsiyadan foydalanib hisoblaganda, fertigatsiya P_2O_5 ni 162,2% (0–30 sm) va 313,8% (30–60 sm) ga oshirdi, an'anaviy o'g'itlashda bu ko'rsatkichlar 71,3% va 110,3% ni, o'g'itsiz nazoratda esa deyarli nolga yaqin (-2,1%, -17,2%) o'zgarishni tashkil etdi. Bu natija davriy ortofosfat kislota berilishi va fraksiyalangan monoammoniy fosfat qo'llanilishining birgalikdagi ta'siri bilan izohlanadi - bu usul fosforni uzluksiz eruvchan shaklda yetkazib, uning kalsiy, temir va alyuminiy fosfatlariga o'tib harakatsizlanishini keskin cheklab qo'ydi.



3-rasm. Harakatchan fosfor (P_2O_5) miqdori (variant, chuqurlik va olingan vaqti bo'yicha)

Kaliy fosforiga o'xshash tendensiyani ko'rsatdi, biroq nisbiy farq kichikroq bo'ldi (4-rasm). Fertigatsiya may oyida K_2O miqdorini an'anaviy o'g'itlashdan 0-30 sm qatlamda 27,0%, 30-60 sm qatlamda 40,9% ga oshirdi; kuzda mos ustunlik 28,4% va 39,2% ni tashkil etdi. Bazaviy ko'rsatkichga (170 va 149 mg/kg) nisbatan fertigatsiya K_2O ni 51,8% (0-30 sm) va 64,4% (30-60 sm) ga oshirdi, an'anaviy o'g'itlashda esa bu ko'rsatkichlar 18,2% va 18,1% ni tashkil etdi. Bu ustunlik

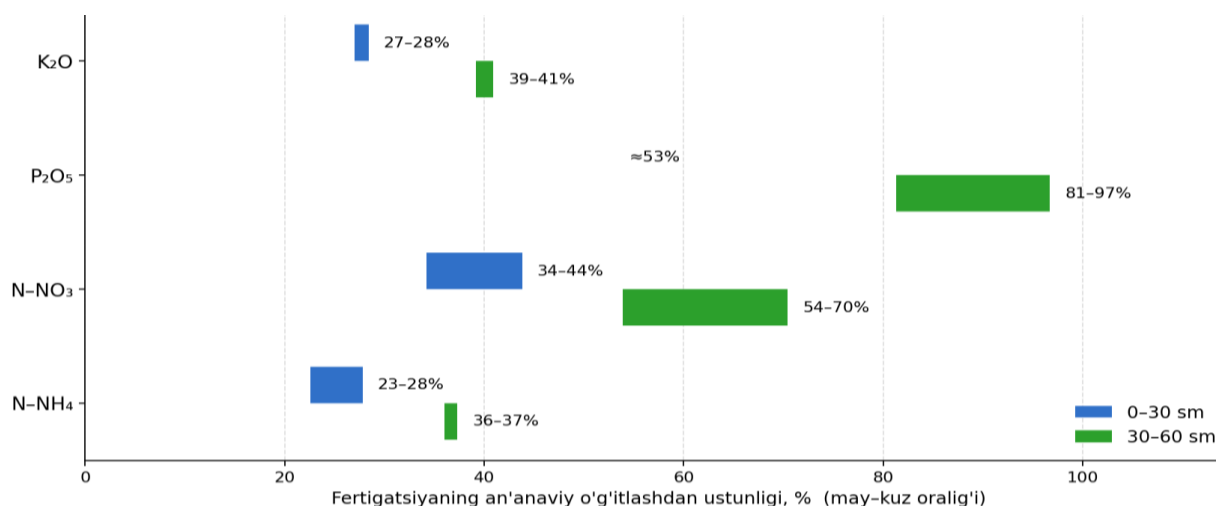
kaliy monofosfatining (NPK 0:0:52) fraksiyalangan holda berilishi bilan izohlanadi - an'anaviy amaliyotdagi bir martalik mavsumiy doza esa vaqt o'tishi bilan qisman harakatsiz shaklga o'tadi.



4-rasm. Almashinuvchi kaliy (K_2O) miqdori (variant, chuqurlik va olingan vaqti bo'yicha)

Tuproq pH ko'rsatkichi barcha variantlarda neytralga yaqin bo'ldi (6,5-6,8), biroq fertigatsiya variantida izchil ravishda 0,1-0,3 birlikka pastroq (6,5-6,6) bo'lib, bu davriy ortofosfat kislota berilishi natijasidir; ushbu yengil kislotali muhit fosfor hamda temir, manganets, rux kabi mikroelementlarning o'zlashtirilishi uchun qulay sharoit yaratdi. 0-30 sm qatlamdagi tuproq namligi fertigatsiyada mavsum davomida sezilarli yuqori bo'ldi (mayda 28-33%, kuzda 23-28%; an'anaviyda 24-27%/19-22%, nazoratda 20-22%), bunda yillik sug'orish suvi sarfi 25-40% ga kam bo'ldi (200-240 t/ga, boshqa variantlarda 320-400 t/ga) - bu tomchilatib sug'orishning an'anaviy sug'orishga nisbatan yuqori aniqligi va samaradorligini aks ettiradi.

Mavsum va har ikkala namuna olish sanasi bo'yicha o'rtachalashtirilganda, fertigatsiya an'anaviy o'g'itlashga nisbatan ildiz zonasidagi oziqa elementlari konsentratsiyasini 0-30 va 30-60 sm qatlamlarda mos ravishda $N-NH_4$ uchun 23-28% va 36-37% ga, $N-NO_3$ uchun 34-44% va 54-70% ga, P_2O_5 uchun $\approx 53\%$ va 81-97% ga, K_2O uchun esa 27-28% va 39-41% ga oshirdi (5-rasm), bunda eng katta nisbiy o'sish izchil ravishda 30-60 sm quyi qatlamda va eng harakatsiz element - fosfor bo'yicha kuzatildi.



5-rasm. Fertigatsiyaning an'anaviy o'g'itlashdan ustunligi: oziqa elementi va tuproq chuqurligi bo'yicha (may–kuz oralig'i)

Muhokama:

Natijalar fertigatsiya faqat oziqa elementlarining umumiy miqdorini emas, balki ularning fazoviy va vaqt bo'yicha o'zlashtirilishini ham o'zgartirganini tasdiqladi. Ammoniy azoti bo'yicha nisbatan mo'tadil (23-37%) ustunlikka nisbatan nitrat azoti (34-70%) va, ayniqsa, fosfor (53-97%) bo'yicha ancha katta ustunlik ushbu ionlarning tuproqdagi kimyoviy xususiyatlari farqiga mos keladi: ammoniy har ikkala usulda ham tuproq kolloidlarida allaqachon ushlab qolinadi, nitrat esa yuvilib ketishga, fosfor esa tez fiksatsiyalanishga moyil bo'lgani sababli, ular kichik dozalarni uzluksiz berish usulidan nomutanosib ravishda ko'proq foyda ko'radi. Bu qonuniyat Xitoyning Loess platosida o'tkazilgan tadqiqotlar [1,2,7, 16] hamda O'rta yer dengizi mintaqasidagi bog' ekotizimlarida fosforli fertigatsiya bo'yicha sharhlar [4] bilan mos keladi.

30-60 sm quyi qatlamdagi ayniqsa katta o'sish fertigatsiya nafaqat oziqa elementlari konsentratsiyasini oshirishini, balki ildizlar egallagan profil bo'yicha yanada bir tekis vertikal taqsimotga erishishini ko'rsatadi. Bu, xususan, M26 kabi yarim pakana payvandtaglarda ildiz tizimi 30 sm dan pastga tarqaladigan olma uchun agronomik jihatdan muhim ahamiyatga ega; an'anaviy tasma usulida solingan o'g'it esa, aksincha, qo'llanilgan nuqta atrofida va sirtga yaqinroq to'planib qolib, fazoviy jihatdan notekis o'g'itlash zonalarini hosil qiladi [8, 17].

Kuzatilgan nomutanosib kuchli fosfor javobi amaliy jihatdan alohida ahamiyatga ega, chunki fosfor dastlab tadqiqot tuproqlarida asosiy cheklovchi element sifatida aniqlangan edi (0-30 va 30-60 sm qatlamlarda mos ravishda 28,6 va 14,5 mg P₂O₅/kg). Fraksiyalangan monoammoniy fosfat dozlash va davriy ortofosfat kislota qo'llashning birgalikdagi ta'siri fosforning kalsiy, temir va alyuminiy fosfatlariga o'tish yo'lini uzganga o'xshaydi - bu xalqaro dalillarga [3,4] mos keladi.

Fertigatsiyada bir vaqtning o'zida kuzatilgan yuqori tuproq namligi va 25-40% kam umumiy suv sarfi tomchilatib berishning asosiy samaradorlik ustunligini aks ettiradi: suv va oziqa elementlari birgalikda, kichik miqdorlarda, bevosita namlangan ildiz zonasiga beriladi, bu esa an'anaviy sug'orishga xos chuqur sizib ketish va yon tomonlarga oqib ketish yo'qotishlarining oldini oladi. Bu ustunlik xuddi shu tajribada aniq hosildorlik natijasiga ega bo'ldi: ikki mavsum o'rtacha hosildorlik nazoratdagi 32,0 t/ga dan an'anaviy o'g'itlashda 40,0 t/ga ga (+25,0%) va fertigatsiyada 55,0 t/ga ga (nazoratdan +71,9%, an'anaviydan +37,5%) ko'tarildi; daraxt fiziologiyasi, hosildorlik va meva sifatining to'liq tahlili esa mazkur tuproqqa bag'ishlangan maqola doirasidan tashqarida bo'lib, alohida nashr etilishi rejalashtirilgan.

Tadqiqotning cheklovlarini ham qayd etish lozim: u bo'z tuproqli bitta maydonda ikki mavsum davomida o'tkazildi va natijalar bitta olma navi va payvandtagiga tegishli; harakatchan fosfor va almashinuvchi kaliy bo'yicha kuzatilgan o'sishlarning tuproqdagi umumiy oziqa zaxirasining barqaror ortishiga olib kelishini yoki faqat qisqa muddatli o'zlashtirilishning kuchayishini ifodalashini aniqlash uchun uzoqroq muddatli, ko'p maydonli kuzatuvlar zarur.

Xulosa:

Jizzax viloyati Baxmal tumanining bo'z tuproqlari va quruq, keskin kontinental iqlim sharoitida tomchilatib fertigatsiya an'anaviy tasma usulida o'g'itlashga nisbatan azot, fosfor va kaliyning harakatchanligi, mavsumiy o'zlashtirilishi va chuqurlik bo'yicha taqsimotini sezilarli darajada yaxshiladi: ildiz zonasidagi ammoniy azoti konsentratsiyasi 23-37%, nitrat azoti 34-70%, harakatchan fosfor 53-97%, almashinuvchi kaliy esa 27-41% ga oshdi, bunda eng katta o'sish 30-60 sm quyi qatlamda va eng harakatsiz element - fosfor bo'yicha kuzatildi. Ushbu yaxshilanishlarga yillik sug'orish suvi sarfining 25-40% ga qisqarishi ham hamroh bo'lib, bu fertigatsiya bir vaqtning o'zida ham oziqa elementlaridan foydalanish samaradorligini, ham suv tejamliligini oshirishini tasdiqlaydi. Natijalar fertigatsiyaning fosfor bo'yicha cheklangan quruq tuproqli intensiv olma bog'larida oziqa elementlarining o'zlashtirilishini cheklaydigan harakatchanlik va fiksatsiya muammolarini bartaraf etishning samarali agrokimyoviy strategiyasi sifatida tasdiqlaydi.

Amaliy tavsiyalar:

1. Intensiv olma bog'larida tomchilatib sug'orish tizimi bilan birgalikda fertigatsiya texnologiyasini, xususan bo'z tuproqli va fosfor bo'yicha cheklangan hududlarda, keng joriy etish tavsiya etiladi.
2. Mineral o'g'itlarni, ayniqsa fosforli va kaliyli o'g'itlarni, bir martalik yuqori me'yorda emas, balki vegetatsiya davri davomida fenologik bosqichga mos ravishda bo'lib-bo'lib, eritma holda berish maqsadga muvofiqdir.
3. Fosforni fertigatsiya tizimida ortofosfat kislota yoki monoammoniy fosfat ko'rinishida, kichik va tez-tez takrorlanadigan dozalarda qo'llash uning kalsiy, temir va alyuminiy bilan fiksatsiyalanishini kamaytiradi.
4. Tuproqning agrokimyoviy holatini (ayniqsa 30-60 sm qatlamda) yiliga kamida ikki marta - o'g'itlashdan oldin va vegetatsiyaning faol davrida - tahlil qilib, o'g'itlash me'yorlarini shu natijalarga asoslangan holda belgilash tavsiya etiladi.
5. Oziqa elementlarining harakatchanligidagi qisqa muddatli o'sishlarning tuproq oziqa zaxiralarining barqaror yaxshilanishiga olib kelishini tasdiqlash uchun uzoq muddatli, ko'p maydonli tadqiqotlar davom ettirilishi lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Cheng Q., Ma X., Ren R., Zheng L., Guo X., Sun X. Effects of fertilizer management on soil nitrogen distribution and nitrogen uptake in an apple orchard on the Loess Plateau under WSPI system. *Agronomy*, 2020, vol. 10, no. 9, art. 1386. DOI: 10.3390/agronomy10091386.
2. Chen S., Zhang S., Li H., Hu T., Sun G., Cui X., Liu J. Optimizing irrigation and nitrogen management improves soil soluble nitrogen pools and reduces nitrate residues in a drip-fertigated apple orchard on the Loess Plateau. *Agricultural Water Management*, 2024, vol. 295, art. 108770. DOI: 10.1016/j.agwat.2024.108770.
3. Kafkafi U., Kant S. Fertigation. In: *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*. Elsevier, 2013. DOI: 10.1016/B978-0-12-409548-9.05161-7.
4. Chtouki M. et al. A review on phosphorus drip fertigation in Mediterranean region. *Heliyon*, 2024. Available at: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10850969/>.
5. Kalcsits L., Bustan A., van der Merwe R. Potassium fertigation affects fruit quality and yield of apple. *Plants*, 2020, vol. 9, no. 10, art. 1366. DOI: 10.3390/plants9101366.
6. Kalcsits L., Bustan A., Van der Merwe R. Potassium nutrition in apple production. *Plants*, 2021, vol. 10, no. 12, art. 2624. DOI: 10.3390/plants10122624.
7. Chen S., Zhang S., Hu T., Li H., Sun J., Sun G., Liu J. Effects of soil reactive nitrogen pools and enzyme activity on water and nitrogen levels and their relationship with apple yield and quality under drip fertigation conditions. *Scientia Horticulturae*, 2023. DOI: 10.1016/j.scienta.2023.112632.
8. AbdelRahman M.A.E., Zakarya Y.M., Metwaly M.M., Koubouris G. Deciphering soil spatial variability through geostatistics and interpolation techniques. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2022, vol. 335, art. 108005. DOI: 10.1016/j.agee.2022.108005.
9. Fomenko T.G., Popova V.P., Kuzin A.I. The impact of apple orchard fertigation on the seasonal dynamics of the soil nutrients. *Acta Horticulturae*, 2022, vol. 1333, pp. 247–254. DOI: 10.17660/ActaHortic.2022.1333.32.
10. Porro D., Pantezzi T., Pedò S., Bertoldi D. Interaction of fertigation and water management on apple tree productivity, orchard nutrient status, and fruit quality. *Acta Horticulturae*, 2013, vol. 984, pp. 203–210. DOI: 10.17660/ActaHortic.2013.984.22.

11. Cai S., Zheng B., Zhao Z., Zheng Z., Yang N., Zhai B. Precision nitrogen fertilizer and irrigation management for apple cultivation based on a multilevel comprehensive evaluation method of yield, quality, and profit indices. *Water*, 2023, vol. 15, no. 3, art. 468. DOI: 10.3390/w15030468.
12. Ji W., Wang Y., Li R., Liu W., Li Z. High spatiotemporal asynchrony between water deficit and nitrate accumulation under apple orchards in deep loess deposits. *CATENA*, 2024, vol. 239, art. 107932. DOI: 10.1016/j.catena.2024.107932.
13. Kopytko P., Karpenko V., Yakovenko R., Mostoviak I. Soil fertility and productivity of apple orchard under a long-term use of different fertilizer systems. *Agronomy Research*, 2017, vol. 15, no. 2, pp. 444–455.
14. Li X., Li S., Qiang X., Yu Z., Sun Z., Wang R., He J., Han L., Li Q. Effects of water and nitrogen regulation on apple tree growth, yield, quality, and their water and nitrogen utilization efficiency. *Plants*, 2024, vol. 13, no. 17, art. 2404. DOI: 10.3390/plants13172404.
15. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 23-oktabrdagi PF-5853-son "O'zbekiston Respublikasi qishloq xo'jaligini rivojlantirishning 2020–2030-yillarga mo'ljallangan strategiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi Farmoni. Toshkent, 2019.
16. Li Y., Wang J., Zhang H., Liu X. Optimization of irrigation and nitrogen levels for drip-fertigated apple orchard in the Loess Plateau of China. *Agricultural Water Management*, 2023, vol. 280, art. 108233. DOI: 10.1016/j.agwat.2022.108233.
17. Kumar P., Kumar P., Sharma M., Shukla A.K., Butail N.P. Spatial variability of soil nutrients in apple orchards and agricultural land use of cold desert in Kinnaur region of Trans-Himalayan India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2022, vol. 194, no. 290. DOI: 10.1007/s10661-022-09932-4.