



## APPLICATION OF OZONE TECHNOLOGIES IN AGRICULTURE: CURRENT STATE, EFFECTIVENESS, AND DEVELOPMENT PROSPECTS

**Parpiyeva Shahnoza Muxamadjonovna**

Senior Lecturer at the Department of Exact Sciences, University of Science and Technology.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.21847100>

### ARTICLE INFO

Received: 24<sup>th</sup> July 2026

Accepted: 29<sup>th</sup> July 2026

Online: 30<sup>th</sup> July 2026

### KEYWORDS

Ozone, ozone technology, agriculture, ozonation, ozonated water, seed material, grain storage, postharvest treatment, microbiological safety, product quality, bibliometric analysis, storage technologies.

### ABSTRACT

*This article examines the current state, effectiveness, and development prospects of ozone technologies in agriculture based on bibliometric analysis and a review of scientific literature. The study analyzes the dynamics of scientific publications on the topic during 2016–2025, the relationships among major keywords, the scientific activity of leading authors, and the geographical distribution of research by country. The results show that ozone technologies are increasingly associated with seed treatment, storage of grain and agricultural products, postharvest treatment, microbial decontamination, control of mycotoxins and pests, as well as ensuring product quality and safety.*

## ПРИМЕНЕНИЕ ОЗОНОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

**Парпиева Шахноза Мухамаджоновна**

Старший преподаватель кафедры Точных наук Университета науки и технологий.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.21847100>

### ARTICLE INFO

Received: 24<sup>th</sup> July 2026

Accepted: 29<sup>th</sup> July 2026

Online: 30<sup>th</sup> July 2026

### KEYWORDS

Озон, озонотехнологии, сельское хозяйство, озонирование, озонированная вода, семенной материал, хранение зерна, послеуборочная обработка, микробиологическая безопасность,

### ABSTRACT

*В статье на основе библиометрического анализа и обзора научной литературы рассмотрены современное состояние, эффективность и перспективы развития озонотехнологий в сельском хозяйстве. Проанализированы динамика научных публикаций по данной тематике за 2016–2025 гг., взаимосвязь основных ключевых слов, научная активность ведущих авторов, а также географическое распределение исследований по странам. Результаты анализа показали, что применение озонотехнологий развивается в тесной связи с обработкой семенного материала, хранением зерна и сельскохозяйственной продукцией, послеуборочной обработкой, микробиологическим обеззараживанием, контролем*



качество продукции,  
библиометрический  
анализ, технологии  
хранения.

микотоксинов и вредителей, а также обеспечением  
качества и безопасности продукции.

## QISHLOQ XO'JALIGIDA OZON TEXNOLOGIYALARINING QO'LLANILISHI: ZAMONAVIY HOLATI, SAMARADORLIGI VA RIVOJLANISH ISTIQBOLLARI

**Parpiyeva Shahnoza Muxamadjonovna**

Fan va texnologiyalar universiteti, Aniq fanlar kafedrası katta o'qituvchisi.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.21847100>

### ARTICLE INFO

Received: 24<sup>th</sup> July 2026

Accepted: 29<sup>th</sup> July 2026

Online: 30<sup>th</sup> July 2026

### KEYWORDS

Ozon, ozon  
texnologiyasi, qishloq  
xo'jaligi, ozonlash,  
ozonlangan suv, urug'lik  
materiallari, donni  
saqlash, hosildan keyingi  
ishlov berish,  
mikrobiologik xavfsizlik,  
mahsulot sifati,  
bibliometrik tahlil,  
saqlash texnologiyalari.

### ABSTRACT

*Mazkur maqolada qishloq xo'jaligida ozon texnologiyalarining qo'llanilishining zamonaviy holati, ilmiy samaradorligi va rivojlanish istiqbollari bibliometrik hamda adabiyotlar tahlili asosida o'rganilgan. Tadqiqotda 2016–2025-yillar davomida mavzuga oid ilmiy nashrlarning o'sish dinamikasi, asosiy kalit so'zlarning o'zaro bog'liqligi, mazkur yo'nalishda faol mualliflarning ilmiy faolligi hamda tadqiqotlarning davlatlar kesimidagi geografik taqsimoti tahlil qilingan. Tahlil natijalari ozon texnologiyalarining urug'lik materiallariga ishlov berish, don va qishloq xo'jaligi mahsulotlarini saqlash, hosildan keyingi ishlov berish, mikrobiologik zararsizlantirish, mikotoksinlar va zararkunandalarni nazorat qilish, shuningdek mahsulot sifati va xavfsizligini ta'minlash bilan uzviy bog'liq holda rivojlanayotganini ko'rsatdi.*

### Kirish

Bugungi kunda dunyo miqyosida aholini sifatli va xavfsiz oziq-ovqat mahsulotlari bilan barqaror ta'minlash, qishloq xo'jaligi mahsulotlarini yetishtirishdan iste'molchiga yetkazib berishgacha bo'lgan jarayonlarda yo'qotishlarni kamaytirish hamda tabiiy resurslardan oqilona foydalanish agrar sohaning ustuvor vazifalaridan biriga aylangan. Iqlim o'zgarishi, suv va energiya resurslarining cheklanishi, mikrobiologik va kimyoviy xavflarning kuchayishi, shuningdek, mahsulotlarni

saqlash va tashish jarayonlarida sifatning pasayishi an'anaviy texnologiyalarni takomillashtirishni talab etmoqda. Birlashgan Millatlar Tashkilotining Oziq-ovqat va qishloq xo'jaligi tashkiloti ma'lumotlariga ko'ra, 2023-yilda dunyoda ishlab chiqarilgan oziq-ovqat mahsulotlarining qariyb 13,3 foizi yig'im-terimdan keyingi saqlash, tashish, ulgurji savdo va qayta ishlash bosqichlarida yo'qotilgan. Mazkur ko'rsatkichning 2015-yildan buyon sezilarli kamaymaganligi mahsulotlarni saqlash va zararsizlantirishning yangi,



samarali va ekologik maqbul usullarini ishlab chiqish zaruratini ko'rsatadi.

O'zbekistonda ham qishloq xo'jaligini modernizatsiya qilish, mahsulot yetishtirish samaradorligini oshirish, oziq-ovqat xavfsizligini mustahkamlash va yuqori qo'shilgan qiymatli mahsulotlar ishlab chiqarishni kengaytirishga qaratilgan izchil islohotlar amalga oshirilmoqda. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 23-oktabrdagi PF-5853-son Farmoni bilan tasdiqlangan Qishloq xo'jaligini rivojlantirishning 2020–2030-yillarga mo'ljallangan strategiyasida davlat boshqaruvi tizimini takomillashtirish, bozor munosabatlarini keng joriy etish, ishlab chiqaruvchi, qayta ishlovchi va sotuvchi subyektlar o'rtasidagi munosabatlarning huquqiy asoslarini mustahkamlash, investitsiyalarni jalb qilish hamda resurs tejamkor texnologiyalarni qo'llash ustuvor vazifalar sifatida belgilangan. Strategiyada qishloq xo'jaligini diversifikatsiya qilish, yuqori qo'shilgan qiymat zanjirlarini shakllantirish, axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini keng joriy etish va ilmfan yutuqlaridan samarali foydalanishga alohida e'tibor qaratilgan.

Agrar sohadagi islohotlarning hozirgi bosqichida mahsulotlarni faqat yetishtirish hajmini oshirish emas, balki ularni saqlash, saralash, qayta ishlash va bozorlarga sifatli holatda yetkazib berish tizimini takomillashtirishga ham katta ahamiyat berilmoqda. "O'zbekiston — 2030" strategiyasida qishloq xo'jaligi mahsulotlarini qayta ishlash ko'rsatkichini 25 foizdan yuqori darajaga olib chiqish, respublika hududlarida umumiy quvvati 2,5 million tonna

bo'lgan 100 ta yangi agrologistika markazini tashkil etish va ularning eksport salohiyatini oshirish vazifalari belgilangan. Mamlakat taraqqiyotining 2030-yilgacha mo'ljallangan ustuvor yo'nalishlarini yangi bosqichga olib chiqishga qaratilgan 2026-yildagi chora-tadbirlarda esa zamonaviy resurs tejamkor texnologiyalar joriy qilingan paxta va g'alla maydonlari ulushini 51 foizga, qishloq xo'jaligi mahsulotlarini qayta ishlash darajasini 27 foizga hamda agrologistika markazlari quvvatini 2,5 million tonnaga yetkazish nazarda tutilgan.

Ushbu vazifalarni amalga oshirish qishloq xo'jaligi mahsulotlarini yetishtirish, yig'im-terimdan keyingi ishlov berish, saqlash va qayta ishlash jarayonlarida ekologik xavfsiz, kam energiya sarflaydigan va yuqori dezinfektsiyalash samaradorligiga ega texnologiyalarni qo'llashni talab qiladi. An'anaviy kimyoviy dezinfektsiya vositalaridan foydalanish ayrim hollarda mahsulot yuzasida qoldiq moddalar paydo bo'lishi, mikroorganizmlarning chidamliligi ortishi, atrof-muhitga qo'shimcha yuk tushishi hamda texnologik suvlarni zararsizlantirish bilan bog'liq muammolarni keltirib chiqarishi mumkin. Shu sababli qishloq xo'jaligi va oziq-ovqat tizimida issiqliksiz fizik-kimyoviy ishlov berish usullari, xususan, ozon texnologiyalariga bo'lgan ilmiy va amaliy qiziqish ortib bormoqda.

Ozon — yuqori oksidlanish xususiyatiga ega bo'lgan faol kislorod shakli bo'lib, uning gazsimon va suvda eritilgan shakllaridan qishloq xo'jaligi mahsulotlarini dezinfektsiyalash, texnologik suvlarni tozalash, saqlash xonalarini sanitariya ishlovidan



o'tkazish, mikroorganizmlar, mog'or zamburug'lari va ayrim zararkunandalarni nazorat qilishda foydalanish mumkin. Ozon ishlab chiqarish joyining o'zida atmosfera havosi yoki kisloroddan generatsiya qilinadi, mahsulotga gaz yoki ozonlangan suv ko'rinishida ta'sir ettiriladi va ishlovdan keyin nisbatan tez molekulyar kislorodga parchalanadi. AQSH Qishloq xo'jaligi vazirligining 2025-yilgi texnik hisobotida ozon kuchli oksidlovchi va mikroblarga qarshi vosita sifatida tavsiflanib, meva-sabzavotlar, don mahsulotlari, ichimliklar va boshqa oziq-ovqat xomashyolarini qayta ishlash hamda saqlash jarayonlarida gazsimon yoki suvli muhitda qo'llanishi qayd etilgan.

Ozon texnologiyalarining qishloq xo'jaligidagi qo'llanish yo'nalishlari keng bo'lib, ularga urug'lik materiallarini ekishdan oldin zararsizlantirish, urug'larning unuvchanligi va o'sish energiyasiga ta'sir ko'rsatish, sug'orish va texnologik suvlarni tozalash, issiqxona xo'jaliklarida sanitariya holatini yaxshilash, meva-sabzavotlar yuzasidagi mikrobiologik ifloslanishni kamaytirish, don va urug'lik mahsulotlarini saqlashda zamburug'lar hamda ombor zararkunandalariga qarshi kurashish kiradi. Tajribaviy tadqiqotlarda gazsimon va suvda eritilgan ozonning ayrim urug'lik materiallaridagi bakteriya va zamburug'larni kamaytirishi, to'g'ri tanlangan ishlov rejimlarida esa urug'larning unuvchanligiga salbiy ta'sir ko'rsatmasligi aniqlangan.

Biroq ozonning biologik va texnologik samarasi uning konsentratsiyasi, ishlov berish

davomiyligi, mahsulot turi, namligi, harorati, mikroorganizmlarning turi va mahsulotning fiziologik holatiga bog'liq. Ozonning me'yoridan ortiq miqdorda yoki uzoq vaqt qo'llanishi ayrim mahsulotlarda oksidlanish jarayonlarini tezlashtirishi, ozuqaviy va organoleptik ko'rsatkichlarga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Bundan tashqari, ozonning kuchli oksidlovchi xususiyati ishlab chiqarish xodimlarining xavfsizligini ta'minlash, gaz konsentratsiyasini uzluksiz nazorat qilish, ventilyatsiya va qoldiq ozonni parchalash tizimlarini qo'llashni talab etadi. Ozon mahsulotga ishlov berilgandan keyin tezda kislorodga parchalanishiga qaramay, ishlab chiqarish muhitidagi ortiqcha konsentratsiya insonning nafas olish tizimiga zarar yetkazishi mumkin. Shuning uchun ozon texnologiyalarini joriy etishda "yuqori konsentratsiya — yuqori samaradorlik" tamoyiliga emas, balki mahsulotning sifat va xavfsizlik ko'rsatkichlarini saqlagan holda minimal samarali doza va ishlov berish vaqtini aniqlashga asoslangan optimallashtirilgan yondashuv zarur.

Shunday qilib, O'zbekistonda agrar sohani innovatsion rivojlantirish, qishloq xo'jaligi mahsulotlarini qayta ishlash va saqlash quvvatlarini kengaytirish, oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlash hamda resurs tejamkor texnologiyalarni joriy etishga qaratilgan islohotlar ozonlash usullarini ilmiy jihatdan o'rganish va amaliyotga moslashtirish uchun muhim shart-sharoit yaratmoqda. Ozonning mahsulotlarga kimyoviy qoldiq qoldirmasdan mikrobiologik xavflarni kamaytirish, saqlash muddatini uzaytirish, suv va sanitariya tizimlarining samaradorligini oshirish imkoniyatlari



uni istiqbolli texnologik vositalardan biriga aylantiradi. Shu bilan birga, uning samaradorligi va xavfsizligini ta'minlash uchun turli mahsulotlar kesimida optimal konsentratsiya, ta'sir davomiyligi, muhit parametrlari va nazorat usullarini ilmiy asoslash lozim.

### **Mavzuga oid adabiyotlar tahlili**

Qishloq xo'jaligida mahsulotlarning mikrobiologik xavfsizligini ta'minlash, saqlash davridagi yo'qotishlarni kamaytirish va kimyoviy vositalardan foydalanishni cheklash maqsadida ozon texnologiyalariga bo'lgan ilmiy qiziqish tobora ortib bormoqda. Ozon gazsimon yoki suvda eritilgan shaklda qo'llanib, kuchli oksidlovchi xususiyati tufayli bakteriyalar, zamburug'lar, viruslar, ombor zararkunandalari va ayrim toksik birikmalarga ta'sir ko'rsatadi. Botondi, Barone va Grasso tomonidan o'tkazilgan sharhda ozon yangi uzilgan va minimal qayta ishlangan meva-sabzavotlarning mikrobiologik xavfsizligini oshirish, chirish jarayonlarini sekinlashtirish hamda saqlanish muddatini uzaytirish imkoniyatiga ega ekanligi qayd etilgan. Shu bilan birga, ozonning samaradorligi mahsulot turi, konsentratsiya, ishlov berish davomiyligi, harorat va muhit namligiga bog'liqligi ta'kidlangan [1].

Sivaranjani va hammualliflar donchilik sanoatida ozondan foydalanishga oid tadqiqotlarni umumlashtirib, mazkur texnologiya don massasidagi mikroorganizmlar, mikotoksinlar va ombor zararkunandalarini kamaytirish, urug'larning unuvchanligini boshqarish hamda mahsulotning texnologik xususiyatlarini saqlashda istiqbolli ekanligini ko'rsatgan. Mualliflarning fikricha, ozonning don tarkibiga qoldiq

kimyoviy modda kiritmasligi uning an'anaviy fumigantlarga nisbatan muhim afzalligi hisoblanadi. Biroq don qatlamining qalinligi, namligi, g'ovakligi va organik moddalarning ozonni yutish xususiyati ishlov berish samaradorligini sezilarli darajada o'zgartirishi mumkin [2].

Urug'lik materiallariga ozon bilan ishlov berish bo'yicha tadqiqotlar, avvalo, urug' yuzasidagi fitopatogen mikroorganizmlarni kamaytirish va unuvchanlikni saqlab qolishga qaratilgan. Çetinkaya, Pazarlar va Paylan turli ekin urug'lari hamda manzarali o'simlik piyozboshlariga gazsimon ozon va ozonlangan suv bilan ishlov berib, urug'lar bilan tarqaladigan bakteriya va zamburug'lar miqdori sezilarli kamayishini aniqlagan. Tadqiqotda ozonning ta'siri urug' turi, mikroorganizm xususiyati va ishlov berish rejimiga bog'liq bo'lgan. Jumladan, bug'doy urug'laridagi qorakuya kasalligi qo'zg'atuvchisi *Tilletia caries* ning zararlanish darajasi pasaygan, biroq barcha o'simlik turlari uchun yagona ishlov berish rejimini tavsiya qilish mumkin emasligi ko'rsatilgan [3].

Sanchez va hammualliflar bug'doy doniga 10, 50 va 100 ppm konsentratsiyadagi gazsimon ozon bilan 1 va 6 soat davomida ishlov bergan. Eng yuqori natija 100 ppm konsentratsiyada 6 soatlik ishlovda kuzatilib, umumiy zamburug'lar miqdori 82 foizga, *Tilletia* turkumiga mansub zamburug'larning uchrash darajasi esa 92 foizga kamaygan. Shu bilan birga, 10 va 50 ppm ozon bilan ishlov berilgan donlarda unish energiyasi nazorat variantiga nisbatan yaxshilangan, 100 ppm variantida esa nazoratga yaqin natijalar qayd etilgan.



Ushbu holat optimal rejimda ozon urug'lik bug'doyni zararsizlantirish bilan birga uning ekish sifatini saqlab qolishi mumkinligini ko'rsatadi [4].

Ozonning urug' unuvchanligiga ta'siri faqat mikroorganizmlarni yo'q qilish bilan cheklanmaydi. Dong va hammualliflar arpa doniga ozon bilan ishlov berish natijasida urug'lardan ajralib chiqadigan uchuvchan organik birikmalar tarkibi o'zgarishini aniqlagan. Ayniqsa, sirka kislotasi va boshqa uchuvchan metabolitlar miqdoridagi o'zgarishlar urug'ning tinim holati va unish jarayoni bilan bog'langan. Mualliflar ozon urug' qobig'ida oksidlanish jarayonlarini faollashtirib, suv va kislorodning urug' ichiga kirishini osonlashtirishi mumkinligini ko'rsatgan [5].

Mazkur mualliflarning keyingi tadqiqotida ozon bilan 15 daqiqa davomida ishlov berilgan yangi yig'ib olingan arpa donlarida tinim davri qisqarishi va unuvchanlikning 96 foiz atrofida shakllanishi aniqlangan. Unuvchanlikning yuqori darajasi to'rt haftalik saqlash davomida ham saqlanib qolgan. Metabolomik tahlillar ozon aminokislotalar, organik kislotalar va energiya almashinuvida ishtirok etuvchi birikmalar miqdoriga ta'sir ko'rsatishini ko'rsatgan. Demak, ozon bilan ishlov berish urug'ning fiziologik faolligini boshqaruvchi omil sifatida ham namoyon bo'lishi mumkin [6].

Urug'lardan oziq-ovqat patogenlarini yo'qotish masalasi nihol va maysalar yetishtirishda alohida ahamiyatga ega. Mohammad va hammualliflar beda urug'lari va nihollariga 5 mg/l konsentratsiyadagi ozonlangan suv bilan 20 daqiqa ishlov

berib, *Salmonella* va Shiga toksinini hosil qiluvchi *Escherichia coli* miqdorini urug' yuzasida taxminan 2,1 logarifmik birlikka, nihollarda esa 3,6 logarifmik birlikkacha kamaytirgan. Bunda urug'larning unuvchanligi va tayyor nihol hosildorligiga salbiy ta'sir kuzatilmagan [7].

Ozonni boshqa zararsizlantirish usullari bilan uyg'unlashtirish uning samaradorligini oshirishi mumkin. Mohammad va hammualliflarning keyingi tajribalarida ozon va kislotali elektrolizlangan suvni ketma-ket qo'llash beda urug'i va nihollaridagi *Salmonella* hamda Shiga toksinini hosil qiluvchi *E. coli* miqdorini alohida ishlovlarga qaraganda ko'proq kamaytirgan. Kombinatsiyalangan ishlov patogenlar sonini taxminan 3 logarifmik birlik va undan ortiq darajada pasaytirgan, urug' unuvchanligi hamda nihollarning tashqi ko'rinishiga sezilarli salbiy ta'sir ko'rsatmagan [8]. Mazkur natijalar ozonni elektrolizlangan suv, ultrabinafsha nurlanish yoki boshqa no'isliqlik texnologiyalari bilan birgalikda qo'llash istiqbolli ekanligini ko'rsatadi.

Ozonlangan suvdan gidroponika tizimlarida foydalanish bo'yicha Ohashi-Kaneko va hammualliflar tomonidan olib borilgan tadqiqotda 0–10 mg/l miqdorda erigan ozon saqlagan suv asosida pomidor uchun ozuqa eritmasi tayyorlangan. Tarkibida 1,5 mg/l erigan ozon bo'lgan eritma o'simliklarning dastlabki rivojlanishiga salbiy ta'sir ko'rsatmagan va ayrim o'sish ko'rsatkichlari ozonsiz nazorat variantiga nisbatan yuqori bo'lgan. Biroq konsentratsiyaning oshirilishi har doim ham o'sishni yaxshilamagan. Bu holat



sug'orish suvi va ozuqa eritmalarini zararsizlantirishda qoldiq ozon konsentratsiyasini qat'iy nazorat qilish lozimligini ko'rsatadi [9].

Don mahsulotlarini saqlashda ozondan foydalanishga oid dastlabki yirik tajribalardan biri Kells va hammualliflar tomonidan amalga oshirilgan. Tadqiqotchilar 8,9 tonnalik makkajo'xori massasiga 50 ppm konsentratsiyadagi ozon bilan uch sutka davomida ishlov bergan. Natijada katta un qo'ng'izi, makkajo'xori uzunburuni va ombor kuyasi lichinkalarining 92–100 foizi nobud bo'lgan, don yuzasidagi *Aspergillus parasiticus* zamburug'i bilan ifloslanish darajasi esa 63 foizga kamaygan [10]. Tajribada ozonning don massasiga kirib borishi dastlab sekin, don yuzasidagi oksidlanishga moyil moddalar to'yingandan keyin esa tezroq kechishi aniqlangan.

Mendez va hammualliflar ozonning bug'doy, makkajo'xori, soya va boshqa don mahsulotlari qatlamlari orqali tarqalishini o'rgangan. Tadqiqot natijasida ozonning don massasidagi harakati ikki bosqichli ekanligi tasdiqlangan: birinchi bosqichda gaz don yuzasidagi organik birikmalar bilan tez reaksiyaga kirishib sarflanadi, ikkinchi bosqichda esa don yuzasi nisbatan passivlashib, ozon qatlam bo'ylab erkinroq harakatlana boshlaydi. Donlarga 50 ppm ozon bilan uzoq muddat ishlov berilganda ularning yog' kislotalari, aminokislotalari, maydalash, non pishirish va boshqa texnologik xususiyatlarida jiddiy salbiy o'zgarishlar aniqlanmagan [11]. Mazkur natija sanoat miqyosidagi ozonlash qurilmalarini loyihalashda dastlabki ozon talabi va don

qatlaminig aerodinamik qarshiligini hisobga olish zarurligini ko'rsatadi.

Bonjour va hammualliflar saqlanayotgan bug'doydagi asosiy ombor zararkunandalariga 25, 50 va 70 ppm ozon bilan bir kundan to'rt kungacha ishlov bergan. Natijalar zararkunandalarning ozonga sezgirliги ularning turi va rivojlanish bosqichiga bog'liqligini ko'rsatgan. Masalan, guruch uzunburunining voyaga yetgan shakllari ozonga nisbatan sezgir bo'lgan bo'lsa, katta un qo'ng'izining yuqori darajada nobud bo'lishi uchun 50–70 ppm konsentratsiyada to'rt kunlik ishlov talab qilingan. Tuxum va g'umbak bosqichlari ayrim hollarda voyaga yetgan hasharotlarga qaraganda chidamliroq bo'lgan [12]. Shuning uchun omborlarni ozon bilan fumigatsiya qilishda faqat zararkunanda turi emas, balki uning rivojlanish bosqichi ham hisobga olinishi kerak.

Don massasida ozonning sekin tarqalishi muammosini bartaraf etish uchun uzluksiz oqimli ishlov berish qurilmalari taklif etilgan. McDonough va hammualliflar modifikatsiyalangan vintli konveyerda donni yuqori konsentratsiyadagi ozon bilan qisqa muddat ishlash usulini sinovdan o'tkazgan. Taxminan 47 800 ppm ozon va 1,8 daqiqalik bir martalik ishlovning uch marta takrorlanishi katta un qo'ng'izi hamda makkajo'xori uzunburunining voyaga yetgan shakllarini to'liq nobud qilgan va don yuzasidagi mikroorganizmlar sonini kamaytirgan [13]. Bu usul don qatlaminig barcha qismlariga bir xil ishlov berish imkonini bersa-da, yuqori konsentratsiyadagi ozon bilan ishlashda qurilmaning



germetikligi va xodimlar xavfsizligi alohida ta'minlanishi lozim.

Dong va hammualliflar arpa donidagi *Rhizopertha dominica* va *Tribolium castaneum* zararkunandalariga qarshi 700 ppm ozonni qo'llagan. Uzoq muddatli ishlov zararkunandalarning turli rivojlanish bosqichlarini nazorat qilish imkonini bergan. Shu bilan birga, arpaning namligi, rangi, qattiqligi, eruvchan oqsil miqdori, ming dona don massasi va unuvchanligi kabi ko'rsatkichlarda sezilarli salbiy o'zgarishlar aniqlanmagan [14]. Biroq mazkur natijalarni boshqa don turlariga to'g'ridan-to'g'ri ko'chirish mumkin emas, chunki don qobig'ining tuzilishi va kimyoviy tarkibi ozonning sarflanish tezligiga ta'sir ko'rsatadi.

Ozonning zamburug'lar va mikotoksinlarga qarshi samaradorligi ham ko'plab tadqiqotlarda baholangan. Savi, Piacentini va Scussel sun'iy ravishda *Aspergillus flavus* va *Penicillium citrinum* bilan zararlantirilgan bug'doy donlariga ozon bilan ishlov bergan. 60  $\mu\text{mol/mol}$  konsentratsiyada 180 daqiqalik ishlov mazkur zamburug'larning rivojlanishini to'liq to'xtatgan. Aflatoksin va sitrininning parchalanish darajasi ozon konsentratsiyasi va ishlov davomiyligining oshishi bilan ko'paygan [15]. Biroq mikotoksin molekulasi parchalanishi uning to'liq zararsizlanishini har doim ham anglatmaydi, shu sababli hosil bo'lgan oksidlanish mahsulotlarining toksikologik xavfsizligini qo'shimcha baholash talab etiladi.

Trombete va hammualliflar sun'iy ravishda mikotoksinlar bilan

ifloslantirilgan yumshoq bug'doy donlariga ozon bilan ishlov berib, zamburug'lar va toksinlar miqdorining kamayishi ozon konsentratsiyasi hamda ta'sir vaqtiga to'g'ri bog'liqligini aniqlagan. Shu bilan birga, tajriba kamerasidagi don massasi oshgan sari ozonlash samaradorligi pasaygan [16]. Bu holat laboratoriya sharoitida olingan natijalarni sanoat hajmidagi silos va omborlarga tatbiq etishda masshtab omilini hisobga olish zarurligini ko'rsatadi.

Wang va hammualliflar 75 mg/l konsentratsiyadagi ozon bilan bug'doy doniga 30, 60 va 90 daqiqa ishlov berib, dezoksinivalenol mikotoksinining parchalanish darajasi mos ravishda 26,40; 39,16 va 53,48 foizni tashkil etishini aniqlagan. Ishlovdan keyin oqsil, kraxmal, yog' kislotalari va aminokislotalarning umumiy miqdorida sezilarli farq kuzatilmagan. Biroq xamirning cho'ziluvchanligi, mustahkamligi hamda unning rang ko'rsatkichlarida muayyan o'zgarishlar qayd etilgan [17]. Demak, mikotoksinlarni maksimal kamaytirish rejimi har doim ham mahsulotning texnologik xususiyatlarini optimal darajada saqlaydigan rejim bilan mos kelmasligi mumkin.

Meva-sabzavotlarni saqlashda ozon bilan ishlov berish natijalari ham mahsulot turi va texnologik rejimga qarab farqlanadi. Pérez va hammualliflar qulupnay mevalarini sovuq saqlash davomida 0,35 ppm ozonli muhitda ushlab turgan. Ozon sovuq saqlash yakunida askorbin kislotasi miqdorini nazoratga nisbatan oshirgan bo'lsa-da, mevalar 20 °C haroratga chiqarilgandan keyin zamburug'li chirishni barqaror



nazorat qila olmagan. Bundan tashqari, qulupnay hidini shakllantiruvchi ayrim uchuvchan efirlar miqdori taxminan 40 foizga kamaygan [18]. Ushbu natija ozonning mikrobiologik yoki antioksidant samarasi mahsulotning hid va ta'm ko'rsatkichlari bilan birgalikda baholanishi kerakligini ko'rsatadi.

Tzortzakis va hammualliflar ozon bilan boyitilgan muhitda saqlangan pomidor mevalarida chirish darajasi kamayishi mumkinligini aniqlagan. Shu bilan birga, ozon konsentratsiyasi va ta'sir davomiyligi mevaning rang hosil qilishi, yumshashi, nafas olish faolligi va sensor xususiyatlariga turlicha ta'sir ko'rsatgan [19]. Natijalar ozonning pomidor uchun oddiy dezinfeksiyalovchi vosita emas, balki mevaning pishish fiziologiyasiga ta'sir qiluvchi omil ekanligini ko'rsatadi.

Rodoni va hammualliflarning tadqiqotida pomidor mevalariga 10  $\mu\text{l/l}$  konsentratsiyadagi ozon bilan 10 daqiqa davomida qisqa muddatli ishlov berish saqlash davridagi ortiqcha yumshashni sekinlashtirgan. Ishlov berilgan mevalarda pektinmetilesteraza faolligi va hujayra devori polimerlarining parchalanishi nazoratga nisbatan past bo'lgan, boshqa asosiy sifat ko'rsatkichlarida esa jiddiy salbiy o'zgarishlar aniqlanmagan [20]. Bu natija uzluksiz past konsentratsiyali ozonlashdan ko'ra, ayrim mahsulotlar uchun yuqoriroq konsentratsiyadagi qisqa impulsli ishlov samaraliroq bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi.

Minas va hammualliflar kivi mevalarini 0 °C haroratda to'rt oy saqlash davomida 0,3  $\mu\text{l/l}$  konsentratsiyadagi ozon bilan uzluksiz ishlov bergan. Natijada *Botrytis cinerea*

keltirib chiqaradigan meva bandi atrofidagi chirishning rivojlanishi kamaygan. Mualliflar ozonning bevosita fungitsid ta'siri bilan bir qatorda meva to'qimalaridagi tabiiy himoya mexanizmlarini faollashtirishi mumkinligini ham qayd etgan [21]. Shunday qilib, ozon ayrim hollarda mikroorganizmni to'g'ridan-to'g'ri zararsizlantirish va mahsulotning tabiiy qarshiligini oshirish orqali ikki tomonlama ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Gabler va hammualliflar xo'raki uzumlarni yuqori konsentratsiyadagi ozon bilan qisqa muddat fumigatsiya qilish orqali kulrang chirish va meva yuzasidagi ayrim fungitsid qoldiqlarini kamaytirish imkoniyatini o'rgangan. Ozon konsentratsiyasi bilan ishlov davomiyligining ko'paytmasi, ya'ni konsentratsiya-vaqt ko'rsatkichi ishlovning umumiy samarasini belgilovchi muhim mezon bo'lgan [22]. Biroq bir xil konsentratsiya-vaqt qiymatiga ega rejimlar mahsulot to'qimalariga turlicha ta'sir ko'rsatishi mumkinligi sababli, yuqori konsentratsiyali qisqa ishlov va past konsentratsiyali uzoq ishlov alohida tajribalar asosida baholanishi lozim.

Ozonlangan suvning yana bir istiqbolli qo'llanish yo'nalishi qishloq xo'jaligi mahsulotlaridagi pestitsid qoldiqlarini kamaytirishdir. Ikeura, Kobayashi va Tamaki ozon mikropufakchalari yordamida bargli va mevali sabzavotlardagi fenitrotion qoldiqlarini kamaytirishni o'rgangan. Mikropufakchalar ozonning suvda erishini va mahsulot yuzasi bilan kontaktini yaxshilashi natijasida oddiy pufakchali ozonlashga nisbatan samaraliroq bo'lgan [23]. Biroq pestitsid



molekulasining kamayishi bilan bir qatorda uning oksidlanishidan hosil bo'ladigan oraliq birikmalar ham aniqlanishi va xavfsizlik nuqtai nazaridan baholanishi zarur.

Tahlil qilingan adabiyotlar ozon texnologiyalarining qishloq xo'jaligida to'rtta asosiy vazifani bajarishi mumkinligini ko'rsatadi: urug'lik va mahsulot yuzasini mikrobiologik zararsizlantirish; ombor zararkunandalarini nazorat qilish; mikotoksin va pestitsid qoldiqlarini oksidlash; urug' unuvchanligi hamda meva-sabzavotlarning fiziologik javoblarini boshqarish. Shu bilan birga, tadqiqot natijalari ozon uchun barcha mahsulotlarga bir xil tarzda qo'llanadigan universal konsentratsiya yoki ishlov davomiyligi mavjud emasligini ko'rsatmoqda [1–6, 10–23].

Ozon bilan ishlov berish samaradorligini belgilovchi asosiy omillar qatoriga ozon konsentratsiyasi, ta'sir davomiyligi, gaz yoki suvli muhitning harorati, nisbiy namlik, mahsulotning namligi, biologik va kimyoviy tarkibi, don qatlamining qalinligi, gaz sarfi hamda nishon mikroorganizm yoki zararkunandaning turi kiradi. Past va o'rtacha rejimlar ayrim urug'larda unuvchanlik va o'sish energiyasini oshirishi mumkin bo'lsa, me'yoridan ortiq konsentratsiya yoki uzoq ishlov oksidlanish stressini kuchaytirib, hid, ta'm, rang, to'qima va texnologik xususiyatlarning o'zgarishiga sabab bo'lishi mumkin [4–6, 17–20].

Ko'rib chiqilgan tadqiqotlarning muhim qismi laboratoriya yoki kichik tajriba qurilmalarida bajarilgan. Don massasi oshishi bilan ozonning qatlam bo'ylab taqsimlanishi qiyinlashishi,

mahsulot yuzasidagi organik moddalar tomonidan tez sarflanishi va ishlovning bir xilligini ta'minlash murakkablashishi aniqlangan [10–13, 16]. Shu sababli kelgusidagi tadqiqotlarda sanoat hajmidagi silos, ombor, issiqxona va sovitkich kameralarida ozonning haqiqiy tarqalishini o'rganish, konsentratsiyani real vaqt rejimida nazorat qiluvchi sensorlar hamda avtomatik boshqaruv tizimlarini ishlab chiqish maqsadga muvofiq.

Ozon texnologiyalarining rivojlanish istiqbollari mahsulotga moslashtirilgan konsentratsiya–vaqt rejimlarini ishlab chiqish, ozonni elektrolizlangan suv, ultrabinafsha nurlanish, sovuq plazma va boshqariladigan atmosfera bilan uyg'unlashtirish, mikropufakchali ozonlash tizimlarini takomillashtirish hamda ishlovdan keyingi oksidlanish mahsulotlarining toksikologik xavfsizligini baholash bilan bog'liq. Bundan tashqari, energiya sarfi, ishlov tannarxi, uskunaning xizmat muddati, xodimlar xavfsizligi va ekologik samaradorlikni qamrab oluvchi texnik-iqtisodiy hamda hayotiy sikl tahlillarini amalga oshirish zarur.

Umuman olganda, mavjud ilmiy tadqiqotlar ozon qishloq xo'jaligi mahsulotlarini yetishtirish, zararsizlantirish, saqlash va qayta ishlash jarayonlari uchun istiqbolli ekologik texnologiya ekanligini ko'rsatadi. Biroq uning yuqori oksidlovchi faolligi bir vaqtning o'zida ham afzallik, ham texnologik xavf omili hisoblanadi. Shuning uchun ozon texnologiyalarini joriy etish maksimal konsentratsiyani qo'llashga emas, balki mikrobiologik va texnologik



samaradorlikni ta'minlaydigan, mahsulotning urug'lik, oziqaviy va organoleptik sifatini saqlaydigan minimal samarali rejimlarni ilmiy asoslashga yo'naltirilishi lozim.

### **Tadqiqot metodologiyasi**

Tadqiqot bibliometrik va qiyosiy tahlil usullari asosida amalga oshirildi. Qishloq xo'jaligida ozon texnologiyalarining qo'llanilishiga oid ilmiy nashrlarni aniqlashda "ozone", "ozonation", "ozone technology", "ozone treatment", "ozonated water" kalit so'zlari "agriculture", "crop", "postharvest", "seed", "irrigation", "greenhouse" va "storage" atamallari bilan birgalikda qo'llanildi. Tahlil 2016–2025-yillar oralig'idagi ochiq bibliometrik indekslarda qayd etilgan ma'lumotlarni qamrab oldi.

Olingan ma'lumotlar asosida nashrlarning yillar bo'yicha dinamikasi, kalit so'zlarning o'zaro bog'liqligi, mazkur yo'nalishda faol mualliflarning ilmiy faolligi hamda maqolalarning davlatlar kesimidagi taqsimoti baholandi. Kalit so'zlar o'rtasidagi aloqalar bibliometrik tarmoq xaritasi orqali, geografik taqsimot esa xaritalash usuli yordamida vizuallashtirildi. Natijalar sonli va grafik ko'rinishda umumlashtirilib, qishloq xo'jaligida ozon texnologiyalarining zamonaviy rivojlanish yo'nalishlari va ilmiy faollik tendensiyalari aniqlandi.

### **Tadqiqot tahlili va natijalari**

Qishloq xo'jaligida ozon texnologiyalarining qo'llanilishiga oid ilmiy tadqiqotlarning rivojlanish holatini baholash maqsadida 2016–2025-yillarda ochiq bibliometrik indekslarda qayd etilgan nashrlar dinamikasi, tadqiqotlarda uchraydigan asosiy kalit

so'zlarning o'zaro bog'liqligi, mazkur yo'nalishda faoliyat olib borayotgan mualliflarning ilmiy faolligi hamda maqolalarning davlatlar kesimidagi taqsimoti tahlil qilindi. Bibliometrik tahlil natijalari ozon texnologiyalarining qishloq xo'jaligi, mahsulotlarni saqlash, urug'lik materiallariga ishlov berish, mikrobiologik xavfsizlik va hosildan keyingi ishlov berish jarayonlaridagi ahamiyati so'nggi yillarda ilmiy jamoatchilik tomonidan tobora ko'proq o'rganilayotganini ko'rsatdi.

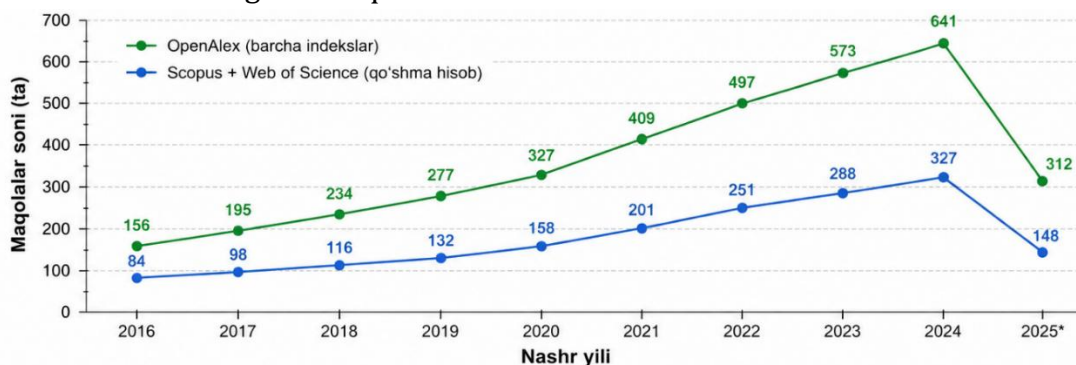
Dastlab mavzuga oid ilmiy nashrlarning yillar bo'yicha o'zgarish dinamikasi tahlil qilindi. Taqdim etilgan bibliometrik ma'lumotlarga ko'ra, OpenAlex indeksida 2016-yilda mavzuga oid 156 ta nashr qayd etilgan bo'lsa, 2017-yilda ularning soni 195 taga, 2018-yilda 234 taga, 2019-yilda 277 taga va 2020-yilda 327 taga yetgan. Keyingi davrda o'sish sur'ati yanada jadallashib, 2021-yilda 409 ta, 2022-yilda 497 ta, 2023-yilda 573 ta va 2024-yilda 641 ta nashr qayd etilgan. Shunday qilib, 2016-yildan 2024-yilgacha ushbu ko'rsatkich qariyb 4,1 baravar, ya'ni 310,9 foizga oshgan. Mazkur o'sish qishloq xo'jaligida kimyoviy qoldiq hosil qilmaydigan, ekologik xavfsiz va energiya jihatidan samarali ishlov berish texnologiyalariga bo'lgan ilmiy qiziqishning ortib borayotganini ko'rsatadi.

Scopus va Web of Science bo'yicha taqdim etilgan qo'shma hisobda ham xuddi shunday o'sish tendensiyasi kuzatilgan. Xususan, 2016-yildagi 84 ta nashrga nisbatan 2020-yilda 158 ta, 2022-yilda 251 ta va 2024-yilda 327 ta ilmiy ish qayd etilgan. Natijada 2016–2024-yillar oralig'ida ko'rsatkich qariyb 3,9 baravar yoki 289,3 foizga oshgan.



OpenAlex bo'yicha 2016–2025-yillar uchun jami 3621 ta, Scopus va Web of Science bo'yicha qo'shma hisobda esa 1803 ta nashr aks ettirilgan. Bunda turli bibliometrik bazalarning qamrovi, indekslash mezonlari va hujjatlarni tasniflash usullari bir-biridan farq qilishi sababli ular o'rtasidagi mutlaq sonlarni

to'g'ridan-to'g'ri tenglashtirishdan ko'ra, nashr faolligining umumiy o'sish tendensiyasini baholash maqsadga muvofiq. 2025-yil ko'rsatkichlari to'liq yilni qamrab olmaganligi sababli, ushbu yil uchun kuzatilgan pasayishni ilmiy faollikning haqiqiy kamayishi sifatida baholash mumkin emas.

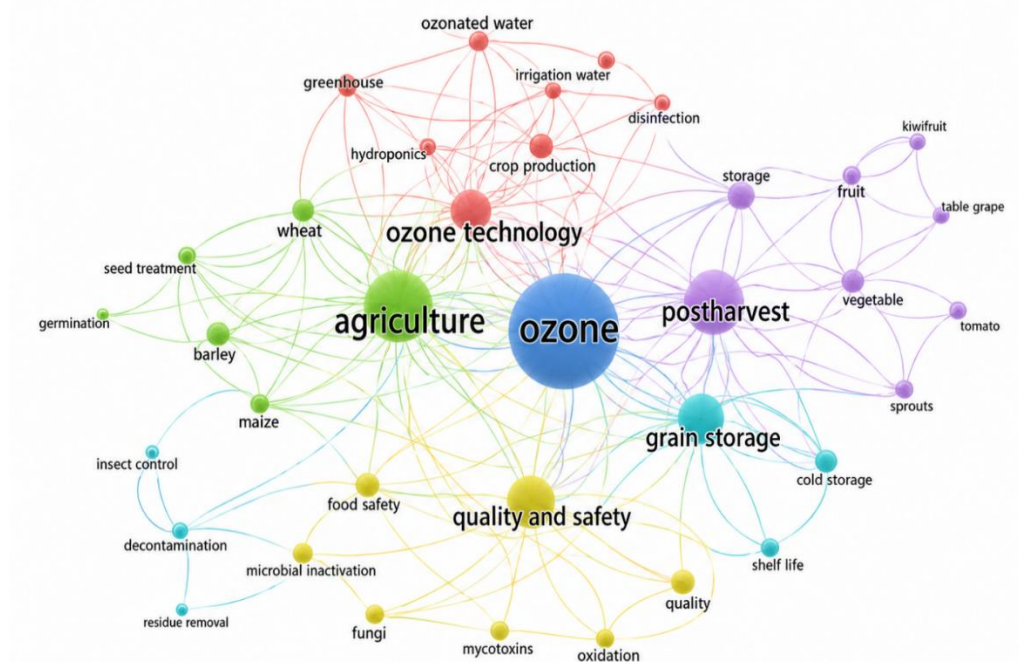


| Nashr yili                              | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025* | Jami (2016–2025*) |
|-----------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------------------|
| OpenAlex (barcha indekslar)             | 156  | 195  | 234  | 277  | 327  | 409  | 497  | 573  | 641  | 312   | 3 621             |
| Scopus + Web of Science (qo'shma hisob) | 84   | 98   | 116  | 132  | 158  | 201  | 251  | 288  | 327  | 148   | 1 803             |

## 1-rasm. Qishloq xo'jaligida ozon texnologiyalarining qo'llanilishiga oid ilmiy maqolalarning 2016–2025-yillardagi nashr dinamikasi (ochiq bibliometrik indeks ma'lumotlari asosida)

Nashrlar dinamikasining o'sishi mazkur yo'nalishning mustaqil ilmiy-tadqiqot sohasi sifatida shakllanib borayotganini ko'rsatadi. Ayniqsa, 2020-yildan keyingi davrda maqolalar sonining tez ortishi ozon texnologiyasining faqat dezinfeksiyalash vositasi sifatida emas, balki urug'lik materiallarini tayyorlash, sug'orish suvlarini zararsizlantirish, issiqxona texnologiyalari, don va meva-sabzavotlarni saqlash hamda mahsulot xavfsizligini ta'minlash kabi ko'plab texnologik jarayonlar bilan bog'liq holda o'rganila boshlaganini ko'rsatadi.

Tadqiqot yo'nalishlarining ichki tuzilishini aniqlash maqsadida maqolalarda qo'llanilgan kalit so'zlarning o'zaro bog'liqligi tahlil qilindi. Bibliometrik tarmoq xaritasida "ozone" tushunchasi eng yirik va markaziy tugun sifatida shakllangan bo'lib, u "agriculture", "postharvest", "ozone technology", "quality and safety" va "grain storage" kabi asosiy tadqiqot yo'nalishlarini birlashtirib turadi. Mazkur holat ozon texnologiyasining qishloq xo'jaligi tizimlarida ko'p yo'nalishli tadqiqot obyekti ekanligini ko'rsatadi. Kalit so'zlar o'rtasidagi bog'lanishlarning zichligi esa mazkur masalalar alohida emas, balki o'zaro integratsiyalashgan holda tadqiq qilinayotganini ifodalaydi.



## 2-rasm. Kalit soʻzlar boʻyicha bibliometrik tahlil

Kalit soʻzlarning klasterlanishi natijasida bir nechta asosiy ilmiy yoʻnalishlar ajralib chiqadi. Birinchi yoʻnalish bevosita **qishloq xoʻjaligi va urugʻlik materiallari** bilan bogʻliq boʻlib, unda “agriculture”, “wheat”, “barley”, “maize”, “seed treatment” va “germination” tushunchalari oʻzaro yaqin joylashgan. Bu holat ozonning bugʻdoy, arpa va makkajoʻxori kabi don ekinlari urugʻlariga ekishdan oldin ishlov berish, urugʻ yuzasidagi mikroorganizmlarni kamaytirish hamda unuvchanlik va oʻsish energiyasiga taʼsirini baholash boʻyicha tadqiqotlarning alohida yoʻnalish sifatida rivojlanganini koʻrsatadi.

Ikkinchi klaster ozonning bevosita texnologik qoʻllanilishi bilan bogʻliq boʻlib, “ozone technology”, “ozonated water”, “irrigation water”, “disinfection”, “crop production”, “greenhouse” va “hydroponics” kabi tushunchalarni birlashtirgan. Ushbu guruh ozonning gazzimon shakli bilan bir qatorda

ozonlangan suvdan sugʻorish, gidroponika, issiqxona va dezinfeksiya jarayonlarida foydalanishga katta eʼtibor qaratilayotganini koʻrsatadi. Demak, zamonaviy tadqiqotlarda ozon faqat saqlash davrida qoʻllaniladigan vosita sifatida emas, balki mahsulot yetishtirish jarayonining turli bosqichlariga integratsiyalashadigan texnologik omil sifatida qaralmoqda.

Uchinchi muhim yoʻnalish **hosildan keyingi ishlov berish va saqlash** bilan bogʻliq. Ushbu klasterda “postharvest”, “storage”, “fruit”, “vegetable”, “tomato”, “kiwifruit”, “table grape” va “sprouts” kabi kalit soʻzlarning bir guruhda shakllanishi ozonning yangi uzilgan mahsulotlarning saqlanuvchanligi, chirish jarayonlari, mikrobiologik barqarorligi va sifatini saqlab qolish imkoniyatlarini oʻrganishga qaratilgan tadqiqotlar koʻlamining kengligini ifodalaydi.

“Grain storage”, “cold storage” va “shelf life” tushunchalari shakllantirgan yoʻnalish esa saqlash texnologiyalarini takomillashtirish bilan chambarchas

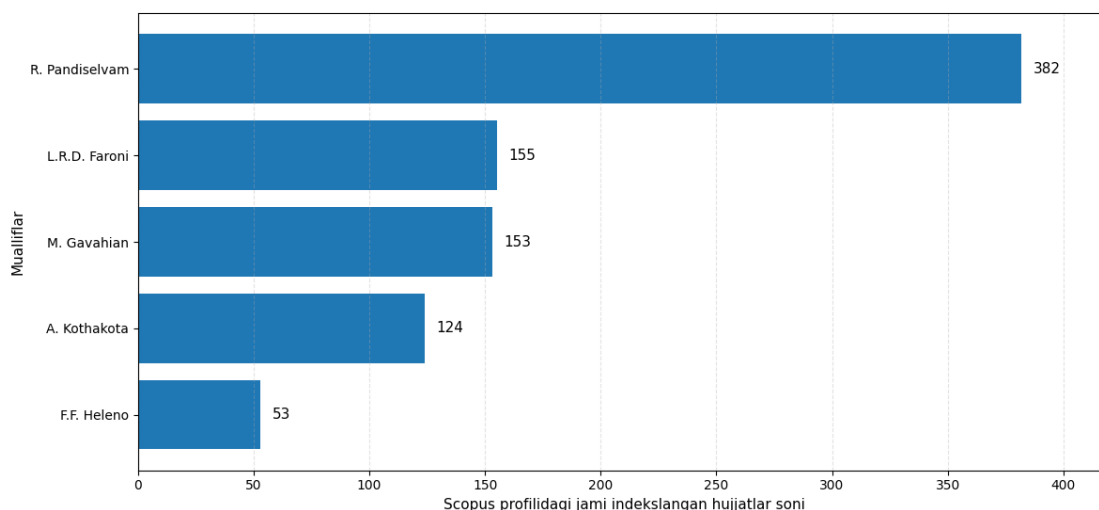


bog'liq. Ayniqsa, don mahsulotlarida ozonning ombor zararkunandalarini nazorat qilish, zamburug'lar rivojlanishini cheklash va saqlanish muddatini uzaytirish imkoniyatlari tadqiqotlarning muhim qismiga aylangan. "Insect control", "decontamination" va "residue removal" atamalarining mazkur tarmoq bilan bog'liqligi ozonning saqlash tizimlarida bir vaqtning o'zida bir necha xavf omiliga ta'sir ko'rsata oladigan kompleks vosita sifatida o'rganilayotganini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar tahlilida "quality and safety" markaziy yo'nalishlardan biri sifatida namoyon bo'lib, u "food safety", "microbial inactivation", "fungi", "mycotoxins", "oxidation" va "quality" tushunchalari bilan chambarchas bog'langan. Ushbu natija qishloq xo'jaligida ozon texnologiyasining rivojlanishi faqat mahsulotni uzoqroq saqlashga emas, balki uning mikrobiologik va kimyoviy xavfsizligini

ta'minlash, mikotoksinlarni kamaytirish va mahsulot sifat ko'rsatkichlarini saqlashga ham yo'naltirilganini ko'rsatadi. Shu bilan birga, "oxidation" tushunchasining mavjudligi ozonning kuchli oksidlovchi xususiyati tufayli ishlov berish konsentratsiyasi va davomiyligini optimal tanlash zarurligini ham ko'rsatadi.

Bibliometrik tahlilning navbatdagi bosqichida qishloq xo'jaligi va oziq-ovqat tizimlarida ozon texnologiyasiga oid ilmiy ishlari mavjud bo'lgan ayrim faol mualliflarning Scopus bazasidagi umumiy ilmiy faolligi tahlil qilindi. Taqdim etilgan ma'lumotlarga ko'ra, R. Pandiselvamning Scopus profilida 382 ta indekslangan ilmiy hujjat qayd etilgan bo'lib, ko'rib chiqilgan mualliflar orasida eng yuqori ko'rsatkichni tashkil etgan. Undan keyingi o'rinlarda L.R.D. Faroni — 155 ta, M. Gavahian — 153 ta, A. Kothakota — 124 ta va F.F. Heleno — 53 ta indekslangan hujjat bilan qayd etilgan.



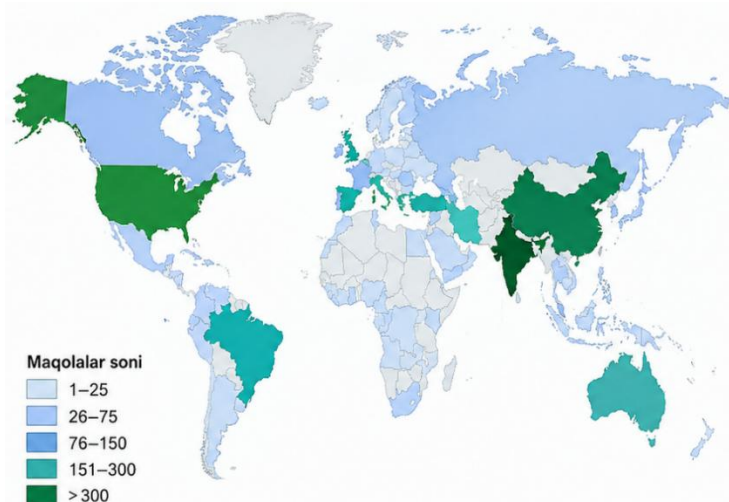
Izoh: mualliflar qishloq xo'jaligi va oziq-ovqat tizimlarida ozon texnologiyasiga oid ilmiy ishlari mavjudligi asosida tanlangan. Ko'rsatkich faqat ozon mavzusidagi maqolalarni emas, muallifning Scopus profilidagi barcha indekslangan hujjatlarni qamrab oladi.

**3-rasm. Qishloq xo'jaligida ozon texnologiyalariga oid mualliflarning Scopus bazasidagi umumiy ilmiy faolligi**

Mazkur natijani talqin qilishda grafikdagi ko'rsatkichlar faqat ozon texnologiyasiga oid nashrlar sonini emas, balki tanlangan mualliflarning **Scopus profilidagi jami indekslangan ilmiy**

**hujjatlarini** ifodalashini hisobga olish zarur. Shu sababli ushbu tahlil mualliflarni faqat ozon bo'yicha mahsuldorlik darajasiga ko'ra emas, balki mazkur yo'nalishda ilmiy ish olib borayotgan tadqiqotchilarning umumiy ilmiy salohiyati va nashr faolligi nuqtai nazaridan tavsiflaydi. R. Pandiselvam ko'rsatkichining boshqa mualliflarga nisbatan yuqoriligi zamonaviy oziq-ovqat va qishloq xo'jaligi mahsulotlariga noisliqlik, fizik hamda innovatsion ishlov berish texnologiyalarini o'rganish bo'yicha keng ilmiy faoliyat olib borilayotganini anglatadi.

Tadqiqotlarning geografik taqsimotini baholash uchun mavzuga oid



**4-rasm. Qishloq xo'jaligida ozon texnologiyalarining qo'llanilishiga oid maqolalarning davlatlar kesimidagi bibliometrik xaritasi (2016–2025, ochiq bibliometrik indekslar asosida)**

Keyingi guruhda Braziliya 267 ta, Ispaniya 214 ta, Italiya 198 ta, Turkiya 176 ta va Eron 164 ta nashr bilan ajralib turadi. Ushbu davlatlarda mavzuga oid tadqiqotlarning faolligi ularning mevasabzavotchilik, donchilik, oziq-ovqat mahsulotlarini saqlash va qayta ishlash sohalaridagi ilmiy-texnologik salohiyati bilan uyg'un holda shakllanganligini

maqolalar davlatlar kesimida ham tahlil qilindi. Bibliometrik xarita mazkur yo'nalishdagi tadqiqotlarning dunyoning turli mintaqalarida olib borilayotganini, biroq ilmiy faollik ayrim davlatlarda yuqori darajada jamlanganini ko'rsatdi. Taqdim etilgan hisob bo'yicha Hindiston 412 ta nashr bilan yetakchi o'rinni egallagan. Keyingi o'rinlarda Xitoy — 386 ta va AQSh — 341 ta maqola bilan qayd etilgan. Mazkur uch davlatda nashrlar sonining 300 tadan yuqori bo'lishi ularni qishloq xo'jaligida ozon texnologiyalarini o'rganish bo'yicha eng faol ilmiy markazlar qatoriga kiritadi.

| Yetakchi davlatlar |                                                                                                       |                    |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| O'ri               | Davlat                                                                                                | Maqolalar soni (=) |
| 1.                 |  Hindiston       | 412                |
| 2.                 |  Xitoy           | 386                |
| 3.                 |  AQSh            | 341                |
| 4.                 |  Braziliya       | 267                |
| 5.                 |  Ispaniya        | 214                |
| 6.                 |  Italiya         | 198                |
| 7.                 |  Turkiya         | 176                |
| 8.                 |  Eron            | 164                |
| 9.                 |  Avstraliya      | 149                |
| 10.                |  Buyuk Britaniya | 136                |

ko'rsatadi. Avstraliya 149 ta va Buyuk Britaniya 136 ta maqola bilan yetakchi o'nta davlat qatoridan joy olgan. Xaritaning rangli intervallarida 1–25, 26–75, 76–150, 151–300 va 300 tadan ortiq nashr qayd etilgan davlatlar alohida guruhlarga ajratilishi tadqiqotlarning global miqyosdagi hududiy konsentratsiyasini yaqqol ifodalaydi.

Davlatlar kesimidagi taqsimot natijalari qishloq xo'jaligida ozon texnologiyalarini tadqiq etish Osiyo, Shimoliy Amerika, Janubiy Amerika va Yevropa ilmiy makonlarida faol



rivojlanayotganini ko'rsatadi. Hindiston va Xitoyning yetakchi mavqei intensiv qishloq xo'jaligi, katta hajmdagi don, meva-sabzavot ishlab chiqarish va saqlash jarayonlarida sifat hamda xavfsizlikni ta'minlashga ehtiyoj yuqoriligi bilan izohlanishi mumkin. AQSh, Braziliya, Ispaniya va Italiyadagi yuqori ilmiy faollik esa ozon texnologiyasining hosildan keyingi ishlov berish, yangi mahsulotlarni saqlash va mikrobiologik xavfsizlikni boshqarish yo'nalishlaridagi amaliy imkoniyatlariga katta e'tibor qaratilayotganini ko'rsatadi. Biroq ushbu izohlar bibliometrik xarita natijalarining mazmuniy talqini bo'lib, davlatlarning ilmiy faolligiga sabab bo'lgan omillarni aniq aniqlash uchun qo'shimcha iqtisodiy va institutsional ma'lumotlar talab etiladi.

O'tkazilgan bibliometrik tahlillarni umumlashtirish qishloq xo'jaligida ozon texnologiyalarining ilmiy rivojlanishi bir vaqtning o'zida bir nechta o'zaro bog'liq yo'nalishlarda kechayotganini ko'rsatadi. Bir tomondan, ilmiy nashrlar sonining 2016–2024-yillarda muntazam oshishi mazkur texnologiyaga bo'lgan qiziqishning barqaror o'sayotganini tasdiqlaydi. Ikkinchi tomondan, kalit so'zlar tarmog'ida "ozone", "agriculture", "postharvest", "quality and safety", "grain storage" va "ozone technology" tushunchalarining markaziy o'rin egallashi tadqiqotlarning mahsulot yetishtirishdan boshlab saqlash va xavfsizlikni ta'minlashgacha bo'lgan keng texnologik zanjirni qamrab olayotganini ko'rsatadi. Mualliflar va davlatlar kesimidagi natijalar esa ushbu ilmiy yo'nalish xalqaro miqyosda shakllanganini va turli ilmiy maktablar

tomonidan rivojlantirilayotganini tasdiqlaydi.

Shu bilan birga, bibliometrik tarmoqning tuzilishi kelgusidagi tadqiqotlar uchun muhim ilmiy bo'shliqlarni ham ko'rsatadi. Xususan, ozon konsentratsiyasi, ta'sir davomiyligi, mahsulot namligi, saqlash harorati, gazning mahsulot massasi bo'ylab tarqalishi va mahsulotning biologik xususiyatlarini birgalikda hisobga oluvchi optimal texnologik rejimlarni ishlab chiqish dolzarb bo'lib qolmoqda. Urug'lik va don mahsulotlari bo'yicha "wheat", "seed treatment", "germination", "grain storage", "fungi" va "mycotoxins" tushunchalarining o'zaro bog'langan holda shakllanishi ayniqsa urug'lik donni saqlash jarayonida ozon-havo muhitidan foydalanish, uning mikrobiologik zararlanish, unuvchanlik, o'sish energiyasi va sifat ko'rsatkichlariga kompleks ta'sirini aniqlashga qaratilgan tadqiqotlarni chuqurlashtirish zarurligini ko'rsatadi.

Umuman, tahlil natijalari ozon texnologiyalarining qishloq xo'jaligida qo'llanilishi istiqbolli va jadal rivojlanayotgan ilmiy yo'nalish ekanligini ko'rsatdi. Mavzuga oid nashrlar sonining ko'payishi, tadqiqot mavzularining diversifikatsiyalanishi, turli davlat va ilmiy maktablarning mazkur yo'nalishga jalb qilinishi ozon texnologiyalarining kelgusida urug'lik materiallariga ishlov berish, saqlashdagi yo'qotishlarni kamaytirish, mikrobiologik xavfsizlikni oshirish, ombor zararkunandalari va mikotoksinlarni nazorat qilish hamda qishloq xo'jaligi mahsulotlarining sifatini saqlashda yanada keng qo'llanishi uchun ilmiy asos mavjudligini ko'rsatadi.

## Xulosa



O'tkazilgan bibliometrik tahlil qishloq xo'jaligida ozon texnologiyalaridan foydalanishga oid ilmiy tadqiqotlar so'nggi yillarda izchil rivojlanib borayotganini ko'rsatdi. 2016–2024-yillar davomida mavzuga oid nashrlar sonining muntazam ortishi ozonning qishloq xo'jaligi mahsulotlarini yetishtirish, saqlash, zararsizlantirish va sifatini ta'minlashdagi imkoniyatlariga ilmiy qiziqish kuchayganligini tasdiqlaydi.

Kalit so'zlar bo'yicha tahlilda "ozone", "agriculture", "postharvest", "grain storage", "quality and safety" hamda "ozone technology" tushunchalari asosiy yo'nalishlar sifatida shakllangan. Bu ozon texnologiyalarining urug'lik materiallariga ishlov berish, don va meva-sabzavotlarni saqlash, mikrobiologik zararsizlantirish, mikotoksinlar va zararkunandalarni nazorat qilish hamda mahsulot sifatini

saqlash bilan uzviy bog'liq holda tadqiq etilayotganini ko'rsatadi.

Mualliflar ilmiy faolligi va davlatlar kesimidagi bibliometrik taqsimot ushbu yo'nalishning xalqaro miqyosda shakllanganligini ko'rsatdi. Tadqiqotlarda Hindiston, Xitoy, AQSh, Braziliya, Ispaniya, Italiya va boshqa davlatlarning faolligi yuqori bo'lib, mavzu turli ilmiy maktablar tomonidan rivojlantirilmoqda.

Umuman, ozon texnologiyalari qishloq xo'jaligida ekologik xavfsiz va istiqbolli ishlov berish usullaridan biri sifatida baholanishi mumkin. Kelgusida ozon konsentratsiyasi va ta'sir davomiyligini mahsulot turi, namlik, harorat va saqlash sharoitlariga mos ravishda optimallashtirish, shuningdek, uning mahsulot sifati, xavfsizligi va saqlanuvchanligiga kompleks ta'sirini chuqur o'rganish ushbu yo'nalishdagi tadqiqotlarning ustuvor vazifalaridan biri bo'lib qoladi.

## References:

1. Botondi R., Barone M., Grasso C. A review into the effectiveness of ozone technology for improving the safety and preserving the quality of fresh-cut fruits and vegetables // *Foods*. – 2021. – Vol. 10, No. 4. – Art. 748. – DOI: 10.3390/foods10040748.
2. Sivaranjani S., Prasath V. A., Pandiselvam R., Kothakota A., Khaneghah A. M. Recent advances in applications of ozone in the cereal industry // *LWT*. – 2021. – Vol. 146. – Art. 111412. – DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111412.
3. Çetinkaya N., Pazarlar S., Paylan İ. C. Ozone treatment inactivates common bacteria and fungi associated with selected crop seeds and ornamental bulbs // *Saudi Journal of Biological Sciences*. – 2022. – Vol. 29, No. 12. – Art. 103480. – DOI: 10.1016/j.sjbs.2022.103480.
4. Sanchez D. R., Jespersen B. M., Rasmussen L. H., Andersen M. L. Ozone treatment of wheat reduces common bunt (*Tilletia* spp.) infection // *Journal of Stored Products Research*. – 2025. – Vol. 111. – Art. 102488. – DOI: 10.1016/j.jspr.2024.102488.
5. Dong X., Sun L., Maker G., Ren Y., Yu X. Ozone treatment increases the release of VOC from barley, which modifies seed germination // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2022. – Vol. 70, No. 10. – P. 3127–3135. – DOI: 10.1021/acs.jafc.1c06812.



6. Dong X., Sun L., Agarwal M., Maker G., Han Y., Yu X., Ren Y. The effect of ozone treatment on metabolite profile of germinating barley // *Foods*. – 2022. – Vol. 11, No. 9. – Art. 1211. – DOI: 10.3390/foods11091211.
7. Mohammad Z., Kalbasi-Ashtari A., Riskowski G. L., Castillo A. Reduction of Salmonella and Shiga toxin-producing Escherichia coli on alfalfa seeds and sprouts using an ozone generating system // *International Journal of Food Microbiology*. – 2019. – Vol. 289. – P. 57–63. – DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.08.023.
8. Mohammad Z., Kalbasi-Ashtari A., Riskowski G., Juneja V. K., Castillo A. Inactivation of Salmonella and Shiga toxin-producing Escherichia coli from the surface of alfalfa seeds and sprouts by combined antimicrobial treatments using ozone and electrolyzed water // *Food Research International*. – 2020. – Vol. 136. – Art. 109488. – DOI: 10.1016/j.foodres.2020.109488.
9. Ohashi-Kaneko K., Yoshii M., Isobe T., Park J.-S., Kurata K., Fujiwara K. Nutrient solution prepared with ozonated water does not damage early growth of hydroponically grown tomatoes // *Ozone: Science & Engineering*. – 2009. – Vol. 31, No. 1. – P. 21–27. – DOI: 10.1080/01919510802587523.
10. Kells S. A., Mason L. J., Maier D. E., Woloshuk C. P. Efficacy and fumigation characteristics of ozone in stored maize // *Journal of Stored Products Research*. – 2001. – Vol. 37, No. 4. – P. 371–382. – DOI: 10.1016/S0022-474X(00)00040-0.
11. Mendez F., Maier D. E., Mason L. J., Woloshuk C. P. Penetration of ozone into columns of stored grains and effects on chemical composition and processing performance // *Journal of Stored Products Research*. – 2003. – Vol. 39, No. 1. – P. 33–44. – DOI: 10.1016/S0022-474X(02)00015-2.
12. Bonjour E. L., Opit G. P., Hardin J., Jones C. L., Payton M. E., Beeby R. L. Efficacy of ozone fumigation against the major grain pests in stored wheat // *Journal of Economic Entomology*. – 2011. – Vol. 104, No. 1. – P. 308–316. – DOI: 10.1603/EC10200.
13. McDonough M. X., Campabadal C. A., Mason L. J., Maier D. E., Denvir A., Woloshuk C. P. Ozone application in a modified screw conveyor to treat grain for insect pests, fungal contaminants, and mycotoxins // *Journal of Stored Products Research*. – 2011. – Vol. 47, No. 3. – P. 249–254. – DOI: 10.1016/j.jspr.2011.04.001.
14. Dong X., Agarwal M., Xiao Y., Ren Y., Maker G., Yu X. Ozone efficiency on two coleopteran insect pests and its effect on quality and germination of barley // *Insects*. – 2022. – Vol. 13, No. 4. – Art. 318. – DOI: 10.3390/insects13040318.
15. Savi G. D., Piacentini K. C., Scussel V. M. Ozone treatment efficiency in Aspergillus and Penicillium growth inhibition and mycotoxin degradation of stored wheat grains (Triticum aestivum L.) // *Journal of Food Processing and Preservation*. – 2015. – Vol. 39, No. 6. – P. 940–948. – DOI: 10.1111/jfpp.12307.
16. Trombete F. M., Porto Y. D., Freitas-Silva O., Pereira R. V., Direito G. M., Saldanha T., Fraga M. E. Efficacy of ozone treatment on mycotoxins and fungal reduction in artificially contaminated soft wheat grains // *Journal of Food Processing and Preservation*. – 2017. – Vol. 41, No. 3. – Art. e12927. – DOI: 10.1111/jfpp.12927.



17. Wang L., Shao H., Luo X., Wang R., Li Y., Li Y., Luo Y., Chen Z. Effect of ozone treatment on deoxynivalenol and wheat quality // PLoS ONE. – 2016. – Vol. 11, No. 1. – Art. e0147613. – DOI: 10.1371/journal.pone.0147613.
18. Pérez A. G., Sanz C., Ríos J. J., Olías R., Olías J. M. Effects of ozone treatment on postharvest strawberry quality // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 1999. – Vol. 47, No. 4. – P. 1652–1656. – DOI: 10.1021/jf980829l.
19. Tzortzakis N., Borland A., Singleton I., Barnes J. Impact of atmospheric ozone-enrichment on quality-related attributes of tomato fruit // Postharvest Biology and Technology. – 2007. – Vol. 45, No. 3. – P. 317–325. – DOI: 10.1016/j.postharvbio.2007.03.004.
20. Rodoni L., Casadei N., Concellón A., Chaves A. R., Vicente A. R. Effect of short-term ozone treatments on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit quality and cell wall degradation // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2010. – Vol. 58, No. 1. – P. 594–599. – DOI: 10.1021/jf9029145.
21. Minas I. S., Karaoglanidis G. S., Manganaris G. A., Vasilakakis M. Effect of ozone application during cold storage of kiwifruit on the development of stem-end rot caused by *Botrytis cinerea* // Postharvest Biology and Technology. – 2010. – Vol. 58, No. 3. – P. 203–210. – DOI: 10.1016/j.postharvbio.2010.07.002.
22. Gabler F. M., Smilanick J. L., Mansour M. F., Karaca H. Influence of fumigation with high concentrations of ozone gas on postharvest gray mold and fungicide residues on table grapes // Postharvest Biology and Technology. – 2010. – Vol. 55, No. 2. – P. 85–90. – DOI: 10.1016/j.postharvbio.2009.09.004.
23. Ikeura H., Kobayashi F., Tamaki M. Removal of residual pesticides in vegetables using ozone microbubbles // Journal of Hazardous Materials. – 2011. – Vol. 186, No. 1. – P. 956–959. – DOI: 10.1016/j.jhazmat.2010.11.094.