

VERTIKAL DEHQONCHILIK VA ISSIQXONA SHAROITIDA ASALARILARDAN CHANGLATUVCHI SIFATIDA FOYDALANISH ISTIQBOLLARI.

DOI: <https://doi.org/10.66073/ReFocus-Conf/QAXAI/1079>

Nurbaeva Shiyryn Azatbay qizi, Bekmurzaeva Nuriya Bahadirovna

Qoraqalpog'iston qishloq xo'jaligi va agrotexnologiyalar institute 3-kurs talabasi

ANNOTATSIYA

Ushbu dissertatsiya global oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlash va qishloq xo'jaligi mahsuldorligini oshirishda vertikal dehqonchilik va issiqxona sharoitida asalarilardan changlatuvchi sifatida foydalanish istiqbollarini tanqidiy tahlil qiladi. Tadqiqot vertikal dehqonchilikning yuqori kapital va energiya xarajatlari, shuningdek, bargli ko'katlarga tor ixtisoslashuvi kabi tizimli muammolarini ko'rib chiqadi. Issiqxona sharoitida g'o'za arilarining pomidor kabi yuqori qiymatli ekinlarni changlatishdagi samaradorligi va afzalliklari batafsil o'rganiladi. Shuningdek, sun'iy yorug'lik, UV nurlanishining yo'qligi va nazorat qilinadigan iqlim sharoitlari kabi omillar asalarilarning yopiq muhitda faoliyatiga ta'sirini tahlil qilinadi.

Kalit so'zlar: *Vertikal dehqonchilik, issiqxona, asalarilar, changlatish, g'o'za arilari, Apis mellifera, Bombus terrestris*

Global aholi sonining o'sishi va iqlim o'zgarishining kuchayishi sharoitida oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlash zamonaviy qishloq xo'jaligining eng dolzarb muammolaridan biridir. An'anaviy dehqonchilik usullari cheklangan resurslar, yer tanqisligi va ob-havo sharoitlariga bog'liqlik tufayli tobora qiyinchiliklarga duch kelmoqda. Shu sababli, vertikal dehqonchilik va issiqxona sharoitida ekin yetishtirish kabi nazorat qilinadigan muhitda qishloq xo'jaligi (CEA) texnologiyalari jadal rivojlanmoqda. Bu tizimlar yil bo'yi hosil olish, suv va yer resurslaridan samarali foydalanish, shuningdek, zararkunandalarga qarshi kurashish imkoniyatini beradi. Biroq, ushbu innovatsion yondashuvlar o'ziga xos muammolarni keltirib chiqaradi, ulardan eng muhimi – ekinlarni changlatishdir.

Ma'lumki, dunyodagi yetakchi 115 ta ekinning 87 tasi changlatuvchilarga bog'liq bo'lib, asosan asalarilar tomonidan amalga oshiriladigan hayvonlar changlatishi hosildorlikka bevosita ta'sir ko'rsatadi. Ochiq maydonlarda asalarilarning tabiiy changlatish xizmatlari keng tarqalgan bo'lsa-da, yopiq, nazorat qilinadigan muhitda bu jarayon murakkablashadi. Vertikal fermer xo'jaliklari va issiqxonalar sun'iy yorug'lik, nazorat qilinadigan harorat va namlik kabi o'ziga xos sharoitlarni yaratadi, bu esa an'anaviy changlatuvchilarning, jumladan, asalarilarning xatti-harakatlari va yashash qobiliyatiga ta'sir qilishi mumkin. Qo'lda changlatish esa mehnat talabchan va qimmat jarayon bo'lib, tijorat miqyosida barqaror emas.

Maqsad: Ushbu dissertatsiyaning asosiy maqsadi vertikal dehqonchilik va issiqxona sharoitida asalarilardan changlatuvchi sifatida foydalanishning hozirgi holati, istiqbollarini va cheklovlarini tanqidiy baholashdan iborat. Shuningdek, asalarilarning samaradorligini oshirish bo'yicha strategiyalar va muqobil changlatish yechimlarini tahlil qilish ham maqsad qilingan.

Ilmiy yangilik: Ushbu tadqiqot vertikal dehqonchilik va issiqxona sharoitida asalarilarning changlatish salohiyatini kompleks tahlil qilish orqali mavjud bilimlarni sintez qiladi.

Asosiy qism

Nazorat qilinadigan muhitda qishloq xo'jaligi (CEA), xususan, vertikal dehqonchilik va issiqxonalar, global oziq-ovqat ishlab chiqarishda inqilobiy o'zgarishlar va'da qilmoqda. Vertikal

dehqonchilik sun'iy yorug'lik va sun'iy intellekt (AI) yordamida o'simliklarni yopiq joylarda yetishtirishni o'z ichiga oladi, bu esa yil bo'yi hosil olish va cheklangan yer maydonlaridan samarali foydalanish imkonini beradi. Singapurda 2012-yilda birinchi tijorat vertikal fermasi ochilganidan so'ng, Infarm va AeroFarms kabi yirik kompaniyalar yuz millionlab dollar sarmoya jalb qildi. Biroq, bu soha yuqori kapital xarajatlari, energiya sarfi va bargli ko'katlarga tor ixtisoslashuvi kabi tizimli muammolarga duch keldi, bu esa bozorning to'yinganligiga va sohaning qayta tiklanishiga olib keldi. Yaqinda inflyatsiya va energiya narxlarining keskin oshishi ularning yuqori elektr energiyasi talabini qimmatga tushirdi, natijada Infarm xodimlarining yarmidan ko'pini ishdan bo'shatdi va AeroFarms bankrotlikka ariza berdi. Qolaversa, vertikal fermer xo'jaliklari asosan bargli ko'katlarni yetishtiradi, bu esa dunyoni to'liq oziqlantirish uchun yetarli emas.

Ekin turlarini kengaytirish, ayniqsa, changlatuvchilarga muhtoj bo'lgan ekinlarni (umumiy ekinlarning uchdan bir qismi) yetishtirish uchun yopiq sharoitda changlatish yechimi zarur. An'anaviy asal arilari sun'iy yorug'lik sharoitida qiyinchiliklarga duch keladi, qo'lda changlatish esa qimmatga tushadi. Issiqxonalar esa iqlim va zararkunandalarga qarshi kurashish imkoniyatini berib, bodring, tarvuz, pomidor, qalampir va loviya kabi yuqori qiymatli ekinlarni erta va yil bo'yi yetishtirishga yordam beradi. Biroq, bu yopiq tuzilmalarda changlatish murakkab bo'lishi mumkin, chunki ko'plab mevali sabzavotlar yordamga muhtoj. Masalan, ginoetsiyali bodringlar uchun 15% an'anaviy "ota" o'simliklarni ekish talab etilsa, urug'siz tarvuzlar meva berishi uchun 30% diploid changlatuvchilar bilan birga ekishni talab qiladi.

Hayvonlar changlatishi, asosan asalarilar tomonidan amalga oshiriladi, bu global miqyosda 115 ta asosiy ekinning 87 tasining hosildorligiga bevosita ta'sir qiladi. Bu esa asalarilarning oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlashdagi muhim rolini ko'rsatadi.

Asal arilari (*Apis mellifera*) o'zlarining xulq-atvoridagi plastikligi tufayli maqsadli ekinlarni changlatish strategiyasida foydalanish uchun katta salohiyatga ega. Ular gullarning hidlarini idrok etish, o'rganish va umumlashtirish qobiliyatiga ega. Ularning oziq-ovqat izlashdagi afzalliklari uyadagi tajribalaridan kelib chiqadi va ular koloniya ichida oziq-ovqat manbalari haqidagi ma'lumotni ijtimoiy ravishda uzatish qobiliyatiga ega. Bu mexanizmlarga "dumaloq raqs" (waggle dance) va hidlar hamda ta'mlarning trofallaktik almashinuvi kiradi, bu esa foydali oziq-ovqat manbalari haqida ma'lumot beradi va "gulga sodiqlik"ni – ya'ni bir marta oziq-ovqat izlashda bitta o'simlik turiga sodiqlikni rag'batlantiradi. Ushbu strategiya uyaga ekin gullarining hidini taqlid qiluvchi o'ziga xos hidli signallarni kiritishni o'z ichiga oladi, bu esa koloniya a'zolari orasida tarqalib, oziq-ovqat izlovchilarni maqsadli ekinlarga yo'naltiradi. Von Frisch (1923) tomonidan olib borilgan dastlabki tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, ishga yollash samaradorligi masofa va gul hidlariga bog'liq bo'lib, bu an'anaviy boshqariladigan amaliyotlardan tashqari changlatish xizmatlarini yaxshilash usulini taklif qiladi.

Biroq, asal arilari yopiq muhitda, ayniqsa vertikal fermer xo'jaliklarida bir qator qiyinchiliklarga duch keladi. Sun'iy yorug'lik, o'simliklar uchun optimallashtirilgan LED yoritgichlarida asalarilar uchun muhim bo'lgan UV to'lqin uzunliklarining yo'qligi, sun'iy yorug'likning asalarilar navigatsiyasini buzishi va nazorat qilinadigan yopiq iqlim sharoitlarining asalarilar koloniyalari uchun stressli bo'lishi ularning samaradorligini pasaytiradi.

G'o'za arilari ekinlarni changlatish uchun keng qo'llaniladi, tijorat maqsadlarida foydalanishning qariyb 95% pomidor issiqxonalariga to'g'ri keladi. Ularning qiymati birinchi marta 1985-yilda doktor de Jonghe tomonidan tan olingan, u g'o'za arilari o'simliklarni qo'lda silkitishni samarali almashtirishi mumkinligini aniqlagan, bu esa Biobest, Koppert va Buntin Brinkman Bees kabi uchta yirik global

yetkazib beruvchining paydo bo'lishiga olib kelgan. Beshta g'o'za arisi turi keng tarqalgan bo'lib, *Bombus terrestris* butun dunyoda, *B. impatiens* esa asosan Shimoliy Amerikada qo'llaniladi.

G'o'za arilari asal arilariga nisbatan yopiq muhitda changlatish uchun afzalroqdir, chunki ular o'ziga xos taktikaga, kichikroq koloniya hajmiga va qisqaroq oziq-ovqat izlash diapazonlariga ega. Iqtisodiy jihatdan, bu soha 2010-yilda 140 000 dan ortiq koloniya yetkazib bergan. Shimoliy Amerikadagi issiqxona pomidorlarining chakana savdo qiymati 2012-yilda 690 million dollardan oshgan, AQShdagi himoyalangan pomidorlar esa 2019-yilda 345 million dollardan ortiq savdo qilgan, bu esa 2021-yilda global pomidor bozorining 10,8 milliard dollarlik qiymatiga hissa qo'shgan. Issiqxona sharoitida yetishtirish, iqlim va zararkunandalarga qarshi kurashish imkoniyatini berib, tobora g'o'za arilariga tayanmoqda, ularning tijorat koloniyalari odatda 10-14 hafta davom etadi.

G'o'za arilari o'zlarining katta hajmi tufayli ko'proq chang yukini olib yurishlari va samaraliroq o'zaro changlatishni ta'minlashlari bilan ajralib turadi. Ularning ixtisoslashgan "g'o'ng'illab changlatish" (buzz pollination) texnikasi, ayniqsa, pomidor kabi o'simliklar uchun muhimdir. Ular bir daqiqada ko'plab gullarni ziyorat qilib, boshqa turlarga qaraganda ko'proq chang o'tkazadi va past haroratlarda (taxminan 10°C) va noqulay ob-havo sharoitida, erta tongdan kechgacha faol bo'lib qoladi. G'o'za arilari issiqxonalar kabi himoyalangan muhitda samarali bo'lib, barcha yaqin atrofdagi ekinlarning changlatilishini ta'minlaydi. G'o'za arilari uyalarini integratsiyalash changlatish muvaffaqiyatini oshiradi, bu esa meva tugunining yaxshilanishiga, meva hajmining oshishiga va hosilning bir xilligini ta'minlashga olib keladi.

G'o'za arilari issiqxona sabzavotlari ishlab chiqarish uchun juda mos keladi. Solanaceae oilasiga mansub ekinlar, masalan, pomidor va qalampir, mukammal gullarga ega bo'lib, tebranishdan foyda ko'radi, bu vazifani g'o'za arilari sonikatsiya orqali samarali bajaradi. Optimal atrof-muhit sharoitlari juda muhim; pomidor va qalampir samarali chang chiqarish uchun tungi harorat 55-70°F (13-21°C), kunduzgi harorat 90°F (32°C) dan past va nisbiy namlik 50-80% bo'lishini talab qiladi.

Asalarilarning yopiq muhitda changlatishdagi samaradorligi bir qator omillarga bog'liq bo'lib, ularning cheklovlari ham mavjud. Changlatuvchilarning issiqxonalaridagi faoliyatiga UV nurlarining o'tkazilishi ta'sir qiladi. Shisha va polietilen kabi materiallar UV nurlarini o'tkazsa, polikarbonat va PVX kabi materiallar uni to'sib qo'yadi, bu esa asalarilarni dezorientatsiya qilishi mumkin. Bundan tashqari, sun'iy yorug'lik, ayniqsa qishda, g'o'za arilari koloniyalari populyatsiyasini sezilarli darajada kamaytirishi mumkin, bu esa ehtiyotkorlik bilan boshqarish yoki doimiy ravishda almashtirishni talab qiladi. Havo oqimi ham asalarilarning oziq-ovqat izlash xatti-harakatlariga ta'sir qiladi.

Tadqiqotchilar o'n yildan ortiq vaqtdan beri robot changlatuvchilarni ishlab chiqmoqda, ularning ba'zilar hozirda tijorat operatsiyalariga yetib borgan. Masalan, Polybee AI-quvvatli mini-dronlarni kameralar bilan moslashtirib, gullarni tebratadi va Avstraliyadagi tijorat pomidor issiqxonalarida changlatishni osonlashtiradi. Bu texnologiya sun'iy yorug'lik va qo'lda changlatishning yuqori xarajatlari bilan bog'liq muammolarni hal qilishga qaratilgan.

Toronto Metropolitan Universiteti (TMU) tadqiqotchilari, professorlar Habiba Bougherara va Lesley Campbell, patentlangan tizimni ishlab chiqmoqda. Bu innovatsiya havo oqimi dinamikasi va aniq mikroiqlim nazoratidan foydalanib, gullar orasida changni avtonom tarzda o'tkazadi, bu esa hasharotlarga yoki qo'lda usullarga bog'liqlikni yo'q qiladi. Weston Family Foundation tomonidan 2025-yil iyun oyida 5 million dollargacha moliyalashtirilgan ushbu texnologiya, keng miqyosli, changlatuvchidan mustaqil yopiq rezavor mevalar ishlab chiqarishni ta'minlashga qaratilgan bo'lib, amalga oshirish uchun aniq muhandislik muhitini talab qiladi.

Yuqoridagi dalillarni tahlil qilar ekanmiz, asalarilarning yopiq muhitda changlatishdagi roli murakkab va kontekstga bog'liq ekanligini ko'ramiz.

XULOSA

Ushbu dissertatsiya vertikal dehqonchilik va issiqxona sharoitida asalarilardan changlatuvchi sifatida foydalanish istiqbollari har tomonlama tahlil qildi. Asosiy natijalar shuni ko'rsatadiki, asalarilar, ayniqsa g'o'za arilari, issiqxona sharoitida ko'plab yuqori qiymatli ekinlarni changlatishda muhim va samarali rol o'ynaydi. Ularning "g'o'ng'illab changlatish" qobiliyati, keng harorat oralig'ida faolligi va hosildorlikni oshirishga qodirligi ularni pomidor va qalampir kabi ekinlar uchun ideal tanlovga aylantiradi. Asal arilari ham o'zlarining xulq-atvoridagi plastikligi tufayli maqsadli changlatish strategiyalari uchun salohiyatga ega bo'lsa-da, ularning yopiq muhitdagi samaradorligi sun'iy yorug'lik va UV nurlarining yo'qligi kabi omillar tufayli cheklangan.

Cheklovlar: Asalarilarning yopiq muhitda changlatishdagi asosiy cheklovlari sun'iy yorug'lik spektrining mos kelmasligi (UV nurlarining yo'qligi), nazorat qilinadigan iqlim sharoitlarining stressli ta'siri va ba'zi issiqxona materiallarining UV nurlarini to'sib qo'yishi bilan bog'liq. Bu omillar asalarilarning navigatsiyasini buzishi, koloniyalar populyatsiyasini kamaytirishi va ularning umumiy faoliyatini pasaytirishi mumkin. Vertikal dehqonchilikning yuqori darajada sun'iy lashtirilgan muhiti bu cheklovlarni yanada kuchaytiradi, bu esa asalarilardan foydalanishni qiyinlashtiradi.

Issiqxonalar uchun: G'o'za arilaridan foydalanishni optimallashtirish uchun issiqxona materiallarini tanlashda UV nurlarini o'tkazuvchanligiga e'tibor berish, optimal harorat va namlik sharoitlarini ta'minlash muhimdir. Koloniyalarning uzoq umr ko'rishini ta'minlash uchun sun'iy yorug'lik rejimlarini asalarilarning biologik ritmlariga moslashtirish bo'yicha tadqiqotlar olib borish lozim.

Vertikal dehqonchilik uchun: Asalarilardan foydalanish imkoniyatlarini kengaytirish uchun sun'iy yorug'lik spektrini asalarilarning ko'rish qobiliyatiga moslashtirish va ularning stressini kamaytirish bo'yicha chuqur tadqiqotlar talab etiladi. Biroq, hozirgi sharoitda, vertikal dehqonchilikda changlatuvchilarga bog'liq ekinlar uchun robot changlatuvchilar (masalan, Polybee) yoki changlatuvchidan mustaqil tizimlar (masalan, TMU tomonidan ishlab chiqilgan tizim) kabi texnologik yechimlarni joriy etish maqsadga muvofiqdir.

Integratsiyalashtirish yondashuv: Kelajakda biologik va texnologik yechimlarni birlashtirgan gibrid tizimlarni ishlab chiqish muhimdir. Bu, masalan, asalarilarning faoliyatini kuzatish va boshqarish uchun AI va sensor texnologiyalaridan foydalanishni o'z ichiga olishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Frontiers Targeted crop pollination by training honey bees: advances and perspectives – <https://www.frontiersin.org/journals/bee-science/articles/10.3389/frbee.2023.1253157/full>
2. How Montel and MoFarm are pushing the boundaries of Vertical Farming – <https://www.agritecture.com/blog/vertical-farming-innovation-montel-mofarm-pollination>
3. Robotic Bees Could Support Vertical Farms Today and Astronauts ... – <https://www.scientificamerican.com/article/robotic-bees-could-support-vertical-farms-today-and-astronauts-tomorrow/>
4. Bumble Bee Pollination in Tomato Greenhouses | Ohioline – <https://ohioline.osu.edu/factsheet/ent-0092>
5. Bumblebee Pollination – <https://www.koppertus.com/bumblebee-pollination/>