

UO'K 635.25:632.9:528.8

## PIYOZ VA SARIMSOQPIYOZ AGROTSENOZLARIDA FITOSANITAR MONITORING: MASOFADAN ZONDLASH VA GEOAXBOROT TIZIMLARINING ILMIY-AMALIY ASOSLARI

Akromov Baxtiyar Akmalovich 

O'simliklar karantini va himoyasi ilmiy-tadqiqot instituti, q.x.f.n., katta ilmiy xodim

**Annotasiya.** Mazkur maqolada piyoz (*Allium cepa*) va sarimsoqpiyoz (*Allium sativum*) agrotsenozlarida fitosanitar vaziyatni baholash va zararkunanda hasharotlarni erta aniqlashda masofadan zondlash (Remote Sensing) hamda geoaxborot tizimlari (GIS) samaradorligi tahlil qilingan. Maqolada o'simliklarning zararkunandalar ta'siridagi spektral signaturalari, multispektral va termal sensorlar orqali olingan ma'lumotlarni qayta ishlash algoritmlari, shuningdek, aniq dehqonchilik (Precision Agriculture) doirasida uchuvchisiz havo apparatlari (UHA) va sun'iy yo'ldosh ma'lumotlarini uyg'unlashgan holda qo'llash masalalari o'rganilgan.

**Kalit so'zlar:** fitosanitar monitoring, masofadan zondlash, spektral signatura, vegetasiya indeksleri, NDVI, NDRE, CWSI, aniq dehqonchilik, multispektral tasvirlar, *Thrips tabaci*, *Delia antiqua*, GIS.

**Аннотация.** В данной статье анализируется эффективность применения дистанционного зондирования (Remote Sensing) и геоинформационных систем (ГИС) для оценки фитосанитарной обстановки и раннего выявления насекомых-вредителей в агроценозах лука (*Allium cepa*) и чеснока (*Allium sativum*). В статье изучены спектральные сигнатуры растений под воздействием вредителей, алгоритмы обработки данных, полученных с помощью мультиспектральных и термальных сенсоров, а также вопросы интегрированного использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и спутниковых данных в рамках точного земледелия (Precision Agriculture).

**Ключевые слова:** фитосанитарный мониторинг, дистанционное зондирование, спектральная сигнатура, вегетационные индексы, NDVI, NDRE, CWSI, точное земледелие, мультиспектральные изображения, *Thrips tabaci*, *Delia antiqua*, ГИС.

**Abstract.** This article analyzes the effectiveness of using remote sensing (Remote Sensing) and geographic information systems (GIS) to assess the phytosanitary situation and early detection of pest insects in onion (*Allium cepa*) and garlic (*Allium sativum*) agroecosystems. The article examines spectral signatures of plants under the influence of pests, algorithms for processing data obtained using multispectral and thermal sensors, as well as issues regarding the integrated use of unmanned aerial vehicles (UAVs) and satellite data in precision agriculture.

**Key words:** phytosanitary monitoring, remote sensing, spectral signature, vegetation indices, NDVI, NDRE, CWSI, precision agriculture, multispectral imagery, *Thrips tabaci*, *Delia antiqua*, GIS.

Piyoz ekinlari 6,0 ming yildan beri insoniyatga ma'lum ekin turlaridan bo'lib, 4,0 ming yildan beri iste'molga ishlatilib kelinadi. Hozirgi zamonga kelib piyozdosh sabzavot ekinlari dunyoning barcha hududlarida ekilib kelinadi. Piyoz va sarimsoqpiyoz O'zbekiston qishloq xo'jaligida muhim eksportbop va oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlovchi ekinlar hisoblanadi. Biroq, ularning hosildorligi tamaki tripsi (*Thrips tabaci*), piyoz pashshasi (*Delia antiqua*) kabi polifag va monofag zararkunandalar, shuningdek, ikkilamchi bakterial va zamburug'li kasalliklar ta'sirida 30–60% gacha kamayishi mumkin [7].

An'anaviy fitosanitar kuzatuv usullari (vizual ko'zdan kechirish, feromon tuzoqlari) sub'ektiv xarakterga ega bo'lib, keng maydonlarni qamrab olmaydi. Odatda, zararkunanda populyatsiyasi iqtisodiy zararlilik mezoniga (IZM) yetgandagina aniqlanadi, bu esa pestitsidlarning rejasiz qo'llanilishi va ekologik muhitning buzilishiga olib keladi. Shu munosabat bilan, o'simlik fiziologiyasidagi mikroo'zgarishlarni vizual belgilar namoyon bo'lgunga qadar qayd eta oladigan masofadan zondlash texnologiyalarining ahamiyati keskin oshmoqda [6].

Piyoz yetishtirishda zararkunanda hasharotlarni erta aniqlash va ularning tarqalishini muntazam kuzatib borish yuqori hosil olishning muhim omillaridan biri hisoblanadi. So'nggi yillarda masofadan zondlash (Remote Sensing) texnologiyalari, jumladan, sun'iy yo'ldosh (kosmik) suratlaridan foydalanish ekinlarning fitosanitar holatini baholashda keng qo'llanilmoqda. Bu usul katta maydonlarda zararlanish

o'choqlarini qisqa vaqt ichida aniqlash va kimyoviy ishlovlarni maqbul rejalashtirish imkonini beradi.

Masofadan zondlashning nazariy asosi o'simlik to'qimalarining elektromagnit spektrning turli diapazonlaridagi aks ettirish xususiyatining o'zgarishiga borib taqaladi. Zararkunandalar o'simlikda quyidagi fiziologik o'zgarishlarni keltirib chiqaradi:

- *xlorofill degradatsiyasi*: tripslar barg epidermisini shikastlab, hujayra shirasini so'radi. Natijada barg rangi kumushrang-qo'ng'ir tusga kiradi, bu esa ko'rinma nur diapazonida (400–700 nm) aks ettirish ko'rsatkichining oshishiga olib keladi [4].

- *transpirasiya buzilishi* (o'tkazuvchi to'qima va ildiz tizimining shikastlanishi): nematodalar va piyoz pashshasi lichinkalari ildiz tizimi va piyoz boshini shikastlaganda, o'simlikda suv tanqisligi yuzaga keladi. Bu ustitsalarning yopilishiga va barg haroratining ko'tarilishiga sabab bo'ladi, bu holat termal diapazonda aniqlanadi [2].

Fitosanitar monitoring tizimini ikki bosqichli olib borish maqsadga muvofiq:

Sun'iy yo'ldoshlar: Sentinel-2 (ESA) va Landsat-8/9 (NASA/USGS) mintaqaviy miqyosda ekinlarning umumiy stress holatini baholash uchun ishlatiladi.

UHA/Dronlar: Dala miqyosidagi aniq o'choqlarni lokalizatsiya qilish uchun multispektral va termal sensorlar bilan jihozlangan UHALardan foydalaniladi. Ular yuqori ruxsat bilan tasvir olib, zararlangan hududlarning aniq koordinatalarini belgilaydi [3], [6].

Olingan tasvirlar yordamida NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), GNDVI (Green NDVI), NDRE (Normalized Difference Red Edge) kabi vegetatsiya indekslari hisoblanadi.

Birinchi indeks — NDVI, 1973 yilda NASA olimlari tomonidan ishlab chiqilgan. Hozirgi kunda 300 dan ortiq turli indekslar mavjud bo'lib, ularning ko'pchiligi NDVI asosida yaratilgan. Indekslar orqali o'simlik qoplamining sog'lomligi, sug'orish ehtiyoji va hosildorlik prognozlarini aniqlanadi.

Zararlanish darajasini miqdoriy baholash uchun quyidagi vegetatsiya indekslari qo'llaniladi:

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index): umumiy biomassa va fotosintez faolligini baholaydi.

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

NDVI vegetasiyaning eng faol rivojlanish davrida yuqori aniqlikni namoyish etadi.



NDVI

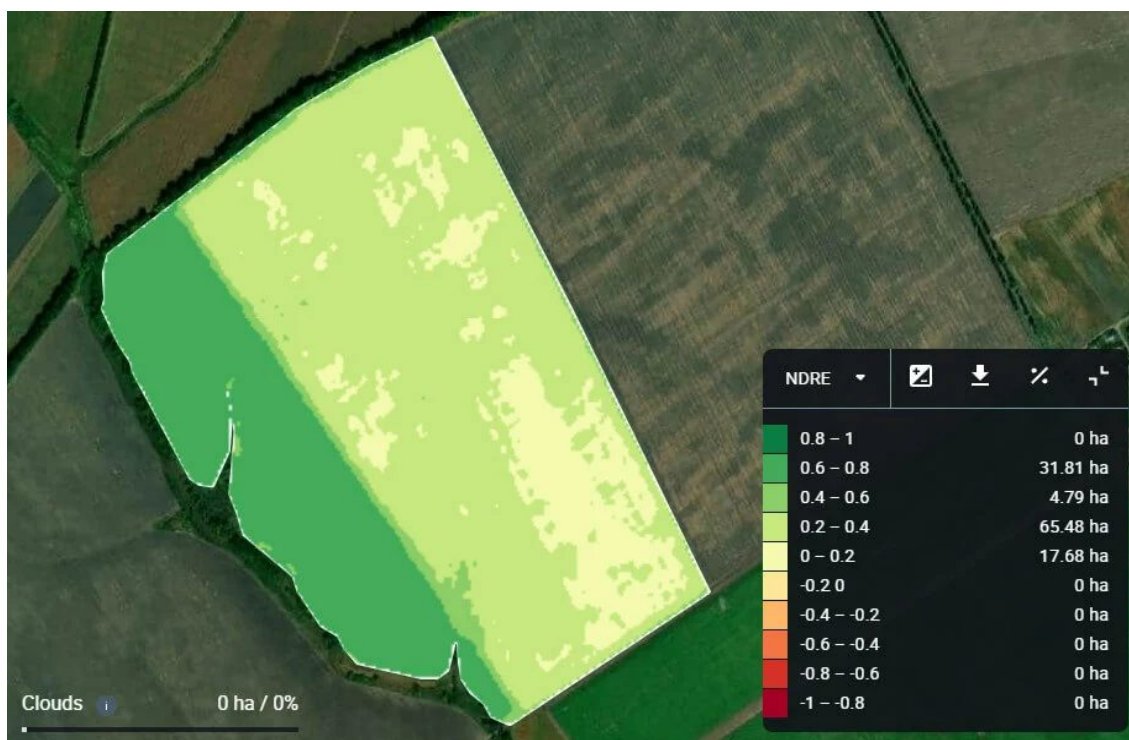
Red Edge Indeksi (ReCI) o'simliklar tomonidan azotning o'zlashtirilishi natijasida hosil bo'lgan barglardagi xlorofill miqdorini baholaydi.

$$ReCI = (NIR / RED) - 1$$

O'simliklarning barglari sarg'aygan yoki to'kilgan, azot tanqisligidan aziyat chekayotgan joylarni aniqlashga yordam beradi, vegetasiyaning faol rivojlanish davrida eng ko'p namoyon bo'ladi va hosilni yig'ish paytida o'simliklarni kuzatish uchun mos kelmaydi.

NDRE (Normalized Difference Red Edge Index): erta stress holatini aniqlashda NDVI ga nisbatan yuqori sezgirlikka ega. "Red Edge" (qizil chegara) hududi xlorofillning boshlang'ich buzilishlariga juda sezgir [5].

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$



## NDRE

Bu indeks trips yoki pashsha ta'sirida vizual belgilar paydo bo'lmasdan oldin boshlangan xlorozni aniqlashda samaralidir.

CWSI (Crop Water Stress Index): termal kameralar yordamida hisoblanadi. Ildiz tizimi shikastlanganda o'simlik suvni kam sarflaydi, natijada barg harorati ko'tariladi [2]. Indeksning fundamental ilmiy asosi quyidagi formula bilan ifodalanadi [1]:

$$CWSI = (T_c - T_{wet}) / (T_{dry} - T_{wet})$$

Monitoring jarayoni tizimli yondashuvni talab etadi: avval sun'iy yo'ldosh tasvirlari orqali umumiy stress hududlari aniqlanadi va ma'lumotlar GIS muhitida (ArcGIS, QGIS) qayta ishlanadi. Vegetasiya indekslarida keskin pasayish kuzatilgan uchastkalar "xavfli hudud" sifatida belgilanadi. So'ngra, ushbu joylarda yer usti entomologik kuzatuvlari o'tkaziladi. Kosmik/dron ma'lumotlari dala ma'lumotlari bilan verifikatsiya qilingach, zararlanishning aniq xaritalari tuziladi va faqat zarur bo'lgan maydonlarga maqbul himoya tadbirlari qo'llaniladi.

Ushbu texnologiyaning asosiy afzalliklari katta maydonlarni qisqa vaqtda baholash, mehnat va mablag' sarfini kamaytirish, zararlanishning erta bosqichlarini aniqlash hamda pestitsidlarni maqbul miqdorda qo'llash imkoniyatini yaratishdan iborat. Shu bilan birga, kosmik suratlar zararkunanda turini bevosita aniqlab barmaydi. Shu sababli ularni dron tasvirlari, yer usti kuzatuvlari va feromon tuzoqlari natijalari bilan birgalikda qo'llash yuqori samara beradi.

Shu bilan birga, texnologiyaning ayrim cheklovlari ham mavjud: bulutli ob-havo optik sensorlar samaradorligini pasaytiradi, yuqori aniqlikdagi ma'lumotlarni qayta ishlash katta hisoblash quvvatini talab qiladi. Biroq, sun'iy intellekt (AI) va bulutli hisoblash (Cloud Computing) texnologiyalarining rivojlanishi ushbu cheklovlarni bosqichma-bosqich bartaraf etmoqda.

Ushbu zamonaviy tizim kosmik suratlar va masofadan zondlash asosida piyoz ekinlarida zararkunanda hasharotlarni monitoring qilish uyg'unlashgan o'simliklarni himoya qilish tizimining muhim qismi bo'lib, zararlanishni erta aniqlash, hosil yo'qotilishini kamaytirish va ekologik jihatdan xavfsiz agroteknologiyalarni joriy etish imkonini beradi. Bu yondashuv, ayniqsa, O'zbekiston sharoitida raqamli qishloq xo'jaligini rivojlantirish va resurslardan samarali foydalanishda istiqbolli texnologiyalardan biri hisoblanadi.

Aniq dehqonchilik texnologiyalarini joriy etish quyidagi natijalarni beradi:

*Resurslarni tejash:* faqat zarar "o'choq"lariga ishlov berish orqali pestitsidlar sarfini 30–45% ga qisqartirish [6].

*Ekologik xavfsizlik:* foydali entomofauna (arilar, entomofaglar va akarifaglar) biotsenozini saqlab qolish.

*Iqtisodiy samaradorlik:* hosil yo'qotishlarining oldini olish hisobiga gektardan olinayotgan foydani 15–20% ga oshirish.

Xulosa qilib aytganda piyoz va sarimsoqpiyoz agrotsenozlarida fitosanitar monitoring tizimiga masofadan zondlash va GIS texnologiyalarini uyg'unlashtirish an'anaviy agrar amaliyotlarni sifat jihatidan yangi bosqichga olib chiqadi. NDRE va CWSI kabi indekslardan foydalanish zararkunandalarni vizual belgilar paydo bo'lgunga qadar erta aniqlash imkonini beradi.

#### Foydalanilgan adabiyotlar

1. Idso S. B., Jackson R. D., Pinter P. J., Reginato R. J., Hatfield J. L. Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability // *Agricultural Meteorology*. – 1981. – Vol. 24, № 1. – P. 45–55.
2. Sánchez-Virosta Á., et al. Thermography as a Tool to Assess Inter-Cultivar Variability in Garlic Performance along Variations of Soil Water Availability // *Remote Sensing*. – 2020. – Vol. 12, № 18. – P. 2990.
3. Nebiker S., Scherrer S., Oesch D. Light-weight multispectral UAV sensors and their capabilities for predicting grain yield and detecting plant diseases // *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. – 2016. – Vol. IV-1. – P. 963–970.
4. Messina G., et al. Monitoring Onion Crop "Cipolla Rossa di Tropea Calabria" Using UAV Multispectral Imagery // *Drones*. – 2021. – Vol. 5, № 3. – P. 61.
5. Ryu J., et al. Snapshot-Based Multispectral Imaging for Heat Stress Detection in Southern-Type Garlic // *Applied Sciences*. – 2023. – Vol. 13, № 14. – P. 8133.
6. Wayal S., et al. UAV multispectral sensing and data-driven modeling for precision onion and garlic yield prediction // *Smart Agricultural Technology*. – 2024. – Vol. 8. – P. 100513.
7. Food and Agriculture Organization (FAO). SmartProtect: Integrated pest management and remote sensing fact sheet for onion and garlic. – Rome : FAO, 2023. – 24 p.