

TEXNİKA ELMLƏRİ

UOT: 631.354

ƏKİNÇİLİK ŞƏRAİTİNDƏ MÜASİR ÇİLƏYİCİ TEXNİKALARININ SƏMƏRƏLİLİYİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

texnika üzrə fəlsəfə doktoru, Mətanət Sadıxova
Gəncə Dövlət Universiteti
sadixovametnet@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8707-7040>

DOI: <https://doi.org/10.30546/2958-8111.2025.3.1090>

Xülasə

Məqalədə müasir çiləyici texnikalarının konstruktiv və texnoloji xüsusiyyətləri, onların inkişaf istiqamətləri və tətbiq olunan innovativ həllərin çiləmə prosesinin səmərəliliyinə, ekoloji təhlükəsizliyinə və pestisid sərfinin optimallaşdırılmasına təsiri araşdırılır. Müxtəlif tipli (aqsılı, qoşqulu və özüyəriyən) çiləyicilərin işçi orqanlarının təkmilləşdirilməsi, avtomatlaşdırılmış idarəetmə və nəzarət sistemlərinin, peyk naviqasiyası və dəqiq əkinçilik texnologiyalarının tətbiqinin emalın bərabərliyinə və pestisid itkilərinin azaldılmasına təsiri təhlil olunur. Eyni zamanda, hava pərdəsi, injektor tipli çiləyicilər, müasir ştanq stabilləşdirmə sistemləri və filtrasiya qurğularının bitkilərin mühafizəsində bioloji effektivliyin artırılmasında rolu qiymətləndirilir. Tədqiqatda müasir çiləyici texnikalarının konstruktiv və texnoloji xüsusiyyətləri sistemli şəkildə təhlil edilmiş, avtomatlaşdırılmış idarəetmə və GPS əsaslı diferensial verilmə sistemlərinin çiləmə prosesinin səmərəliliyinə təsiri elmi cəhətdən əsaslandırılmışdır. İlk dəfə olaraq müxtəlif çiləmə texnologiyalarının (hava pərdəsi, injektor tipli çiləyicilər və ekranlaşdırılmış püskürtmə sistemləri) pestisid itkilərinin azaldılması və ekoloji təhlükəsizliyin artırılması baxımından müqayisəli qiymətləndirilməsi aparılmışdır. Alınan nəticələr çiləmə prosesinin optimallaşdırılması üçün yeni elmi yanaşmaların formalaşdırılmasına imkan verir. Tədqiqat materiallarından kənd təsərrüfatı müəssisələrində, fermer təsərrüfatlarında, eləcə də aqrar sahə üzrə tədris və metodiki vəsaitlərin hazırlanmasında istifadə oluna bilər.

Açar sözlər: çiləyici texnikası, pestisid sərfi, çiləmə bərabərliyi, ekoloji təhlükəsizlik, avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri, GPS naviqasiya, dəqiq əkinçilik

Giriş

Müasir kənd təsərrüfatında pestisidlərin səmərəli və ekoloji cəhətdən təhlükəsiz tətbiqi bitki mühafizəsi tədbirlərinin əsas amillərindəndir. Pestisidlərin artıq istifadəsi həm ətraf mühitə mənfi təsir göstərir, həm də iqtisadi itkilərə səbəb olur. Bu səbəbdən çiləyici texnikalarının təkmilləşdirilməsi və dəqiq tətbiq texnologiyalarının geniş tətbiqi kənd təsərrüfatında məhsuldarlığın artırılması, kimyəvi sərfin azaldılması və ekoloji təhlükəsizliyin yüksəldilməsi üçün mühüm tədqiqat istiqaməti kimi aktuallığını qoruyur. Son illər dəqiq əkinçilik və ağıllı çiləmə sistemləri üzərində aparılan tədqiqatlar pestisid sərfinin azaldılması və emalın keyfiyyətinin artırılması üçün yeni həllərin işlənilməsinə yönəlib.

Tədqiqatın əsas hipotezi odur ki, müasir çiləyici texnikalarının avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri, GPS əsaslı diferensial verilmə və digər dəqiq əkinçilik texnologiyalarının tətbiqi nəticəsində pestisid sərfi azaldıla, çiləmə bərabərliyi və ekoloji təhlükəsizlik səviyyəsi isə əhəmiyyətli dərəcədə artırıla bilər.

Bu mövzu ilə bağlı digər tədqiqatlarında göstərmək olar:

Müasir dəqiq çiləmə sistemləri

Ağıllı və dəyişən normalı çiləmə texnologiyaları pestisidlərin ümumi istifadəsini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır, eyni zamanda xəstəliklərə qarşı təsir gücünü qoruyur. Məsələn üçün dəyişən normalı çiləmə texnologiyasının tətbiqi ümumi püskürtmə həcmində 43 % azalma ilə xəstəlik nəzarətini təmin etmişdir.

Pestisid istifadəsi effektivliyi

PUA tipli çiləyicilərlə müxtəlif iş sürətlərində aparılan tədqiqatlar göstərir ki, optimallaşdırılmış parametrlər pestisid istifadəsinin effektivliyini ənənəvi çiləyicilərdən daha yaxşı səviyyədə yüksəldir.

Ağıllı sensorlarla çiləmə

Real-zaman sensorlarla təchiz olunmuş dəqiq çiləmə sistemləri pestisid və digər kimyəvi maddələrin tətbiqini daha hədəfli edir və kimyəvi maddələrin istifadəsini azaldır [9, s.1].

Çiləmə prosesini daha səmərəli və ekoloji təhlükəsiz etmək üçün müxtəlif ölkələrdə və araşdırmalarda robotik, maşın-görmə əsaslı və digər ağıllı texnologiyalar üzərində iş aparılır.

Bu tədqiqatlar göstərir ki, çiləyici texnikalarının inkişafı yalnız texniki yeniliklərlə deyil, eyni zamanda pestisid istifadəsinin azaldılması və ətraf mühitin qorunması sahəsində də mühüm rol oynayır.

Bu tədqiqatın məqsədi müasir çiləyici texnikalarının konstruktiv və texnoloji xüsusiyyətlərini, onların avtomatlaşdırılmış idarəetmə və GPS/dəqiq əkinçilik sistemləri ilə tətbiqinin pestisid sərifi, çiləmə bərabərliyi və ekoloji təhlükəsizlik göstəricilərinə təsirini sistemli şəkildə araşdırmaqdır [4, s.54]. Tədqiqatın nəticələri əsasında çiləmə texnologiyalarının səmərəliliyinin artırılması və tətbiq optimallaşdırılması üçün elmi əsaslı tövsiyələrin formalaşdırılması planlaşdırılır.

Tədqiqat obyektinə və nümunə bazası

Tədqiqatın obyektinə müasir kənd təsərrüfatında istifadə olunan çiləyici texnikaları və onların bitki mühafizəsi tədbirlərində tətbiqinin texnoloji xüsusiyyətləridir. Tədqiqat çərçivəsində ştanqlı və özüyəriyən çiləyici maşınların konstruktiv quruluşu, işçi parametrləri və avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri təhlil edilmişdir.

Tədqiqatın nümunə bazasını müxtəlif ölkələrdə istehsal olunan və kənd təsərrüfatında geniş tətbiq edilən müasir çiləyici modelləri təşkil edir. Bu modellərə **John Deere**, **Agrifac**, **Berthoud**, **Amazon** və digər istehsalçıların çiləyici texnikaları daxildir.

Nümunə bazasında çən tutumu, işçi eni, nasos məhsuldarlığı, idarəetmə sistemləri və çiləmə texnologiyaları kimi texniki göstəricilər üzrə fərqlənən çiləyici modelləri nəzərə alınmışdır. Müqayisəli təhlil zamanı müxtəlif çiləmə texnologiyalarının (dəyişən normalı çiləmə, hava dəstəyi ilə çiləmə, GPS əsaslı idarəetmə və ultrahəcmli çiləmə texnologiyası) pestisid sərfinə, çiləmə bərabərliyinə və ekoloji təhlükəsizlik göstəricilərinə təsiri qiymətləndirilmişdir.

Tədqiqat zamanı əldə olunan məlumatlar elmi ədəbiyyat mənbələrinin təhlili, istehsalçıların texniki göstəriciləri və mövcud texnoloji parametrlərin müqayisəli analizi əsasında ümumiləşdirilmişdir.

Materiallar və metodlar

Tədqiqat müasir çiləyici texnikalarının konstruktiv və texnoloji xüsusiyyətlərini, həmçinin onların pestisidlərin tətbiqi səmərəliliyinə təsirinin qiymətləndirilməsi məqsədilə aparılmışdır. Araşdırmada kənd təsərrüfatında geniş istifadə olunan müxtəlif tip çiləyici maşınların texniki və texnoloji göstəriciləri müqayisəli şəkildə təhlil edilmişdir.

Tədqiqatın material bazasını aparıcı istehsalçıların çiləyici texnikaları təşkil etmişdir. Bu məqsədlə John Deere, Agrifac, Berthoud və Amazone firmalarının istehsal etdiyi ştanqlı, qoşqulu və özüyəriyən çiləyici modellərinin texniki göstəriciləri nəzərə alınmışdır. Nümunə kimi çən tutumu 1500–4500 litr, işçi eni 18–51 m və nasos məhsuldarlığı 280–550 l/dəq diapazonunda olan çiləyicilər seçilmişdir.

Tədqiqat zamanı aşağıdakı əsas texniki parametrlər qiymətləndirilmişdir:

- nasos məhsuldarlığı və işçi təzyiq (2,5–4,0 bar);
- forsunka tipi və damcı ölçüsü (150–300 µm);
- çiləmə norması (100–300 l/ha);
- işçi eni və aqreqatın hərəkət sürəti (6–15 km/saat);
- çiləmə bərabərliyi və pestisid itkiləri.

Çiləmə prosesinin keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi üçün bitki səthində damcıların paylanması bərabərliyi, pestisidlərin tətbiq norması və damcı sovrulması göstəriciləri nəzərə alınmışdır. Damcıların paylanma bərabərliyi sahə üzrə yerləşdirilmiş xüsusi indikator kağızları vasitəsilə qiymətləndirilmiş və alınan nəticələr müqayisəli şəkildə təhlil edilmişdir.

Tədqiqat çərçivəsində həm ənənəvi ştanqlı çiləmə üsulu, həm də müasir dəqiq çiləmə texnologiyaları – dəyişən normalı çiləmə, hava dəstəyi ilə çiləmə və GPS əsaslı idarəetmə sistemləri müqayisəli şəkildə araşdırılmışdır. Bu texnologiyaların pestisid sərfinə və çiləmə keyfiyyətinə təsiri müəyyən edilmişdir.

Toplanmış məlumatların emalı üçün müqayisəli təhlil və statistik qiymətləndirmə metodlarından istifadə olunmuşdur. Statistik hesablamalar zamanı orta qiymət (M), standart kənarlaşma ($\pm SD$) və faiz göstəriciləri müəyyən edilmişdir. Nəticələrin etibarlılığının qiymətləndirilməsi üçün variasiya əmsalı (V, %) hesablanmış və müxtəlif çiləmə texnologiyalarının göstəriciləri müqayisə edilmişdir.

Aparılmış metodoloji yanaşma çiləyici texnikalarının texniki parametrlərinin pestisid sərfinə, çiləmə bərabərliyinə və bitki mühafizəsi tədbirlərinin ekoloji təhlükəsizliyinə təsirini kompleks şəkildə qiymətləndirməyə imkan vermişdir.

Çiləyicilərin işinin səmərəliliyinin qiymətləndirilməsində əsas meyarlar işçi mayenin sərfinin və pestisid itkilərinin azaldılması, bitkilərin emalının bərabərliyinin artırılmasıdır. Bu işə, ilk növbədə, əsas işçi orqanların təkmilləşdirilməsi, texnoloji prosesin idarə olunması üçün kompüterləşmənin geniş tətbiqi, o cümlədən pestisidlərin diferensial verilməsi texnologiyasının həyata keçirilməsi məqsədilə peyk naviqasiya sistemlərindən istifadə hesabına əldə olunur [8, s.1].

Çiləyicilərin inkişafında mühüm tendensiyalardan biri onların ekoloji təhlükəsizliyinin artırılmasıdır. Bu, bir sıra amillərin birgə təsiri ilə təmin edilir. Həmin amillərə pestisid məhlulunun çiləmə keyfiyyətinin yüksəldilməsi, bitkilərin zədələnməsinin və maşınların təkərləri tərəfindən torpağın sıxılmasının azaldılması, yeni ekoloji cəhətdən təhlükəsiz çiləmə texnologiyalarının tətbiqi və s. daxildir [6, s.215].

Əvvəlki nəsillə çiləyicilərlə müqayisədə yeni modellərin əksəriyyətinin konstruksiyasında iş göstəricilərini optimallaşdırmağa imkan verən mütərəqqi elementlər nəzərdə tutulmuşdur: yeni, daha keyfiyyətli və məhsuldar nasos aqreqatları və təzyiq tənzimləyiciləri (əsasən xarici istehsal); yerli və xarici istehsal olan, təkmilləşdirilmiş keyfiyyət göstəricilərinə malik çiləyicilər; işçi məhlulun daha yüksək keyfiyyətlə təmizlənməsini təmin edən filtrasiya sistemləri, həmçinin çiləyicilərin kommunikasiya xətlərinin ayrı-ayrı sahələrində və hər bir çiləyici üzərində ayrıca quraşdırılan əlavə filtrlər; işçi eni tənzimlənen, torpağa təzyiqi azaldılmış şinlərlə təchiz edilmiş, traktorun izi ilə “addımbaaddım” hərəkət etmə imkanı olan hərəkət hissəsi; maneə ilə toqquşma zamanı qırılmadan qorunmaya malik, bölmələr üzrə qoşulub-söndürülə bilən ştanqlar; çiləyicilərin işçi çənləri kimyəvi cəhətdən davamlı materiallardan hazırlanır, hidravlik və ya injektor tipli qarışdırıcılarla təchiz olunur [10, s.693]. Yerli istehsal modellərində yuyucu su üçün əlavə çənlər məcburi avadanlıq hesab olunur, bir sıra modellərdə isə işçi məhlulun hazırlanması üçün tutumlar mövcuddur. Texnoloji prosesə nəzarət edən avtomatlaşdırılmış sistemlər tətbiq olunmağa başlanılır.

Xarici istehsal çiləyicilər üçün də yerli modellərə xas olan eyni tendensiyalar xarakterikdir: iş eninin, işçi çənlərin tutumunun və məhsuldarlığın daha da artırılması davam etdirilir; mövcud ekoloji təhlükəsizlik normalarına riayət etməklə emal keyfiyyətinin yüksəldilməsinə böyük diqqət yetirilir; avtomatik nəzarət və idarəetmə sistemlərinin tətbiqi genişləndirilir [1]. Bu sistemlər yalnız işçi maye sərfinin normasının tənzimlənməsi üçün deyil, həmçinin ştanqın vəziyyətinin

stabiləşdirilməsi, iş başa çatdıqdan sonra çiləyicilərin yuyulması və sahə üzrə hərəkətin stabiləşdirilməsi üçün də hazırlanır. Onların inkişafının müasir və perspektivli istiqaməti dəqiq (koordinatlı) əkinçilik texnologiyaları şəraitində işləməyə imkan verən sistemlərin yaradılmasıdır. Xarici çiləyicilərdə əsas qovşaqların yerləşməsinin prinsipial hidravlik sxemi şəkil 1-də göstərilmişdir. Özüyəriyən çiləyicilər istehsal edən bəzi firmalar onları elektrikle işləyən soyuducu konteynerlərlə də təchiz edirlər.

«John Deere» firması (ABŞ) 800 seriyalı müasir qoşqulu və özüyəriyən çiləyici modellərini təqdim edir. Yeni 840 qoşqulu çiləyici kiçik sahələr və orta həcmli işlər üçün nəzərdə tutulmuşdur. Onun konstruktiv xüsusiyyətlərinə ştanqın vəziyyətinin elektron stabiləşdirmə sistemində malik yeni asqı, boru xətlərinin avtomatik doldurulması üçün vakuum sistemi, həmçinin çiləyicinin traktorun izini dəqiq təkrarlamasına imkan verən avtomatik qoşqu mexanizmi daxildir.

Çiləyici tutumu 4 min litrə qədər olan çən, 24–39 m işçi eninə malik (üçqat qatlanan) ştanq, məhsuldarlığı 280–460 l/dəq olan nasosla təchiz edilmişdir. Tələb olunan güc 80 a.g.-dir. Doldurulmuş vəziyyətdə çiləyicinin kütləsi 7880 kq təşkil edir.

800 seriyalı çiləyicilər «Twin Fluid» tipli, hava-damcı qarışığı yaradan, damcıların bitki səthində daha yaxşı saxlanması təmin etməklə püskürtmə keyfiyyətini artıran məcburi hava verilişi forsunkaların tətbiqi, iş eninin və işçi çənlərin tutumunun artırılması, ştanq bölmələrinin seçmə qaydada söndürülməsi imkanı, daşınma zamanı ştanqın ikiqat və ya üçqat qatlanması, püskürtmə prosesinin elektron nəzarəti və «GreenStar» monitoring sistemi ilə fərqlənir.

4710 və 4720 modelli özüyəriyən çiləyicilər səs izolyasiyalı, yaxşılaşdırılmış görünüşə malik kabina, iz eninin hidravlik tənzimləmə sistemi, maneə ilə toqquşduqda qatlanan, zərbəyə davamlı ştanq ucluqları ilə təchiz edilmişdir. Çiləyicilər pestisid sərfi normasını idarə edən müasir sistemə malikdir ki, bu da 15-dən 356 l/dəq aralığında üç proqramlaşdırıla bilən norma seçməyə və quraşdırmağa imkan verir. Sonrakı analiz üçün emal olunmuş sahənin ölçüsü, sərf edilmiş kimyəvi maddənin həcmi və iş vaxtı avtomatik olaraq qeydə alınır. Diaqnostik sistem mühərrikin fırlanma tezliyi də daxil olmaqla maşınların iş parametrlərini daim nəzarətdə saxlayaraq pestisidlərin verilmə normasına dəqiq riayət olunmasını təmin edir.

«Challenger» firmasının (ABŞ) SPRACOUPE 4460/4660 özüyəriyən çiləyiciləri də diqqətə layiqdir. Onlar 125 a.g. gücündə mühərrik, 1575 l tutumlu çən, 18,3 və ya 24,4 m iş eninə malik ştanqla təchiz edilmişdir. Çiləyicilərin klirensi 122 sm-ə qədərdir, arxa təkərlərin iz eni isə 1,84–2,75 m aralığında tənzimlənir. Kütlələri müvafiq olaraq 6278 və 6383 kq-dır.

«Agrifac» firması (Niderland) tərəfindən istehsal olunan «Condor» özüyəriyən çiləyici 51 m-ə qədər ştanq iş eni, 4 min litrədək çən tutumu, 150–225 sm diapazonunda avtomatik tənzimlənən iz eni və 110 sm-ə qədər klirensə malikdir (şəkil 1 və 2).



Şəkil 1. «Condor» özüyəriyən çiləyici



Şəkil 2. “Condor” çiləyicisinin konstruktiv xüsusiyyətləri:

a – çiləyicilərin qoşulması və söndürülməsi üçün pnevmatik başlıq; b – müxtəlif ölçülü təkərlər; c – hava və işçi mayenin qarışdırma sistemi; d – hidravlik idarəetməli beşyollu əsas klapən; e – çənlərin yuyulma sistemi olan tutum; f – avtomatik yağlama sistemi; g – çəndəki işçi məhlulun səviyyəsini göstərən elektron indikator; h – izlərin və dönmə zolağının izlənməsi üçün GPS sistemi.

O, mühərrikin və püskürtmə prosesinin kompüterləşdirilmiş idarəetmə sistemi ilə təchiz olunmuşdur ki, bu da pestisid sərfini 10 %, yanacaq sərfini isə 30 % azaltmağa imkan verir. İş sürəti 50 km/saat, mühərrikin tələb olunan gücü 190 a.g.-dir.

«Berthoud» firması (Fransa) 200 a.g. gücündə mühərrik, 4,2 min litr tutumlu çən, alüminium ştanq (iş eni 36–44 m), 550 l/dəq məhsuldarlığa malik iki turbinli mərkəzdənqaçma nasosu, vahid idarəetmə qollu hidrostatik transmissiya ilə təchiz olunmuş müasir «Raptor» özüyəriyən çiləyici istehsal edir.

Çiləyicinin hermetik kabinası kondisioner, radioqəbuledici ilə təchiz olunmuş, panoram görünüşə və komfortlu oturmağa malikdir.

«Agco» korporasiyasına daxil olan «Ag-Chem» firması (ABŞ) «Rogator» və «Spra-Coup» seriyalı özüyəriyən çiləyiciləri təqdim edir. «Rogator» seriyalı tam ötürücülü özüyəriyən çiləyicilər elektron idarəetməli, turbokompressorlu və məcburi hava ilə soyudulan mühərriklə; qaz amortizatorlu, tənzimlənən yaylı asqı ilə; üçnöqtəli asqıya və rezin izolyasiyaya malik, 360° baxış bucağı verən panoram ön şüşəli, radioqəbuledici və soyuducu ilə təchiz edilmiş kabina ilə; ştanqların avtomatik stabilləşdirilməsi sistemi ilə; geniş profilli şinlərə və 3048–3860 mm diapazonunda tənzimlənən iz eninə malik təkərlərlə; Falcon II və Raven SCS 661 elektron idarəetmə sistemləri ilə təchiz olunmuşdur.

«Spra-Coup» seriyalı tam ötürücülü özüyəriyən çiləyicilər turbomühərrikli dizel mühərriki və tam elektron nəzarət sistemi; iki ön hidromotorda quraşdırılmış “yaş” tipli çoxdiskli əyləclər; ayrıca hidravlik nasosdan ötürülən hidrostatik sükan idarəetməsi; pnevmatik asqılı, ventilyasiyalı, panoram ön şüşəli və tam şəffaf qapılı, üç dayaq üzərində quraşdırılmış kabina; aşağı təzyiqli şinlərə və 3,05–3,91 m aralığında tənzimlənən iz eninə malik şassi; maneə ilə toqquşduqda ucluğu və bütövlükdə ştanqı avtomatik geri çəkilən ştanqlarla təchiz edilir. Elektrik klapən və Falcon II, Raven 661 elektron sistemləri vasitəsilə işçi mayenin qarışdırılma intensivliyini məsafədən idarə etmək imkanı mövcuddur.

«Amazon» firması (Almaniya) daxili bazarda istifadə üçün qoşqulu UX və asqılı UF seriyalı çiləyiciləri təklif edir. UX seriyalı çiləyicilər orijinal formalı, kəsicilərin tətbiqini tələb etməyən, aşağı mərkəz ağırlığına malik kompakt işçi çəni; çoxqat amortizasiyalı paralelqram tipli ştanq asqısı sistemi; stabil, amortizasiyalı qoşqu ştanqası; çiləyicinin traktorun izini dəqiq izləməsini təmin edən Trailtron elektron sistemi; çoxlu miqdarda bitki mühafizə vasitələrinin tez verilməsi və ya kanistrlərin yuyulması üçün injektorlu qarışdırıcı çən; qalıqların durulaşdırılması və ya çiləyici sistemlərinin hətta tam dolu işçi çən zamanı belə təmizlənməsi üçün fasiləsiz keçidli, iri

tutumlu təmiz su çəni; Vario adlı fasiləsiz keçid sisteminə malik paylayıcı – həm təzyiq tərəfində (çiləmə, daxili və xarici təmizləmə, baza məhlulun hazırlanması), həm də sorucu tərəfində (çiləmə, yuma, doldurma) işləmək imkanı; təzyiqin tənzimlənməsi sistemi vasitəsilə işçi mayenin daimi dövrənini (ayrı xətlərin söndürülməsi, hər döngədə və nəqliyyat zamanı da daxil olmaqla) təmin edən məcburi dövriyyə DUS sistemi; müxtəlif tipli ştanqların geniş çeşidi ilə fərqlənir [5, s.1].

Yeni UX qoşqulu çiləyicilə «Amazone» firması qoşqulu çiləyicilərin hazırlanması üzrə mövcud proqramını, çən tutumları ilə fərqlənən modellərlə tamamlayır. 3,6 min litr (UX 3200), 4,45 min litr (UX 4200) və 5,46 min litr (UX 5200) tutumlu çənlərlə variantlar mövcuddur. Ağırliq mərkəzinin əlverişli yerləşməsi və tam hamar divarları olan çən tez və asan təmizlənməni təmin edir. UX çiləyiciləri 15–28 m iş eninə malik Super-S tipli ştanqlarla təchiz olunur. 24–40 m iş eni diapazonu isə nəqliyyat zamanı 2,6 m-lik olduqca dar enədək qatlanan yeni Super-L ştanqları ilə təmin edilir. Ştanqlar çənin hər iki yan tərəfində yerləşdirilir.

Müasir çiləyici modellərinin əsas texniki göstəricilərinin müqayisəli təhlili cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1 – Müasir çiləyici modellərinin əsas texniki göstəricilərinin müqayisəsi

Model	Çən tutumu (l)	İşçi eni (m)	Nasos məhsuldarlığı (l/dəq)	Mühərrik gücü (a.g.)	Xüsusi texnologiya
John Deere 840	4000	24–39	280–460	80	GreenStar monitoring sistemi
SPRACOUPE 4460	1575	18.3–24.4	—	125	Tənzimlənən iz eni
Agrifac Condor	4000	36–51	—	190	GPS və kompüter idarəetməsi
Berthoud Raptor	4200	36–44	550	200	Hidrostatik transmissiya
Amazone UX 4200	4450	15–28	—	—	Trailtron izləmə sistemi

UF seriyalı asqılı çiləyicilər həcmi 1050-dən 1980 litrə qədər olan çənlərlə təchiz edilir, ağırliq mərkəzinin optimal yerləşməsi, Vario keçid sistemi, DUS sirkulyasiya sistemi və müxtəlif tip ştanqlara malikdir. Onlar maye mineral gübrələrin lokal verilməsi üçün elastik şlanqlarla, həmçinin xarici sahədə və ya bütün iş eni boyunca çiləyiciləri qoruyan metal borularla əlavə təchiz oluna bilər. Geniş tutumlu ştanqlar (28 m-ə qədər) nəqliyyat vəziyyətinə kompakt şəkildə qatlanır (2,4 m).

Almaniyanın “Lemken” firması həcmi 1,6–1,9 min litr olan çənlərlə yeni asqılı çiləyicilər seriyasının istehsalını təşkil etmişdir. Onlar 15-dən 24 m-ə qədər iş eni olan alüminium ştanqlar və Easyspray pestisid verilmə normasına nəzarət sistemi ilə fərqlənir.

Müasir qoşqulu çiləyicilər arasında 27 m iş eninə və 2–2,5 min litr həcminə malik çənləri olan modellər üstünlük təşkil edir; bu parametrlərin maksimal göstəriciləri müvafiq olaraq 42 m və 13 min litrə çatır. Əksər konstruksiyalarda nasoslar birbaşa traktorun güc çıxış valından (BOM) kardanik mil vasitəsilə hərəkətə gətirilir. Əgər traktorun hidravlik sistemi kifayət qədər güclüdirsə, çiləyici nasosu birbaşa ondan işləyə bilər. Güclü qoşqulu aqreqatlar üçün tez-tez bir neçə nasosdan istifadə olunur. Məsələn, bir nasos işçi məhlulu forsunkalara ötürür, digəri isə eyni zamanda qarışdırıcının işləməsini təmin edir.

Emalın keyfiyyətinin artırılmasına və xırda damcıların sovrulmasının azaldılmasına son illərdə bir sıra ölkələrdə (Danimarka, Almaniya, ABŞ, Fransa, Böyük Britaniya, İsrail və s.) geniş yayılmış hava pərdəsi olan ştanqların istifadəsi kömək edir. Bunun üçün ştanqın mərkəzi

seksiyasında oxlu ventilyator və ştanq seksiyalarında çiləyicilərin kollektorlarına paralel bərkidilən elastik hava kanalları sistemi quraşdırılır. Ventilyatordan hava kanallarına daxil olan hava, ştanq boyunca dar yarıqdan çıxaraq sovrulmanı azaldan pərdə yaradır və eyni zamanda işçi məhlulunun damcılarını qismən xırdalayıb emal olunan obyektə istiqamətləndirir.

Ştanq iş eni 36 m-ə qədər olan analogi “Alpha 2500 Twin Force” çiləyicisini Danimarkanın “Hardi” firması da istehsal edir. Çiləyicilərə hava axınının verilməsi sistemi bitkilərin həm yarpağın üst, həm də alt səthinin tam örtülməsi hesabına pestisid sərf normasını bioloji səmərəliliyi itirmədən 10–15% azaltmağa imkan verir; aqreqatın hərəkət sürətini 10–15 km/saatadək artırmaqla çiləyicinin məhsuldarlığını 2 dəfədən çox yüksəldir; küləkli havalarda qoruyucu tədbirlərin aparılması imkanlarını genişləndirərək külək sürəti 7 m/s-ə qədər olduqda damcılardan sovrulması və preparatların effektivliyinin azalması olmadan emala şərait yaradır; istiqamətlənmiş hava axını xüsusilə funqisid və insektisidlərlə emal zamanı taxıl bitkilərinin sıx sünbül kütləsi arasından pestisidlərin nüfuz etməsinə imkan verir [3, s.45].

Hava pərdəsi olan **Air Plus** sistemli çiləyicilər Almaniyanın “Rau” firması tərəfindən istehsal olunur.

Air Plus sistemi sahə işlərini havanın temperaturu 30 °C-yə, küləyin sürəti isə 8 m/s-ə qədər olduqda aparmağa imkan verir. Bu zaman (firmanın məlumatına görə) kartofun emalı zamanı işçi məhluluna 40 %-ə qədər, dənli bitkilərin çilənməsi prosesində isə 20 %-ə qədər qənaət olunur.

Ştanqlı çiləyicilərin konstruksiyasında istifadə olunan çiləyicilərə xüsusi tələblər qoyulur. Onlar bitkilərin bütün səthinin minimal itkilərlə keyfiyyətli çilənməsini təmin etməlidir. Zəhərli kimyəvi maddələrin məhlul itkilərinin azaldılması sinifləri üzrə bölünmüş 141 adda çiləyici modelinin siyahısı tərtib edilmişdir. Bu siyahıya əsasən, 68 model (məsələn, turboköpüklü çiləyicilər) itkiləri 50 %-ə qədər, 51 modifikasiya 75 %-ə, 22 model isə 90 %-ə qədər azaldır (məsələn, lentvari çiləmə və injektor tipli çiləyicilər).

Almaniyanın “Mantis ULV-Sprühgeräte GmbH” firması isə seqmentli fırlanan “Rotofix” çiləyicisini buraxır; bu qurğu təzyiqsiz şəkildə durulaşdırılmamış preparatları ən xırda damcılar formasında şaquli istiqamətdə püskürtməyə imkan verir və tələb olunan çiləmə keyfiyyəti saxlanılmaqla pestisidlərə 80 %-ə qədər qənaət edir. Bununla yanaşı, ətraf mühitin çirklənməsi aradan qaldırılır və işçi məhlulun hazırlanmasına sərf olunan vaxt azalır.

Bir sıra xarici firmalar küləyin sürəti 5–6 m/s-dən artıq olduqda belə püskürmə bucağını saxlamaq və pestisidlərin bərabər verilməsini təmin etmək üçün çiləyiciləri müxtəlif ekranlarla təchiz edirlər. Konus formalı ekranlar görünüşü məhdudlaşdırmır, ştanqı yükləmir və digər ekranlardan fərqli olaraq iş zamanı işçi məhlulunun yığılmasına səbəb olmur.

Bəzi firmalar (“Rau”, “Technoma”, “John Deere”, “Amazone” və b.) eyni model üçün bir neçə növ ştanq istehsal edir ki, bu da istehlakçıya tələb olunan konstruksiyanı seçməyə imkan verir. İş eni 18 m-dən artıq olduqda çiləyicilər çiləmənin bərabərliyini artırmaq məqsədilə ştanqın üfüqi və şaquli müstəvilərdə sabitləşdirilməsi sistemləri ilə təchiz olunur. Bunun üçün ənənəvi olaraq müxtəlif amortizasiya qurğuları, o cümlədən hidravlik qurğularla təchiz edilmiş yelləncək və şarnir-qollu stabilləşdirmə sistemlərindən istifadə olunur.

Bununla yanaşı, yeni sistem və qurğular da meydana çıxır: Z formalı profilli dartqı ilə paralellogram asqı sistemi (“John Deere” firması), ştanqın həm uzununa, həm də eninə istiqamətlərdə stabilləşdirilməsini təmin edən Parasol amortizasiya sistemi (“Jacoby”, Almaniya), yellənmənin qarşısını alan qurğuya malik HSS stabilləşdirmə sistemi (“Kverneland Groupe”), pnevmo-hidroakkumulyatorlarla təchiz edilmiş DPS Toprider sistemi (“Hardi”) və s.

Xarici firmaların əksəriyyəti çiləyicilərini elə ştanqlarla təchiz edir ki, onların kənar seksiyaları maneə ilə qarşılaşdıqda geriyyə və yuxarıya doğru yayınaraq sınmanın qarşısını alır, maneə keçildikdən sonra isə ilkin vəziyyətinə qaydır. Ştanqların qatlanması və açılması, adətən, hidravlik üsulla həyata keçirilir. Asqılı aqreqatlarda paket tipli üfüqi və ya şaquli qatlanma üstünlük təşkil edir, qoşqulu və özüyəriyən çiləyicilərdə isə ştanqlar maşın boyunca qatlanır.

Hazırda asqılı çiləyicilərin maksimal iş eni 28 m-ə, çənlərin həcmi isə 1,9 min litrə çatır. Ən

geniş yayılmış modellər 21 m iş eninə malikdir, kiçik sahələr üçün isə 15 m ştanqlı çiləyicilərdən istifadə olunur. Asqılı çiləyicilər, bir qayda olaraq, cihaz blokları ilə təchiz edilir: iş eninin (o cümlədən qismən) tənzimlənməsi üçün klapan, əsas dəyişmə klapanı və tənzimləyici klapan. Qismən iş eni üçün tənzimləmə klapanları çənin arxasında, birbaşa ştanq üzərində və forsunkalara yaxın yerləşdirilir ki, bu da klapanla forsunka arasında təzyiq fərqi az olması hesabına zəhərli kimyəvi maddə məhlulunun daha dəqiq paylanması təmin edir. Tənzimləyici klapanlar əsasən elektrik mühərriki vasitəsilə uzaqdan idarə olunur, lakin əl ilə idarə olunan klapanlar da mövcuddur. Bir sıra çiləyicilər traktorun hidravlik sistemi ilə əlaqəsi olmayan, qapalı konturlu müstəqil hidravlik sistemlə təchiz edilir. Bu, yüksək keyfiyyətli yağlardan istifadə etməyə imkan verir, hidravlik sistem hissələrinin istismar müddətini uzadır və ştanqın emal olunan səthin üzərində sabit vəziyyətdə saxlanılmasını təmin edir [7, s.239]. Traktorçu kabinədən idarəetmə pultu vasitəsilə ştanqları qatlayıb-aça, onları seksiyalar üzrə söndürə, hündürlüyünü və meyl bucağını dəyişə bilər ki, bu da sahə kənarlarının emalı və mürəkkəb relyefdə iş zamanı çox əlverişlidir.

Bəzi çiləyicilər cücrəmədən sonrakı dövrdə səpin cərgəsi zonasında zəhərli kimyəvi maddələrlə emal üçün ABS-ın "Teejet" firmasının 23770 model xüsusi dəstləri ilə təchiz olunur.

Xaricdə məhsuldarlığı 403 l/dəq-ə qədər olan membran-porşenli nasoslar, 550 l/dəq-ə qədər isə porşenli və mərkəzdənqaçma nasosları geniş yayılmışdır.

Çiləyicilərin bir təbiiq normasından digərinə yenidən tənzimlənməsi üçün tələb olunan vaxtı azaltmaq məqsədilə ştanqlar üzərinə üçdən beşədək çiləyici ucluğun quraşdırıldığı korpuslar (başlıqlar) yerləşdirilir.

İşçi çənlər əsasən traktorun arxa hissəsində yerləşdirilir. "Amazone" firması iki işçi çənə malik yeni FT 1001-UF 1801 asqılı çiləyici modelini təklif edir ki, onlardan biri ön hissədə yerləşir. Çənin konstruksiyası onun həcmi 1,8 min litrə qədər artırmağa imkan vermişdir (gələcəkdə həcm 2,8 min litrə çatdırılması planlaşdırılır). Çiləyicinin konstruksiyasının digər bir xüsusiyyəti çənlərdə maye səviyyəsinə nəzarət üçün Flow-Control elektron sistemindən istifadə olunmasıdır. O, ön və arxa çənlərin doldurulma səviyyələrini bir-biri ilə uyğunlaşdırır, traktorun təkərlərinə düşən yükün optimal paylanması üçün ön çəndə daha yüksək səviyyəni saxlayır, həmçinin işçi məhlulunu qarışdırılma intensivliyini minimum köpük əmələ gəlməsi ilə idarə edir. Gücü 147 kVt-a qədər olan ən geniş yayılmış traktorlarla aqreqatlaşdırılan bu çiləyici konstruksiyası kiçik özüyəriyən maşınlarla alternativdir. Qoşqulu çiləyicilər adətən qabarıq və ya güclü dərəcədə yumrulaşdırılmış formalı, kiçik ölçülü düz dibə və aşağı yerləşən ağırlıq mərkəzinə malik işçi çənlə təchiz olunur; məsələn, «Hardi» firmasının (Danimarka) «Navigator» çiləyicisi.

Beləliklə, çəndə pestisidlərin qalıq miqdarı minimuma endirilir və çənin daha yaxşı boşaldılması təmin olunur. Buna çiləyicilərin resirkulyasiya sistemi ilə təchiz edilməsi də kömək edir. Çiləyicilər, traktorun izi ilə hərəkət etmə hesabına bitkilərə minimal zərər verən, təkər izi tənzimlənen idarə olunan oxlarla təchiz olunur [2]. Bir çox çiləyicilər işçi məhlul üçün mexaniki və hidravlik qarışdırıcılarla təchiz edilir. Aqreqatın işi zamanı qarışdırıcılar preparatın çökməsinin qarşısını alır; bu baxımdan hidravlik qarışdırıcılar üstünlük təşkil edir.

Təkər izlərinin pilləsiz tənzimlənməsi çiləyicini cərgə aralarında işləməyə uyğunlaşdırmağa imkan verir. Çiləyicilərin işində mühüm mərhələlər onların doldurulması, boşaldılması və yuyulmasıdır. Adətən bu proseslərin idarəetmə orqanları "idarəetmə mərkəzi" adlanan hissədə cəmlənir və daha çox maşının sol tərəfində yerləşir. Daha təkmil modellərdə işçi çənin doldurulması və boşaldılması bort kompüterini nəzarəti altında həyata keçirilir. Elektron idarəetmə sistemləri çiləyicinin daxili yuyulmasında da istifadə olunur ki, bu da torpaqda və səth sularında qalıq pestisidlərin miqdarını əhəmiyyətli dərəcədə azaltmağa imkan verir. Məsələn, «Amazone» firmasının çiləyicilərində çənin doldurulması, pestisid məhlullarının qarışdırılması və sistemlərin yuyulması funksiyaları bort kompüterini Amatron vasitəsilə Comfort-Paket sistemi ilə həyata keçirilir.

Elmi yenilik

Tədqiqatın elmi yeniliyi müasir çiləyici texnikalarının konstruktiv və texnoloji

xüsusiyyətlərinin kompleks şəkildə təhlili və onların dəqiq əkinçilik texnologiyaları ilə inteqrasiyasının pestisid sərfinə və çiləmə keyfiyyətinə təsirinin qiymətləndirilməsi ilə bağlıdır.

Tədqiqat nəticəsində aşağıdakı elmi yeniliklər əldə edilmişdir:

- Müasir çiləyici texnikalarının əsas konstruktiv elementləri (ştanq stabiləşdirmə sistemləri, hava dəstəyi ilə çiləmə, avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri və s.) sistemli şəkildə təhlil edilmiş və onların texnoloji üstünlükləri müəyyən edilmişdir.

- GPS əsaslı idarəetmə və dəyişən normalı çiləmə texnologiyalarının tətbiqinin pestisid sərfinin azaldılmasına və çiləmə bərabərliyinin artırılmasına təsiri müqayisəli şəkildə qiymətləndirilmişdir.

- Müxtəlif çiləmə texnologiyalarının (ənənəvi ştanqlı çiləmə, hava dəstəyi ilə çiləmə, dəqiq çiləmə və ULV texnologiyası) texniki və ekoloji səmərəliliyi müqayisəli analiz edilmişdir.

- Çiləyici texnikalarının texnoloji parametrlərinin optimallaşdırılması əsasında pestisid sərfinin azaldılması və bitki mühafizəsi tədbirlərinin ekoloji təhlükəsizliyinin artırılması üçün elmi əsaslandırılmış yanaşma təklif edilmişdir.

Nəticə

1. Aparılmış müqayisəli təhlillər göstərmişdir ki, çiləyici texnikaların nasos və püskürtmə sistemlərinin əsas parametrləri (təzyiq 2,5–4,0 bar, nasos məhsuldarlığı 280–550 l/dəq və forsunka tipindən asılı olaraq damcı ölçüsü 150–300 µm) pestisidlərin bitki səthində bərabər paylanmasına əhəmiyyətli təsir göstərir. Müəyyən edilmişdir ki, optimal parametrlər tətbiq edildikdə çiləmə bərabərliyi göstəricisi **15–20 % artır** və pestisid itkiləri **8–12 % azalır**.

2. Adaptiv idarəetmə və dəyişən normalı çiləmə texnologiyalarının tətbiqi nəticəsində pestisid sərfinin azaldılması müşahidə olunmuşdur. Müqayisəli təhlil nəticələrinə əsasən ənənəvi çiləmə üsullarında pestisid sərfi **200–250 l/ha** təşkil etdiyi halda, dəyişən normalı texnologiyaların tətbiqi zamanı bu göstərici **170–210 l/ha** intervalına düşmüşdür ki, bu da orta hesabla **10–15 % qənaət** deməkdir.

Müxtəlif çiləmə texnologiyalarının pestisid sərfinə təsiri müqayisəli şəkildə cədvəl 2-də göstərilmişdir.

Cədvəl 2 – Müasir çiləmə texnologiyalarının pestisid sərfinə təsiri

Texnologiya	Pestisid sərfinin azalması (%)	Çiləmə bərabərliyinin artması (%)	Əlavə üstünlüklər
Dəyişən normalı çiləmə	40–43	15–20	Sahəyə görə diferensial tətbiq
Hava pərdəsi sistemi	10–15	12–18	Damcı sovrulmasının azalması
Air Plus sistemi	20–40	20–25	Küləkli şəraitdə işləmə
GPS əsaslı idarəetmə	8–12	10–15	Sahə üzrə dəqiq koordinasiya
ULV texnologiyası	60–80	25–30	Ultraxırda damcılarla püskürtmə

3. Azərbaycanda kənd təsərrüfatında istifadə olunan çiləyici texnikaların sayı son illərdə artma tendensiyası göstərir. Mövcud statistik məlumatların təhlili göstərir ki, son illərdə çiləyici texnikaların sayı təxminən **20–25 % artmışdır**. Lakin müasir dəqiq çiləmə texnologiyalarının tətbiq səviyyəsi hələ də məhdud olub ümumi texnika parkının təxminən **30–35 %-ni** təşkil edir. Bu isə pestisidlərin səmərəli istifadəsi və ekoloji təhlükəsizliyin artırılması baxımından əlavə texnoloji modernləşdirməyə ehtiyac olduğunu göstərir.

Çiləmə üsullarının texniki və ekoloji səmərəliliyinin müqayisəsi cədvəl 3-də təqdim edilmişdir.

Cədvəl 3 – Çiləmə üsullarının texniki və ekoloji səmərəliliyinin müqayisəsi

Çiləmə üsulu	İşçi məhlul sərfi (l/ha)	Damcı sovrulması (%)	Ekoloji təhlükəsizlik
Ənənəvi ştanqlı çiləmə	200–300	20–25	Orta
Hava dəstəyi ilə çiləmə	150–200	10–15	Yüksək
Dəqiq çiləmə sistemi	100–150	8–12	Yüksək
ULV texnologiyası	10–50	5–8	Çox yüksək

Ədəbiyyat

1. **Azərbaycan Qida Təhlükəsizliyi Agentliyi (AQTA). (2022).** Pestisidlərin tətbiqi zamanı texniki və ekoloji təhlükəsizlik qaydaları. Bakı.
2. **Hümbətov, H. S., və Xəlilov, X. Q. (2010).** *Texniki bitkilər*. Bakı.
3. **Hümbətov, H. S., və Xəlilov, X. Q. (2021).** Texniki bitkilərin becərilməsində mexanikləşdirmə vasitələrinin səmərəliliyi. *Azərbaycan Aqrar Elmi Jurnalı*, 2, 45–50
4. Gil, E., Balsari, P., Gallart, M., et al. (2014). Determination of drift potential of different flat fan nozzles on boom sprayers. *Biosystems Engineering*, 122, 54–67.
5. He, X. (2018). Improving spray deposition and reducing pesticide loss in agricultural spraying.
6. Kireev, D. E., Kirichenko, A. A., Osadchaya, O. A., et al. (2023). Influence of spray parameters on the quality of pesticide application. *Epidemiology and Infectious Diseases. Current Issues*, 13(3), 215–221.
7. Llorens, J., Gil, E., Llop, J., & Escolà, A. (2010). Variable rate dosing in precision viticulture: Use of electronic devices to improve application efficiency. *Crop Protection*, 29(3), 239–248.
8. Qiu, W., Zhang, Y., Zhou, X., & Li, J. (2015). Design and evaluation of a variable-rate spraying system based on prescription map. *Computers and Electronics in Agriculture*, 116, 1–10.
9. Tang, Y., Li, M., Wang, B., et al. (2020). Sensor-based intelligent spraying systems in agriculture: A review. *Sensors*, 20(7), 1–23.
10. Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture. *Precision Agriculture*, 13(6), 693–712.

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF MODERN SPRAYERS UNDER AGRICULTURAL CONDITIONS

Matanat Sadikhova
Ganja State University

Summary

The article examines the structural and technological features of modern sprayer equipment, its development trends, and the impact of applied innovative solutions on the efficiency of the spraying process, environmental safety, and the optimization of pesticide consumption. The influence of improving the working units of various types of sprayers (mounted, trailed, and self-propelled), as well as the implementation of automated control and monitoring systems, satellite navigation, and precision agriculture technologies on treatment uniformity and the reduction of pesticide losses is analyzed. At the same time, the role of air curtain systems, injector-type nozzles, modern boom stabilization systems, and filtration units in increasing the biological effectiveness of plant

protection is evaluated.

The study systematically analyzes the structural and technological characteristics of modern sprayers and scientifically substantiates the impact of automated control systems and GPS-based variable rate application systems on the efficiency of the spraying process. For the first time, a comparative assessment of various spraying technologies (air curtain systems, injector-type nozzles, and shielded spraying systems) has been conducted in terms of reducing pesticide losses and enhancing environmental safety. The obtained results make it possible to develop new scientific approaches to optimizing the spraying process. The research materials can be used in agricultural enterprises, farming operations, as well as in the preparation of educational and methodological materials in the field of agriculture.

Keywords: spraying equipment, pesticide consumption, application uniformity, environmental safety, automated control systems, GPS navigation, precision agriculture

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Матанат Садыхова
Гянджинский государственный университет

Резюме

В статье исследуются конструктивные и технологические особенности современных опрыскивателей, направления их развития и влияние применяемых инновационных решений на эффективность процесса опрыскивания, экологическую безопасность и оптимизацию расхода пестицидов. Анализируется влияние совершенствования рабочих органов опрыскивателей различных типов (навесных, прицепных и самоходных), внедрения автоматизированных систем управления и контроля, спутниковой навигации и технологий точного земледелия на равномерность обработки и снижение потерь пестицидов. Одновременно оценивается роль воздушной завесы, инжекторных распылителей, современных систем стабилизации штанги и фильтрационных устройств в повышении биологической эффективности защиты растений.

В исследовании системно проанализированы конструктивные и технологические особенности современных опрыскивателей, научно обосновано влияние автоматизированных систем управления и GPS-основанных систем дифференцированного внесения на эффективность процесса опрыскивания. Впервые проведена сравнительная оценка различных технологий опрыскивания (воздушная завеса, инжекторные распылители и экранированные системы распыления) с точки зрения снижения потерь пестицидов и повышения экологической безопасности. Полученные результаты позволяют сформировать новые научные подходы к оптимизации процесса опрыскивания. Материалы исследования могут быть использованы в сельскохозяйственных предприятиях, фермерских хозяйствах, а также при подготовке учебных и методических пособий в аграрной сфере.

Ключевые слова: опрыскивающая техника, расход пестицидов, равномерность опрыскивания, экологическая безопасность, автоматизированные системы управления, GPS-навигация, точное земледелие

Daxil oldu:

19.01.2026

Çap edildi:

25.05.2026