

CENTRUM DORADZTWA ROLNICZEGO W BRWINOWIE
ODDZIAŁ W RADOMIU

Włodzimierz Stachura

Nowe technologie w uprawie roślin ogrodniczych

RADOM 2022

Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie
Oddział w Radomiu

ISBN: 978-83-66776-29-6

Projekt okładki, skład: Małgorzata Sieczko

Druk: Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie
Oddział w Radomiu
26-600 Radom, ul. Chorzowska 16/18,
tel. 48 365 69 00, e-mail: radom@cdr.gov.pl,
www.cdr.gov.pl
Nakład: 500 egz.

Spis treści

Lp.		Str.
1)	Procesy zmian	5
2)	Przykłady nowych rozwiązań technologicznych	7
3)	Podsumowanie	20

PROCESY ZMIAN

Wprowadzanie nowych technologii wynika z wielu czynników. Między innymi z braku pracowników chętnych do pracy w rolnictwie, zmieniających się warunków klimatycznych, wzrastającej świadomości konsumentów czy wreszcie problemów ekonomicznych. Rolnictwo tak jak wszystkie gałęzie gospodarki rozwija się wykorzystując coraz to nowsze technologie. Odpowiedź na pytanie dokąd zmierza jest dosyć skomplikowana. Historycznie, rozwój technologii w rolnictwie możemy podzielić na kilka etapów. Każdy z nich podyktowany był koniecznością produkowania coraz większej ilości żywności, a jednocześnie świadomością ograniczeń spowodowanych możliwościami technicznymi.

Pierwszy etap zmian technologicznych w rozwoju rolnictwa, zwany rolnictwem 1.0, to początek XX wieku kiedy zaczęto wprowadzać do rolnictwa maszyny i ciągniki zastępując w najcięższych i najbardziej energochłonnych zajęciach pracę ludzi i zwierząt. Wprowadzenie mechanizacji umożliwiło stopniową redukcję liczby osób zatrudnionych w rolnictwie oraz zwiększenie powierzchni upraw. Dość szybko okazało się, że czynnikiem ograniczającym produkcję jest brak nawozów i środków ochrony roślin.

Drugim etapem, nazywanym niekiedy rewolucją rolniczą, jest tak zwane rolnictwo 2.0 przypadające na lata 50. XX wieku. Ten etap związany jest z pojawieniem się tanich i dostępnych nawozów sztucznych oraz selektywnych pestycydów. Czynniki te, łącznie z rozwojem biotechnologii i pojawieniem się nowych odmian, pozwoliły na skokowy wzrost plonów przy stosunkowo niskich nakładach oraz wzrost powierzchni gospodarstw. Dość szybko okazało się, że sama mechanizacja, używanie coraz większej ilości nawozów i środków ochrony roślin, ma swoje granice. Jednocześnie coraz częściej podnosiły się opinie, że prowadzi to do gromadzenia się pozostałości środków ochrony roślin i nawozów w produktach spożywczych a nadwyżka nawozów spływa do mórz, powodując po drodze eutrofizację zbiorników wodnych i rzek niszcząc bezpowrotnie ekosystemy. Co-

raz bardziej intensywne rolnictwo i związane z tym problemy degradacji środowiska, oraz katastrofalna jakość żywności wygenerowały pytanie: jak produkować, aby zmniejszyć ilość używanych środków produkcji do bezpiecznego poziomu przy zachowaniu wzrostu wydajności.

I tak doszliśmy do kolejnego etapu, rolnictwa 3.0, czyli rolnictwa precyzyjnego. Mniej więcej w tym samym czasie pojawiła się koncepcja rolnictwa zrównoważonego. Rozkwit rolnictwa precyzyjnego nastąpił po roku 2000, kiedy to powszechnie udostępniono sygnał nawigacji satelitarnej GPS. Możliwości rolnictwa precyzyjnego są ogromne. Począwszy od satelitarne-go prowadzenia pojazdów, poprzez tworzenie map plonowania i stosowa-nia zmiennych dawek nawożenia i środków ochrony roślin, powiązanie prób glebowych z monitorowaniem wielkości plonu do możliwości obser-wacji i zmianę parametrów pracy maszyn bez bezpośredniego kontaktu z operatorem. Kolejną możliwością rolnictwa precyzyjnego jest zarządza-nie danymi do wykorzystania zależności pomiędzy ilością wysianego nawo-zu a uzyskanym plonem. Rolnictwo precyzyjne nie traktuje pola jako cało-ści. Dzieląc je na mniejsze obszary pozwala na stworzenie każdej roślinie optymalnego środowiska rozwoju, monitorując jednocześnie koszty. Upraszczając możemy powiedzieć, że rolnictwo precyzyjne minimalizuje nakłady utrzymując wydajność przy wykorzystaniu informacji o procesie produkcyjnym. W efekcie minimalizuje negatywny wpływ produkcji na środowisko. Taki system może zaistnieć dzięki wykorzystaniu nowocze-snych technologii takich jak: GPS (system pozycjonowania), GIS (geogra-ficzne pozycjonowanie przestrzenne), systemy czujników terenowych i zaawansowane programy przetwarzania danych.

Kolejnym etapem rozwoju jest wykorzystanie i szerokie stosowanie syste-mów informatycznych.

Rolnictwo 4.0 to prowadzenie produkcji w gospodarstwie w oparciu o zbieranie, przetwarzanie i wykorzystanie danych wspomagających. Dane zbierane są z wielu gospodarstw i otoczenia związanego z produkcją rolni-czą, natomiast informacja wyjściowa skierowana jest do pojedynczego,

określonego gospodarstwa. Podstawowym celem stosowania rolnictwa 4.0 jest maksymalne wykorzystanie możliwości produkcyjnych, a jednocześnie minimalizowanie kosztów wytwarzania i negatywnego wpływu na środowisko. Rolnictwo 4.0 z modułami nosi nazwę rolnictwa inteligentnego. Wprowadza wymianę informacji jako podstawowy element systemu organizacji produkcji rolniczej. Jedną z wielu korzyści jest możliwość wykorzystania przy podejmowaniu decyzji doświadczeń i wiedzy innych rolników.

Następny etap, przyszłościowy, to rolnictwo 5.0 w którym wykorzystywane będą roboty i sztuczna inteligencja. Perspektywa wcale tak nieodległa. Już obecnie pojawia się coraz więcej autonomicznych robotów do zbioru owoców tak trudnych do zbierania, jak truskawki czy maliny.

PRZYKŁADY NOWYCH ROZWIĄZAŃ TECHNOLOGICZNYCH

Oczywiście nie jestem w stanie odnieść się do nowych rozwiązań technologicznych w ogrodnictwie jako całości ponieważ postęp w tej bardzo obszernej i zróżnicowanej gałęzi produkcji jest ogromny i wymagałby analizy wszystkich kierunków produkcji i większości uprawianych roślin. Chciałbym skupić się na ukazaniu nowych rozwiązań i kierunku zmian, jakie dokonują się w sposobie zbioru owoców i warzyw – w dużej części wymuszonym niedostatkiem możliwości zatrudnienia odpowiedniej liczby pracowników.

Autonomiczne maszyny i roboty funkcjonują w przemyśle od dawna. Stopniowo znajdują zastosowanie również w rolnictwie. Cechuje je posługiwanie się sztuczną inteligencją oraz bardzo wysoki stopień automatyzacji.

Pojawiają się roboty do zbioru jabłek na podwoziu kołowym wyposażone w ramiona z elastycznego przewodu. Zasada działania jest podobna do pracy odkurzacza. Robot wyprodukowany przez amerykańską firmę Abundant Robotics po wykryciu na drzewie dojrzałego jabłka, zasysając, zrywa je. Jabłka rozpoznawane są jako nadające się do zbioru za pomocą analizy

obrazu. Użytkownik robota określa pożądaną poziom dojrzałości owoców i ich barwę oraz ustala kryteria zbioru. Robot porusza się wykorzystując technologie radarową. Posiada niezależne sterowanie czterema kołami, dzięki czemu maszyna może zawrócić na końcu rzędu i wrócić do niego ponownie. Według szacunków robot może uzyskać dostęp od 50% do 90% owoców na drzewie. Aby robot działał, owoce muszą wisieć na zewnętrznej stronie drzew. W rzędzie drzew robot kieruje się sam. Poza rzędami jest sterowany przez operatora za pomocą pilota.



<https://www.therobotreport.com/wp-content/uploads/2021/07/abundant-robotics-shuts-down.jpg>

Zbierający jabłka robot Abundant Robotics

(<https://www.therobotreport.com/abundant-robotics-shuts-down-fruit-harvesting-business/>)

Podobną technologię zbioru owoców, czyli zasysanie, wykorzystuje robot skonstruowany przez australijską firmę Ripe Robotics. Stworzyła ona robota pod nazwą Clive, który zbiera jabłka, śliwy, grusze i pomarańcze. Robot ma około 4 metrów wysokości i 1 metr szerokości oraz regulowaną długość ramienia, dzięki czemu może pracować w rzędach 2-5 metrów przy średnicy drzewka do 3 metrów. Został wyposażony w czujniki i kamery, które analizują obraz podczas poruszania się maszyny w rzędzie drzew i decydują czy owoc powinien być zerwany. Napęd pojazdu jest elektryczny.



https://uploads-ssl.webflow.com/614c52409d882814fc91c0d7/62b2653ce2866c4af59a2259_EveMk5CloseSML-p-1080.jpeg

Robot skonstruowany przez australijską firmę Ripe Robotics
(<https://www.riperobotics.com>)

Kolejnym robotem do zbioru jabłek jest izraelska konstrukcja pod nazwą Fresh Fruit Robotic Harvester, w skrócie FF Robotics. Robot ten zbiera około 80% plonu a problemem w zbiorze jest tradycyjnie dostęp do owoców. Posiada 12 ramion roboczych po 6 z każdej strony. Ramiona te zrywają owoce przy pomocy trzech palców, przekraczając nimi. Zerwane owoce kierowane są do skrzyniopalety.



<https://www.goodfruit.com/wp-content/uploads/fffRoboticsHarvest-28979tj-1.jpg>
<https://www.goodfruit.com/harvest-headway-video/>

Robot jest samojezdny, może pracować całą dobę (również w nocy). Sterowany jest przez operatora. Został wyposażony w zaawansowaną technologię przetwarzania obrazu i własny system operacyjny. Docelowo konstruktorzy chcą, aby rozpoznawał uszkodzone owoce. Zakłada się, że jego wydajność dziesięciokrotnie przekracza możliwości człowieka.



<https://www.goodfruit.com/wp-content/uploads/fffRoboticsHarvest-28919tj-2.jpg>
<https://www.goodfruit.com/harvest-headway-video/>

Pomysł innej izraelskiej firmy Tevel Aerobotics Technologies to połączenie ruchomej, samojezdnej platformy która jest źródłem zasilania dla sześciu połączonych z nią dronów. Drony zbierają owoce przy pomocy ramion-chwyteków. O wyborze właściwych owoców decydują kamery z systemem analizy obrazu.



<https://www.tevel-tech.com/wp-content/uploads/2022/10/Tevel-Aerobotics-FAR-1-1-1024x768.jpg>

<https://www.tevel-tech.com>

Ponadto, wykorzystując kody QR, drony rozpoznają pojemniki do których składają owoce. Całość obsługiwana jest poprzez platformę Tavel do której drony przesyłają dane. Dane te są dostępne w aplikacji wgrywanej do smartfona.



<https://www.tevel-tech.com/wp-content/uploads/2022/11/IPHONE-1024x580.png>. <https://www.tevel-tech.com>

Słowenia również może się poszczycić prototypem maszyny do zbioru jabłek o nazwie Slopehelper. Jest to autonomiczny pojazd z silnikiem elektrycznym. Dodatkowo ma to być urządzenie wielozadaniowe wykonujące koszenie, cięcie, nawożenie i opryskiwanie roślin.



<https://slopehelper.com/storage/Slopehelper/SH.png>
<https://slopehelper.com/how-it-works>

We współpracy z amerykańską firmą Fieldwork Robotics w Wielkiej Brytanii opracowano autonomiczny kombajn do zbioru malin w tunelach. O jakości zbioru jakie gwarantują te urządzenia może świadczyć fakt, że zebrane owoce trafiły wprost do supermarketów. Roboty, których opracowanie kosztowało 2 miliony funtów, mają po 1,8 metra wysokości. Każdy posiada cztery plastikowe ramiona, które zbierają maliny jednocześnie.



<https://wp-frontier-2020.s3.eu-west-2.amazonaws.com/media/2020/04/FWR-Robot-2021-1024x683.jpg>

<https://www.frontierip.co.uk/portfolio/fieldwork-robotics-limited/>

Największym problemem przy tak wrażliwych owocach było oczywiście ustalenie nacisku umożliwiającego zebranie owocu bez jego uszkodzenia. Jednocześnie zawansowanie czujników pozwala na ocenę gotowości owoców do zbioru. Docelowo planuje się, że robot będzie w stanie zebrać 25 000 malin dziennie (człowiek zbiera 15 000 w ciągu 8 godzin). Robot porusza się na platformie wzdłuż rzędów roślin. Do rozpoznawania owoców wykorzystano konwencjonalny aparat optyczny (zazwyczaj jest to kamera 3D) ponieważ czerwony owoc wyróżnia się na tle zielonych liści i brązowych pędów. Niestety, proces identyfikacji dojrzałości trwa ok 15

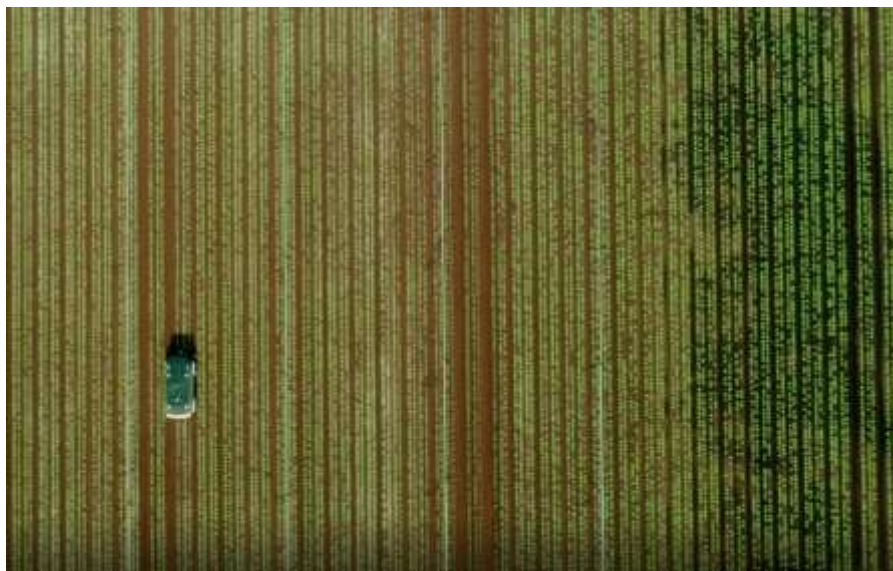
sekund. Człowiekowi zajmuje to zaledwie kilka. Jednak robot posiada cztery ramiona i może pracować do 20 godzin. Jeden operator może kontrolować kilka urządzeń. Po przejściu robota konieczne są poprawki wykonywane przez ludzi. Spółka Fieldwork Robotics ma zamiar opracować robota do zbioru kalafiorów we współpracy z Bonduelle Group, jednym z czołowych światowych producentów warzyw.

Robotyzacja wkracza również do zwalczania chwastów – bardzo pracochłonnego elementu technologii produkcji przy zwalczaniu mechanicznym, a przy chemicznym wyjątkowo negatywnie oddziałującego na środowisko. Firma Earth Rover wyprodukowała robota o nazwie Claws. Wykorzystuje on pulsacyjne skoncentrowane światło do niszczenia chwastów. W porównaniu do światła laserowego o fali ciągłej laser pulsacyjny jest bardziej bezpieczny, bardziej niezawodny i tańszy. Robot wykorzystuje specjalną kamerę do wyszukiwania i identyfikacji chwastów.



<https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/5f5a3cd18ba19675aefb12c/91b68c5b-c2d4-40de-9013-81506de5c90a/CLAWS+Weeding.jpg?format=1000w>
<https://www.earthrover.farm>

Kanadyjska firma Nexus Robotics wyprodukowała prototyp robota Nexus La Chevre. Wyrzywa on chwasty za pomocą trzech ramion. Według producenta cęgi bardzo precyzyjnie chwytają tylko chwasty, nie uszkodzając przy tym roślin uprawnych nawet jeśli rosną one blisko siebie. System wykorzystuje kamery i sieć neuronową do odróżniania chwastów od roślin uprawnych. La Chevre można stosować w uprawach sałaty, cebuli i marchwi. Podczas pracy robot zbiera również cenne dane, które rolnik może wykorzystać do dalszych działań agronomicznych. System kamer wykrywa na przykład choroby i szkodniki. Robot ten nie jest jeszcze dostępny w Europie.



<https://nexusrobotics.ca>

Holenderska firma Pixelfarm Robotics opracowała zasilany energią słoneczną robot do mechanicznego zwalczania chwastów. Za pomocą kamer 3D Robot One rozpoznaje rośliny. Ramiona robocze maszyny mają możliwość indywidualnej regulacji, dzięki czemu w jednym przejeździe może ona pracować w różnych roślinach i wykorzystywać zróżnicowany osprzęt. Próby robota prowadzone były w uprawach warzyw, zielonej fasoli i łubinu.



<https://pixelfarmingrobotics.com>

Truskawki – to kolejna uprawa gdzie zbiory mogą stanowić trudne zadanie dla wprowadzenia automatyzacji. Agrobot SW 6010 jest kombajnem wyprodukowanym w Hiszpanii. Maszynę wyposażono w zestaw roboczych ramion, których ruchami zarządza system AGB® analizujący owoce jeden po drugim. System steruje precyzyjnymi ruchami cięcia gwarantując dokładność i delikatność w obróbce truskawek. Jest to możliwe dzięki czujnikowi optycznemu AGvision®, systemowi sztucznego widzenia, który wdraża w czasie rzeczywistym protokół analizy morfologicznej i kolorystycznej w celu identyfikacji i selekcji owoców na podstawie wielkości, jakości zewnętrznej i stopnia dojrzałości zgodnie ze standardami jakości wcześniej ustalonymi przez rolnika. Ramiona robota kończą się rodzajem wyściętą gumą kosza z cienkimi okrągłymi płytkami służącymi jako brzojki do usuwania owoców z szypułek. Po zerwaniu truskawki są umieszczane na przenośniku taśmowym i w higieniczny sposób przenoszone do obszaru

pakowania składającego się z dwóch ergonomicznych stanowisk roboczych, na których operatorzy mogą od razu wybrać i zapakować owoce. Napęd na wszystkie koła SW 6010 jest wyposażony w silniki o wysokiej wydajności i niskim zużyciu paliwa. Są to dwucylindrowe silniki Lombardini Diesel 28,5 KM (1248 cm³) izolowane w celu zmniejszenia hałasu i wibracji. ATCross to rewolucyjny system nawigacji, który integruje naprowadzanie i automatyczny system operacyjny (AGM) zapewniając w pełni niezależną kontrolę nad głównymi funkcjami kombajnu.



https://www.sadyogrody.pl/agrotechnika/103/automatyczny_zbior_truskawek_je_st_mozliwy_jakie_sa_tehnologie,30903.html

Autonomiczną maszynę do zbioru truskawek zaproponowała brytyjska firma Dogtooth Technologies specjalizująca się w projektowaniu inteligentnych robotów. Robot ma zastosowanie w uprawach stołowych. Maszyna składa się z platformy na podwoziu gąsienicowym z którą zintegrowano ramię (ramiona) robocze. Robot wykorzystuje algorytmy widzenia maszynowego i planowania ruchu do rozpoznawania i lokalizowania dojrzałych owoców, które mają zostać zerwane. W celu identyfikacji owoców zastosowano kilka kamer, które poruszają się w górę w dół, aby uzyskać szczegółowy widok uprawy. Do poruszania się w tunelu foliowym stosuje się nawigację GPS.



https://www.sadyogrody.pl/agrotechnika/103/automatyczny_zbior_truskawek_je_st_mozliwy_jakie_sa_tehnologie,30903.html

Amerykańska firma Harvest CROO (Computerized Robotic Optimized Obtainer) Robotics opracowała autonomiczną maszynę do zbioru truskawek w gruncie. Producent deklaruje, że zastąpi ona pracę 30 osób.



https://www.sadyogrody.pl/agrotechnika/103/automatyczny_zbior_truskawek_je_st_mozliwy_jakie_sa_tehnologie,30903.html

Robot Octinion został zaprojektowany i zbudowany przez belgijską firmę inżynierską Octinion. Korzystając z inteligentnych algorytmów widzenia maszynowego i dłoni wydrukowanej w 3D, jest w stanie ustalić, kiedy dana truskawka jest dojrzała do zerwania, a następnie oderwać ją od łodygi nie powodując żadnych szkód. W pełni autonomiczny robot do zbierania truskawek w pomieszczeniach zamkniętych firmy Octinion jest w stanie zbierać truskawki bez ich obijania. Robot wykorzystuje kamery 3D do wykrywania dojrzałych truskawek. Aby uniknąć uszkodzenia truskawek wyposażony jest w miękkie w dotyku chwytaki. Maszyna jest w stanie zbierać jedną truskawkę co 3 sekundy.



https://www.sadyogrody.pl/agrotechnika/103/automatyczny_zbior_truskawek_je_st_mozliwy_jakie_sa_tehnologie,30903.html

Robotyzacja wkracza też do zabiegów chemicznych takich jak opryski. Autonomiczne opryskiwacze produkowane przez amerykańską firmę GUSS Automation napędzane są silnikami diesla, wyposażone w cztery skrętne koła, a obudowa wykonana ze stali nierdzewnej. Opryskiwacze te wykorzystują technologię LIDAR do jazdy w rzędach (pod względem technicznym LIDAR to metoda teledetekcji, która wykorzystuje światło w postaci impulsowego lasera do pomiaru odległości od obiektu). Impulsy świetlne oraz GPS w połączeniu z innymi danymi zarejestrowanymi przez system generują precyzyjne, trójwymiarowe informacje o badanym kształcie.



<https://gussag.com>

PODSUMOWANIE

Prezentowane przykłady to tylko niewielka część robotów które już funkcjonują w produkcji ogrodniczej. Nie ma znaczenia czy są to prototypy, czy maszyny produkowane seryjnie i już pracujące w wielu gospodarstwach. Istotne jest to, jakie kierunki wyznaczają, jak wpłynię to na technologię produkcji roślin do zbioru i pielęgnacji których będą używane. Czy wymusi to na hodowli roślin nowe odmiany, a na przemyśle inne formułacje nawozów i środków ochrony roślin, czy wreszcie wytworzy nowy typ rolnika i pracownika rolnego umiającego obsługiwać skomplikowane maszyny? Być może wymusi to konieczność korzystania przez plantatorów z usług wyspecjalizowanych firm świadczących usługi z wykorzystaniem zaawansowanego sprzętu. Następane pytania dotyczą ekonomicznej i ekologicznej strony takiego postępu technologicznego. Aby zastosowanie robota dało się ekonomicznie wytłumaczyć konieczna będzie jeszcze większa koncentracja upraw, co niesie określone konsekwencje społeczne i środowiskowe. Z dotychczasowych doświadczeń jednoznacznie wynika, że prawie zawsze są to konsekwencje negatywne. Paradoksalnie postęp technologiczny z jednej strony likwiduje lub minimalizuje pewne problemy generując inne – często nieprzewidywalne w momencie wprowadzania i trudne do oceny co do skutków i skali. Jednocześnie historia pokazuje, że od postępu technologicznego nie da się uciec. Jest on nieodłącznym elementem rozwoju cywilizacji. Robotyzacja pogłębia niestety proces dehumanizacji produkcji ogrodniczej. Miejmy nadzieję, że czasy, kiedy o ogrodnictwie można było powiedzieć, że jest sztuką, nie minęły bezpowrotnie. W dalszym ciągu o wszystkim decyduje człowiek, wyposażony jedynie w inne narzędzia.