

## OPTICAL METHOD FOR MEASURING THE DEGREE OF POTATO BULBS COVERAGE BY LIQUID DRESSING

### Summary

*The paper presents the results of laboratory tests of repeatability counting, degree of coverage of potato seed by dressing which were carried out at designed and built by the Poznan University of Technology prototype test stand. The study of spherical objects, whose surface was coated in respectively 25, 50, 100% of the area. Data obtained from the measurements can be used to further optimization of the construction of test stand and the appointment of empirical correction factors.*

**Key words:** potatoes, seed potato dressing, optical methods, test stand, laboratory experimentation

## OPTYCZNA METODA POMIARU STOPNIA POKRYCIA BULW ZIEMNIAKA PŁYNNYM PREPARATEM DO ZAPRAWIANIA

### Streszczenie

*Zaprezentowano wyniki badań laboratoryjnych: powtarzalności zliczania, stopnia pokrycia sadzeniaka zaprawą przez zaprojektowane i wykonane w Politechnice Poznańskiej prototypowe stanowisko badawcze. Przeprowadzono badania na obiektach kulistych i płaskich, na które naniesiono farbę pokrywającą, odpowiednio 25, 50, 100% powierzchni. Dane uzyskane z pomiarów mogą być wykorzystane do dalszej optymalizacji konstrukcji stanowiska oraz przy wyznaczeniu empirycznych współczynników poprawkowych.*

**Słowa kluczowe:** ziemniaki, zaprawianie sadzeniaków ziemniaka, metody optyczne, stanowisko badawcze, badania laboratoryjne

### 1. Wprowadzenie

Wraz z rozwojem techniki [1], powstał nowy trend ochrony bulw sadzeniaka ziemniaka we wczesnym stadium wegetacji, polegający na nanoszeniu substancji czynnej na powierzchnię sadzeniaka. Metoda ta pozwala na ochronę roślin przy jednoczesnym zmniejszeniu nakładów na środki ochrony roślin, stosowane w postaci oprysku na nadziemną część rośliny. Efektem stosowania metody zaprawiania jest zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska przez rolnictwo. Zaprawianie polega na pokryciu powierzchni bulwy sadzeniaka warstwą zawiesiny, która chroni roślinę w początkowym okresie rozwoju przed szkodnikami i chorobami. Badania prowadzone w Zakładzie IHAR w Boninie dowodzą skuteczności działania zaprawy, ograniczającej straty o 20% [2]. Ponadto, w znacznym stopniu ogranicza to ilość środków ochrony roślin, stosowanych w postaci oprysków wykonywanych podczas wegetacji na nadziemne części rośliny. Metoda zaprawiania wymaga stosowania specjalnych urządzeń, które będą nanosić substancję czynną na powierzchnię bulwy ziemniaka. Początkowo proces zaprawiania wykonywano za pomocą substancji w postaci proszku [3]. Pylenie środka czynnego oraz duża pracochłonność przyczyniły się do zaprzestania tej metody. Wraz z rozwojem zapraw i techniki proces wyewoluował na zaprawianie na mokro. Pierwszymi konstrukcjami były stacjonarne urządzenia zaprawiające, nanoszące zaprawę w postaci zawiesiny [3]. Najnowsze urządzenia są montowane na sadzarkach i zaprawiają ziemniaki bezpośrednio podczas sadzenia. Odbywa się to poprzez nanoszenie zaprawy w postaci piany, jak np.: zaprawiarka pianowa [3] lub poprzez opryskanie powierzchni bulwy ziemniaka, jak np.: zaprawiarka APORO. Maszyny dokonują zaprawiania opryskując spadający sadzeniak w locie, zaprawiarka GRIMME

[3]. W literaturze brak jest wyników badania tego rodzaju urządzeń, jak również danych pozwalających na ich optymalne zaprojektowanie.

### 2. Problem badawczy

Metoda zaprawiania bulw ziemniaka jest złożonym procesem, którego głównym wymaganiem jest równomierne pokrycie powierzchni sadzeniaka środkiem chemicznym. Tak powstająca bariera zapobiega przedostawaniu się patogenów do wnętrza sadzeniaka, likwidując zagrożenie już na powierzchni bulwy. Najnowsze urządzenia zaprawiają spadające sadzeniaki z zespołu wysadzającego do gleby, poprzez opryskanie ich w locie. Proces ten jest złożony i wymaga doboru wielu parametrów.

W ramach niniejszego opracowania postanowiono poszukiwać odpowiedzi na następujące pytanie. Jaka metoda oraz jaka ciecz pozwoli na dokładną ocenę stopnia pokrycia bulwy ziemniaka zaprawionego w locie? Jakkolwiek zagadnienie to może być przedmiotem rozważań teoretycznych i modelowania matematycznego, niezbędne jest zgromadzenie pewnej ilości danych empirycznych, pozwalających budować modele i je weryfikować. Informacje takie są niezbędne do prawidłowego konstruowania układów zaprawiania montowanych na sadzarkach do ziemniaków.

### 3. Materiał i metody badań

W celu uzyskania odpowiedzi na postawione pytanie opracowano własny wariant fotogrametrycznej metody pomiaru stopnia pokrycia ziemniaka preparatem opryskowym oraz zbudowano dwa stanowiska laboratoryjne:

1. Stanowisko do zaprawiania ziemniaków, umożliwiające zmianę parametrów takich jak: liczba rozpylaczy, rodzaj

rozpylaczy, wysokość ciśnienia cieczy roboczej, odległość rozpylacza od toru spadania sadzeniaka oraz wysokość, z jakiej spada sadzeniak.

2. Stanowisko do fotografowania opryskanych ziemniaków.

### Ciecz robocza

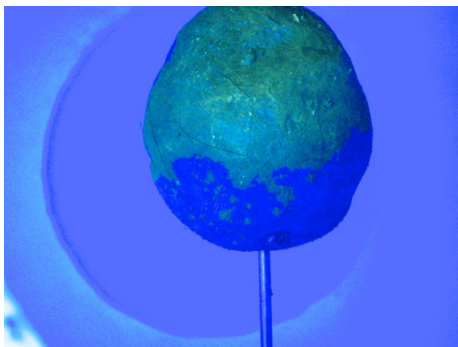
W ramach poszukiwań odpowiedniej cieczy roboczej, której głównymi parametrami i cechami są:

- lepkość zbliżona do lepkości zaprawy powstającej w wyniku mieszania substancji czynnej i wody,
- gęstość zbliżona do gęstości zaprawy,
- zapewnienie dużego kontrastu,
- nietoksyczność (z uwagi na obecność personelu badawczego), przeprowadzono kilka prób z różnymi środkami i w różnym oświetleniu, tworząc następujące kombinacje:

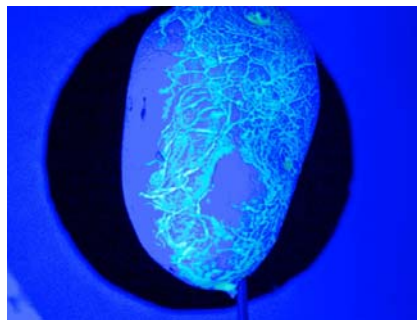
- ziemniak pomalowany białą farbą emulsyjną, opryskany atramentem, zdjęcie w świetle halogenowym (rys. 1),
- ziemniak z naturalną skórką, opryskany olejem z klimatyzacji samochodowej z dodatkiem barwnika UV, zdjęcie w świetle UV (rys. 2),
- ziemniak pomalowany białą farbą emulsyjną, opryskany farbą fluorescencyjną, zdjęcie w świetle UV (rys. 3),
- ziemniak z naturalną skórką, opryskany farbą fluorescencyjną, zdjęcie w świetle UV (rys. 4),
- ziemniak pomalowany białą farbą emulsyjną, opryskany kontrastem UV w klimatyzacji, zdjęcie w świetle halogenowym (rys. 5),
- ziemniak pomalowany białą farbą emulsyjną, opryskany kontrastem UV wykorzystywanym w klimatyzacji, zdjęcie w świetle UV (rys. 6),
- ziemniak z naturalną skórką, opryskany farbą kredową, zdjęcie w świetle halogenowym (rys. 7).



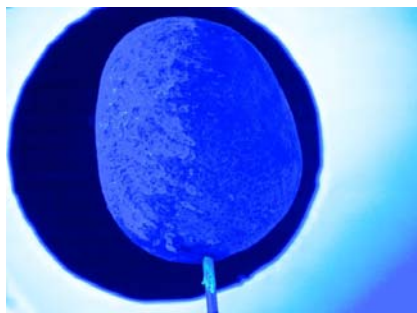
Rys. 1. Ziemniaki pomalowane białą farbą emulsyjną  
Fig. 1. Potatoes painted with white emulsion-color



Rys. 2. Ziemniak z naturalną skórką, opryskany zużytym olejem z systemu klimatyzacji samochodowej z dodatkiem barwnika UV, zdjęcie z świetle UV  
Fig. 2. Potato with a natural skin, sprayed by waste oil from car air conditioning system with UV dye, photo with UV light



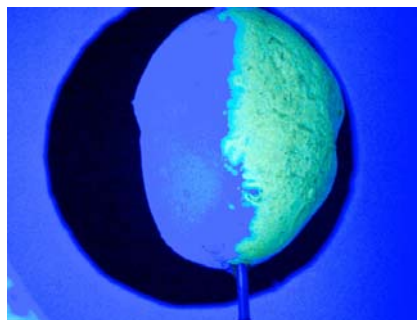
Rys. 3. Ziemniak ze skórką pomalowaną białą farbą emulsyjną, opryskany farbą fluorescencyjną, zdjęcie w świetle UV  
Fig. 3. Potato skin painted with white emulsion-color, sprayed with fluorescent light paint, image under UV light



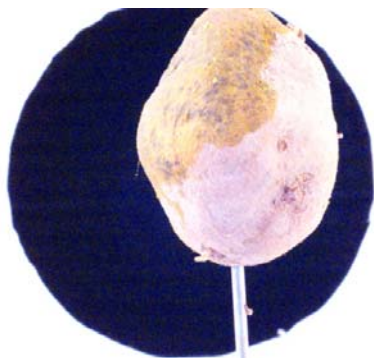
Rys. 4. Ziemniak z naturalną skórką, opryskany farbą fluorescencyjną, zdjęcie w świetle UV  
Fig. 4. Natural potato skin, sprayed with fluorescent paint, photo under UV light



Rys. 5. Ziemniak pomalowany białą farbą emulsyjną, opryskany kontrastem z klimatyzacji samochodowej, zdjęcie w świetle halogenowym  
Fig. 5. Potatoes painted with white emulsion-color, sprayed with car air conditioning contrast, the picture in the halogen light



Rys. 6. Ziemniak ze skórką pomalowaną białą farbą emulsyjną, opryskany kontrastem UV wykorzystywanym w klimatyzacjach samochodowych, zdjęcie w świetle UV  
Fig. 6. Potato with skin painted with white emulsion-color, sprayed with UV contrast used in car conventional air conditioning, photo in UV light



Rys. 7. Ziemniak z naturalną skórką, opryskany farbą kredową, zdjęcie w świetle halogenowym

Fig. 7. Potato with a natural skin, spattered with paint chalk, image in the halogen light

Ostatecznie do eksperymentu wybrano atrament i ziemniak pomalowany białą farbą emulsyjną, a zdjęcie wykonano w świetle halogenowym. Wybrana konfiguracja dała oczekiwany kontrast pomiędzy skórką ziemniaka a substancją zastępującą zaprawę. Dla innych konfiguracji zauważono następujące problemy: farba kredowa nie była najlepszą substancją z uwagi na dużą gęstość i słabe właściwości przyczepiania do powierzchni sadzeniaka; farba UV była widoczna wyłącznie w świetle UV i odznaczała się słabym oraz nierównomiernym pokryciem powierzchni bulwy ziemniaka, a w zagłębieniach skórki warstwa farby była grubsza; kontrast UV wykorzystywany w klimatyzacjach odznaczał się bardzo dobrym pokryciem powierzchni sadzeniaka, jednak kontrast pomiędzy barwą skórki sadzeniaka a farbą był zbyt mały.

#### Stanowisko badawcze

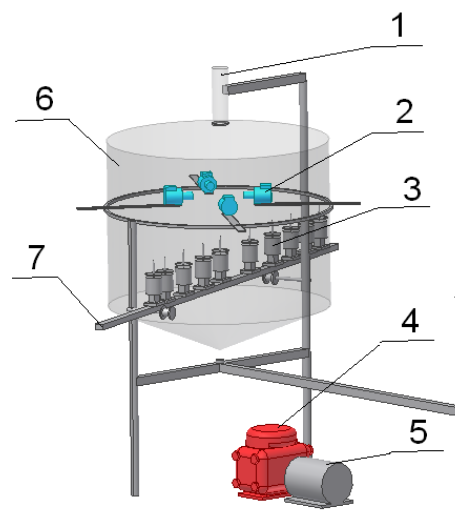
Nanoszenie środka chemicznego na powierzchnię bulwy sadzeniaka nastąpiło przez opryskanie spadającego sadzeniaka. Substancją roboczą był roztwór wodny o ciemno niebieskim zabarwieniu, tworząc duży kontrast z białą barwą skórki sadzeniaka. Jasną barwę uzyskano przez pomalowanie powierzchni sadzeniaka białą farbą emulsyjną, a ciecz robocza wystarczająco symulowała zaprawę zachowując jej właściwości fizyczne. Opryskany sadzeniak nabija się na specjalny uchwyt, na którym przeniesiony był na stanowisko do fotografowania. Stanowisko to zapewniało równomiernie rozproszone, standardowe, sztuczne oświetlenie obiektu oraz jego dokładne orientowanie względem osi optycznej kamery. Pozwalało na sfotografowanie zaprawionego sadzeniaka z 8 kierunków dając pełen obraz powierzchni sadzeniaka. Otrzymane zdjęcia przetwarzają się z formatu RAW na BMP za pomocą programu graficznego do obróbki zdjęć. Tak zapisane zdjęcia zostały wczytane do specjalnego programu, który oblicza stopień pokrycia powierzchni bulwy ziemniaka. Program dokonuje rozróżnienia pikseli na podstawie parametru Z:

$$Z = \frac{(R - B)}{(R + B + G)},$$

gdzie: RGB są wartościami jasności w trzech podstawowych kanałach barwnych systemu RGB,

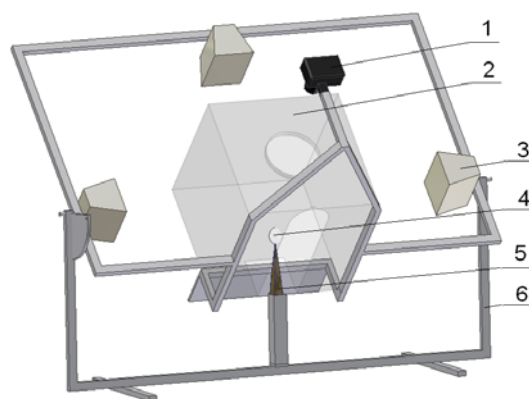
Piksele dzieli się na trzy grupy: tło, powierzchnia zaprawiona i powierzchnia niezaprawiona. Ziemniaki fotografowano na czarnym tle, z którego łatwo je wyodrębnić. Stopień pokrycia zdefiniowano jako stosunek powierzchni (liczby pikseli) pokrytej cieczą opryskową do całkowitej powierzchni obrazu ziemniaka. Badania przeprowadzono

na stanowisku badawczym przedstawionym na rys. 8 i 9, specjalnie skonstruowanym na potrzeby tych badań.



Rys. 8. Schemat stanowiska do nanoszenia zaprawy na bulwy sadzeniaka; 1 - rura do ukierunkowania spadania ziemniaka, 2 - rozpylacz z oprawą, 3 - szpikulce do nabijania ziemniaka, 4 - pompa przeponowa z zaworem ciśnieniowym, 5 - silnik elektryczny, 6 - miska do zbierania nadmiaru zaprawy, 7 - listwa nośna szpikulca

Fig. 8. Schematic stand for applying a dressing to seed potato. 1 - tube for directing the fall of potato, 2 - spray in a socket, 3 - skewer for stuffing potato, 4 - diaphragm pump with a pressure valve, 5 - electric engine, 6 - bowl to collect the excess of dressing, 7 - bearing spike strip



Rys. 9. Schemat stanowiska do wykonywania zdjęć: 1 - cyfrowy aparat fotograficzny, 2 - namiot rozpraszający światło, 3 - lampa, 4 - fotografowany ziemniak, 5 - silnik krokowy, 6 - rama nośna

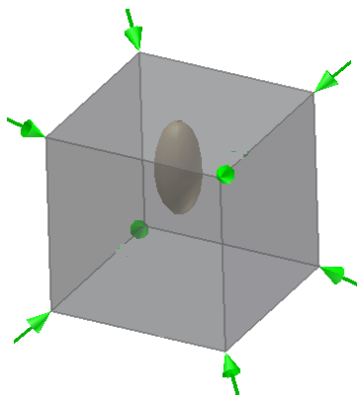
Fig. 9. Schematic view of photographic stand: 1 - digital camera, 2 - tent scattering a light, 3 - lamp, 4 - photographed potato, 5 - stepper motor, 6 - carrying frame

Pierwszym etapem badań było pokrycie powierzchni bulwy ziemniaka zaprawą. Dokonano tego na pierwszym module stanowiska badawczego przedstawionym na rys. 8. Podczas zaprawiania ziemniak nakierowany przez rurę (1), spadając zostaje opryskany przez rozpylacz (2) roztworem roboczym. Po procesie nanoszenia cieczy roboczej ziemniaki zostają nabite na szpikulce (3) umieszczone symetrycznie na listwie (7). Listwa ta została tak zaprojektowana, aby pozwalała na cykliczne nabijanie 10 szt. ziemniaków. Innymi elementami stanowiska są: pompa tłokowo-przeponowa (4) o wydajności 20 l/min, silnik elektryczny

(5) o mocy 0,75 kW oraz miska (6), której zadaniem jest zbieranie nadmiaru zaprawy.

Po naniesieniu zaprawy ziemniaki przenoszone są do drugiego modułu stanowiska badawczego przedstawionego na rys. 9. Szpikulec z ziemniakiem przed sfotografowaniem jest montowany na silniku krokowym (5). Silnik ten sterowany programem obraca ziemniaka o 90°. Po każdym obrocie wykonuje się zdjęcie cyfrowym aparatem fotograficznym Nikon D3000 w formacie RAW, aby uniknąć błędu spowodowanego kompresją stratną. Oś obiektywu aparatu jest ustawiona pod kątem 45° w stosunku do osi obrotu ziemniaka. Kąt, pod jakim zrobiono zdjęcia i kąt obrotu silnika krokowego pozwoliły na sfotografowanie zaprawionego ziemniaka z 8 kierunków (rys. 10), w efekcie dla każdego ziemniaka wykonano 8 zdjęć.

Po sfotografowaniu, zapisane zdjęcia zostały przekonwertowane do formatu JPG, a następnie za pomocą programu graficznego *Paint.Net* sformatowane do rozmiaru 800x800 pikseli. Wygląd fotografii ziemniaka po tej obróbce przedstawiono na rys. 11. Tak poprzycinane zdjęcia zapisano jako mapy bitowe w formacie BMP. Ostatecznie otrzymane zdjęcia zostały wczytane do programu *POKRYCIE*, za pomocą którego oceniono stopień pokrycia bulw ziemniaka zaprawą. Program *POKRYCIE* został napisany w środowisku *RAD Delphi Embarcadero 2010* na potrzeby badań związanych z tym tematem. Program ten, biorąc za kryterium parametr Z, dokonuje klasyfikacji pikseli obrazu na zabarwione i niezabarwione, zlicza piksele z każdej grupy i oblicza stopień pokrycia jako stosunek liczby pikseli zabarwionych do całkowitej liczby pikseli należących do obrazu ziemniaka. Wyniki obliczeń są obrazowane na mapie bitowej.

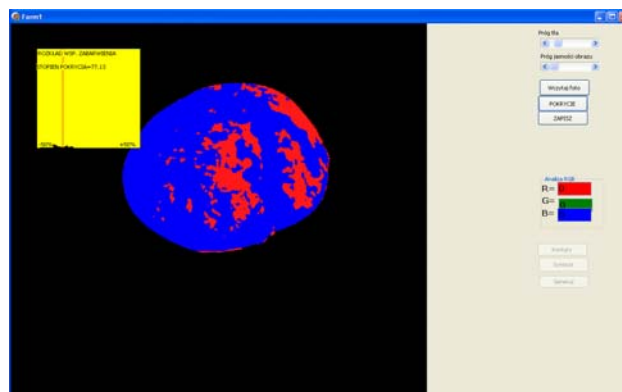


Rys. 10. Schemat obrazujący kierunki fotografowania  
Fig. 10. Diagram showing the directions of photographing



Rys. 11. Sfotografowany ziemniak po obróbce w programie graficznym *Paint-Net*  
Fig. 11. View of potato bulb after treatment in a graphics program *Paint-Net*

Na rys. 12 przedstawiono zdjęcie z wynikami obliczeń programu *POKRYCIE*.



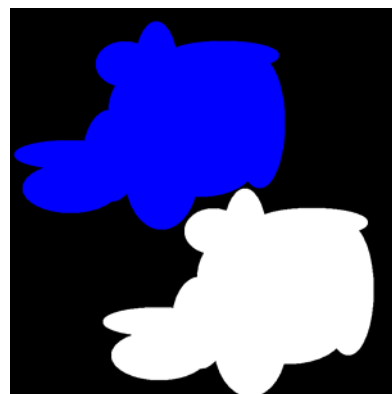
Rys. 12. Widok okna programu *POKRYCIE* po analizie stopnia pokrycia zaprawą  
Fig. 12. Screen shot after picture analysis by the program *POKRYCIE*

#### 4. Weryfikacja metody

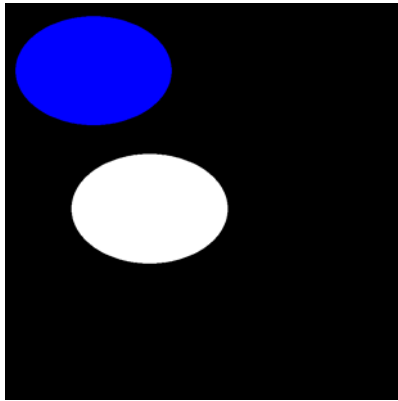
W celu sprawdzenia poprawności metody przeprowadzono eksperyment. Pierwszym etapem było sprawdzenie działania programu do oceny pokrycia powierzchni. W tym celu utworzono cztery obrazy w programie *PaintNet*, gdzie na czarnym tle narysowano dwa identyczne obiekty w różnych kolorach. Niebieska barwa obrazuje powierzchnię pokrytą, a biała niepokrytą (rys. 13-16). Suma ich to powierzchnia obiektu, na którym obliczamy stopień pokrycia. Według założeń powinien on wynosić 50%. Na końcu obrazy zostały wczytane do programu *POKRYCIE*, a otrzymane wyniki przedstawiono w tab. 1.



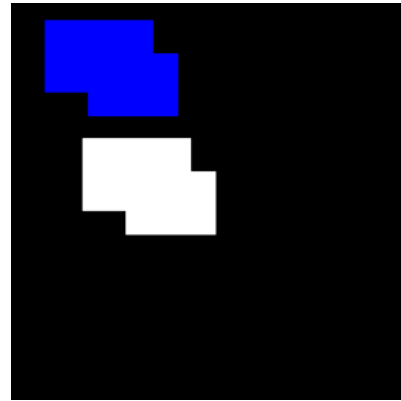
Rys. 13. Widok pierwszego obrazu do sprawdzenia programu  
Fig. 13. View the first picture to verify the program



Rys. 14. Widok trzeciego obrazu do sprawdzenia programu  
Fig. 14. View of the third image to verify the program



Rys. 15. Widok drugiego obrazu do sprawdzenia programu  
 Fig. 15. View of the second image to verify the program



Rys. 16. Widok czwartego obrazu do sprawdzenia programu  
 Fig. 16. View of the fourth image to verify the program



Rys. 17. Widok okna programu POKRYCIE po analizie stopnia pokrycia obrazu pokrytego w 50%  
 Fig. 17. View of the program COVERAGE after analyzing an image coverage degree, covered in 50%

Tab. 1. Wyniki badań pokrycia powierzchni płaskiej dla 4 różnych obrazów  
 Table 1. The results of coverage of a flat surface for four different images

Lp.	Rzeczywiste pokrycie powierzchni			
	50% pokrycia pierwszy obraz	50% pokrycia drugi obraz	50% pokrycia trzeci obraz	50% pokrycia czwarty obraz
1	50,54	50,27	50,73	50,88
2	50,54	50,27	50,73	50,88
3	50,54	50,27	50,73	50,88
4	50,54	50,27	50,73	50,88
...	...	...	...	...
45	50,54	50,27	50,73	50,88
46	50,54	50,27	50,73	50,88
47	50,54	50,27	50,73	50,88
48	50,54	50,27	50,73	50,88
49	50,54	50,27	50,73	50,88
50	50,54	50,27	50,73	50,88
51	50,54	50,27	50,73	50,88
52	50,54	50,27	50,73	50,88
53	50,54	50,27	50,73	50,88
54	50,54	50,27	50,73	50,88
55	50,54	50,27	50,73	50,88
56	50,54	50,27	50,73	50,88
57	50,54	50,27	50,73	50,88
58	50,54	50,27	50,73	50,88
59	50,54	50,27	50,73	50,88
60	50,54	50,27	50,73	50,88
61	50,54	50,27	50,73	50,88
62	50,54	50,27	50,73	50,88
63	50,54	50,27	50,73	50,88
64	50,54	50,27	50,73	50,88
<b>średnia</b>	<b>50,54</b>	<b>50,27</b>	<b>50,73</b>	<b>20,88</b>

Kolejnym etapem było sprawdzenie metody na obiekcie rzeczywistym 3D. Materiałem, jaki wykorzystano, były idealnie kuliste piłeczki do tenisa stołowego, pomalowane niebieską farbą emulsyjną, odpowiednio: 25, 50, 100% powierzchni. Tak przygotowane piłeczki zostały sfotografowane (rys. 18) i otrzymane zdjęcia przetworzone w programie graficznym (rys. 19). Ostatecznie otrzymane fotografie wczytano do programu POKRYCIE i uzyskano wyniki przedstawione w tab. 2.

## 5. Podsumowanie

Na podstawie uzyskanych wyników dla piłek do tenisa stołowego można stwierdzić, że przedstawiona metoda



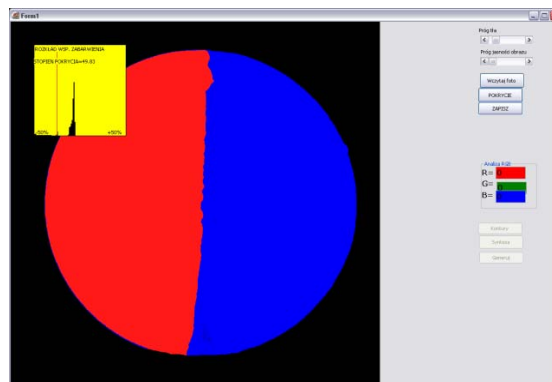
Rys. 18. Piłeczka do tenisa stołowego pokryta 50% niebieską farbą emulsyjną

Fig. 18. Table tennis ball covered in 50% with blue emulsion-color

oceny stopnia pokrycia bulwy sadzeniaka zaprawą jest prawidłowa, a otrzymane wyniki odzwierciedlają stan rzeczywisty.

Rozrzuty wyników zliczania dla wszystkich badanych liczników, mierzone średnią arytmetyczną z próby, mieszczą się w granicach 1,3%.

Uzyskane wyniki potwierdzają poprawność metody, a postawione cele zostały osiągnięte. Ostatecznie bulwy sadzeniaka trzeba pokrywać białą farbą emulsyjną i nanieść ciemno niebieski atrament symulujący ciecz roboczą, dający oczekiwany kontrast wymagany podczas oceny zdjęć w programie POKRYCIE.



Rys. 19. Widok okna programu POKRYCIE po analizie stopnia pokrycia piłeczki pokrytej w 50% farbą emulsyjną.

Fig. 19. View of the COVERAGE window after analyzing the coverage of a ball covered in 50% with emulsion-color

Tab. 2. Wyniki badań pokrycia powierzchni piłki do tenisa stołowego dla zadanych rzeczywistych stopni pokrycia  
Table 2. The results of coverage of the surface of the table-tennis ball for given degrees of actual coverage

Lp.	Rzeczywiste pokrycie powierzchni piłki			
	0% pokrytej piłki	25% pokrytej piłki	50% pokrytej piłki	100% pokrytej piłki
1	1,03	12,15	88,36	99,34
2	1,06	2,57	47,83	99,52
3	1,08	12,89	11,14	98,49
4	1,04	45,86	82,27	99,04
...	...	...	...	...
45	1,06	44,71	77,96	99,71
46	1,17	9,76	65,92	99,03
47	1,05	55,61	37,94	99,6
48	1,06	23,18	20	99,81
49	1,03	4,53	22,2	99,68
50	1,06	11,65	62,44	99,87
51	1,08	49,83	9,21	99,04
52	1,04	4,53	19	99,64
53	1,02	1,94	53,71	99,58
54	1,06	30,37	55,43	99,42
55	1,03	55,38	65,49	99,34
56	1,07	11,07	31,6	99,52
57	1,03	5,6	69,63	98,49
58	1,04	24,01	99,89	99,04
59	1,07	34,3	39,18	98,77
60	1,05	6,36	46,53	99,24
61	1,03	24,56	48,65	99,88
62	1,07	26,01	47,98	99,76
63	1,06	48,49	91,9	99,74
64	1,06	35,77	85,96	99,73
<b>średnia</b>	<b>1,0609375</b>	<b>24,360625</b>	<b>49,566875</b>	<b>99,3946875</b>

## 6. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Potwierdzono empirycznie, że opryskanie powierzchni sadzeniaka, pomalowanej białą emulsją i atramentem pozwala na dostateczne rozróżnienie za pomocą programu graficznego i policzenie współczynnika pokrycia powierzchni pokrytej przez atrament od niepokrytej.
2. Metoda pomiaru jest prawidłowa, rozrzut wyników może być wynikiem powstawania refleksów świetlnych, a wartość otrzymanych wyników w granicach błędu na poziomie 1,3% jest możliwa do zaakceptowania.
3. Wykorzystanie atramentu jako cieczy roboczej symulującej zaprawę spełnia wszystkie parametry, które są potrzebne do eksperymentu.

4. Program graficzny do oceny stopnia pokrycia powierzchni sadzeniaka zaprawą dobrze rozróżnia powierzchnię pokrytą od powierzchni niepokrytej, dając wyniki odzwierciedlające stan rzeczywisty.

## 7. Bibliografia

- [1] Kęska W.: O istocie, perspektywach i potrzebach badawczych rolnictwa precyzyjnego. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2002, Vol. 47(2), s.4-7.
- [2] Erlichowski T.: Zaprawianie bulwy ziemniaka. *Wiad. Rol.* 26.02.2010.
- [3] Gierz S.: Przegląd urządzeń do zaprawiania ziemniaków na rynku krajowym. *Ziemniak Polski*, 2011, nr 1.