

OCENA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA SKCS DO WYKRYWANIA FUZARIOZY W ZIARNIE PSZENICY

Ryszard Siuda¹, Andrzej Grabowski¹, Stanisław Grundas²

¹Institut Matematyki i Fizyki, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
ul Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz
e-mail: siuda@utp.edu.pl

²Institut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin

Streszczenie. Za pomocą urządzenia SKCS (Single Kernel Characterization System) wykonano pomiary masy, średnicy zastępczej, wilgotności i twardości pojedynczych ziarniaków dwóch odmian pszenicy ozimej (Kris i Turnia). W obu odmianach występowało ziarno porażone *Fusarium culmorum* (zebrane z poletek po inokulacji grzybem) oraz zdrowe (z poletek bez inokulacji). Część materiału porażonego podzielono na kategorie stopnia porażenia według widocznych objawów. Otrzymane z SKCS wyniki dla wszystkich kategorii porażenia poddano analizie głównych składowych oraz liniowej analizie dyskryminacyjnej. Stwierdzono, że zastosowane metody pozwalają odróżnić ziarno zdrowe od porażonego, jednak otrzymana wartość współczynnika Fishera 3,56 pokazuje, że rozróżnienie jest niewystarczające do ewentualnego zastosowania metody w praktyce. Te same metody analizy zastosowano do większej liczby próbek ziarna zdrowego i porażonego (bez wyróżniania stopnia porażenia) obu odmian pszenicy. Wyniki liniowej analizy dyskryminacyjnej w tym przypadku charakteryzuje wartość współczynnika Fishera równa 28,6. Wskazuje to na możliwość praktycznego zastosowania wyników pomiarów SKCS do wykrywania fuzariozy w ziarnie pszenicy, jednak pod warunkiem, że obecne wyniki znajdą potwierdzenie dla większej liczby odmian pszenicy.

Słowa kluczowe: właściwości fizyczne ziarniaków, pszenica, fuzarioza

WSTĘP

Porażenie ziarna pszenicy grzybami *Fusarium spp.* stanowi poważny problem zarówno ekonomiczny (obniżenie jakości ziarna), jak i zdrowotny (zanieczyszczenie mikotoksynami). Z tych względów możliwość wykrywania oraz ocena stopnia porażenia ziarna fuzariozą jest istotnym zagadnieniem skupiającym uwagę badaczy z wielu ośrodków naukowych w różnych krajach.

Poziom zanieczyszczenia ziarna mikotoksynami można wyznaczyć za pomocą metod chemicznych (standardową metodę stanowią różne odmiany chromatografii cieczowej i/lub gazowej) [7]. Jednakże metody chemiczne są czaso- i kosztochłonne, w związku z czym poszukuje się metod szybszych i tańszych, wykorzystujących pomiary rozmaitych wielkości fizycznych. Poszukiwania te w większości koncentrowały się na pomiarach optycznych i doprowadziły do ustalenia różnic właściwości optycznych ziarna zdrowego i porażonego [1,3] oraz opracowania rozwiązań wykorzystujących te różnice do zastosowania w praktyce [2,8]. Metody te wymagają jednak zaawansowanych technologii, co nie pozostaje bez wpływu na koszty urządzeń i w związku z tym ogranicza zakres ich stosowalności. Wskutek tego wydaje się uzasadnione poszukiwanie metod, które byłyby technologicznie prostsze a mimo to przydatne w praktyce. W tym kontekście pojawia się pytanie o ewentualną możliwość wykorzystania pomiarów, których przeprowadzenie umożliwi SKCS (Single-Kernel Characterization System) [4,6]. Wyniki przedstawione w dalszej części pracy pokazują, że porażenie wpływa na wartości wymienionych parametrów, jednak trudno jednoznacznie rozróżnić ziarno zdrowe od porażonego na podstawie wartości średnich mierzonych parametrów ponieważ odchylenia standardowe ich rozkładów są duże. Można oczekiwać, że analiza statystyczna łącznych różnic właściwości tych cech, przeprowadzona za pomocą metod wielowymiarowej analizy statystycznej (takich jak analiza głównych składowych i liniowa analiza dyskryminacyjna [10]), poprawi możliwości diagnozy odnośnie występowania fuzariozy i określenia stopnia porażenia. Niniejsza praca ma na celu rozpoznanie potencjalnych możliwości związanych z zastosowaniem pomiarów SKCS do wykrywania porażenia ziarna pszenicy fuzariozą.

MATERIAŁ DOŚWIADCZALNY, POMIARY I WYNIKI

Materiał

Materiałem doświadczalnym było ziarno dwóch odmian pszenicy ozimej Kris i Turnia. Pszenica Kris pochodziła ze zbioru w roku 2004, przy czym dysponowano ziarnem z poletka, na którym pszenica rosła w warunkach naturalnych oraz z poletka, na którym w okresie kwitnienia kłosów dokonano ich inokulacji zarodnikami *Fusarium culmorum*. Po zbiorze ziarno z obu poletek wysuszone w powietrzu, po czym część materiału porażonego grzybem podzielono na cztery kategorie porażenia wedle wizualnej oceny intensywności objawów porażenia. Wyodrębniono kategorie: brak objawów porażenia (symbol „O”), słabe nasilenie objawów („I”), średnie nasilenie („II”) i silne („III”). Podobnie postąpiono z odmianą Turnia w roku 2005. Jednak w tym przypadku, ze względu na mniejszą liczebność materiału, całe ziarno pochodzące z poletka zainfekowanego grzybem

podzielono na trzy kategorie nasilenia objawów porażenia, tj. „O”, „I” i „II”. Dla obu odmian ziarno kontrolne (z poletek, na których pszenicę nie poddano inokulacji) oznaczano symbolem „H”, zaś ziarno porażone przed wyodrębnieniem kategorii porażenia - symbolem „M” (porażone-mieszane).

Pomiary SKCS i wyniki

Pomiary za pomocą SKCS (firmy Perten, Szwecja) wykonano na próbkach losowo pobranych z wszystkich kategorii ziarna dla obu odmian pszenicy. SKCS pozwala w czasie około 3 minut pomierzyć wartości masy – m , średnicy zastępczej – s , wilgotności – w oraz twardości – t dla 300 ziarniaków. Próbki liczyły od 208 do 291 ziarniaków. Pojedyncze ziarniaki z poszczególnych próbek nie nadawały się do pomiaru za pomocą automatycznego urządzenia bo były zbyt małe, lub były pokruszone. Liczba takich odrzuconych ziarniaków wahała się w granicach 2 do 3% liczebności próbki. Wyniki wartości średnich mierzonych parametrów zestawiono w tabeli 1. Jak widać z danych zamieszczonych w tabeli 1, masa i średnica zastępcza systematycznie maleją ze wzrostem stopniem porażenia. Przeliczenie średniej masy przy danej wilgotności na suchą masę (na podstawie zależności podanych w [5]) daje wartości niższe, jednak z zachowaniem tendencji widocznej w tabeli 1. Wilgotność i twardość zmieniają się w sposób nie tak regularny, chociaż druga z tych cech ma wartości ogólnie większe dla ziarna porażonego niż dla zdrowego.

Tabela 1. Wartości średnie i odchylenia standardowe masy, średnicy zastępczej, wilgotności i twardości pojedynczych ziarniaków

Table 1. Mean values and standard deviation of mass, diameter, moisture and hardness for single kernels

Odmiana Cultivar	Kategoria Category	Kod próbki Sample code	m (mg)	s (mm)	w (%)	T (–)
Kris	H	1	46,1 ± 11	2,98 ± 0,64	12,6 ± 0,3	46,2 ± 14
	M	2	33,7 ± 13	2,63 ± 0,67	10,6 ± 0,4	58,5 ± 21
	O	3	42,2 ± 11	2,90 ± 0,58	13,5 ± 0,4	69,9 ± 19
	I	4	38,1 ± 12	2,80 ± 0,62	13,3 ± 0,3	72,9 ± 17
	II	5	30,2 ± 10	2,47 ± 0,58	12,9 ± 0,4	65,9 ± 19
	III	6	25,1 ± 9	2,24 ± 0,51	11,8 ± 0,6	46,9 ± 22
Turnia	H	7	54,5 ± 10	3,44 ± 0,52	11,3 ± 0,3	58,5 ± 18
	M	8	43,1 ± 13	2,95 ± 0,60	9,3 ± 0,4	57,8 ± 21
	O	9	59,9 ± 12	3,19 ± 0,60	9,6 ± 0,5	56,4 ± 16
	I	10	44,6 ± 12	3,01 ± 0,59	9,2 ± 0,3	63,6 ± 17
	II	11	35,9 ± 11	2,71 ± 0,55	9,2 ± 0,5	47,0 ± 26

Na podstawie tych danych wyliczono współczynniki korelacji Pearsona pomiędzy wartościami poszczególnych cech. Ewentualna duża wartość współczynnika korelacji pomiędzy cechami daje możliwość zmniejszenia liczby cech bez utraty informacji. Jednak intuicyjne oczekiwania co do wartości korelacji nie zawsze znajdują potwierdzenie empiryczne, czego przykładem może być obserwowana niekiedy słaba korelacja pomiędzy długością a grubością ziarniaków [9]. Dla danych z tabeli 1 silną korelację, 0,993, stwierdzono tylko pomiędzy wartościami m oraz s , znacznie słabszą korelację, 0,393, otrzymano dla w oraz t .

WYNIKI WIELOWYMIAROWEJ ANALIZY STATYSTYCZNEJ

Wszystkie kategorie ziarna

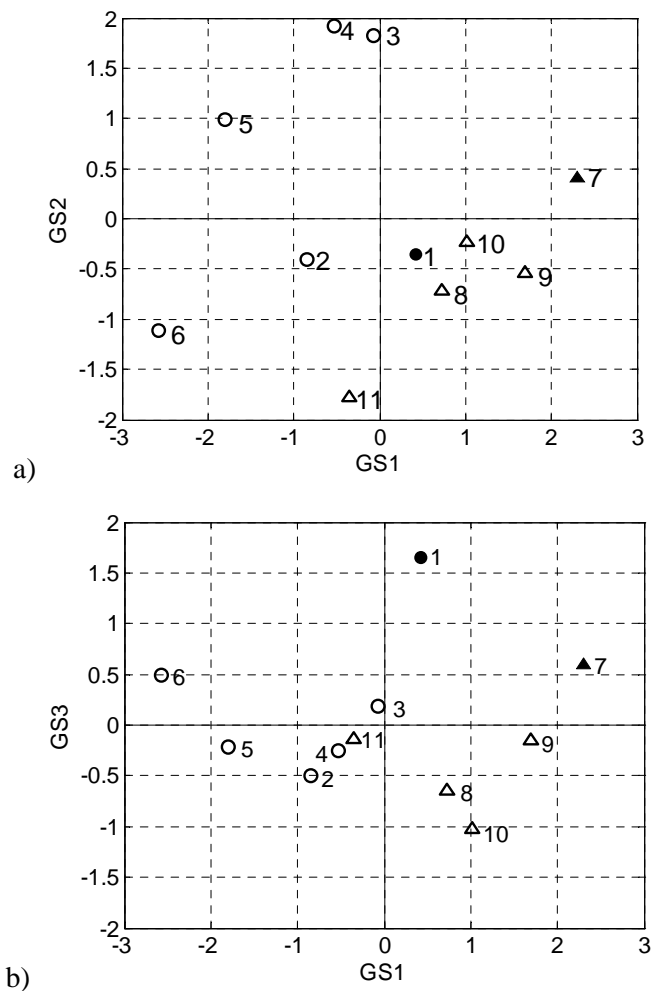
Analiza głównych składowych

Wyniki pomiarów zestawione w tabeli 1 poddano analizie głównych składowych (AGS). Obliczenia wykonano za pomocą pakietu PLS w środowisku Matlab (MathWork, Inc., Natick, USA). Wartości własne macierzy kowariancji utworzonej na podstawie danych zawartych w tabeli 1 są proporcjonalne do wariancji, którą przypisuje się kolejnym głównym składowym (GS). W tabeli 2 zestawiono wartości własne, odpowiadające im wariancje oraz tzw. wariancję skumulowaną, która informuje jaką wariancję uwzględniłby model, gdyby wykorzystał odpowiednią liczbę kolejnych GS. Z przytoczonych danych wynika, że ostatnia, czwarta GS ma charakter odbiegający wyraźnie od pierwszych trzech ponieważ związana z nią wariancja jest mniejsza o około dwa rzędy wielkości niż wariancja poprzedniej GS. Można w związku z tym uznać, że model wykorzystujący pierwsze trzy GS będzie opisywał prawie całą informację zawartą w danych z tabeli 1.

Tabela 2. Podstawowe dane charakteryzujące istotność głównych składowych (GS) otrzymanych dla danych zawartych w tabeli 1

Table 2. Basic data characterizing importance of principal components (PC) received for the data from Table 1

Nr GS No. of PC	Wartość własna Eigenvalue	Wariancja Variance (%)	Wariancja skumulowana Cumulative variance (%)
1	2,090	52,4	52,4
2	1,370	34,4	86,7
3	0,527	13,2	99,9
4	0,005	0,1	100,0



Rys 1. Dwuwymiarowe wykresy wszystkich kategorii ziarna pszenicy we współrzędnych: a) GS2 vs. GS1 i b) GS3 vs. GS1. Kółka odpowiadają odmianie Kris a trójkąty odmianie Turnia. Symbole wypełnione odpowiadają ziarnu kontrolnemu natomiast puste – porażonemu

Fig 1. Two-dimensional plots for all categories of wheat grain, in coordinates: a) GS2 vs. GS1 and b) GS3 vs. GS1. Circles are for cultivar Kris, and triangles for cultivar Turnia. Full symbols denote healthy grain while empty symbols – damaged grain

Dwuwymiarowe mapy (wykresy) obiektów (kategorii ziarna) pokazują, że włączenie trzeciej GS jest konieczne, ponieważ to ona stwarza możliwość rozróżnienia pomiędzy ziarnem zdrowym i porażonym. We współrzędnych utworzonych przez GS1 i GS2 (rys. 1a) nie widać, żeby kategorie 1 i 7 (ziarno kontrolne, odpo-

wiednio Kris i Turnia) odbiegały lokalizacją od pozostałych kategorii, w przeciwieństwie do współrzędnych związanych z GS1 i GS3 (rys.1b), gdzie można zaobserwować tendencję do odrębnej lokalizacji obiektów 1 i 7 od pozostałych.

Liniowa analiza dyskryminacyjna

Wspomnianą różnicę lokalizacji punktów odpowiadających ziarnu kontrolnemu i porażonemu można wyrazić liczbowo za pomocą liniowej analizy dyskryminacyjnej (LAD) [10]. LDA dla przypadku dwóch kategorii obiektów (u nas: A – kontrolne, B – porażone) pozwala wyznaczyć taki kierunek w przestrzeni trzech GS, wzdłuż którego występuje największe rozsuniecie pomiędzy miejscami obiektów z obu kategorii. Współrzędne, D, rzutu punktów z trzech głównych składowych na ten kierunek są następujące: $11,5 \pm 4,2$ dla punktów odpowiadających materiałowi kontrolnemu oraz $-11,5 \pm 4,9$ dla punktów pozostałych (wszystkie kategorie ziarna porażonego). Odległość kategorii wynosi zatem 23 jednostki, jednak odchylenia standardowe są znaczne, bo powyżej 4 jednostek. Miarą istotności otrzymanego rozsznięcia punktów w obu kategoriach jest stosunek Fishera, zdefiniowany jako [10]

$$F_{AB} = \frac{|D_A - D_B|}{\sqrt{s_A^2 + s_B^2}}, \quad (1)$$

gdzie D_A i D_B oraz s_A i s_B są, odpowiednio, wartościami współrzędnej D i jej odchylenia standardowego dla kategorii A i B. Wartość tego stosunku wynosi 3,56, co znaczy, że rozsuniecie obu kategorii jest wprawdzie statystycznie istotne, ale zbyt małe, by można na tej podstawie klasyfikować ziarno w praktyce.

Wyżej przedstawione wyniki pomiarów SKCS i ich analiza wykazały czułość tego typu pomiarów na stopień porażenia ziarna fuzariozą. Świadczą o tym położenia na rys. 1b par punktów 3 i 9 (kategoria „O”), 4 i 10 (kategoria „I”) i innych. Widać tendencję do wzrostu odległości od położenia pary 1 i 7 (kategoria „H”) ze wzrostem stopnia porażenia. Jednak w aspekcie potencjalnego zastosowania praktycznego pomiarów SKCS, najważniejsza jest możliwość wykrywania obecności ziarniaków porażonych w próbkach, w których dominują ziarniaki zdrowe. Z tego względu ważna jest ocena zróżnicowania wyników otrzymanych dla kategorii H i M, ponieważ można się spodziewać, że kategoria M jest najbardziej reprezentatywna dla ziarniaków porażonych, które mogą się pojawić w ziarnie zainfekowanym w warunkach naturalnych.

Ziarno zdrowe i porażone (mieszane)

W celu zwiększenia liczebności danych odnoszących się do kategorii H i M, z wyników pomiarów otrzymanych dla próbek 1 (Kris H), 7 (Turnia H), 2 (Kris M) oraz 8 (Turnia M) dziesięciokrotnie wylosowano mniej liczne zespoły danych. W wyniku otrzymano dane dla 40 próbek, dla których następnie powtórzono wszystkie wyżej opisane etapy analizy. Stwierdzono, że współczynnik korelacji pomiędzy masą i średnicą zastępczą ziarniaka wynosi obecnie 0,979, masą i wilgotnością 0,362, a wilgotnością i twardością $-0,746$.

Analiza głównych składowych

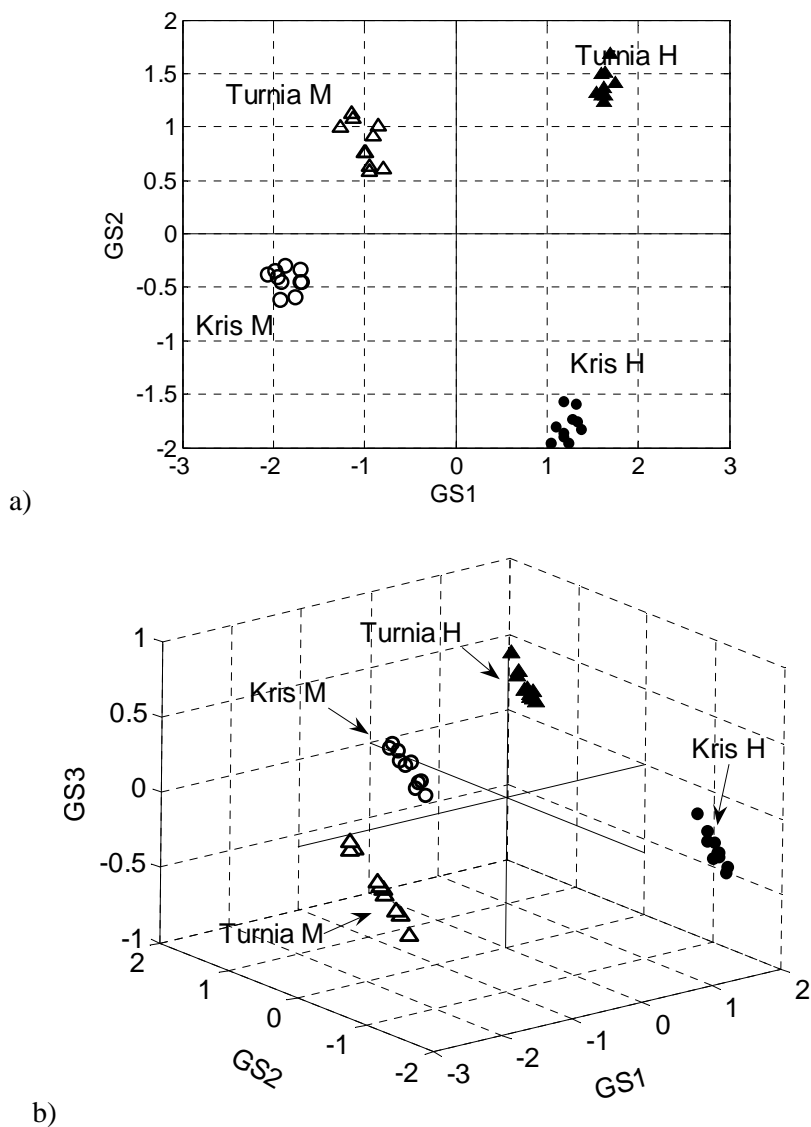
W tabeli 3 zestawiono wartości własne i odpowiednie wariancje dla kolejnych GS. Porównanie wartości z tabel 2 i 3 dowodzi, że obecnie dane są bardziej jednorodnie (większe wariancje związane z dwiema pierwszymi GS i zmniejszona wariancja odpowiadająca GS3).

Tabela 3. Podstawowe wielkości charakteryzujące istotność głównych składowych otrzymanych dla ziarna zdrowego i porażonego i dwóch odmian (Kris i Turnia) pszenicy

Table 3. Basic data characterizing importance of principal components received for healthy and damaged grain for two cultivars of wheat (Kris and Turnia)

Nr GS No. of PC	Wartość własna Eigenvalue	Wariancja Variance (%)	Wariancja skumulowana Cumulative Variance (%)
1	2,220	55,5	55,5
2	1,570	39,3	94,8
3	0,207	5,2	99,9
4	0,003	0,1	100,0

Układ punktów na dwuwymiarowej mapie obiektów (rzut na płaszczyznę wyznaczoną przez GS1 i GS2) pokazuje, że GS1 dzieli materiał na kontrolny lub porażony, podczas gdy GS2 rozróżnia odmiany (rys 2a). Ocena przydatności GS3 do rozróżnienia między ziarnem kontrolnym i porażonym nie jest tak jednoznaczna jak poprzednio, ale związana z nią wariancja jest jednak na poziomie 5%, w związku z czym warto tę GS włączyć do modelu. Przyjmujemy zatem model trójwymiarowy, a odpowiedni wykres pokazuje rysunek 2b), na którym widoczne jest rozsuniecie pomiędzy punktami odpowiadającymi ziarnu kontrolnemu i porażonemu.



Rys. 2. Wykresy dla ziarna zdrowego i porażonego dwóch odmian pszenicy we współrzędnych: a) GS2 vs. GS1 i b) GS1 vs. GS2 vs. GS3. Kółka odpowiadają odmianie Kris, a trójkąty odmianie Turnia. Symbole wypełnione odpowiadają ziarnu kontrolnemu, natomiast puste – porażonemu

Fig. 2. Plots for two cultivars of healthy and damaged wheat in coordinates: GS2 vs. GS1 and b) GS3 vs. GS2 vs. GS1. Circles are for cultivar Kris, triangles for cultivar Turnia. Full symbols denote healthy grain while empty symbols denote damaged grain

Liniowa analiza dyskryminacyjna zastosowana do dystrybucji 20 punktów z klasy A (Kris H i Turnia H) oraz 20 punktów z kategorii B (Kris M i Turnia M), daje wartości $D_A = 803 \pm 35$ oraz $D_B = -803 \pm 44$. Współczynnik Fishera wyliczony dla tych wartości wynosi 28,6.

Liniowa analiza dyskryminacyjna

Analiza czynnikowa

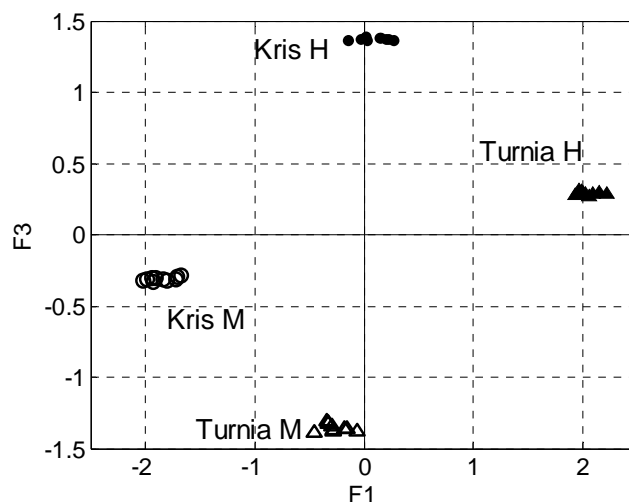
Główne składowe są nowymi zmiennymi wyrażonymi przez kombinacje liniowe zmiennych oryginalnych i zazwyczaj nie posiadają bezpośredniej interpretacji merytorycznej. Dlatego wygodniej jest dysponować zmiennymi, które również są nie skorelowane (ortogonalne kierunki), ale które mają bardziej bezpośrednie znaczenie. W celu otrzymania takich zmiennych często stosuje się rotację w przestrzeni GS, czyli wprowadza się nowe osie (zmiennie) w taki sposób, aby wariancja składowych wektorów kierunkowych osiągnęła maksimum (tzw. rotacja varimax [10]). Po takiej transformacji osie nowego układu współrzędnych znajdują się możliwie blisko kierunków w przestrzeni określających zmienne wejściowe. Osie takie nazywamy *czynnikami* lub *variwektorami*.

Tabela 4 zawiera wektory własne po analizie głównych składowych oraz po rotacji varimax. Okazuje się, że w pierwszym czynniku udział mają w równym stopniu masa i średnica zastępcza. Udział w drugim czynniku ma wyłącznie twardość, a w trzecim – wilgotność. Zatem z czterech oryginalnych zmiennych z SKCS dostajemy trzy zmienne efektywne, z których najważniejsza jest kombinacją liniową (w równych proporcjach) masy i średnicy ziarniaka, druga zmienna odpowiada twardości, a trzecia wilgotności. Układ obiektów po rotacji varimax na dwuwymiarowej mapie (rys. 3) pokazuje, że do rozróżniania ziarna porażonego fuzariozą i zdrowego potrzebne są pierwszy i trzeci czynnik czyli masa wraz ze średnicą oraz wilgotność.

Tabela 4. Wagi zmiennych oryginalnych w poszczególnych głównych składowych oraz czynnikach

Table 4. Loadings in particular principal components and factors

Zmienne oryginalne Original variables	Główne składowe Principal components			Czynniki Factors		
	GS1	GS1	GS1	F1	F2	F3
<i>m</i>	0,61	0,31	-0,20	0,71	0,10	0,01
<i>s</i>	0,56	0,44	-0,04	0,70	0,11	0,02
<i>w</i>	0,47	-0,50	0,72	0	0	0,99
<i>t</i>	-0,30	0,67	0,66	0	0,98	0



Rys. 3. Mapa obiektów po rotacji varimax. Symbole wypełnione oznaczają ziarno zdrowe, a bez wypełnienia – ziarno porażone. Kółka oznaczają odmianę Kris a trójkąty odmianę Turnia

Fig. 3. Map of objects after varimax rotation. Full symbols are for healthy grain whereas empty symbols are for damaged grain. Circles are for cultivar Kris and triangles for cultivar Turnia

PODSUMOWANIE

Średnie wartości cech fizycznych możliwych do pomierzenia za pomocą SKCS wykazują różnice dla ziarniaków zdrowych i porażonych, jednak różnice te analizowane z osobna nie są – przy uwzględnieniu odchyłeń standardowych – wystarczająco duże, by mogły stanowić podstawę do rozróżniania ziarna porażonego i zdrowego w praktyce. Pokazano, że zastosowanie liniowej analizy dyskryminacyjnej do wyników pomiarów poprawia możliwości rozróżniania ziarna zdrowego i porażonego. Jako miarę różnicy przyjęto wartość współczynnika Fishera, która dla próbek mieszanych (bez podziału na stopnie porażenia) i zdrowych obu odmian, wynosi 28,6. Odwrotność tej wartości (ok. 0,035) jest przybliżoną procentową miarą zdolności metody do wykrywania obecności materiału porażonego, co znaczy, że materiał zawierający średnio 4 ziarniaki porażone na 100 powinien być odróżnialny od zdrowego. Ten wynik wydaje się obiecujący, bo sugeruje możliwość praktycznego zastosowania prostych i wystarczająco szybkich pomiarów za pomocą SKCS do wykrywania porażenia fuzariozą. Jednakże wykorzystany w niniejszej pracy materiał badawczy nie jest wystarczająco reprezentatywny. Dlatego sformułowanie ostatecznej opinii o przydatności przedstawionego podejścia wymaga zebrania danych dla większej liczby odmian pszenicy i sprawdzenia na nich przydatności proponowanej w pracy metody.

PODZIĘKOWANIA

Autorzy dziękują prof. Czesławowi Sadowskiemu (Katedra Fitopatologii Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy) za dostarczenie materiału doświadczalnego. Nakłady finansowe niezbędne do prowadzenia badań pochodziły ze środków badań statutowych (projekt BS-16/2005).

PIŚMIENNICTWO

1. **Delwiche S.R., Hareland G.A.:** Detection of scab-damaged hard red spring wheat kernels by near-infrared reflectance. *Cereal Chemistry* 81, 643-649, 2004.
2. **Dowell F.E., Maghirang E.B., Graybosch R.A., Baenziger P.S., Baltensperger D.D., Hansen L.E.:** An automated single-kernel nearinfrared trait selection system. *Cereal Chemistry*, submitted.
3. **Dowell F.E., Ram M.S., Seitz L.M.:** Predicting scab, vomitoxin, and ergosterol in single wheat kernels using near-infrared spectroscopy. *Cereal Chemistry*, 76, 573-576, 1999.
4. **Martin C.R., Rousser R., Brabec D.L.:** Development of a Single-Kernel Wheat Characterization System, *Trans. ASAE*, 36, 1399-1404, 1993.
5. **Muramatsu Y., Tagawa A., Kasai T., Takeya K.:** Volume changes of wheat and barley soaking in water. *Journal of Food Engineering* 73, 364-369, 2006.
6. **Osborne B.G., Anderssen R.S.:** Single-Kernel Characterization Principles and Applications. *Cereal Chemistry*, 80, 613-622, 2003.
7. **Osenbruggen van W.A., Pettersson H.:** Analysis of relevant Fusarium mycotoxins in cereals – state of the art. In: *Food safety of cereals: A chain-wide approach to reduce Fusarium Mycotoxins*, Scholten O.E., Ruckebauer P., Visconti A., van Osenbruggen W.A., den Nijs A.P.M. (Eds.). European Commission, 41-49, 2002.
8. **Pasikatan M.C., Dowell F.E.:** Sorting systems based on optical methods for detecting and removing seeds infested internally by insects or fungi: a review. *Applied Spectroscopy Reviews*, 36, 399-416, 2001.
9. **Szot B.:** Metodyczne aspekty oceny cech fizycznych ziarna pszenicy. *Rocz. Nauk Roln., Seria D – Monografie – Tom 160*, PWN Warszawa 1976.
10. **Vandeginste G.M., Massart D.L., Buydens L.M.C., de Jong S., Lewi P.J., Smeyers-Verbeke J.:** *Handbook of Chemometrics and Qualimetrics: Part B*. Elsevier, Amsterdam - Lausanne - New York - Oxford - Shannon - Singapore - Tokyo 1997.

ASSESSMENT OF CAPABILITY OF SKCS
FOR DETECTION OF FUSARIUM HEAD BLIGHT IN WHEAT GRAIN

Ryszard Siuda¹, Andrzej Grabowski¹, Stanisław Grundas²

¹Institute of Mathematics and Physics, University of Technology and Life Sciences
ul Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz
e-mail: siuda@utp.edu.pl

²Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin

Abstract. Single Kernel Characterization System (SKCS) measurements provided mass, diameter, moisture and hardness of single kernels from samples of grain of two wheat cultivars (Kris and Turnia). In both cultivars scabby (harvested from plots where inoculation with *Fusarium culmorum* was applied) and healthy (no inoculation) grain was measured. Prior to measurements, part of scabby grain was divided into several categories of infestation according to visual symptoms. SKCS results for all categories of infestation were subject to principal components analysis and linear discrimination analysis. It was found that the analysis distinguished healthy and infested grain, however Fisher's coefficient equal to 3.56 showed the distinguishing was not enough to be used in practical applications. The same procedure applied to healthy and infested (without subdivision into categories of infestation) grain of both cultivars resulted in Fisher's coefficient of 28.6. This result is promising and the applied procedure could be expected to be used in practice, provided the results will be confirmed for more cultivars of wheat.

Key words: single kernel physical properties, scab, fusarium head blight, wheat