

OCENA ODPORNOŚCI NA USZKODZENIA ZIARNA ZBÓŻ OKRYTO-
I NAGOZIARNISTYCH PRZY POMOCY METOD STATYSTYCZNYCH
ORAZ Z ZASTOSOWANIEM SZTUCZNYCH SIECI NEURONOWYCH

Andrzej Złobeki, Sławomir Francik

Katedra Podstaw Budowy Maszyn, Akademia Rolnicza, ul. Balicka 104, 30-149 Kraków
e-mail: rtzlobec@cyf-kr.edu.pl

Streszczenie. W pracy analizowano odporność ziarna zbóż na uszkodzenia. Badano ziarno odmian owsa i jęczmienia. Oceniano odmiany okryto- i nagoziarniste przy użyciu powszechnie stosowanych metod statystycznych oraz z zastosowaniem Sztucznych Sieci Neuronowych. Stwierdzono, że wartości generowane przez sieć w niewielkim stopniu odbiegają od wartości mierzonych. Stworzony model może zatem być stosowany do oceny odporności ziarna na uszkodzenia.

Słowa kluczowe: uszkodzenia ziarna, zboża okryto- i nagoziarniste, Sztuczne Sieci Neuronowe

WSTĘP

Dzięki postępowi w pracach hodowlanych można zauważyć pojawienie się w uprawie nagoziarnistych odmian niektórych gatunków zbóż, co stwarza konieczność poznania ich odporności na uszkodzenia mechaniczne. Jest to ważne zwłaszcza w warunkach zbioru mechanicznego. Poznanie odporności na uszkodzenia ziarniaków odmian nieoplewionych pozwoli na odpowiednie ustalenie parametrów pracy maszyn biorących udział w technologii zbioru, co stworzy szansę na obniżenie liczby powstających uszkodzeń. Brak teorii i modeli ściśle opisujących właściwości wytrzymałościowe materiałów pochodzenia biologicznego powoduje konieczność ciągłego prowadzenia tego typu badań [4]. Analizując ukazujące się publikacje można zauważyć tendencje do uzupełniania badań eksperymentalnych badaniami symulacyjnymi. Stosowane są różnego typu modele, wykorzystujące, między innymi, Sztuczne Sieci Neuronowe [4].

CEL I ZAKRES

Celem badań było porównanie odporności na uszkodzenia mechaniczne ziarna okrytonasiennych (oplewionych) i nagonasiennych (nieoplewionych) odmian owsa i jęczmienia. Odporność na uszkodzenia wyznaczano w klasycznych testach wytrzymałościowych, a uzyskane wyniki wykorzystano do utworzenia modelu opartego na jednokierunkowych wielowarstwowych Sztucznych Sieciach Neuronowych.

METODYKA

W badaniach wykorzystano ziarno owsa oplewionego (Santor) oraz nieoplewionego (odmiana Akt) oraz jęczmienia oplewionego (Rodos) i nieoplewionego (Rastik). Doświadczenia poletkowe prowadzono w zróżnicowanych warunkach. Jedno, zlokalizowane było na terenie nizinym na glebie określanej jako czarnoziem zdegradowany, kompleks pszenny bardzo dobry (Prusy k/ Krakowa). Drugie przeprowadzono na glebie brunatnej, zaliczanej do kompleksu pszenno-górskiego (Nawojowa k/ Nowego Sącza). Specyfiką polskiego rolnictwa jest uprawa zbóż jarych w mieszankach międzygatunkowych, zwłaszcza owsa i jęczmienia [1], dlatego każdą odmianę uprawiano w czystej odmianie oraz w mieszance. Ilość wysiewu dostosowana była do warunków uprawy, przy czym w mieszance oba komponenty stanowiły po 50% normy wysiewu.

Ocenę odporności ziarna na uszkodzenia przeprowadzono wykonując próby zgniatania ziarna pomiędzy dwiema stalowymi płytkami w układzie zaproponowanym przez Mohsenina [3]. Ziarniaki zgniatano w położeniu bruzdką w kierunku przyłożonej siły. Rejestrowano wartości siły w chwili powstawania uszkodzenia. Pomiary wykonywano na ziarniakach w liczbie 400 sztuk dla każdej kombinacji [2].

Uzyskane rozkłady wartości sił porównywano z szeregiem popularnych rozkładów statystycznych występujących w doświadczalnictwie. Największą zgodność uzyskano dla rozkładu Weibulla, który ma zastosowanie w badaniach trwałości. Tak np. rozkład ten stosuje się przy określaniu wielkości granicznych, między innymi w technice przy określaniu wytrzymałości zmęczeniowej materiału, czy maksymalnego obciążenia przenoszonoego przez dany element. Tego typu zmienną losową jest siła w granicy mikrouszkodzenia ziarna. Parametry tego rozkładu (parametr skali – B, kształtu – C, i położenia – θ) określano przez zastosowanie estymacji nieliniowej. Porównania parametrów rozkładów pomiędzy próbami dokonywano graficznie.

Do tworzenia modelu pozwalającego na określanie wytrzymałości ziarna (siły w granicy mikrouszkodzeń) wykorzystano jednokierunkowe wielowarstwowe SSN o nieliniowych funkcjach aktywacji neuronów. Jako zmienne wejściowe przyjęto:

- x_1 – gatunek: jęczmień ($x_1 = 1$) i owies ($x_1 = 2$),
- x_2 – opiewienie: ziarno oplewione ($x_2 = 1$) i nieoplewione ($x_2 = 2$),
- x_3 – sposób uprawy: solo ($x_3 = 1$) i w mieszance ($x_3 = 2$),
- x_4 – warunki uprawy: gleby górskie ($x_4 = 1$) i gleby dobre ($x_4 = 2$).

Jako zmienną wyjściową z sieci przyjęto Y – normalizowaną wartość siły w granicy mikrouszkodzeń.

Ogólny zapis modelu SSN można przedstawić funkcją: $Y = f(x_1, x_2, x_3, x_4)$.

Dane uzyskane z eksperymentu podzielono na zbiory: uczący i testujący. Zbiór uczący wykorzystano do uczenia sieci o różnych architekturach, a zbiór testujący służył do wyboru sieci neuronowej najdokładniej opisującej analizowane zjawisko. Proces uczenia, zmodyfikowaną metodą wstecznej propagacji błędu, prowadzono przez 3000 epok dla sieci dwu- i trójwarstwowych. Zmieniało liczbę neuronów w warstwach ukrytych. Sieć dwuwarstwowa zawierała 1 neuron wyjściowy i jedną warstwę ukrytą ze zmieniającą się liczbą neuronów od 2 do 17, a sieć trójwarstwowa miała w pierwszej warstwie ukrytej 2-14 neuronów, w drugiej warstwie ukrytej 1-9 neuronów oraz w warstwie wyjściowej 1 neuron. Proces uczenia sieci powtarzano trzykrotnie dla każdej architektury.

WYNIKI

Wyniki estymacji parametrów rozkładu Weibulla dla odmian owsa okryto- i nagoziarnistego uprawianych w czystym siewie i w mieszance zamieszczono w tabeli 1 (gleby dobre) i w tabeli 2 (gleby górskie), i odpowiednio dla jęczmienia w tabelach 3 i 4.

Wartości te wskazują, że zarówno w dobrych warunkach glebowych i klimatycznych (Prusy), jak i nieco słabszych (Nawojowa), badane odmiany owsa uprawiane w czystym siewie nie różniły się istotnie pomiędzy sobą (tab. 1 i 2). Wartości estymowanych parametrów rozkładu Weibulla wskazują, że, w porównaniu z pozostałymi odmianami, rozkład siły w granicy mikrouszkodzeń dla owsa oplewionego (odm. Santor) ma istotnie wyższe wartości parametrów skali i kształtu, co świadczy o znacznie większym rozrzucie wyników. Zjawisko to nasila się znacznie przy uprawie tego owsa w mieszance z jęczmieniem, gdzie wystąpił znaczny wzrost wartości parametrów skali, kształtu, i położenia dla obu warunków uprawy. Ekstremalne wartości tych parametrów wystąpiły dla owsa oplewionego uprawianego w Nawojowej. Natomiast nie odnotowano takich istotnych zmian w dla owsa nagiego (odm. Akt), gdzie parametry rozkładów Weibulla dla siły

Tabela 1. Parametry Rozkładu Weibulla dla siły w granicy mikrouszkodzeń, odmiany owsa okryto- i nagoziarnistego, miejscowość Prusy

Table 1. The parameters of Weibull's distributions for force within the range of arising damage for naked and covered oat, locality Prusy

Odmiana Variety	Parametry rozkładu Weibulla The parameters of Weibull's distribution			Istotność różnic Significance of differences
	B-skali B-scale	C-kształtu C-shape	Θ- położenia Θ-position	
	Kantor	1,69	0,55	
Akt	2,59	0,87	4,98	3
Kantor+ jęczmień barley	13,10	100,50	51,44	124
Akt+ jęczmień barley	3,15	0,63	5,00	3

Tabela 2. Parametry Rozkładu Weibulla dla siły w granicy mikrouszkodzeń, odmiany owsa okryto- i nagoziarnistego, miejscowość Nawojowa

Table 2. The parameters of Weibull's distributions for force within the range of arising damage for naked and covered oat, locality Nawojowa

Odmiana Variety	Parametry rozkładu Weibulla The parameters of Weibull's distribution			Istotność różnic Significance of differences
	B-skali B-scale	C-kształtu C-shape	Θ- położenia Θ-position	
	Kantor	6,50	0,94	
Akt	2,97	0,49	4,99	3
Santor+ jęczmień barley	66,90	99,90	8,26	124
Akt+ jęczmień barley	3,22	0,55	4,99	3

w granicy powstawania uszkodzeń nie różniły się istotnie pomiędzy sobą i to zarówno dla różnych warunków glebowych, jak i dla uprawy w siewie czystym i w mieszance z jęczmieniem. Tak więc, zmiana warunków uprawy decyduje o zmienności odporności na uszkodzenia ziarniaków. Znaczny rozrzut wartości siły

w granicy mikrouszkodzeń może powodować, że dobór właściwych parametrów zbioru zmechanizowanego (ze względu na powstawanie uszkodzeń ziarniaków) będzie utrudniony.

W przypadku jęczmienia wartości parametrów skali i kształtu były generalnie niższe (tab. 3 i 4) w porównaniu z owsem, co świadczy o mniejszym rozrzucie wartości siły w granicy mikrouszkodzeń. Różnice pomiędzy rozkładami siły w granicy mikrouszkodzeń dla odmian jęczmienia Rodos i Rastik były istotne statystycznie.

Tabela 3. Parametry Rozkładu Weibulla dla siły w granicy mikrouszkodzeń, odmiany jęczmienia okryto- i nagoziarnistego, miejscowość Prusy

Table 3. The parameters of Weibull's distributions for force within the range of arising damage for naked and covered barley, locality Prusy

Odmiana Variety	Parametry rozkładu Weibulla The parameters of Weibull's distribution			Istotność różnic Significance of differences
	B-skali B-scale	C-kształtu C-shape	⊖-położenia ⊖-position	
	Rodos	4,52	1,33	
Rastik	1,65	1,32	6,11	1
Rodos+ owies oat	6,90	9,60	6,32	12
Rastik+ owies oat	9,51	0,78	9,65	2

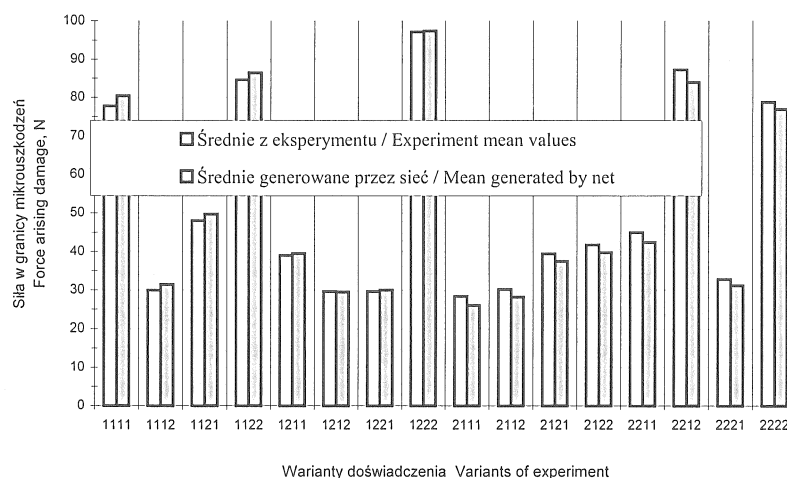
Istniejące różnice pomiędzy ziarnem nago- i okrytoziarnistym występujące zarówno dla owsa jak i dla jęczmienia mogą być skutkiem obecności plewki w zgniatanym ziarnie, która może mieć pewien wpływ na wartości mierzonych sił.

Przy szacowaniu wytrzymałości ziarna za pomocą Sztucznych Sieci Neuronowych najlepsze wyniki otrzymano dla sieci trójwarstwowej 7→6→1 (o 7 neuronach w pierwszej warstwie ukrytej, 6 neuronach w drugiej warstwie ukrytej i 1 neuronie w warstwie wyjściowej). Porównywalną dokładność uzyskano dla sieci dwuwarstwowej 9→0→1. Jako model do szacowania siły w granicy mikro-uszkodzeń wybrano sieć trójwarstwową. Rozkład wartości średnich generowanych przez tę sieć porównano z wartościami uzyskanymi w eksperymencie dla wszystkich wariantów doświadczenia. Do porównania użyto testu nieparametrycznego χ^2 , traktując dane z eksperymentu jako wartości obserwowane, a generowane przez sieć jako oczekiwane. W rezultacie uzyskano zgodność obu rozkładów (przy

Tabela 4. Parametry Rozkładu Weibulla dla siły w granicy mikrouszkodzeń, odmiany jęczmienia okryto- i nagoziarnistego, miejscowość Nawojowa

Table 4. The parameters of Weibull's distributions for force within the range of arising damage for naked and covered barley, locality Nawojowa

Odmiana Variety	Parametry rozkładu Weibulla The parameters of Weibull's distribution			Istotność różnic Significance of differences
	B-skali B-scale	C-kształtu C-shape	Θ -położenia	
	Rodos	6,50	0,94	
Rastik	2,97	0,49	4,99	1
Rodos + owies oat	7,12	0,92	6,26	2
Rastik + owies oat	23,59	0,48	7,13	123



Rys. 1. Porównanie wartości siły w granicy mikrouszkodzeń generowanymi przez Sztuczną Sieć Neuronową i uzyskanymi z eksperymentu

Fig. 1. The comparison of value of force within the range of arising damage generated by Artificial Neural Network and obtained from experiment

poziomie ufności $1-\alpha = 0,99$). Graficzny obraz porównania siły w granicy mikrouszkodzeń zamieszczono na rysunku. Tak wysoka zgodność dopasowania potwierdza przydatność Sztucznych Sieci Neuronowych w badaniach wytrzymałościowych

materiałów biologicznych. Uzyskany model może być z powodzeniem stosowany do szacowania siły w granicy mikrouszkodzeń.

WNIOSKI

1. Stwierdzono istotne statystycznie różnice w odporności na uszkodzenia dla ziarna oplewionego i nieoplewionego zarówno dla odmian owsa jak i jęczmienia.
2. Właściwości wytrzymałościowe ziarna owsa nagiego cechowała dość niska zmienność i nieistotna statystycznie reakcja na zmienne warunki glebowe.
3. Odporność na uszkodzenia ziarna jęczmienia, w porównaniu z owsem, wykazywała mniejsze reakcje na odmienne warunki uprawy. Prawdopodobnie jest to spowodowane różnicami w budowie morfologicznej tych gatunków.
4. Uzyskany model wykorzystujący Sztuczne Sieci Neuronowe może być z powodzeniem stosowany do szacowania wytrzymałości doraźnej ziarna owsa i jęczmienia wyrażonej wartością siły w granicy mikrouszkodzeń.

PIŚMIENNICTWO

1. **Budzyński W., Dubis B.:** Porównanie plonowania zbóż jarych w siewach czystych, międzygatunkowych i międzyodmianowych w świetle wieloletnich badań. Mat. konf. „Stan i perspektywy uprawy mieszanek zbożowych”, Wyd. AR, Poznań, 75-82, 1994.
2. **Kolowca J.:** Wpływ obciążeń mechanicznych na uszkodzalność i wartość biologiczną ziarna pszenicy. Zeszyty Naukowe AR Kraków, Rozprawa habilitacyjna, Nr. 70, 1979.
3. **Mohsenin N.:** Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Science Publishers, 1970.
4. **Złobecki A., Francik S.:** Defining the damaging process of cereal grains on the basis of artificial neural network. Int. Agrophysics, 15, 219-223, 2001.

VALUATION OF DAMAGE RESISTANCE OF NAKED AND COVERED GRAIN OF CEREALS BY USE OF STATISTICAL METHODS AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

Andrzej Złobecki, Sławomir Francik

Department of Machine Design, University of Agriculture, ul. Balicka 104, 30-149 Kraków
e-mail: rtzlobec@cyf-kr.edu.pl

Abstract. In this paper the resistance of grain to damage was analysed. Grain of the oat and barley's was tested. The changes were estimated for covered and naked varieties using statistical methods and with use Artificial Neural Network. It was stated that values generated by ANN were not significantly different from measured ones. Constructed model is useful for evaluation of the resistance of grain to damage.

Key words: damage of grain, naked and covered cereals, Artificial Neural Network

