

## **PORÓWNANIE WSPÓŁCZYNNIKÓW GINIEGO JAKO METODA OKREŚLENIA WPLYWU STYMULACJI NASION POLEM MAGNETYCZNYM NA MODUŁ SPRĘŻYSTOŚCI ŻDŹBEŁ ZBÓŻ**

Andrzej Bochniak, Mirosława Wesołowska-Janczarek,  
Stanisław Pietruszewski

Akademia Rolnicza w Lublinie

**Streszczenie:** Celem pracy jest stwierdzenie, czy poddanie nasion zbóż wstępnej stymulacji polem magnetycznym wpływa na różnice w strukturze rozkładu wartości modułów sprężystości podłużnej źdźbeł zbóż wykiełkowanych z tych nasion. Dla porównania wartości modułów wykorzystano często stosowany w problemach ekologicznych współczynnik Giniego. W celu stwierdzenia istotności zróżnicowania modułów sprężystości źdźbeł zbóż pod wpływem zabiegów stymulacji nasion zaproponowano zastosowanie przedziałów ufności dla różnicy odpowiednich współczynników Giniego. Do stworzenia ich wykorzystano metodę bootstrap.

**Słowa kluczowe:** współczynnik Giniego, bootstrap, stymulacja polem magnetycznym

### **WSTĘP**

Jednym z zadań rolnictwa jest zaspokojenie potrzeb żywnościowych ludności pod względem ilościowym i jakościowym. Uzyskanie wysokich plonów stwarza konieczność wykorzystania wielu środków produkcji. Jedną z metod wpływających na podwyższenie uzyskiwanych plonów jest zwiększenie ilości nawozów, co może jednak prowadzić do wzrostu kosztów wytwarzanych produktów, a także niekorzystnie wpływać na środowisko naturalne. Wzrastająca świadomość społeczeństwa wymaga ograniczenia niekorzystnego oddziaływania człowieka na przyrodę, a więc stosowania takich sposobów uprawy, które są bardziej wskazane ze względów ekologicznych.

W ostatnich latach w dążeniu do podwyższenia plonów stosowane są metody, do których należy zaliczyć hodowanie nowych odmian, lepiej wykorzystujących lokalne wa-

---

Adres do korespondencji – Corresponding Author: Andrzej Bochniak, Mirosława Wesołowska-Janczarek, Katedra Zastosowań Matematyki; Stanisław Pietruszewski, Katedra Fizyki Akademii Rolniczej w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin, e-mail: bochniak@ursus.ar.lublin.pl, janczar@ursus.ar.lublin.pl, stape@ursus.ar.lublin.pl

runki środowiskowe oraz poddawanie roślin działaniu stymulujących bodźców elektrofizycznych, takich jak: promieniowanie jonizujące, podczerwone, ultrafioletowe, laserowe, ultradźwięki, mikrofałe oraz pola magnetyczne, elektryczne i elektromagnetyczne.

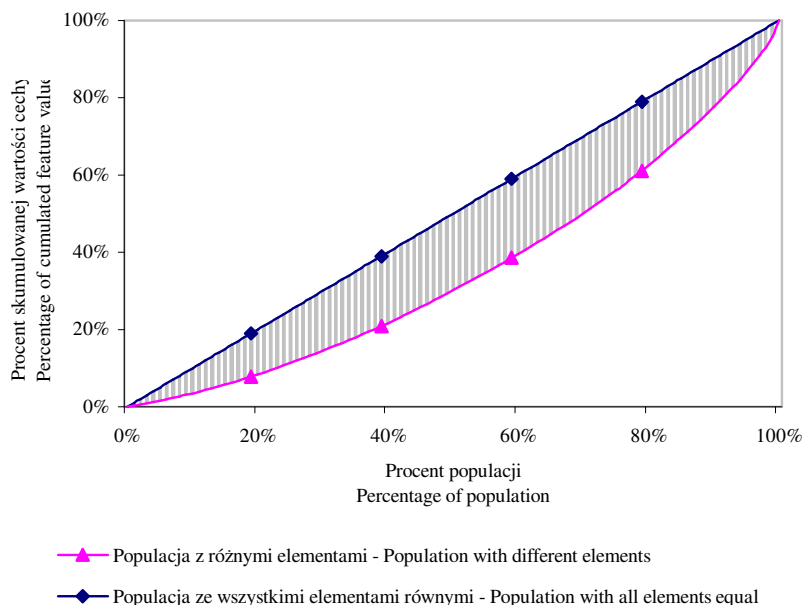
W Katedrze Fizyki Akademii Rolniczej w Lublinie od dłuższego czasu prowadzone są badania mające na celu określenie wpływu pola magnetycznego na właściwości biologiczne materiału siewnego i uzyskiwanych z niego plonów. Niniejsza praca zawiera propozycje opracowania wyników pewnej części tych badań.

## MATERIAŁ I METODY

Do badań przeprowadzonych w 2000 roku użyto nasion pochodzących z Instytutu Genetyki i Hodowli Roślin Akademii Rolniczej w Lublinie. Były to trzy formy zbóż: pszenżyto „Presto”, pszenperz PPG 115 oraz mieszańiec „Presto” × PPG 115. Partie nasion poddano działaniu zmiennego pola magnetycznego o indukcji 30 mT w dwóch czasach ekspozycji 8 i 30 sekund. W celach porównawczych dla poszczególnych odmian uwzględniono nasiona kontrolne. W Katedrze Fizyki Akademii Rolniczej w Lublinie zostały przeprowadzone badania mające na celu określenie cech wytrzymałościowych poszczególnych form zbóż i wpływu na te cechy stymulacji materiału siewnego. Jako materiał doświadczalny zostało wybranych po 20 źdźbeł dla każdej grupy badanych roślin. Na nich wykonano pomiary modułu sprężystości podłużnej. Do badania wykorzystano moduły sprężystości obliczone dla dolnych międzywęźli pobranych źdźbeł.

W celu stwierdzenia wpływu stymulacji nasion badanych zbóż na wartości modułu sprężystości źdźbeł pomiędzy grupą kontrolną a grupami poddanymi 8- i 30-sekundowemu oddziaływaniu pola magnetycznego porównano odpowiednie współczynniki Giniego [Weiner i in. 1984] mierzące wyrównanie wielkości badanej cechy u poszczególnych elementów w populacji. Współczynnik ten określa, czy kilka elementów o dużych wartościach cechy nie dominuje nad pozostałą częścią populacji. Nazywany jest on także współczynnikiem koncentracji.

Na rysunku 1 przedstawiono graficzną ilustrację współczynnika Giniego dla badanej cechy w populacji. Elementy populacji ustawiane są w kolejności od najmniejszej do największej względem badanej cechy. Na osi poziomej oznacza się, ile procent całej populacji stanowi początkowa grupa elementów zaczynająca się od elementu o najmniejszej wartości cechy. Na osi pionowej zaznacza się, jaki procent sumy wartości cechy wszystkich elementów w populacji stanowi suma wartości cechy tej początkowej grupy elementów. Powstałe w ten sposób punkty na wykresie wyznaczają krzywą przedstawiającą zależność skumulowanej wartości badanej cechy względem udziału elementów w danej populacji. Współczynnik Giniego mierzy odchylenie tej krzywej od prostej wyznaczonej dla takiej populacji, w której wszystkie elementy mają jednakowy udział w populacji. Wartością tego współczynnika jest stosunek pola obszaru zacienowanego do obszaru znajdującego się pod linią prostą.



Rys. 1. Graficzna interpretacja współczynnika Giniego  
 Fig. 1. Graphical interpretation of Gini coefficient

Dla uporządkowanej próby  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ ,  $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$  współczynnik Giniego może być obliczony ze wzoru [Glasser 1962]:

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n (2i - n - 1)x_i}{(n - 1)\sum_{i=1}^n x_i}, \quad i = 1, \dots, n$$

Współczynnik ten przyjmuje wartości od 0 do 1. Wartość 0 współczynnik Giniego osiąga wtedy, gdy wszystkie wartości badanej cechy w populacji są sobie równe, a teoretyczną wartość 1 osiąga wtedy, gdy jedna z tych wartości w zdecydowany sposób dominuje nad pozostałymi wartościami w populacji. Stwierdzenie o istotnym zróżnicowaniu współczynników w badanych populacjach pozwala na wyciągnięcie wniosku o różnych rozkładach wartości cechy w tych populacjach.

Dla oszacowania istotnej różnicy pomiędzy współczynnikami Giniego dla porównywanych grup utworzono przedziały ufności na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . Taki przedział ufności dla różnicy parametrów, które nie różnią się istotnie pomiędzy sobą powinien zawierać wartość 0. Do konstrukcji przedziałów ufności użyto percytylową metodę bootstrapu [Dixon i in. 1987; Efron i in. 1991, 1993; Dixon 1993], która wykorzystu-

jąc metody symulacyjne pozwala na oszacowanie rzeczywistej wielkości różnicy między teoretycznymi wartościami badanych współczynników.

Perentylowa metoda bootstrapu jest najprostszą i zarazem najczęściej stosowaną z metod, która wykorzystując operację bootstrapu, oszacowuje przedział ufności dla badanej statystyki opisującej populację. Operacja bootstrapu polega na wielokrotnym tworzeniu próbek, o takiej samej liczbie elementów, co zaobserwowane próbki. Elementy tych próbek powstają poprzez losowanie z powtórzeniem z elementów wyjściowych próbek. Dla każdej pary tak wygenerowanych próbek wyliczana jest różnica współczynników Giniego. Do wyznaczenia przedziału ufności, konieczne jest utworzenie co najmniej 1000 takich par próbek. Przy wyznaczaniu przedziału ufności metodą perentylową na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$  wykorzystuje się percentyle rzędu 2,5 i 97,5. W celu ich wyznaczenia należy ustawić w porządku rosnącym wartości otrzymanych różnic współczynników Giniego dla wszystkich par próbek utworzonych przy pomocy operacji bootstrapu. Percentyl rzędu 2,5 otrzymujemy poprzez uśrednienie wartości o numerach 25 i 26, a percentyl rzędu 97,5 poprzez uśrednienie wartości o numerach 975 i 976.

Dla sprawdzenia, czy tak skonstruowane przedziały ufności pozwalają na stwierdzenie, że współczynniki te różnią się między sobą w sposób istotny, wykonano symulację komputerową w programie Microsoft Excel XP z wykorzystaniem oprogramowania Visual Basic for Applications, mającą na celu ustalenie w ilu procentach, utworzone metodą bootstrapu przedziały ufności, dla danych generowanych z tego samego rozkładu, pokrywają wartość 0. Symulacje przeprowadzono dla różnych rozkładów, procentowe pokrycie dla wybranych rozkładów przedstawiono w tabeli 1. Dla każdego rozkładu generowano po 500 par próbek, dla których szacowane były przedziały ufności dla różnicy współczynników Giniego. W symulacjach szczególnie zainteresowano się rozkładem Gamma, gdyż wykonane wcześniej analizy sugerują, że właśnie taki rozkład ma moduł sprężystości podłużnej dla badanych żdźbeł zbóż.

Tabela 1. Pokrycie wartości 0 przez przedziały ufności wygenerowane metodą bootstrapu  
Table 1. Covering value 0 by confidence intervals generated by bootstrap method

Rozkład Distribution	Wybrane parametry Chosen parameters	Pokrycie Coverage %
Gamma 2-parametryczny 2-parametric Gamma	$\Gamma(2,7)$	96,2
Gamma 3-parametryczny 3-parametric Gamma	$\Gamma(2,300,200)$	94,2
Gamma 3-parametryczny 3-parametric Gamma	$\Gamma(5,500,100)$	95,6
Gamma 3-parametryczny 3-parametric Gamma	$\Gamma(4,1500,2000)$	95
Normalny Normal	$N(10,3)$	93
Jednostajny Uniform	$J(1,5)$	96,6

Przedziały ufności na poziomie  $\alpha = 0,05$  powinny pokrywać wartość 0 w około 95%. Z tabeli 1 widać, że pokrycie to dla różnych rozkładów prawdopodobieństwa jest bliskie 95%, a zatem wyznaczone za pomocą bootstrapu przedziały ufności mogą być zastosowane do oceny różnicy pomiędzy wartościami współczynników Giniego dla badanych grup.

## WYNIKI

W tabeli 2 przedstawiono uzyskane oszacowania różnic między współczynnikami Giniego dla porównania rozkładów modułu sprężystości podłużnej źdźbeł poszczególnych grup z nasion poddanych 8- i 30-sekundowemu oddziaływaniu pola magnetycznego badanych form zbóż z grupami kontrolnymi. Druga kolumna w tabeli przedstawia

Tabela 2. Przedziały ufności dla różnicy współczynników Giniego dla poszczególnych grup  
Table 2. Confidence intervals of difference of Gini coefficients for particular groups

Odmiana Variety	Różnica z grupą kontrolną Difference with control group	Przedział ufności Confidence interval		Różnica istotna Significant difference
Pszenżyto 8s	0,04109	-0,009999	0,08708	Nie - No
Pszenżyto 30s	0,10806	0,04121	0,16802	Tak - Yes
Pszenperz 8s	-0,25169	-0,32818	-0,113	Tak - Yes
Pszenperz 30s	-0,27734	-0,34107	-0,1349	Tak - Yes
Mieszaniec 8s	-0,00634	-0,12871	0,110353	Nie - No
Mieszaniec 30s	-0,05713	-0,14958	0,042115	Nie - No

różnicę, jaką otrzymano między współczynnikami Giniego wyznaczonymi dla zaobserwowanych próbek, zaś trzecia zawiera wyznaczone na ich podstawie przedziały ufności za pomocą metody bootstrapu. Ostatnia kolumna zawiera informację, czy zaobserwowana różnica między współczynnikami Giniego dla poszczególnych grup różni się istotnie między sobą, czyli czy oszacowane przedziały ufności zawierają wartość 0.

## WNIOSKI

Na podstawie wyznaczonych przedziałów ufności za pomocą percyntylowej metody bootstrapu widać, że stymulacja nasion nie wykazuje takiego samego wpływu na wartości modułu sprężystości podłużnej dla wszystkich form zbóż. Dla formy pszenżyto „Presto” odnotowano istotne zwiększenie wartości współczynnika Giniego dla modułu sprężystości przy 30-sekundowym czasie ekspozycji nasion w polu magnetycznym. Oznacza to, że stymulacja w tym przypadku spowodowała wzrost znaczenia dużych wartości modułu sprężystości w stosunku do mniejszych. Dla formy pszenperz PPG 115 odnotowano istotne zmniejszenie wartości współczynnika Giniego w wyniku działania pola magnetycznego zarówno w czasie 8-, jak i 30-sekundowym, czyli obserwujemy skupienie wartości modułu sprężystości w wyniku stymulacji pola magnetycznego. Dla pozostałych grup nie odnotowano istotnego wpływu stymulacji pola magnetycznego.

**PIŚMIENNICTWO**

- Dixon P. M., 1993. The bootstrap and the jackknife: describing the precision of ecological indices. [W:] Scheiner S. M., Gurevitch J. eds. Design and Analysis of Ecological Experiments. Chapman & Hall. New York.
- Dixon P. M., Weiner J., Mitchell-Olds T., Woodley R., 1987. Bootstrapping the Gini coefficient of inequality. Ecology 68, 1548–1551.
- Efron B., Tibshirani R. J., 1993. An introduction to the Bootstrap. Chapman & Hall. New York.
- Efron B., Tibshirani R. J., 1991. Statistical data analysis in the computer age. Science 253, 390–395.
- Glasser G. J., 1962. Variance formulas for the mean difference and coefficient of concentration. J. Am. Statistic. Assoc. 57, 648–654.
- Weiner J., Solbrig O. T., 1984. The meaning and measurement of size hierarchies in plant populations. Oecologia 61, 334–336.

**A COMPARISON OF GINI COEFFICIENTS AS A METHOD OF STATE ABOUT INFLUENCE OF THE MAGNETIC FIELD STIMULATION OF SEEDS ON CORN STALK MODULUS OF ELASTICITY**

**Abstract.** The aim of this work is the statement if an initial subjecting corn seeds to the magnetic field stimulation influences on differences in a distribution structure of modulus of longitudinal elasticity of stacks of corn sprouted from this seeds. Often applied in ecological problems Gini coefficient was used to a compare the modulus of elasticity. The usage of confidence intervals was proposed to determine the significance differences of modulus of elasticity to state about influence of magnetic field stimulation to corn seeds. Confidence intervals were constructed by the bootstrap method.

**Key words:** Gini coefficient, bootstrap, magnetic field stimulation

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 27.10.2004