

EMISJA AKUSTYCZNA W TESTACH ŚCISKANIA TKANEK WARZYW I OWOCÓW

A. Zdunek

Instytut Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin

Streszczenie. Emisja akustyczna jest powszechnie stosowana w wielu dziedzinach nauki, zwłaszcza tam, gdzie istotne są zagadnienia związane z pękaniem struktury materiału. Problemy te występują również w tkankach roślinnych, szczególnie w uwodnionych tkankach owoców i warzyw. W pracy opisano aparaturę i metodykę związaną z zastosowaniem metody emisji akustycznej do badania tkanek owoców i warzyw. Zaprezentowano wyniki badań przeprowadzonych dla tkanki bulwy ziemniaka, które wykazały przydatność emisji akustycznej do tego typu materiałów.

Słowa kluczowe: emisja akustyczna, tkanka roślinna, pęknięcie.

WSTĘP

Nowoczesne rolnictwo kładzie ogromny nacisk nie tylko na intensyfikację produkcji ale również na jakość produktów trafiających do konsumenta. Straty w zbiorach i utrzymanie zadawalającej jakości podczas cyklu produkcyjnego stanowią ważny problem, szczególnie w przypadku warzyw i owoców. Zśród czynników powodujących obniżenie jakości produktu finalnego jednym z ważniejszych są uszkodzenia mechaniczne. Konsekwencjami uszkodzeń owoców i warzyw są zmiany w strukturze, kolorze i smaku [8]. Przykładem jest tu zjawisko ciemnej plamistości pouszkodzeniowej, które występuje w bulwach ziemniaka [5]. Stwierdzono, że jedną z przyczyn tego zjawiska jest pęknięcie błon komórkowych i reakcja enzymów wewnątrzkomórkowych z tlenem [12].

Powyższe problemy stały się powodem poszukiwania metod umożliwiających laboratoryjne badanie przyczyn i praw rządzących zjawiskami mechanicznymi

uszkodzeń tkanek roślinnych. Jedną z ważniejszych metod badania zniszczeń jest metoda emisji akustycznej. Umożliwia ona badanie różnorodnych procesów w szerokiej klasie materiałów znajdujących się w bardzo różnych warunkach zewnętrznych. Metoda ta znalazła zastosowanie między innymi w badaniu takich materiałów jak: metale, ceramiki, skały, drewno, gleba, itp. [6]. W ostatnich latach emisja akustyczna została wprowadzona również do badań tkanek roślinnych [2,3,4,14,15]. W niniejszej pracy zostanie przedstawiony opis emisji akustycznej, rozwiązania techniczne i wyniki jej zastosowania do badania tej klasy materiałów.

EMISJA AKUSTYCZNA

W każdym materiale istnieje pewien wstępny niejednorodny rozkład energii wewnętrznej. Rozkład ten może zostać zmieniony w wyniku działania bodźca zewnętrznego, np.: siły zewnętrznej, reakcji chemicznej, zmiany temperatury, itp. Może wówczas dojść do zapoczątkowania lokalnych procesów deformacyjnych i wyzwolenie pewnej porcji energii. Wyzwolona energia zostaje zużyta na wykonanie pracy mechanicznej, ciepło oraz mała jej część na wypromieniowanie w postaci fal sprężystych. Fale te nazywane są *sygnałem emisji akustycznej* (w skrócie sygnałem EA). Sygnał EA propaguje do powierzchni badanego materiału, gdzie może zostać zarejestrowany [6].

Ze względu na to, że powstanie sygnału EA jest zawsze związane z jego propagacją, terminem emisja akustyczna (w skrócie EA) określa się zjawisko tworzenia i propagacji fal sprężystych w wyniku nagłego uwolnienia zmagazynowanej energii w pewnym punkcie badanego ośrodka. Natomiast źródłem sygnału emisji akustycznej określa się miejsce lub element strukturalny emitujący sygnał EA [6].

Źródła sygnału EA można podzielić ze względu na procesy w nich zachodzące. Najważniejsze z nich to [6]:

- ruchy defektów sieci krystalicznej,
- przejścia pomiędzy stanami energetycznymi w atomach,
- powstawanie mikropęknięć i ich rozwój (propagacja),
- ruchy ośrodka i towarzyszące im tarcie,
- reakcje chemiczne i przejścia fazowe.

Emisja akustyczna rozumiana jako zjawisko fizyczne wymaga analitycznego opisu fal sprężystych w funkcji czasu i odległości od źródła. Wychodząc z założenia, że źródłem sygnału jest lokalna zmiana pola naprężeń w materiale, generacja sygnału EA może być przedstawiona za pomocą równania falowego [7]:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = (\lambda + \eta) \text{grad div } u + \eta \text{div grad } u \quad (1)$$

gdzie: ρ - gęstość ośrodka, u - wektor przemieszczeń λ , η - stałe Lamé'a, charakteryzujące ośrodek

Równanie (1) jest słuszne dla ośrodka sprężystego i izotropowego. W rzeczywistości fala sprężysta propagując w ośrodku może podlegać wszystkim zjawiskom falowym, np.: dyfrakcji, interferencji i odbiciu. Zarejestrowany sygnał emisji akustycznej jest więc pochodną zjawisk falowych, którym jest poddawany sygnał EA na drodze od źródła do odbiornika. Z tych powodów przemieszczenie powierzchni ośrodka (rejestrowane przez odbiornik sygnału EA) jest funkcją źródła sygnału EA oraz funkcją propagacji sygnału EA przez ośrodek. Dla impulsowego źródła sygnału EA rejestrowany przez odbiornik wektor przemieszczenia można opisać równaniem [1]:

$$u_i(t') = G_{ij}(r', t'-t; r) f_j(t) \quad (2)$$

gdzie: $G_{ij}(r', t'-t; r)$ - funkcja Greena dla przemieszczeń w kierunkach x_i' y_i' z_i' w punkcie r' i chwili t' dla przypadku, gdy źródłem tych przemieszczeń jest lokalne zaburzenie f_j pola naprężeń w punkcie r w chwili t .

Rozwiązania równań (1) i (2) zależą od przyjętych założeń co do właściwości ośrodka i jego geometrii oraz funkcji zmian amplitudy pola naprężeń f . Jednak nawet dla uproszczonej geometrii ośrodka, jakim jest nieograniczona płyta o skończonej grubości, analityczne rozwiązania są bardzo złożone. Rozważania na temat równań opisujących propagację sygnału EA w modelowych ośrodkach z podaniem bogatej bibliografii można znaleźć między innymi w pracy [6].

Innym sposobem analizy sygnału emisji akustycznej jest wyodrębnienie pewnych charakterystycznych parametrów sygnału EA (deskryptorów) i badanie ich zmian w czasie oraz w funkcji innych parametrów zewnętrznych. W ten sposób można otrzymać pewne informacje o procesach zachodzących w źródle. Najczęściej stosowane deskryptory zamieszczono ????? to:

1. Pochodne zmian w czasie
 - 1.1. Tempo lub suma zliczeń
 - 1.2. Tempo lub suma zdarzeń
 - 1.3. Liczba przejść przez wybrany poziom amplitud
2. Pochodne przebiegów czasowych
 - 2.1. Maksymalna amplituda (wierzchołek)

- 2.2. Średnia amplituda
- 2.3. Powierzchnia nad wartością średnią
- 2.4. Okres półtrwania
- 3. Pochodne energii
 - 3.1. Wartość maksymalna RMS
 - 3.2. Wartość średnia RMS
 - 3.3. Suma RMS
 - 3.4. Energia pojedynczego impulsu lub zdarzenia
- 4. Pochodne rozkładu częstotliwościowego
 - 4.1. Częstotliwość maksymalnej intensywności w widmie mocy
 - 4.2. Częstotliwość środkowa: granica podziału widma mocy na części o równej energii
 - 4.3. Maksymalna intensywność lub wierzchołek o wybranych pasmach częstotliwości
 - 4.4. Średnia częstotliwość w widmie amplitud
 - 4.5. Szerokość pasma częstotliwości sygnałów przekraczających wybrany poziom
 - 4.6. Energia w wybranych pasmach częstotliwości

W celu wyznaczenia wyżej wymienionych deskryptorów czyni się pewne założenia co do kształtu sygnału EA. Podstawowym założeniem, popartym obserwacjami praktycznymi, jest przyjęcie sygnału generowanego przez impulsowe źródło EA w postaci tłumionej sinusoidy [11]. Fragment sygnału zawierający mierzalne wartości w obrębie tak określonego przebiegu nazywany jest *zdarzeniem EA* (Rys. 1). Wówczas, zdarzenie powstające w odbiorniku EA w postaci sygnału elektrycznego, ma postać [11]:

$$U_1(t) = A_m \exp(-\alpha_1 t) \sin(2\pi f_0 t) \quad (3)$$

gdzie: A_m - maksymalna wartość napięcia rejestrowanego w zdarzeniu, f_0 - maksimum charakterystyki amplitudowo – częstotliwościowej układu przetwornik – środek, α_1 - dekrement tłumienia układu przetwornik – ośrodek, t – czas.

Jeżeli dla amplitudy otrzymywanego sygnału ustalimy pewien próg, nazywany poziomem dyskryminacji, wówczas każde przejście amplitudy ponad ten poziom jest rejestrowane jako *zliczenie EA* (Rys. 1). Dla zdarzenia EA opisanego wzorem (3) zależność pomiędzy liczbą zliczeń w trakcie zdarzenia EA N_{z1} a poziomem dyskryminacji A , dana jest wzorem [11]:

$$N_{zd} = \frac{f_0}{\alpha_1} \ln \left(\frac{A_m}{A_t} \right) \quad (4)$$

Sumy deskryptorów, odpowiednio: zliczeń i zdarzeń zapisywane w określonych przedziałach czasowych (bramkach czasowych) nazywane są *tempem zliczeń* $\frac{dN_{zl}}{dt}$ i *tempem zdarzeń* $\frac{dN_{zd}}{dt}$ [6].



Rys. 1. Wyznaczanie zliczeń i zdarzeń sygnału emisji akustycznej.

Fig. 1. Determination of acoustic emission counts and events.

w sejsmologii do ostrzegania przed trzęsieniami ziemi, monitorowanie zbiorników wysokociśnieniowych, badanie stopnia zmęczenia części samolotów, badanie szczelności kadłubów okrętów, itp.

W agrofizyce metodę emisji akustycznej po raz pierwszy zastosował Skrynicki do badania procesów zachodzących w glebie podczas jej deformacji [13]. Wykazał on, że suma zliczeń sygnału EA rejestrowana przez czujniki umieszczone w glebie zależy od masy przejeżdżającego pojazdu oraz od jego prędkości. Zaobserwował również, że zjawisko emisji akustycznej zachodzi podczas przemian fazowych wody glebowej. Maksimum stosunku przyrostu liczby zliczeń sygnału EA do zmiany temperatury pojawiają się przy temperaturze 0°C, następnie gwałtownie opada, jednak emisję akustyczną można obserwować aż do -8°C.

Prowadzone są również badania procesów pęknięcia drewna na podstawie rejestracji zliczeń i zdarzeń przy różnych parametrach charakteryzujących próbki

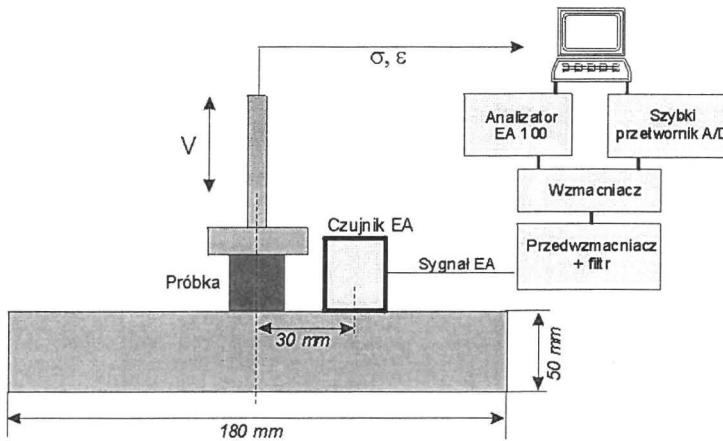
Metoda emisji akustycznej znalazła zastosowania w wielu dziedzinach nauki i przemysłu, w których na przykład istotne jest poznanie przyczyn i monitorowanie procesów pęknięcia. Prowadzone są prace nad zastosowaniem metody emisji akustycznej w badaniach mechanizmu mikro-pęknięcia betonów, kompozytów, materiałów ceramicznych, itp.. Najważniejsze dotychczasowe zastosowania metody emisji akustycznej to między innymi:

drewna. Otrzymano bardzo interesujące zależności tempa zliczeń np. od wilgotności, od jakości obrobionej powierzchni próbki oraz od długości skrawania [6].

APARATURA DO POMIARU SYGNAŁU EA W TKANKACH ROŚLINNYCH

Sygnal emisji akustycznej powstaje w tkance roślinnej poddanej działaniu sił zewnętrznych w wyniku deformacji jej struktury. W laboratorium warunki takie można wytworzyć poprzez ściskanie próbki w szczękach maszyny wytrzymałościowej (Rys. 2). Należy przy tym zadbać by maszyna wytrzymałościowa nie powodowała zakłóceń rejestrowanego sygnału EA powstającego w ściskanym materiale. W prezentowanych badaniach użyto maszyny wytrzymałościowej Lloyd LRX.

Do rejestracji sygnału emisji akustycznej w tkankach roślinnych użyto szerokopasmowego czujnika piezoelektrycznego typu WD, który charakteryzuje się wysoką czułością w zakresie częstości od 25 kHz do 1 MHz.



Rys. 2. Schemat aparatury pomiarowej użytej w eksperymentach.

Fig. 2. Scheme of experimental apparatus.

W testach ściskania próbek pobieranych z badanych tkanek, ze względu na niewielkie ich wymiary, niemożliwe jest przymocowanie czujnika EA bezpośrednio do próbki. Dodatkowo, odkształcenia tkanek roślinnych do momentu ich całkowitego zniszczenia są stosunkowo duże, co powodowałoby tarcie i w konsekwencji zakłócenie sygnału EA. Problem ten można rozwiązać przymocowując czujnik EA do szczęki maszyny wytrzymałościowej (Rys. 2). Na granicy próbka-szczęka (tkanka ziemiaka-stal) sygnał EA przechodzi z materiału o mniejszej

gęstości do materiału o gęstości większej, wówczas tłumienie i zniekształcenie sygnału jest niewielkie. W celu wyeliminowania ewentualnego tarcia wskazane jest zastosowanie smaru silikonowego. Dodatkowo zastosowanie smaru silikonowego, który jest dobrym przewodnikiem fal sprężystych, wyklucza uwięzienie powietrza między próbką a szczęką, które mogłoby powodować całkowite odbicie lub tłumienie sygnału EA.

W rozwiązaniu zaprezentowanym na Rys. 2 rejestrowana jest fala powierzchniowa sygnału EA. Czujnik EA przymocowany jest do tej samej powierzchni szczęki maszyny wytrzymałościowej, na której umieszczona jest próbka. Takie umieszczenie czujnika zwiększa czułość w porównaniu do konfiguracji, w której rejestruje się falę objętościową sygnału EA – czujnik umieszczony jest wówczas pod szczęką w osi próbki. Porównanie przeprowadzono testem łamania wkładu ołówkowego [6].

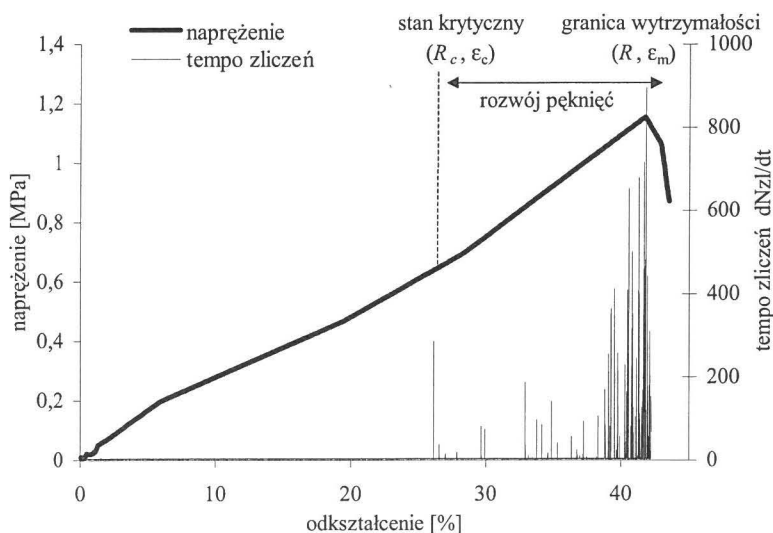
Ze względu na małą amplitudę sygnału EA czujnik emisji akustycznej połączono z przedwzmacniaczem przewodem o długości około 30 cm. W celu wyeliminowania zakłóceń właściwego sygnału odgłosami z otoczenia, w zestawie zastosowano również filtr górno-przepustowy o częstotliwości granicznej np. 25 kHz. Następnie sygnał EA po wzmocnieniu może być rejestrowany na dwa sposoby. Pierwszy z nich polega na zarejestrowaniu fragmentów sygnału EA z wysoką częstotliwością próbkowania (minimum dwa razy większą niż częstotliwość sygnału EA). Otrzymane wyniki pozwalają ocenić parametry widma sygnału EA. Drugi sposób polega na przekształceniu sygnału EA do postaci, opisanych wcześniej, deskryptorów i następnie ich zapisaniu. W rozwiązaniu tym sygnał EA przechodzi przez układ dyskryminujący o wybranej poziomie (od 0,1 V do 10 V, przy czym najczęściej wybiera się poziom 1 V). Następnie układy elektroniczne wyznaczają: tempo zliczeń, tempo zdarzeń, wartość skuteczną oraz wartość szczytową sygnału EA w wybranym przedziale czasowym.

POMIARY SYGNAŁU EA W ŚCISKANEJ TKANCE ZIEMNIAKA

Próby i testy z wykorzystaniem metody emisji akustycznej przeprowadzono dla tkanki bulwy ziemniaka. Komórki parenchymy bulwy ziemniaka mają stosunkowo regularny kształt wielokątów i budowę typową dla uwodnionych tkanek owoców i warzyw. Dodatkowo, struktura komórkowa bulwy ziemniaka jest zbliżona do tej przyjmowanej w mechanicznych modelach tkanek roślinnych [9,10]. Bardzo istotna jest również możliwość pobrania względnie jednorodnej próbki do badań oraz, ze względu na niski koszt materiału, możliwość wykonania wielu powtórzeń.

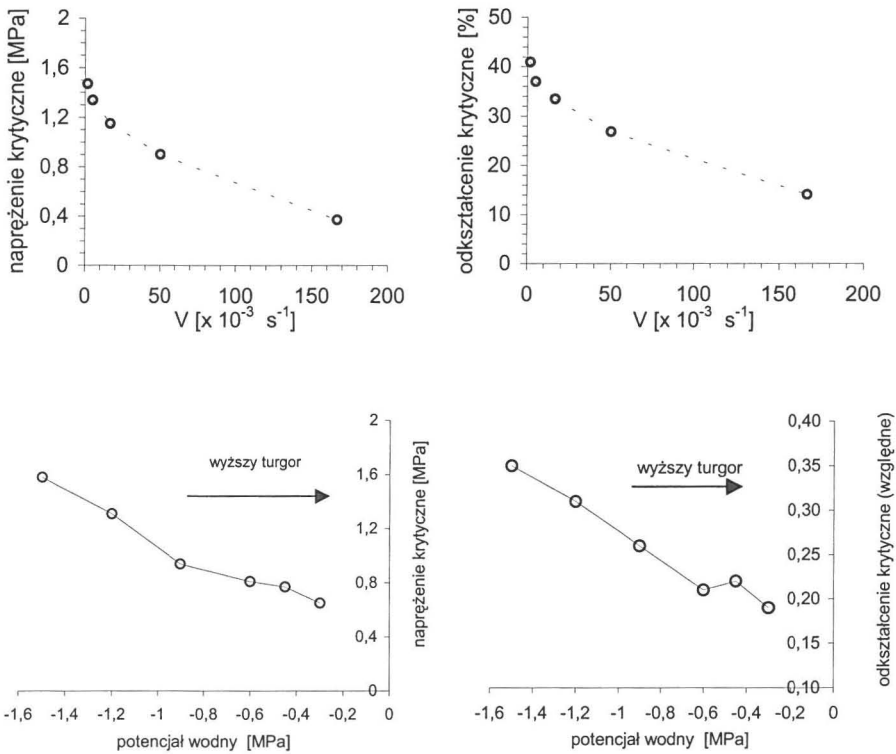
Pierwsze prace nad zastosowaniem metody emisji akustycznej do badania tkanek roślinnych podjęto w 1997 roku [14]. Wyniki eksperymentu z zastosowaniem rezonansowego czujnika sygnału EA i przetwornika analogowo cyfrowego z częstotliwością próbkowania do 500 kHz pokazały, że sygnał emisji akustycznej może być również rejestrowany w ściskanej tkance roślinnej. Zaobserwowano, że sygnał EA posiada pewne charakterystyczne częstotliwości: 60 kHz, 75 kHz, 115 kHz oraz 135 kHz. Bardzo ważnym wnioskiem tych badań było stwierdzenie, że początek obserwacji sygnału EA pojawia się przy odkształceniu równym około 65% odkształcenia niszczącego.

Rejestracji tempa zliczeń $\frac{dN_{zl}}{dt}$ sygnału EA, umożliwia w łatwy sposób określić moment, w którym rozpoczyna się rejestracja sygnału EA w ściskanej tkance roślinnej. Stałe monitorowanie procesu odkształcania pozwala przypisać temu momentowi pewne odkształcenie i naprężenie, które nazwano odpowiednio *naprężeniem krytycznym* R_c i *odkształceniem krytycznym* ε_c (Rys. 3) [3].



Rys. 3. Jednoczesny pomiar zależności naprężenie-odkształcenie (gruba linia) oraz tempa zliczeń sygnału EA (cienka linia).

Fig. 3. Simultaneous measurement of stress-strain curve (wide line) and count rate of acoustic emission (thin line).



Rys. 4. Wpływ prędkości przesuwu głowicy ściskającej V (prędkość unormowana względem wysokości próbki) oraz potencjału wodnego (wyższym potencjałom odpowiadają wyższe wartości ciśnienia turgorowego) na naprężenie krytyczne i odkształcenie krytyczne tkanki bulwy ziemniaka.

Fig. 4. Influence of strain rate V and water potential (higher water potential corresponds to higher turgor) on critical stress and critical strain of potato tuber tissue.

W początkowej fazie rejestracji sygnału EA tempo zliczeń jest stosunkowo niewielkie i ma charakter przypadkowy. Dopiero tuż przed granicą wytrzymałości próbki obserwuje się zagęszczenie pików tempa liczeń i wzrost jego amplitudy. Taki obraz emisji akustycznej można przypisać powstającym w niejednorodnej strukturze mikropeknięciom. Początkowo występują one rzadko i nieregularnie, następnie nasilają się tuż przed granicą wytrzymałości, której towarzyszy zauważalne makropeknięcie próbki.

Jednymi z najważniejszych parametrów determinujących właściwości mechaniczne, w tym wytrzymałość tkanki roślinnej, jest jej turgor oraz prędkość z jaką się ją odkształca. Szczególnie interesujące jest więc jak te parametry wpływają na początek rejestracji sygnału EA. Przeprowadzone badania dla tkanek bulwy ziemniaka wykazały, że wraz ze wzrostem turgoru lub prędkości przesuwu głowicy ściskającej zmniejsza się naprężenie krytyczne i odkształcenie krytyczne (Rys. 4) [4,15]. Wynik ten jest zgodny z mechanicznym modelem komórki roślinnej zaproponowanym przez Pitt'a i in. [9,10]. W modelu tym naprężenie i odkształcenie, przy którym osiągnana jest wytrzymałość ściany na rozciąganie jest mniejsze przy wyższym turgorze lub wyższej prędkości z jaką komórkę się ściska. Porównanie modelu z wynikami eksperymentu z zastosowaniem emisji akustycznej pozwala wnioskować, że jednym ze źródeł sygnału EA w ściskanej tkance roślinnej jest pękanie ścian komórkowych, i można przyjąć, że początek rejestracji sygnału EA jest początkiem pęknięcia tkanki roślinnej. Metoda EA umożliwia więc określenie warunków, przy których rozpoczyna się pękanie (naprężenie i odkształcenie krytyczne) oraz śledzić ten proces aż do granicy wytrzymałości (Rys. 3).

Proces pęknięcia tkanki roślinnej może zachodzić również w międzykomórkowych warstwach pektynowych lamelli (tzw. blaszkach środkowych). Jednak zjawiska te nie są jeszcze dobrze poznane, nie ma również przesłanek teoretycznych do wnioskowania o szczegółach tych procesów.

PODSUMOWANIE

Badania właściwości mechanicznych z wykorzystaniem emisji akustycznej w tkankach roślinnych są intensywnie kontynuowane. Między innymi wymagają jeszcze uzupełnienia o badania mikroskopowe szczelin pęknięć, co pomoże uzupełnić wiedzę o źródłach emisji akustycznej w tych materiałach. Jednak przeprowadzone dotychczas eksperymenty wskazują na wysoką przydatność tej techniki do badań procesów niszczenia tkanek warzyw i owoców.

Podsumowując wyniki dotychczasowych osiągnięć z wykorzystaniem emisji akustycznej do badań uwodnionych tkanek roślinnych można wymienić następujące najważniejsze cechy metody EA:

1. Sygnał emisji akustycznej powstaje w wyniku procesów zachodzących w badanym materiale (emisja akustyczna pasywna),
2. Możliwość monitorowania procesu ściskania tkanki roślinnej,

3. Możliwość prowadzenia testów przy różnych parametrach opisujących próbkę.
4. Należy jednak zwrócić uwagę na to, że metodyka pomiaru sygnału emisji akustycznej narzuca wysokie wymagania aparaturze pomiarowej, natomiast zjawiska falowe na drodze od źródła do czujnika zmniejszającą rejestrowany sygnał. W związku z tym opisane powyżej rozwiązania wymuszają prowadzenie badań o charakterze porównawczym.

PIŚMIENNICTWO

1. **Buttle D.J., Scruby C.B.:** Characterization of fatigue of aluminium alloys by acoustic emission, part I – Identification of source mechanism. *Journ. Os Acoustic Emission*, vol. 9, 4, 243-254, 1990.
2. **Haman J., Konstankiewicz K., Zdunek A.:** Badanie procesów pęknięcia tkanki rdzenia wewnętrznego i zewnętrznego bulwy ziemniaka. *Acta Agrophysica*, 24, 97-107, 1999.
3. **Konstankiewicz K., Zdunek A.:** Metoda emisji akustycznej w badaniu procesów pęknięcia tkanek roślinnych. *Acta Agrophysica*, 24, 87-95, 1999.
4. **Konstankiewicz K., Zdunek A.:** Influence of turgor and cell size on the cracking of potato tissue. *International Agrophysics*, 15, 27-30, 2001.
5. **Learke P.E., Christiansen J.:** Measurements of potato susceptibility. Abstracts of Conference Papers, Posters and Demonstrations, 13th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, Veldhoven, The Netherlands, 14-19 July, 224-225, 1996.
6. **Malecki I., Ranachowski J.:** Emisja akustyczna, źródła, metody, zastosowania. Wydawnictwo PASCAL, Warszawa, 19-34, 1994.
7. **Malecki I.:** Fizyczne podstawy akustyki technicznej. PWN, Warszawa, 1969.
8. **Mohsenin N.N.:** Physical properties of plant and animal materials. 2nd Ed. New York, N.Y.: Gordon & Breach Science Publishers, 1986.
9. **Pitt R.E., Chen H.L.:** Time-dependent aspects of the strength and rheology of vegetative tissue. *Transaction of ASAE*, 26(6), 1275-1280, 1983.
10. **Pitt R.E.:** Models for the rheology and statistical strength of uniformly stressed vegetative tissue. *Transaction of ASAE*, 25(6), 1776-1784, 1982.
11. **Ranachowski Z.:** Pomiary i analiza sygnału emisji akustycznej. *Prace IPPT*, Warszawa, 6, 1996.
12. **Reeve R.M.:** Preliminary histological observation on internal blackspot in potatoes. *American Potato Journal*, 45, 157-167, 1968.
13. **Skrynicki J.:** Phenomenon of acoustic emission in agriculture soils and lands. *Prace Naukowe Politechniki Lubelskiej* 229, *Mechanika* 56, Lublin, 1992 (in Polish).
14. **Zdunek A., Konstankiewicz K.:** Acoustic emission as a method for the detection of fractures in the plant tissue caused by the external forces. *International Agrophysics*, 11, 223-227, 1997.
15. **Zdunek A., Konstankiewicz K.:** Emisja akustyczna w badaniu procesów pęknięcia tkanek roślinnych. *Acta Agrophysica*, 55, 2001.

ACOUSTIC EMISSION IN COMPRESSION TESTS OF VEGETABLES AND FRUITS TISSUES

A. Zdunek

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

S u m m a r y . Acoustic emission is used for investigation of cracking processes in materials like: metal, rock, concrete, wood, soil, etc. The soft plant tissues as fruits and vegetables are highly susceptible to mechanical damage. In the paper apparatus and method of acoustic emission are described. Results of experiments with potato tuber tissue showed that mechanical damages of the plant tissue can be investigated by acoustic emission.

K e y w o r d s : acoustic emission, plant tissue, cracking.