

## WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE OWOCÓW POMIDORÓW ZMODYFIKOWANE PRZEDSIEWNĄ LASEROWĄ BIOSTYMULACJĄ NASION

*Roman Koper*

Akademia Rolnicza w Lublinie

**Synopsis:** W pracy przebadano podstawowe parametry mechaniczne owoców wybranych odmian pomidorów. Wyniki badań współczynników odporności na odkształcenia mechaniczne owoców w okresie przechowywania wskazują na wyższe wartości tych współczynników pomidorów wyrosłych z roślin nasion poddanych przedsięwzięciu biostymulacji laserowej. Jest to podstawą do stwierdzenia, że owoce te można dłużej przechowywać, zachowując przy tym dobrą jakość towarową.

**Słowa kluczowe:** owoce pomidorów, biostymulacja laserowa, właściwości mechaniczne, współczynniki odporności, jakość towarowa.

### Wstęp

Podczas przechowywania zmniejsza się odporność owoców pomidorów na odkształcenia mechaniczne [2, 3, 5]. Obniża to ich jakość towarową i zmniejsza wartość handlową. Jakość towarowa owoców pomidorów produkcji krajowej nie zawsze jest najwyższa i dlatego nie mogą one skutecznie konkurować z pomidorami sprowadzanymi z zagranicy. Dla poprawy jakości towarowej pomidorów istotnym staje się zwiększenie odporności owoców na odkształcenia mechaniczne powstające przy zbiorze, transporcie i przechowywaniu. Zwiększenie tej odporności można uzyskać poprzez stosowanie zarówno nowych odmian pomidorów, jak i nowych technologii w uprawie tych roślin. Jednym ze sposobów

nowoczesnej technologii produkcji jest wprowadzana obecnie przedsięwzięta laserowa biostymulacja nasion.

Biostymulacja nasion pomidorów światłem laserów helowo-neonowych dokonywana w okresie od 3 do 10 dni przed siewem, wywołuje w wegetacji roślin wyrosłych z tych nasion oraz w cechach fizyko-chemicznych owoców następujące pozytywne zmiany:

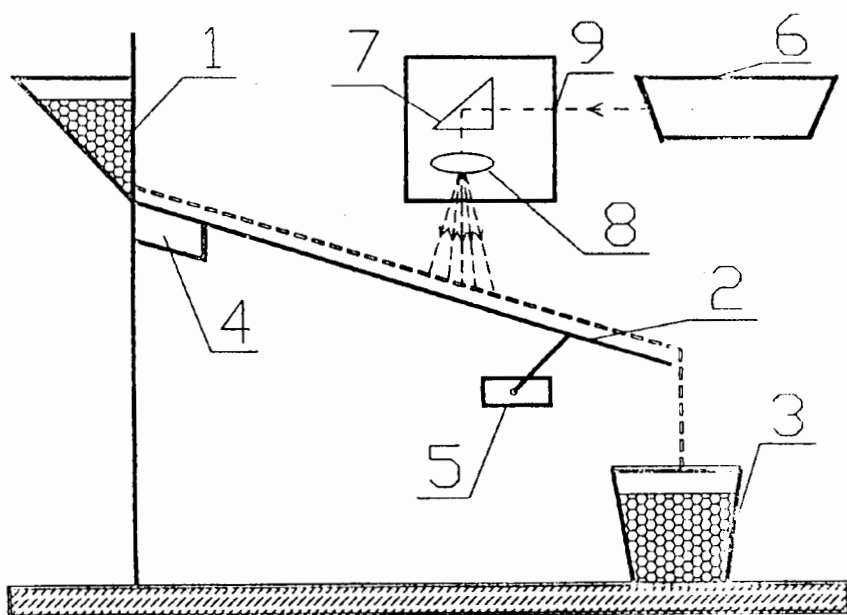
- lepsze i bardziej wyrównane wschody,
- wcześniejsze dojrzewanie owoców,
- zwiększenie plonów do 30%,
- zmniejszenie zawartości azotanów w owocach,
- przedłużenie okresu przechowywania poprzez korzystną zmianę parametrów cech fizyko-chemicznych owoców.

Pozytywną zmianą parametrów cech fizycznych pomidorów są wyższe wartości współczynników odporności na odkształcenia sprężyste owoców zebranych z roślin wyrosłych z nasion przedsięwziętych naświetlanych laserem helowo-neonowym. Owoce te można dłużej przechowywać, gdyż lepiej zachowują twardość. Jest to bardzo ważna cecha mechaniczna owoców, ponieważ wpływa na podniesienie ich jakości towarowej.

Ponadto, jak wykazują badania, stosowanie przedsięwziętej laserowej biostymulacji nasion powoduje zmniejszenie zawartości azotanów w owocach pomidorów zebranych z roślin wyrosłych z nasion poddanych w.w. biostymulacji. Jest to również istotny element, który decyduje o jakości owoców jako ekologicznie zdrowej żywności.

### **Material i metodyka badań**

Do badań użyto owoców pomidorów szklarniowych odmiany *Recento* i *Turquesa*. Pomidory odmiany *Recento* uzyskiwano z doświadczenia produkcyjnego przeprowadzonego w szklarni prywatnej na podłożu z wełny mineralnej. Natomiast pomidory odmiany *Turquesa* pobierano z doświadczenia produkcyjnego założonego w szklarni prywatnej, w której podłożem dla roślin była gleba. W szklarniach tych wydzielono sektory, na których zasadzone zostały rośliny z nasion naświetlanych przedsięwziętych laserem oraz rośliny kontrolne (wyrósł z nasion nie naświetlonych). Nasiona naświetlano 5 dni przed siewem, stosując urządzenie własnej konstrukcji (rys.1). W urządzeniu tym wykorzystano laser He-Ne o mocy 15 mW. Nasiona naświetlane były wiązką rozbieżną lasera, podczas przesuwania się ich na rynnicy wibracyjnej [4].



Rys.1 Schemat urządzenia do przedsewnej laserowej biostymulacji nasion:

1 - kosz zsypany, 2 - rynienka zsypana, 3 - zbiornik na nasiona, 4 - wibrator rynienki, 5 - mechanizm kąta pochylenia rynienki, 6 - laser helowo-neonowy, 7 - pryzmat, 8 - obiektyw, 9 - obudowa układu optycznego.

Fig.1. Scheme of a device for pre-sowing laser biostimulation of seeds:

1 - hopper, 2 - chute, 3 - seed container, 4 - chute vibrator, 5 - chute inclination adjustment, 6 - helium-neon laser, 7 - prism, 8 - lens, 9 - optical system housing.

Pierwsze pomiary, na podstawie których określano współczynniki odporności owoców na odkształcenia sprężyste przeprowadzono w 2 dniu po zbiorze; następne zaś odpowiednio po 8, 15 i 22 dobach od zbioru. Owoce przechowywane były w szczelnie zamkniętych pudełkach z kartonu w pomieszczeniu, w którym wilgotność zmieniała się w granicach od 50% do 70%, zaś temperatura od 15°C do 25°C. W okresie letnim są to w większości warunki, w jakich przechowywane są w Polsce owoce pomidorów przed ich sprzedażą.

Metodyka określania współczynników odporności na odkształcenia sprężyste, polegająca na pomiarach wielkości wgłębienia się w badany owoc okrągłego trzpienia o podstawie płaskiej, opracowana została w oparciu o teorię Bossinesq'a [1, 6, 7]. Wgłębiający się na głębokość  $l$ , w badany owoc pomidora wgłębnik pomiarowy, powoduje w badanym materiale lokalne naprężenia  $q$ , pochodzące od

działania siły  $F$ . Naprężenie to, wywierane na element powierzchni znajdujący się w odległości  $r$  od osi trzpienia, którego promień wynosi  $a$ , wyrażone jest wzorem:

$$q = \frac{F}{2a(a^2 - r^2)^{1/2}} \quad (1)$$

Moduł sprężystości podłużnej owoców pomidorów  $E$ , których właściwości mechaniczne materiału charakteryzuje stała Poissona  $\mu$ , określić można ze wzoru:

$$E = \frac{F(1-\mu)}{2 a l} \quad (2)$$

Współczynniki odporności na odkształcenia mechaniczne owoców pomidorów w okresie ich przechowywania obliczano z ilorazu wartości modułów sprężystości wyznaczonych w kolejnych okresach przechowywania  $E_0, E_1, \dots, E_n$ . Przy czym  $E_0$  oznacza wartość modułu sprężystości wyznaczoną w drugim dniu po zbiorze,  $E_1, \dots, E_n$  - wartości modułu sprężystości po pierwszym, drugim i trzecim tygodniu od rozpoczęcia badań.

Wartość pierwszego współczynnika odporności  $W_1$  wyznaczono w 8 dniu po zbiorze i obliczono go ze wzoru:

$$W_1 = \frac{E_1}{E_0} = \frac{\frac{F(1-\mu)}{2 a l_1}}{\frac{F(1-\mu)}{2 a l_0}} = \frac{l_0}{l_1} \quad (3)$$

Wartość drugiego współczynnika odporności  $W_2$ , określono w 15 dniu po zbiorze i obliczono go ze wzoru:

$$W_2 = \frac{E_2}{E_0} = \frac{l_0}{l_2} \quad (4)$$

Wartość trzeciego współczynnika odporności  $W_3$ , wyznaczono w 22 dniu po zbiorze i obliczono go ze wzoru:

$$W_3 = \frac{E_3}{E_0} = \frac{l_0}{l_3} \quad (5)$$

We wzorach (3), (4), i (5) stosowano następujące oznaczenia:

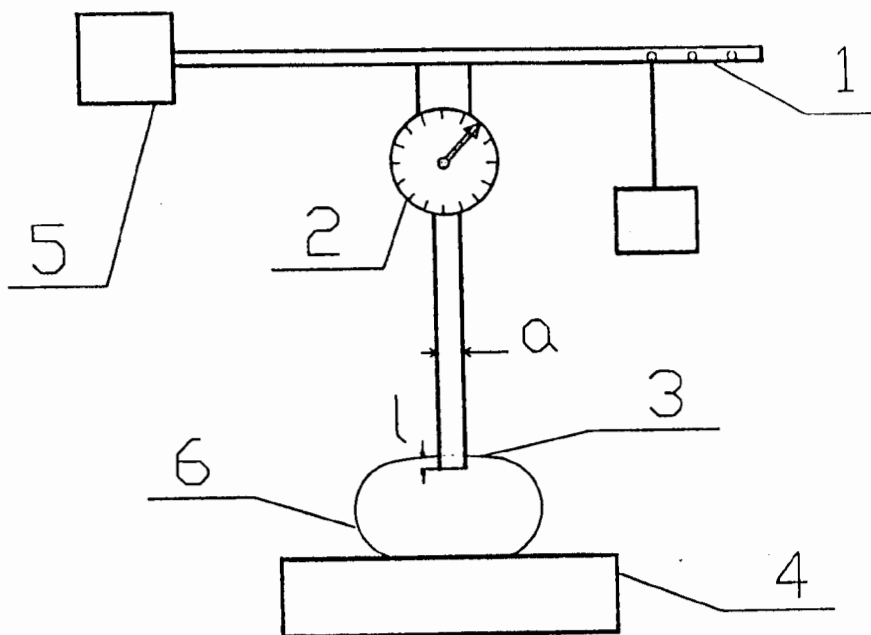
$l_0$  - wielkość wgłębienia trzpienia w badany owoc w 2 dniu po zbiorze

$l_1$  - wielkość wgłębienia trzpienia w 8 dniu po zbiorze,

$l_2$  - wielkość wgłębienia trzpienia w 15 dniu po zbiorze,

$l_3$  - wielkość wgłębienia trzpienia w 22 dniu po zbiorze.

Do pomiarów wielkości wgłębień trzpienia w owoc badanego pomidora wykorzystano zmodyfikowany we własnym zakresie konsistometr Höpplera (rys.2).



Rys.2. Schemat aparatu do określania parametrów cech sprężystych owoców:

- 1 - dźwignia, 2 - czujnik zegarowy, 3 - trzpień obciążający, 4 - podstawa aparatu, 5 - przeciwwaga dźwigni, 6 - badany owoc.

Fig.2. Schematic diagram of an apparatus to determine fruit elasticity parameters:

- 1 - lever, 2 - dial gauge, 3 - gauge plunger, 4 - base, 5 - counterbalance, 6 - tested fruit.

W czasie pomiaru owoc pomidora umieszczony był szypułką na podstawie aparatu, a następnie opuszczany był trzpień o średnicy 1 cm na powierzchnię górna pomidora. Dźwignię aparatu ustawiano tak, by uzyskać obciążenie wstępne równe 2,5 N. Przy tym obciążeniu oczekiwano kilkanaście sek., tzn. do momentu ustalenia się równowagi (gdy pomidor pod działaniem trzpienia przestanie się odkształcać). Gdy to nastąpiło, wskazanie czujnika zostało wyzerowane.

Następnie stosując obciążenia 5 N, 7,5 N, i 10 N, dokonywano pomiarów wielkości wgłębienia trzpienia w badany owoc i notowano wskazania czujnika z dokładnością do 0,01 mm. Zakres stosowanych obciążeń trzpienia był tak dobrany, że wywoływał odkształcenie sprężyste badanych owoców pomidorów.

Badania przeprowadzano na owocach o zbliżonych wielkościach i kształtach. Owoce te posiadały również jednakową dojrzałość. Do wszystkich pomiarów wykorzystywano owoce o nie naruszonej strukturze wewnętrznej, tzn. nie poddawane wcześniej obciążeniom.

### **Wyniki badań**

Wyniki pomiarów wielkości odkształceń sprężystych pomidorów, powstających pod wpływem sił obciążających trzpień, pozwoliły na wyznaczenie podstawowych parametrów określających stopień odporności owoców na odkształcenia. Obliczone na podstawie wzorów (3), (4) i (5) średnie wartości współczynników odporności na odkształcenia sprężyste owoców pomidorów zapisane zostały w tab. 1. Z przedstawionych w tab. 1 danych wynika, że owoce pochodzące z każdego z trzech zbiorów wybranego do badań okresu wegetacji roślin w znacznym stopniu tracą odporność na odkształcenia sprężyste, przy ich przechowywaniu w warunkach zbliżonych do warunków, w których zwykle w Polsce przechowywane są owoce pomidorów przed ich sprzedażą.

Wyniki pomiarów przeprowadzonych na owocach dwóch odmian pomidorów szklarniowych, wykazały zróżnicowanie w ich odpornościach na odkształcenia sprężyste. Również zróżnicowanie w odporności na odkształcenia obserwowane w okresie przechowywania wystąpiło w owocach w obrębie tej samej odmiany. Większą odporność na odkształcenia sprężyste wykazały owoce pomidorów zebranych z roślin wyrosłych z nasion naświetlanych przedsięwzięciem światłem laserów helowo-neonowych. Owoce te lepiej się przechowują, gdyż dłużej utrzymują swoją jędrność. W ten sposób poprawić można jakość towarową owoców, a co za tym idzie ich wartość handlową.

Obliczone błędy pomiarów od wartości średniej nie przekroczyły 5%. W badaniach będących przedmiotem pracy stanowi to wystarczającą podstawę do rzeczywistej oceny procesu dynamiki zmian odporności owoców pomidorów na odkształcenia sprężyste w okresie ich przechowywania.

Tabela 1

Średnie wartości współczynników odporności na odkształcenia sprężyste badanych owoców pomidorów.

Table 1

Mean values of resistance to elastic strain coefficient for examined tomatoes.

Owoce pomidorów odmiany Turquesa (grunt)		Owoce pomidorów odmiany Recento (wełna mineralna)		
Zbiór w dniu 02.07.1994 r.				
Współczynnik odporności na odkształ- cenia	Owoce z roślin nasion naświetl.	Owoce z roślin nasion nie naświetl.	Owoce z roślin nasion naświetl.	Owoce z roślin nasion nie naświetl.
W <sub>1</sub>	0,91	0,86	0,78	0,75
W <sub>2</sub>	0,71	0,66	0,63	0,59
W <sub>3</sub>	0,66	0,57	0,55	0,53
Zbiór w dniu 20.07.1994 r.				
W <sub>1</sub>	0,85	0,74	0,79	0,72
W <sub>2</sub>	0,57	0,55	0,56	0,55
Zbiór w dniu 09.08.1994 r.				
W <sub>1</sub>	0,84	0,66	0,83	0,72
W <sub>2</sub>	0,52	0,45	0,49	0,48

### Literatura

1. Derski W. 1964. Podstawy teorii sprężystości. PWN Warszawa.
2. Fletcher III S.W., Mohsenin N.N., Hammerle J.R., Tukey L.D. 1965. Mechanical Behavior of Selected Fruits and Vegetables Under Fast Rates of Loading. *Trans. of the ASAE* 8 (3): 324-331.
3. Fridley R.B., Bradley R.A., Rumsey J.W., Adrian P.A. 1968. Some Aspects of Elastic Behavior of Selected Fruits. *Trans. of the ASAE* 11 (1): 46-49.
4. Koper R. 1994. Urządzenie do przedsięwzięcia laserowej biostymulacji nasion metodą ich naświetlania nastawnymi dawkami energii. Biuletyn Urzędu Patentowego RP, nr 9, Dz.A.
5. Mohsenin N.N., Göhlich H. 1962. Techniques for Determination of Mechanical Properties of Fruits and Vegetables as related to Design and Development of Harvesting and Processing Machinery. *Journal of Agricultural Engineering Research* 7 (4): 300-315.
6. Nowacki W. 1970. Teoria sprężystości. PWN Warszawa.
7. Sokołowski M. 1978. Mechanika techniczna. PWN Warszawa.

### Mechanical properties of tomato fruits modified by pre-sowing laser biostimulation of seeds

*Roman Koper*

### Summary

Fruits of 2 tomato cultivars grown in glasshouse from the seeds irradiated before sowing with 15 mW helium-neon laser were examined for some mechanical properties (resistance to elastic strain). The coefficients of resistance to mechanical damages were much higher in tomato fruits from the seeds biostimulated with laser than in control ones. However, the examined coefficients of mechanical resistance lowered with the time of storage.

It may be concluded that the tomatoes from biostimulated seeds showed better storage ability.