

WPŁYW BIOSTYMULACJI LASEROWEJ NASION MARCHWI
NA WŁAŚCIWOŚCI SPRĘŻYSTE I WYBRANE SKŁADNIKI CHEMICZNE
KORZENI

Maria Mikos-Bielak¹, Roman Koper²

¹Katedra Chemii, Akademia Rolnicza, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
e-mail: mbmaria@agros.ar.lublin.pl

²Katedra Fizyki, Akademia Rolnicza, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

Streszczenie. Nasiona marchwi odmiany Karotan poddano przedsięwzięciu laserowej biostymulacji zróżnicowanymi dawkami światła. Nasiona te wykorzystano w doświadczeniu polowym. Po zbiorach przeanalizowano skład chemiczny korzeni oceniając zawartość: suchej masy, cukrów redukujących i rozpuszczalnych, włókna surowego i białka oraz związków polifenolowych. Określono też zmiany zawartości makro i mikroelementów a także metali toksycznych i azotanów. Przez okres 10 tygodni oceniano zmiany wartości modułów sprężystości korzeni przechowywanych w workach foliowych w temperaturze pokojowej. Stwierdzono, że biostymulacja laserowa nasion obniżała zawartość suchej masy, włókna surowego oraz K, Ca, Mg, Fe i NO₃⁻. Równocześnie zwiększała się koncentracja cukrów redukujących i rozpuszczalnych oraz Cu, Zn, Pb, Cd i Ni. Większość zmian składu chemicznego w zależności od dawki promieniowania biostymulującego zachodziła w sposób sinusoidalny. Potwierdza to wcześniejsze spostrzeżenia, że dawkę promieniowania biostymulującego należy dobierać indywidualnie dla każdego gatunku roślin. Korzenie roślin biostymulowanych miały wyższe moduły sprężystości bezpośrednio po zbiorach i w czasie przechowywania niż korzenie kontrolne. Do biostymulacji nasion marchwi może być zalecane 3-krotne naświetlanie światłem lasera o mocy wiązki zapewniającej w płaszczyźnie naświetleń gęstość powierzchniową mocy 4 mW·cm⁻².

Słowa kluczowe: biostymulacja laserowa, moduły sprężystości, skład chemiczny

WSTĘP

W ostatnich latach dużym zainteresowaniem cieszą się metody fizyczne ulepszania materiału siewnego. Uważa się je za bezpieczniejsze od chemicznych, gdyż modyfikują one jedynie procesy biochemiczne i fizjologiczne w roślinach nie powodując równocześnie niekorzystnych zmian w środowisku. Do metod fizycznych zalicza się między innymi laserową biostymulację nasion [9].

Światło lasera działając na odpowiednie składniki łańcucha oddechowego roślin zwiększa aktywność jednych enzymów, a ogranicza innych powodując zwiększenie szybkości syntezy ATP. Nie bez znaczenia jest równoczesny wzrost liczebności i aktywności mitochondriów. Powoduje to w efekcie wzrost szybkości kiełkowania, lepszy rozwój kielków i wzrost dynamiki całego procesu początkowego.

Pozytywne efekty biostymulacji przejawiają się również lepszym rozwojem roślin przez cały okres wegetacji. Rośliny takie mają większą powierzchnię asymilacyjną lepiej rozwinięty system korzeniowy oraz zwiększoną odporność na choroby i niekorzystne warunki pogodowe [5,15]

Liczne badania wykazały, że uszlachetnianie nasion światłem lasera prowadzi do wyższych plonów, o lepszych właściwościach fizyko-chemicznych [6,8,10,12]. Stwierdzono również, że najlepsze efekty daje zastosowanie lasera He-Ne o długości promieniowania 632,8 nm, a skuteczność działania tego promieniowania zależy nie tylko od czasu napromieniowania, lecz także od częstotliwości krótkotrwałych impulsów świetlnych. Efekt stymulacji dla każdej rośliny rośnie ze wzrostem dawki promieniowania do pewnego maksimum charakterystycznego dla tej rośliny, a następnie maleje zależnie od czasu naświetlania do pewnego minimum wartości badanej cechy. Dlatego też optymalną dawkę światła biostymulującego należy dobrać indywidualnie dla każdego gatunku rośliny, z uwzględnieniem specyficznych cech jej nasion.

Celem prezentowanych badań był dobór optymalnej dawki promieniowania do biostymulacji nasion marchwi. Ocenę tego zabiegu przeprowadzono na podstawie zmian składu chemicznego korzeni oraz wartości ich modułów sprężystości podczas przechowywania w workach foliowych w temperaturze pokojowej przez okres 10 tygodni.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w gospodarstwie ogrodniczym pp. Bednarczyków w Bychawce koło Lublina. Zarówno przygotowanie pola, nawożenie jak i późniejsze zabiegi uprawowo-pielegnacyjne były jednolite na całej plantacji i prowadzone zgodnie z zasadami poprawnej agrotechniki dla tej rośliny. Powierzchnia całej plantacji wynosiła 1 hektar. Doświadczenie założono metodą bloków, w których powierzchnie kombinacji naświetlanych wynosiły po 15 arów, a kombinacji kontrolnej 25 arów. Badania prowadzono z odmianą Karotan.

Zmiennym czynnikiem doświadczenia były dawki promieniowania lasera He-Ne, którymi na dwa dni przed siewem naświetlano nasiona. Biostymulację przeprowadzono

w urządzeniu opatentowanym przez Kopera i Dygdałę (11). Gęstość powierzchniowa mocy wiązki rozbieżnej światła wynosiła w płaszczyźnie naświetleń $4 \text{ mW} \cdot \text{cm}^{-2}$ a czas naświetlania jednokrotnego to 0,1 sek. Uwzględniono następujące kombinacje: R_0 – kontrolna bez naświetlania oraz R_1, R_2, R_3, R_4 i R_5 – kolejne kombinacje, w których dawka promieniowania stanowiła n-krotność czasu naświetlania jednokrotnego powodując w ten sposób zmianę dawki napromieniowania.

Nasiona wysiewano 17 kwietnia siewnikiem punktowym w ilości 1 kg nasion na hektar. Zbiory korzeni przeprowadzono 10.X. Marchew do badań przechowywano w workach foliowych w temperaturze pokojowej przez okres 10 tygodni. Analizę składu chemicznego przeprowadzono bezpośrednio po zbiorach. Podczas przechowywania co tydzień określano właściwości sprężyste korzeni pobierając w tym celu próby na 1/3 i 2/3 wysokości korzenia w przekroju podłużnym kory i rdzenia. Właściwości sprężyste określano przy pomocy konsystometru Höplera.

Analizy składu chemicznego obejmowały ocenę zmian zawartości suchej masy oraz metabolitów pierwotnych takich jak: cukry redukujące, cukry rozpuszczalne ogółem, włókno surowe, białko oraz związki polifenolowe. Ponadto określono zawartość azotanów, makro i mikroelementów oraz metali toksycznych takich jak ołów, kadm czy nikiel. Oznaczenia przeprowadzono ogólnie przyjętymi metodami stosowanymi w analizie żywności (1, 3, 14). Przeprowadzono również statystyczną analizę uzyskanych wyników a istotność różnic oceniono testem Tukey'a.

WYNIKI I DISKUSJA

Zmiany właściwości sprężystych korzeni

Równoczesne wykonanie oznaczeń sprężystości kory i rdzenia korzeni marchwi pozwoliło na stwierdzenie, że niezależnie od tego czy korzenie pochodziły z kombinacji biostymulowanych czy kontrolnych, wyższe moduły sprężystości posiadał rdzeń (średnio 1,80 MPa) niż kora (1,60 MPa), na tej samej wysokości korzenia ($\text{NIR}_{0,05} = 0,06$). Przy wzroście dawki promieniowania biostymulującego właściwości sprężyste korzeni zmieniały się sinusoidalnie uzyskując najwyższe wartości przy dawce D_3 . W podobny sposób zmieniały się również inne analizowane cechy (tab. 1). Taki charakter zmian wartości badanych cech potwierdza tezę o konieczności indywidualnego doboru dawki promieniowania biostymulującego dla każdego gatunku roślin. Podczas przechowywania marchwi w workach foliowych w temperaturze pokojowej korzenie kontrolne traciły sprężystość stosunkowo szybko. Nieistotne różnice wystąpiły tylko w okresie

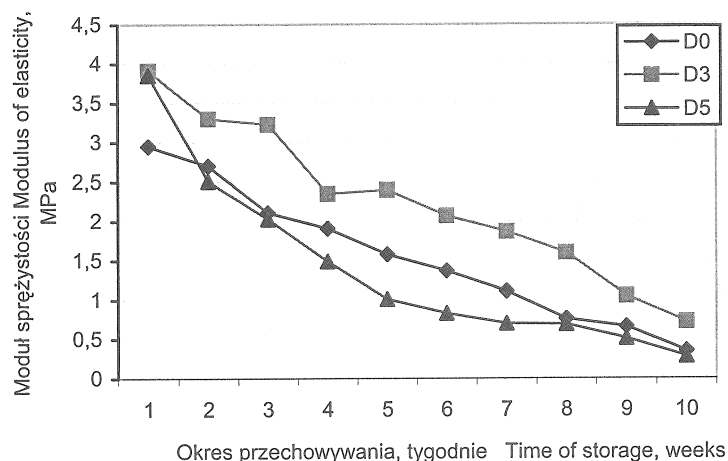
dwóch pierwszych tygodni przechowywania. Natomiast korzenie biostymulowane z kombinacji D₃ po 3 tygodniach przechowywania miały moduły sprężystości (3,23 MPa) wyższe niż korzenie kontrolne bezpośrednio po zbiorach (2,94 MPa) (rys. 1). Po 6 tygodniach przechowywania korzenie z kombinacji D₃ miały moduły sprężystości podobne jak kontrolne po 3 tygodniach przechowywania. Po 10 tygodniach przechowywania korzenie biostymulowane miały sprężystość dwukrotnie wyższą niż korzenie kontrolne.

Tabela 1. Moduły sprężystości i wybrane składniki chemiczne korzeni (100 g św.m.) marchwi biostymulowanej laserowo

Table 1. Elasticity modulus and some chosen chemical components of carrot roots (100 g f.m.) biostimulated by a laser

Badana cecha Features	Dawka promieniowania biostym. Dose of radiation						Średnie dla roślin biostym. Mean for plants biostim.	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅		
Moduł sprężystości Modulus of elasticity (MPa)	1,55	1,54	1,84	2,25	1,53	1,49	1,73	0,16
Sucha masa Dry matter (g)	9,2	10,4	10,8	11,1	11,6	13,5	11,5	0,22
Cukry redukujące Reducing sugars (g)	1,05	1,92	1,89	1,88	2,08	1,21	1,79	0,05
Cukry rozpuszczalne Soluble sugars (g)	3,43	3,90	3,84	3,93	3,97	4,58	4,04	0,05
Włókno surowe Fibre crude (g)	1,70	1,60	1,48	1,86	1,78	1,66		0,07
Białko Protein (g)	0,97	0,98	0,97	0,86	0,75	0,82	0,87	r.n.
Polifenole Poliphenol compounds (mg)	8,90	9,24	11,54	6,78	6,93	6,98	8,30	0,20

Zastosowanie do biostymulacji dawek promieniowania większych od D₃ spowodowało co prawda podwyższenie sprężystości korzeni świeżych w porównaniu z kontrolnymi, ale przyczyniło się też do ich szybszego starzenia niż korzeni kontrolnych. Utrata wody w korzeniach z kombinacji D₄ i D₅ następowała szybciej niż w próbach kontrolnych. Tak więc ze względu na właściwości sprężyste korzeni i ich zmiany podczas przechowywania do biostymulacji nasion marchwi może być polecana dawka D₃ promieniowania lasera He-Ne.



Rys. 1. Moduły sprężystości rdzenia korzeni marchwi w zależności od dawki promieniowania biostymulacyjnego i długości okresu przechowywania
Fig. 1. Elasticity modulus of the core of carrot root in relation to the radiation dose and storage time

Analiza składu chemicznego korzeni

Zawartość suchej masy w korzeniach kontrolnych wynosiła 9,2 g w 100 g świeżego produktu. Kolejne dawki promieniowania biostymulującego zwiększały jej zawartość w istotny sposób już przy dawce D_1 (tab. 1). Przy dawkach D_2 , D_3 i D_4 wzrost ten, choć systematyczny nie przekraczał jednak 26% względem kontroli. Dopiero przy dawce D_5 nastąpił gwałtowny wzrost zawartości suchej masy wynoszący aż 46,7% w stosunku do jej zawartości w korzeniach kontrolnych. Wzrost zawartości suchej masy korzeni marchwi odmiany Magno pod wpływem promieniowania laserowego stwierdził Bednarczyk [2], a w korzeniach selera Fura [7].

Analizę zawartości cukrowców można przeprowadzić wspólnie dla cukrów redukujących, rozpuszczalnych ogółem i włókna surowego (tab. 1). W 100 g świeżej masy korzeni z kombinacji kontrolnej było około 1,0 g cukrów redukujących, 1,7 g włókna surowego i 3,4 g cukrów rozpuszczalnych ogółem. Biostymulacja laserowa nasion marchwi dawkami D_1 - D_4 spowodowała zmianę relacji pomiędzy frakcjami cukrowców. Istotnie wzrosła zawartość cukrów redukujących a w niewielkim stopniu również cukrów rozpuszczalnych ogółem. Natomiast zawartość włókna surowego pozostała prawie na takim samym poziomie z wyjątkiem korzeni z kombinacji D_2 i D_3 , gdzie jego ilość wyraźnie zmalała. Istotnym zmianom

uległ głównie stosunek zawartości cukrów rozpuszczalnych ogółem do zawartości cukrów redukujących. Podczas gdy w korzeniach kontrolnych wynosił on 3,2 to w korzeniach biostymulowanych jego wartość nie przekraczała 2,0. Zmienił się również stosunek zawartości frakcji polisacharydowej włókna do zawartości cukrów redukujących, który w korzeniach kontrolnych wynosił około 1,6 a w korzeniach biostymulowanych nie przekraczał wartości 0,85. Dane te wskazują, że biostymulacja laserowa nasion zwiększała transport asymilatów z naci do korzeni, ale równocześnie hamowała biosyntezę oligo- i polisacharydów w korzeniach. Na skutek tego w korzeniach marchwi biostymulowanej dawką D_4 było 2-krotnie więcej cukrów redukujących niż w korzeniach kontrolnych. Przy D_5 spadła gwałtownie zawartość cukrów redukujących a wzrosła zawartość cukrów rozpuszczalnych i włókna surowego w korzeniach (tab. 1). Być może te relacje pomiędzy cukrowcami mają związek ze zmianą właściwości sprężystych badanych korzeni podczas przechowywania. Podczas gdy stosunek cukrów rozpuszczalnych do redukujących miał wartość około 2 – w korzeniach roślin biostymulowanych dawkami D_1 - D_4 to ich właściwości sprężyste były wyższe, a gdy ten stosunek przekraczał wartość 3,26 (D_0) czy 3,78 (D_5) – właściwości sprężyste były znacznie niższe a w czasie przechowywania korzeni bardzo szybko spadały (D_5). Rozważania te należy jeszcze potwierdzić w innych badaniach, gdyż brak na ten temat danych literaturowych.

Zawartość białka w warzywach korzeniowych jest generalnie niska. W 100 g świeżych korzeni marchwi nie przekraczała ona 1 g (tab. 1). Biostymulacja laserowa nasion wyższymi dawkami od D_3 obniżała koncentrację białka w korzeniach marchwi, jednak zmiany te w liczbach bezwzględnych były niewielkie (rzędu $0,2 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ św. m. przy dawce D_4). Można więc uznać, że biostymulacja laserowa nasion nie modyfikowała w istotny sposób biosyntezy białka w korzeniach marchwi.

Następną grupę analizowanych związków stanowią związki fenolowe, które obok cukrów redukujących, żelaza i manganu odpowiedzialne są za ciemnienie warzyw, ponadto obok β -karotenu i witaminy C należą do grupy ważnych antyutleniaczy pochodzenia roślinnego. Ich zawartość w marchwi jest bardzo rzadko analizowana. W naszych badaniach w 100 g świeżych korzeni znajdowało się około 9 mg tych związków (tab. 1). Jakkolwiek stanowi to zaledwie około 20% zawartości tych związków w bulwach ziemniaka, to w korzeniach marchwi jest to zawartość porównywalna z zawartością β -karotenu (Duckworth 1966). Niższe dawki promieniowania biostymulującego (D_1 i D_2) zwiększały koncentrację związków fenolowych w korzeniach marchwi. Przy dawce D_2 wzrost ten wynosił około 30% względem kontroli. Poczynając od dawki D_3 stwierdzono gwałtowny spadek zawartości związków fenolowych w badanych korzeniach marchwi.

Przeanalizowano również skład mineralny badanych korzeni. Stwierdzono, że w 1 kilogramie suchej masy korzeni kontrolnych znajdowało się: 34 g potasu, 2,0 g wapnia, 1,2 g magnezu. Zawartość tych makroelementów spadała pod wpływem laserowej biostymulacji nasion (tab. 2). Najszybciej obniżała się koncentracja potasu, osiągając w korzeniach marchwi z kombinacji D₃ najniższą wartość. Wyższe dawki promieniowania biostymulującego powodowały ponownie tendencję wzrostu zawartości potasu w korzeniach, jednak jego poziom przy dawce D₅ był niższy od wartości stwierdzonych w roślinach kontrolnych.

Zawartość wapnia w korzeniach marchwi biostymulowanej była niższa niż w korzeniach kontrolnych, a najmniej było go w próbach z kombinacji D₃.

Z grupy makroelementów najbardziej stabilną była zawartość magnezu. Spadek jego zawartości w próbach korzeni przy dawkach promieniowania D₂-D₅ był stały i wynosił 20% względem kontroli.

Zmiany zawartości mikroelementów w badanych korzeniach przedstawia tabela 2. Zawartość miedzi zmieniała się w zakresie 5,2-7,3 mg w kilogramie suchej masy, wykazując systematyczny wzrost zawartości przy kolejnych dawkach promieniowania biostymulującego.

Zawartość manganu 14-18 mg·kg⁻¹ s.m. można uznać za dość stabilną i w zasadzie niezależną od wielkości dawki promieniowania biostymulującego, gdyż jedynie w korzeniach z kombinacji D₄ było go o 28% więcej niż w roślinach kontrolnych. Zawartość cynku wzrastała od 29 mg·kg⁻¹ s.m. w korzeniach kontrolnych do 37-39 mg w korzeniach z kombinacji o niższych dawkach promieniowania biostymulującego do 46-47 mg przy najwyższych dawkach tego promieniowania. Również koncentracja żelaza w analizowanych korzeniach zmieniała się w dwóch seriach. Przy zawartości żelaza 45 mg·kg⁻¹ s.m. w korzeniach kontrolnych, po biostymulacji nasion niższymi dawkami promieniowania zawartość tego pierwiastka w korzeniach nieznacznie obniżyła się, ale najwyższe dawki tego promieniowania (D₄ i D₅) spowodowały 50% wzrost koncentracji żelaza. Tak więc zmiany zawartości żelaza i cynku w korzeniach marchwi miały podobny rytm zależności od wielkości dawki promieniowania biostymulującego.

Przeanalizowano ponadto zmiany zawartości azotanów i metali ciężkich w korzeniach marchwi biostymulowanej laserowo (tab. 2). Są to, co prawda niepożądane składniki żywności pochodzenia roślinnego, jednak należy się liczyć z ich obecnością. Normy żywnościowe dopuszczają dla korzeni marchwi do 500 mg azotanów w kilogramie świeżego produktu. W naszych badaniach poziom ten nie został przekroczony. Najwyższą koncentrację 450 mg stwierdzono w korzeniach z kombinacji kontrolnej. Rosnące dawki promieniowania biostymulującego znacząco

obniżały koncentrację azotanów w korzeniach marchwi. Przy dawce D₃ obniżenie to wynosiło około 32% w porównaniu do zawartości w korzeniach kontrolnych, a przy dawce D₅ obniżenie to wynosiło aż 42%. Z grupy toksycznych metali ciężkich pobieranych biernie w analizowanych korzeniach marchwi w największych stężeniach występował ołów (2,01-4,3 mg·kg⁻¹ s.m.). Jednak na tle innych surowców pochodzenia roślinnego zawartość tą można uznać za niską (13). Niższe dawki promieniowania biostymulującego (D₂-D₃) obniżyły jego koncentrację, ale wyższe dawki zwiększały sorpcję ołowiu przez korzenie marchwi. W podobny sposób zmieniała się sorpcja niklu w tych korzeniach. W korzeniach z kombinacji D₂ i D₃ jego koncentracja była najniższa a w korzeniach z D₄ i D₅ była najwyższa. Wszystkie stwierdzone zawartości można jednak uznać za stosunkowo niskie (13). Najbardziej niepokojąca była w badanych korzeniach zawartość kadmu. Przy zawartości 0,5 mg·kg⁻¹ s.m. dopuszczalnej w surowcach pochodzenia roślinnego, w analizowanych przez nas korzeniach marchwi zawartość ta wynosiła 0,45-0,57 mg. Poziom dopuszczalnego stężenia kadmu nie został przekroczony w korzeniach z kombinacji kontrolnej oraz D₂, a minimalnie przekroczony przy D₃.

Tabela 2. Zawartość składników mineralnych w korzeniach marchwi biostymulowanej laserowo
Table 2. Minerals in carrot root (core) depending on radiation dose and storage time

Składnik kg ⁻¹ s.m. Component kg ⁻¹ d.m.	Dawka promieniowania biostymulującego Dose of radiation					
	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅
Potas Potassium (g)	34,60	30,80	26,00	20,20	25,20	28,20
Wapń Calcium (g)	2,00	2,30	1,80	1,40	1,50	1,80
Magnez Magnesium (g)	1,20	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00
Miedź Copper (mg)	5,20	5,40	5,80	6,20	7,20	7,30
Mangan Manganese (mg)	14,00	15,30	15,80	16,20	18,00	15,20
Cynk Zink (mg)	29,00	37,00	38,00	39,50	47,30	46,40
Żelazo Iron (mg)	45,00	43,30	40,20	42,40	61,50	62,80
Ołów Lead (mg)	3,16	3,20	3,14	2,01	3,40	4,30
Kadm Cadmium (mg)	0,47	0,54	0,45	0,52	0,55	0,57
Nikiel Nickiel (mg)	1,26	1,64	1,11	1,01	1,69	1,88
Azotany Nitrate (mg·kg ⁻¹ św.m.) (mg kg ⁻¹ f.m.)	450,00	400,00	345,00	50,00	265,00	260,00

WNIOSKI

1. Biostymulacja laserowa nasion marchwi poprawiała właściwości sprężyste korzeni. Najwyższą sprężystość posiadały korzenie z kombinacji D₃.
2. W 10 tygodniowym okresie przechowywania sprężystość korzeni roślin biostymulowanych dawkami D₁-D₃ była wyższa niż korzeni kontrolnych.
3. Wyższe dawki promieniowania biostymulującego powodowały szybszy spadek sprężystości korzeni niż korzeni kontrolnych.
4. Wzrost dawki promieniowania biostymulującego powodował spadek zawartości suchej masy, białka i włókna surowego a zwiększenie zawartości cukrowców redukujących i rozpuszczalnych oraz Cu, Zn, Pb, Cd i Ni.
5. Biostymulacja laserowa nasion marchwi zmniejszała zawartość K, Ca, Mg i Fe w korzeniach, ale wielkość tych zmian była różna i bardziej zależna od rodzaju pierwiastka niż od dawki promieniowania.
6. Badane cechy korzeni na ogół zmieniały się sinusoidalnie ze wzrostem dawki promieniowania, a najkorzystniejszy zestaw wartości tych cech obserwowano przy dawce D₃ (3-krotne naświetlanie w czasie 0,1 s światłem o gęstości powierzchniowej mocy 4 mW·cm⁻³). Dawka ta może być zalecana do biostymulacji nasion marchwi w celach produkcyjnych.

PIŚMIENNICTWO

1. **Baraniak B., Gawlik-Dziki U., Mikos-Bielak M., Ostapczuk E.:** Przewodnik do ćwiczeń z chemii żywności. Wyd. AR Lublin, 1999.
2. **Bednarczyk R.:** Wpływ przedsiewnej laserowej biostymulacji nasion marchwi na właściwości fizykochemiczne plonów. Praca magisterska, Wydz. Techn. Roln. AR w Lublinie, 2001.
3. **Cataldo D.A., Harroon M., Schrader L.E.:** Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Comm. Soil Sci. and Plant Annd.*, 6, 71-80, 1975.
4. **Duckworth R.B.:** Fruits and vegetables. London, Pergamont Press, 1966.
5. **Drozd D., Szajsner H., Koper R.:** Wpływ przedsiewnego naświetlania nasion pszenicy jarej na zdolność kiełkowania i długość koleoptyla. *Fragm. Agr.*, Nr 1(49), 44-51, 1996.
6. **Dziamba Sz., Koper R.:** Wpływ naświetlania laserem nasion na plon ziarna pszenicy jarej. *Fragm. Agron.*, nr 1 (33), 88-93, 1992.
7. **Fura M.:** Wpływ przedsiewnej biostymulacji nasion selera na fizykochemiczne właściwości plonów. Praca magisterska Wydz. Tech. Rol. AR w Lublinie, 2000.
8. **Gieroba L., Koper R., Matyka S.:** The influence of pre-sowing laser biostimulation of maize seeds onb the crop and nutritve value of the corn. *Proceed. of the 45th Austral. Cereal Chem. Confer.*, Adelajda 1995.
9. **Górecki J.G., Grzesiuk S.:** Światowe tendencje i kierunki uszlachetniania materiałów nasiennych. *Mat. Konf. „Uszlachetnienie materiałów nasiennych”* Wyd. ART, Olsztyn, 1994.
10. **Koper R., Grochowicz J.:** Equipmwnwt for the presowing laser biostimulation. *Proceed. XII Wold Cong. on Agric. Engineer.*, Milano, 29.08-1.09.1994.

11. **Koper R., Dygdała Z.:** Urządzenie do obróbki przedsiewnej nasion promieniowaniem laserowym. Patent RP nr 162598, 1994.
12. **Koper R., Mikos-Bielak M., Próchniak T., Podleśny J.:** Wpływ przedsiewnej biostymulacji laserowej nasion łubinu białego na właściwości chemiczne plonów. *Inżynieria Roln.*, nr 4 (15), 43-52, 2000.
13. **Koper R., Mikos-Bielak M.:** Biostymulacja laserowa nasion gryki jako czynnik modyfikujący wielkość i jakość plonu. *Pamiętnik Puławawski* 133, 2003.
14. **Krelowska-Kulas M.:** Badania jakości produktów spożywczych. PWE, Warszawa, 1993.
15. **Podleśny J.:** The effect of seeds laser biostimulation on white lupine growth in differentiated temperature. *Acta Physiol. Plant.*, 21, 3, 63, 1999.

INFLUENCE OF LASER BIOSTIMULATION OF CARROT SEEDS ON THE ELASTIC PROPERTIES AND SOME SELECTED CHEMICAL ROOT COMPONENTS

Maria Mikos-Bielak¹, Roman Koper²

¹Department of Chemistry, University of Agriculture, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
e-mail: mbmaria@agros.ar.lublin.pl

²Department of Physics, University of Agriculture, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

Abstract. Carrot seeds of Karotan cv. were subjected to the pre-sowing laser biostimulation with various light rates. The seeds were used in the field experiment. After harvest, root chemical composition was analyzed. The content of dry matter, reducing and soluble sugars, crude fiber, protein and polyphenols were determined. Changes in the macro- and microelements, toxic metals and nitrate levels were evaluated as well. Changes of the root elasticity module in plastic bags at ambient temperature were recorded for 10 days. It was found that seed laser biostimulation diminished the content of dry matter, crude fiber, K, Ca, Mg, Fe and NO₃⁻. At the same time, concentration of reducing and soluble sugars, Cu, Zn, Pb, Cd and Ni was increased. Most of changes in the chemical composition depending on the biostimulation radiation rate occurred in the sinusoidal shape. It confirms earlier observations that biostimulation radiation rate should be chosen individually for every plant species. Roots of the biostimulated plants had higher values of the elasticity modules directly after harvest and during storage than control roots. Triple laser radiation ensuring surface density of about 4 mW cm⁻² may be recommended for the carrot seed biostimulation.

Keywords: laser biostimulation, elasticity module, chemical composition