

**Jacek DYŚKO, Stanisław KANISZEWSKI, Waldemar KOWALCZYK**  
Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach  
**Katarzyna DZIEDZICZAK, Bogusław KOWALSKI,**  
**Andrzej MORACZEWSKI, Władysław PODSIEDLIK, Jan WOJTYSIAK**  
Instytut Technologii Eksploatacji – PIB, Zakład Technik Włókienniczych  
w Łodzi

## **EKOLOGICZNE WŁÓKNISTE PODŁOŻA BEZGLEBOWE W UPRAWACH SZKLARNIOWYCH**

### **Słowa kluczowe**

Podłoża bezglebowe, uprawy szklarniowe, materiały włókniste, biodegradowalność.

### **Streszczenie**

Narodowa strategia rolnictwa i obszarów wiejskich kładzie duży nacisk na rozwój zrównoważonych systemów produkcji rolnej, zapewniających bezpieczeństwo żywności i ochronę środowiska. W ramach prowadzonych wspólnych badań w Instytucie Ogrodnictwa w Skierniewicach i Instytucie Technologii Eksploatacji – PIB, Zakład Technik Włókienniczych w Łodzi opracowano nowe biodegradowalne podłoża uprawowe przeznaczone do bezglebowej uprawy warzyw pod osłonami. Opracowane podłoża wykorzystujące odpadowe surowce włókiennicze i roślinne mają właściwości uprawowe porównywalne do powszechnie stosowanych na bazie wełny mineralnej, które po sezonie uprawowym stanowią odpad bardzo trudny do utylizacji. Opracowane i zbadane w warunkach szklarniowych nowe podłoża po zakończonym cyklu uprawowym są w 100% wykorzystane jako środki ulepszania gleby, ponieważ zawierają w swojej strukturze znaczne ilości związków odżywczych gromadzonych z kropelko-

wego odżywiania roślin w okresie uprawowym i jako materia organiczna zwiększa zasoby próchnicy w glebie.

## Wprowadzenie

W nowoczesnych technologiach szklarniowych stosowana jest bezglebowa uprawa roślin w podłożach o małej objętości, pakowanych w zamkniętych rękawkach foliowych o wymiarach (1000 x 20 x 8) m<sup>3</sup>, wolnych od chorób i niezawierających składników pokarmowych.

Dotychczas w szklarniowej uprawie pomidora, ogórka, truskawki itp. stosowanym podłożem jest odpowiedni rodzaj wełny mineralnej. Szerokie zastosowanie wełny mineralnej wynika z jej dobrych właściwości powietrzno-wodnych oraz sterylności. Problemem jest jednak utylizacja takiego odpadu po sezonie uprawowym, który nie ulega biodegradacji. Optymalne warunki do rozwoju systemu korzeniowego występują wtedy, gdy porowatość całkowita podłoża wynosi 70÷90%, a objętość wolnych przestrzeni w połowie wypełniona jest wodnym roztworem odżywki i powietrzem. Podłoża o podobnych właściwościach można uzyskać z naturalnych, włóknistych surowców odpadowych produkcyjnych i z recyklingu, takich jak bawełna, wełna, len, konopie, słoma, trociny, paździerz itp. Specyfika upraw bezglebowych polega na tym, że podłoża eksploatowane są przez jeden sezon uprawowy. Wynika to z ewentualnych możliwości rozwoju chorób lub porażenia roślin na tych podłożach w drugim sezonie uprawowym.

Stąd, mając na uwadze, że w kraju średnio rocznie uprawia się warzywa na podłożach o powierzchni ok. 5 tys. ha, rocznie powstaje więc ok. 30 tys. ton odpadu niebiodegradowalnego! Jest więc to poważny problem z zanieczyszczeniem środowiska naturalnego. Z powodu nie zawsze odpowiedniej świadomości z tytułu zagrożenia dla środowiska zdarza się, że odpady z wełny mineralnej rozprowadzane są na pola uprawne, co dodatkowo pogarsza stan środowiska glebowego.

W rozważaniach nad opracowaniem założeń dla technologii wytwarzania struktur włóknistych na podłoża uprawowe kierowano się następującymi kryteriami:

- uzyskania podobnych warunków powietrzno-wodnych, jakie gwarantują podłoża z wełny mineralnej. Lata eksploatacji i optymalizacji warunków uprawowych wyznaczyły dla tych podłoży optymalne granice, które nie wymagają zmian,
- stabilność warunków powietrzno-wodnych w całym sezonie uprawowym, co oznacza, że struktura wewnętrzna nowych podłoży musi zapewniać im odpowiednią stabilność wyników,
- rozpoczęcie procesu biodegradacji i jego zakończenie w okresie 5÷12 miesięcy,

- wysoka hydrofilność użytych surowców gwarantująca jednakowe warunki wilgotnościowe dla rośliny w całej przestrzeni podłoża.

Badano trzy możliwe warianty technologiczne wytwarzania kompozytowych struktur włóknistych na podłoża uprawowe:

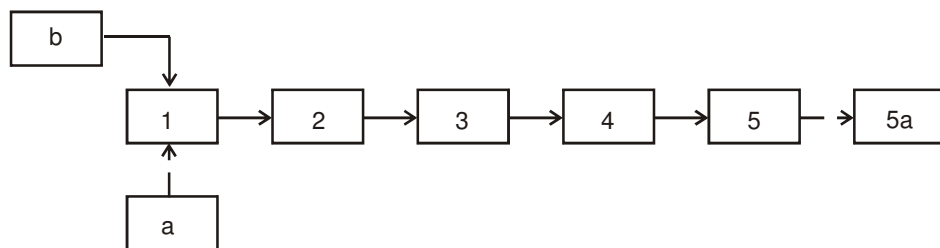
- skonsolidowane mechanicznie w postaci płaskich wyrobów, które po odpowiednim skonfekcjonowaniu i uformowaniu utworzą kompozyt wielowarstwowy z poziomo lub pionowo ułożonych warstwowo włókien,
- struktury nieskonsolidowane (luźne) z odpowiednio przygotowanych mieszanek surowcowych z różnym udziałem pakowanych w rękawy foliowe zamknięte jak podłoża z wełny mineralnej,
- struktury mieszane (skonsolidowane i luźne) o różnych udziałach objętościowych.

W wyniku prowadzonych przez autorów badań nad doskonaleniem procesu upraw bezglebowych (szklarnie i tunele foliowe) z nowymi innowacyjnymi podłożami bezglebowymi na bazie naturalnych surowców włóknistych odpadowych, w pełni biodegradowalnych, które po niewielkim przetworzeniu na substraty uprawowe są doskonałym nawozem organicznym. Drugą niezwykle ważną cechą materii włóknistej naturalnego pochodzenia jest to, że ma bardzo korzystne właściwości fizykochemiczne i biologiczne – co zbadano w ramach współpracy obydwu Instytutów – i może być doskonałym nośnikiem odżywczych związków mineralnych dla roślin po procesie impregnacji fizycznej lub chemicznej. To znacznie poszerza możliwości aplikacyjne nowych produktów jako włóknistych nawozów organicznych.

## **1. Opracowanie technologii wytwarzania włóknistych naturalnych podłoży bezglebowych**

Cechą szczególną włóknistych materiałów roślinnych jest ich podatność na mechaniczną konsolidację – spilśnianie masy włóknistej, którego stopień jest zależny od stopnia rozwłóknienia i od rodzaju obróbki mechanicznej. Cecha ta jest szczególnie korzystna dla podłoży i środków ulepszania gleby, bowiem – przy odpowiednim rozwłóknieniu zapewnia strukturze włóknistej porowatość i kształtowanie warunków powietrzno-wodnych w podłożu. Właściwości spilśniającej konsolidacji roślinne materiały włókniste nabierają dopiero po odpowiednim rozwłóknieniu (np. słoma, trociny), a tracą po rozdrobnieniu. Ta właściwość rozwłóknionych materiałów włóknistych oraz możliwość kształtowania – w zależności od rozwłóknienia – ich właściwości aero- i hydrofizycznych stwarza dodatkowa możliwość celowego opracowania odpowiedniej konsolidacji włóknistego podłoża roślinnego, która pozwoli zachować jego postać i właściwości hydrofizyczne w całym cyklu uprawowym. W celu wytworzenia podłoży uprawowych, w pełni biodegradowalnych, skonsolidowanych mechanicznie

techniką igłowania, opracowano i zbudowano doświadczalny badawczy zestaw maszyn umożliwiający przerób odpadowych surowców włóknistych o bardzo różnorodnych właściwościach. Na tym zestawie maszyn można więc przerabiać i formować podłoża z mieszanek surowców włókienniczych i niewłókienniczych takich jak trociny, paździerz, kokos, juta, słoma itp. Surowce te muszą być przetwarzane do odpowiedniej postaci w celu rozwinięcia ich powierzchni dla polepszenia właściwości fizycznych. Konsolidowanie w wyrób płaski pozwala w następnych operacjach po odpowiednim warstwowaniu uzyskać postać i wymiary podłoża. Schemat blokowy doświadczalnego zestawu maszyn o szerokości roboczej 1000 mm przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Schemat blokowy doświadczalnego zestawu maszyn do mechanicznego konsolidowania pokładu włóknistego: a – komora przygotowania mieszanki surowcowej; b – podajnik rozwłóknionych surowców włóknistych; 1 – transporterowy podajnik surowców; 2 – formierka pokładu; 3 – zagęszczacz pokładu; 4 – maszyna konsolidująca pokład; 5 – odbierak wyrobu; 5a – konfekcjonowanie wyrobu na zadany wymiar

Wykonano podłoża o następującym układzie skonsolidowanych warstw:

- I – podłoża o spiralnym układzie wyrobu płaskiego,
- II – podłoża o poziomym układzie skonsolidowanych warstw,
- III – podłoża o pionowym układzie warstw.

## 2. Badanie właściwości fizykochemicznych w trakcie prowadzenia doświadczeń szklarniowych

### 2.1. Właściwości fizyczne podłoży

Przeprowadzono badania właściwości fizycznych podłoży skonsolidowanych wytworzonych z bawełny, wełny, włókna kokosowego i trocin oraz luźnych ze słomy, trocin i paździerzy. Do badań pobrano podłoża skonsolidowane i luźne przed i po okresie uprawy pomidora.

Właściwości fizyczne podłoży przed wysadzeniem pomidorów oraz po ich uprawie określano zgodnie z Polską Normą PN-EN 13041, oznaczając gęstość objętościową, porowatość ogólną, właściwości wodne i powietrzne przy pF 0,0; 1,0; 1,5; 2,0; kurczliwość oraz zawartość substancji organicznej.

Gęstość objętościową suchej próbki określono wg wzoru:

$$D_{BD} = \frac{(m_3 - m_1)}{V_1} \cdot 1000 \quad (1)$$

gdzie:

- $D_{BD}$  – gęstość objętościowa suchej próbki w kilogramach na metr sześcienny,
- $m_1$  – masa pierścienia pomiarowego w (g),
- $m_3$  – masa suchej próbki wraz z pierścieniem pomiarowym w (g),
- $V_1$  – objętość pierścienia pomiarowego (cm<sup>3</sup>).

Porowatość ogólną określono według wzoru:

$$P_S = \frac{1 - D_{BD}}{P_D} \cdot 100 \quad (2)$$

gdzie:

- $P_S$  – całkowita przestrzeń porów w procentach objętości nawodnionej próbki przy podciśnieniu minus 10 cm słupa wody,
- $D_{BD}$  – gęstość objętościowa suchej próbki w kilogramach na metr sześcienny,
- $P_D$  – gęstość cząstek w kilogramach na metr sześcienny.

Kurczliwość obliczono korzystając z następującego równania:

$$S_{\%} = \frac{V_1 - V_m}{V_1} \cdot 100 \quad (3)$$

gdzie:

- $S_{\%}$  – wartość kurczliwości próbki po osuszeniu wyrażona w procentach objętości,
- $V_m$  – średnia objętość suchej próbki w cm<sup>3</sup>  $\{\pi (0,5 \cdot d_2)^2 \cdot h_2\}$ ,
- $d_2$  – średnica suchej próbki w cm,
- $h_2$  – wysokość próbki w cm.

Pojemność wodną podłoży przy zastosowanych podciśnieniach obliczono według poniższego równania:

$$W = \frac{(m_2 - m_3)}{V_1} \cdot 100 \quad (4)$$

gdzie:

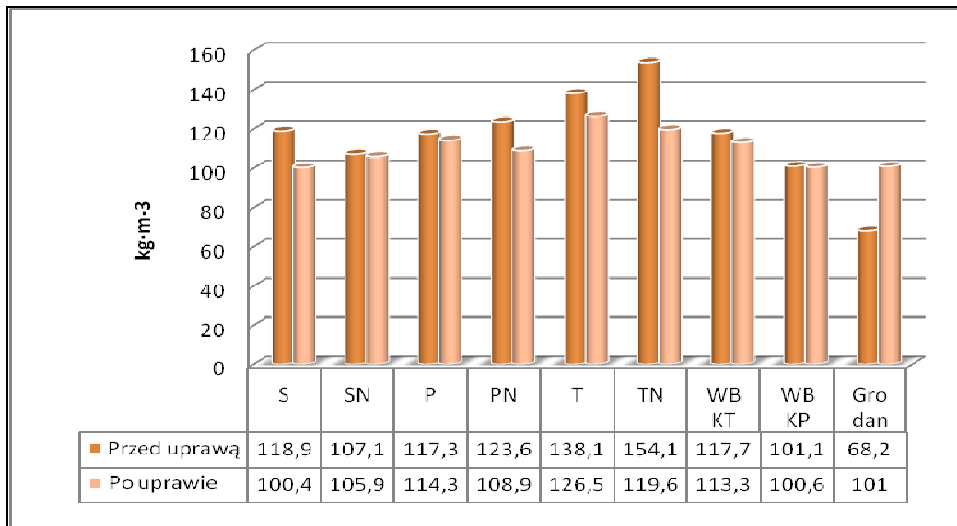
- $W$  – zawartość wody w procentach objętości, %(V/V), przy określonym podciśnieniu,

- $m_2$  – masa nawodnionej próbki wraz z pierścieniem przy określonym podciśnieniu w (g),  
 $m_3$  – masa suchej próbki wraz z pierścieniem w (g).

Zawartość substancji organicznej oznaczono zgodnie z normą EN 13039. Oznaczenia przeprowadzono w czterech powtórzeniach dla podłoży luźnych i skonsolidowanych przed wysadzeniem roślin oraz po okresie uprawy.

Nowe nieużywane podłoża organiczne przed wysadzeniem różniły się nieznacznie gęstością objętościową. Największą gęstością objętościową charakteryzowało się podłoże luźne, natomiast najmniejszą podłoże skonsolidowane (WBKP) (rys. 2). W przypadku podłoży z trocin i paździerzy, estryfikacja kwasem azotowym zwiększała gęstość objętościową, natomiast w przypadku słomy gęstość objętościowa była mniejsza. Po uprawie pomidora gęstość objętościowa wszystkich podłoży organicznych była mniejsza, natomiast gęstość objętościowa wełny mineralnej odpowiednio wzrosła.

Przeprowadzone badania wykazały, że zarówno nowe, luźne jak i skonsolidowane podłoża organiczne przed uprawą roślin charakteryzowały się dobrymi właściwościami powietrzno-wodnymi. Porowatość ogólna podłoży organicznych wynosiła ok. 90% i była porównywalna z podłożami z wełny mineralnej. Porowatość ogólna nie zmieniała się w zasadniczy sposób po okresie uprawy pomidora (tab. 1).



Rys. 2. Gęstość objętościowa podłoży luźnych i skonsolidowanych (S – słoma, SN – słoma nitrowana, P – paździerze, PN – paździerze nitrowane, T – trociny, TN – trociny nitrowane, WBKT – wełna, bawełna, kokos, trociny, WBKP – wełna bawełna, kokos, paździerze, Grodan – wełna mineralna

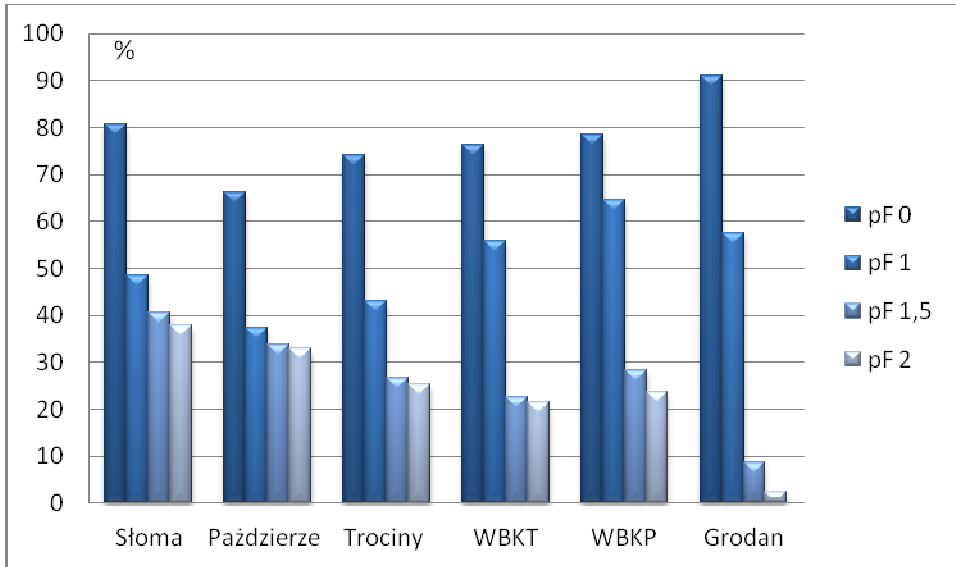
Tabela 1. Wybrane właściwości podłoży organicznych przed i po uprawie pomidora

Rodzaj podłoża	Przed uprawą			Po uprawie		
	Porowatość ogólna %	Zawartość substancji organicznej %	Kurczliwość %	Porowatość ogólna %	Zawartość substancji organicznej %	Kurczliwość %
S	94,2	98,2	5,9	93,7	94,6	25,6
SN	93,2	98,3	7,8	93,4	89,6	23,9
P	92,6	95,7	0,0	93,0	89,9	13,4
PN	92,2	94,2	4,0	93,3	88,7	37,9
T	91,1	98,2	5,9	92,1	93,2	20,4
TN	90,1	98,5	7,8	92,4	95,3	7,8
WBKT	92,5	98,7	2,0	92,8	97,5	4,0
WBKP	93,7	98,5	2,0	93,5	93,6	4,0
R	97,6	2,7	0,0	96,1	4,4	0,0

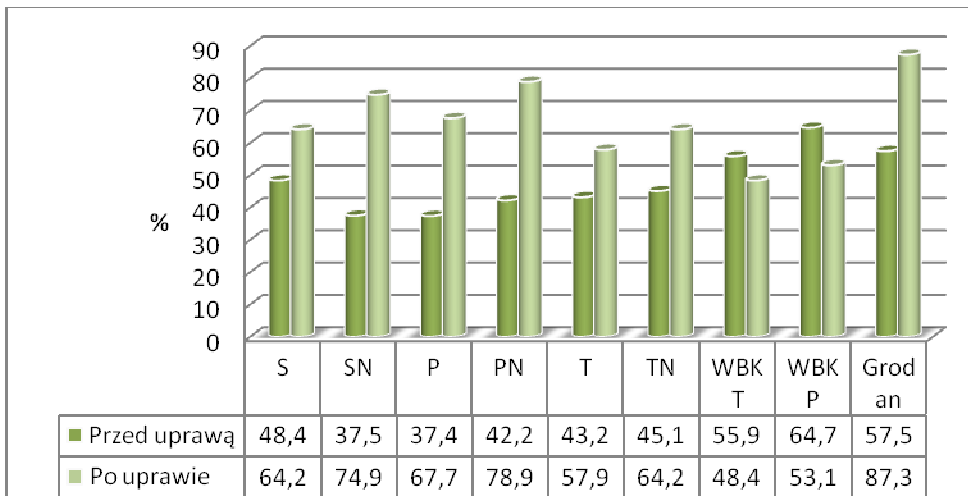
S – słoma żytnia, SN – słoma żytnia nitrowana, P – paździerz, PN – paździerz nitrowana, T – trociny sosnowe, TN – trociny nitrowane, WBKT – wełna, bawełna, kokos, trociny, WBKP – wełna bawełna, kokos, paździerz, R – wełna mineralna Grodan – Master.

Podłoża organiczne posiadały również dużą zdolność do retencji wody (rys. 3). Przy pF 0,0 (maksymalna pojemność wodna) najwyższą pojemność wodną miała wełna mineralna (92%) oraz podłoże ze słomy żytniej (82%), najmniejszą natomiast podłoże z paździerzy lnianych (67%). W miarę wzrostu pF spadała pojemność wodna podłoży, przy czym najszybciej w wełnie mineralnej, tak że już przy pF 1,5 i 2,0 była kilkakrotnie niższa niż w podłożach organicznych zarówno luźnych, jak i skonsolidowanych. W uprawie na wełnie mineralnej konieczny jest niezawodny system fertygacji pozwalający na zachowanie odpowiedniej częstotliwości podawania wody wraz ze składnikami pokarmowymi.

Podłoża organiczne posiadające wyższą retencję wody przy pF 1,5; 2,0 są bardziej bezpieczne w razie awarii systemu dozowania pożywki. Istotne znaczenie ma wilgotność podłoży przy pF 1,0, ponieważ podłoże posiada wówczas optymalne warunki powietrzno-wodne. Pojemność wodna nowych nieużywanego podłoży przy pF 1,0 wynosiła od 37,4% dla podłoża z paździerzy lnianych nieestryfikowanych do 64,7% dla podłoży wykonanych z wełny, bawełny, włókna kokosowego i paździerzy lnianych (rys. 4). Pojemność wodna wełny mineralnej, przy pF 1,0 wynosiła 57,5%. Po uprawie pomidora wzrastała pojemność wodna wszystkich luźnych podłoży organicznych zarówno estryfikowanych, jak i nieestryfikowanych kwasem azotowym, przy czym najbardziej w podłożach ze słomy żytniej i paździerzy lnianych, najmniej natomiast w podłożu z trocin.

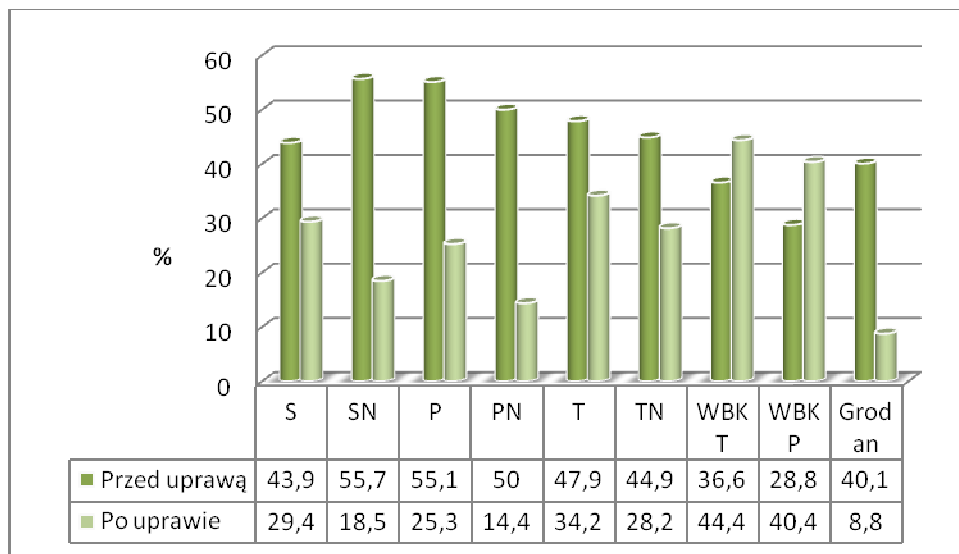


Rys. 3. Pojemność wodna podłoży luźnych i skonsolidowanych przy różnym pF (WBKT – wełna, bawełna, kokos, trociny, WBKP – wełna, bawełna, kokos, paździerz)



Rys. 4. Pojemność wodna podłoży luźnych i skonsolidowanych przy pF 1,0 (S – słoma, SN – słoma nitrowana, P – paździerz, PN – paździerz nitrowane, T – trociny, TN – trociny nitrowane, WBKT – wełna, bawełna, kokos, trociny, WBKP – wełna, bawełna, kokos, paździerz)





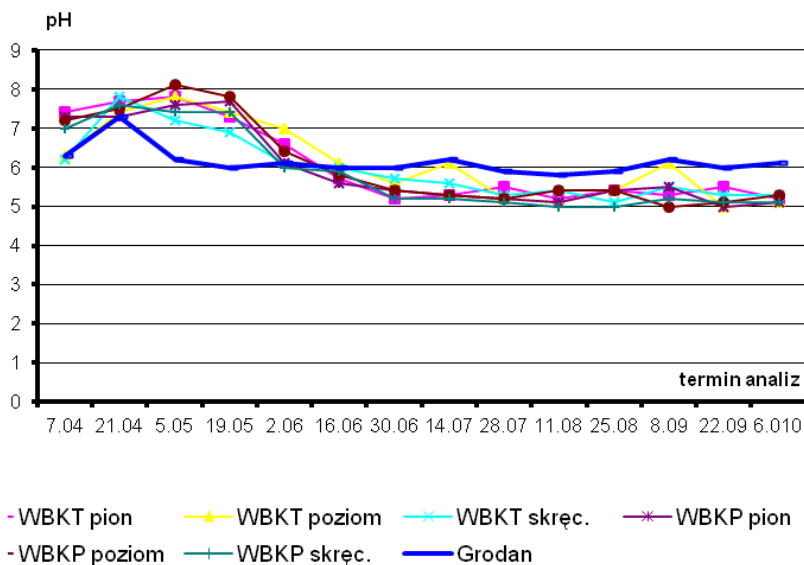
Rys. 5. Pojemność powietrzna podłoży luźnych i skonsolidowanych przy pF 1,0 (S – słoma, SN – słoma nitrowana, P – paździerz, PN – paździerz nitrowane, T – trociny, TN – trociny nitrowane, WBKT – wełna, bawełna, kokos, trociny, WBKP – wełna, bawełna, kokos, paździerz)

Podłoża skonsolidowane wykonane z wełny, bawełny i kokosu uzupełnione trocinami lub paździerzami lnianymi zachowywały trwałą strukturę w czasie uprawy pomidora. W podłożach skonsolidowanych po uprawie roślin nie stwierdzono pogorszenia się stosunków powietrzno-wodnych, a kurczliwość tych podłoży praktycznie nie zmieniła się (tab. 1). Pojemność powietrzna po uprawie pomidora wzrosła, a pojemność wodna zmalała zarówno w podłożu wykonanym z wełny, bawełny i włókna kokosowego z dodatkiem trocin, jak i z dodatkiem paździerzy lnianych (rys. 5). Zmiany stosunków powietrzno-wodnych w podłożach organicznych są wynikiem rozkładu substancji organicznej w wyniku aktywności mikrobiologicznej, prowadząc do wzrostu retencji wodnej i ograniczenia pojemności powietrznej, przy czym zależy to od podatności danego podłoża na działalność mikroorganizmów. W przeprowadzonych badaniach stwierdzono pogorszenie stosunków powietrzno-wodnych w luźnych podłożach organicznych wykonanych ze słomy żytniej i paździerzy lnianych po uprawie pomidora. Było to wynikiem rozkładu substancji organicznej, której zawartość po uprawie pomidora zmniejszyła się o 3,5 do 9,7% w zależności od rodzaju podłoża. W podłożach skonsolidowanych nie stwierdzono dużych zmian w zawartości substancji organicznej, co dowodzi dużej odporności włókien bawełnianych i wełnianych na działalność mikroorganizmów. Niewielki spadek zawartości substancji organicznej dotyczył prawdopodobnie biodegradacji do-

datków z trocin i paździerzy lnianych zastosowanych do wytworzenia tego podłoża. W podłożu luźnym z trocin zwłaszcza estryfikowanym kwasem azotowym odnotowano niewielki spadek substancji organicznej, co mogło mieć związek z większą zawartością ligniny niż pozostałych luźnych podłożach, która stanowi lepsze utwardzające i jest odporna na działanie mikroorganizmów.

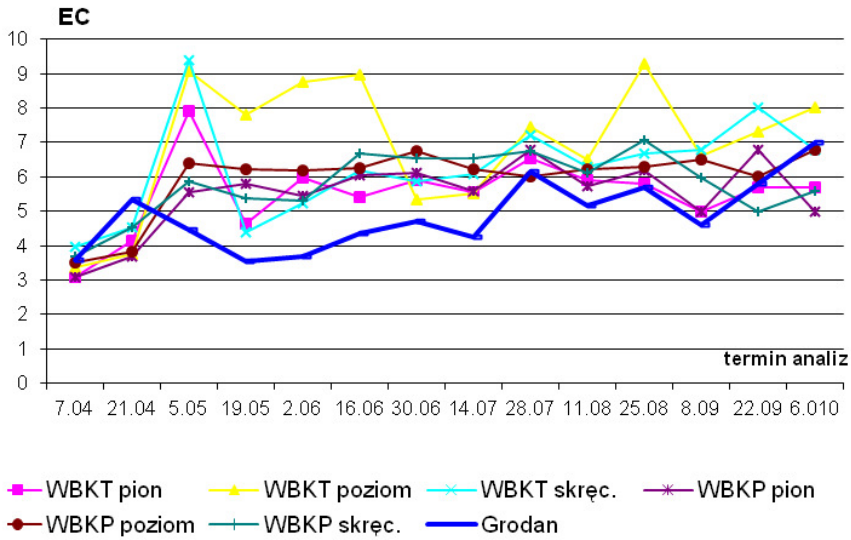
## 2.2. Właściwości chemiczne

W okresie wegetacji pomidora pobierano próby przesączu z podłoży w celu określenia wskaźnika pH, EC (zasolenie) i zawartości składników pokarmowych w środowisku korzeniowym roślin. Analizy wykonano dla podłoży (WBKT) i podłoży (WBKP) o różnym układzie warstw – poziomym, pionowym i spiralnym.

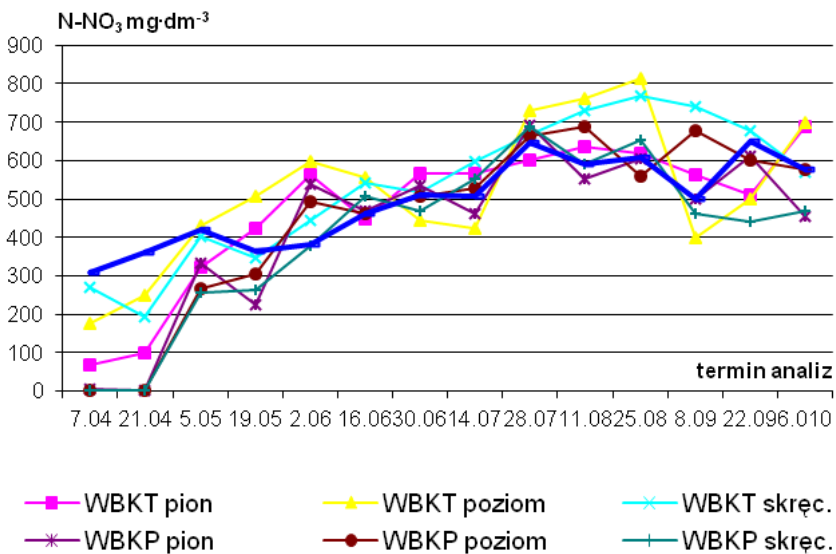


Rys. 6. Wpływ podłoży na pH w strefie systemu korzeniowego roślin w okresie wegetacji

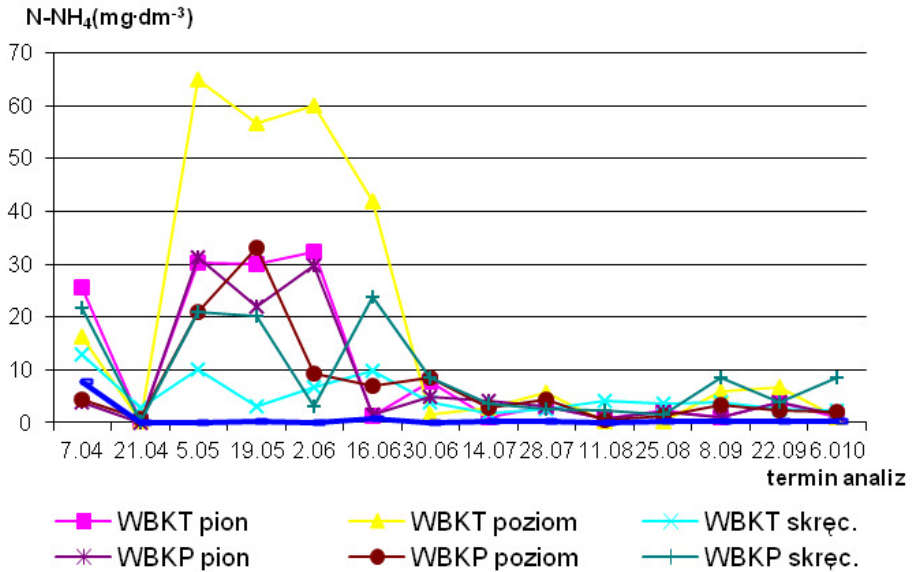
Wartości pH w okresie wzrostu roślin było zbliżone dla badanych podłoży biodegradowalnych, jednak nieco wyższe niż w wełnie mineralnej w początkowym okresie wzrostu roślin (rys. 6). W późniejszym okresie wegetacji po około 2,5 miesiąca od wysadzenia roślin pH w podłożach było niższe niż w wełnie mineralnej. EC z wyjątkiem krótkiego początkowego okresu uprawy było wyższe w biodegradowalnych podłożach organicznych niż w wełnie mineralnej, co miało związek z zateżnieniem składników mineralnych w wyniku sorpcji. Najwyższe EC występowało w podłożu WBKT o poziomym układzie włókien (rys. 7).



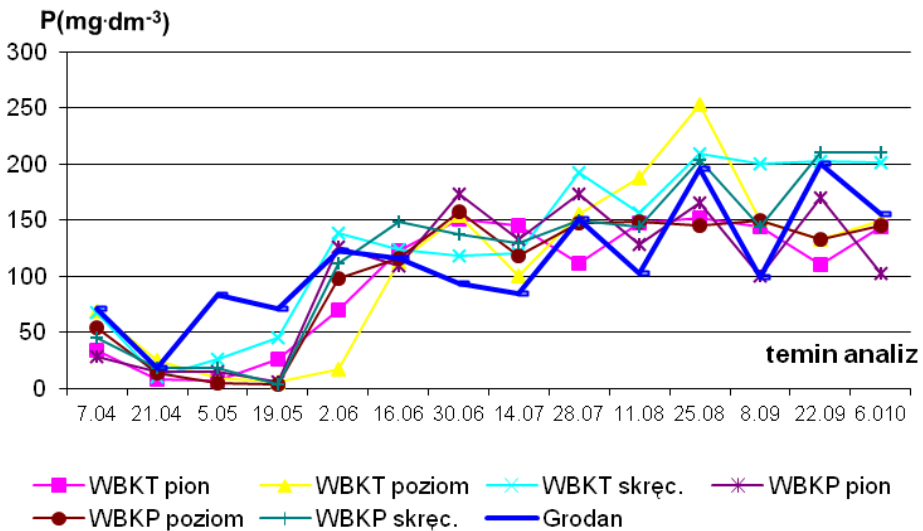
Rys. 7. Wpływ podłoża na EC w strefie systemu korzeniowego roślin w okresie wegetacji



Rys. 8. Wpływ podłoża na zawartość N-NO<sub>3</sub> w strefie systemu korzeniowego roślin w okresie wegetacji

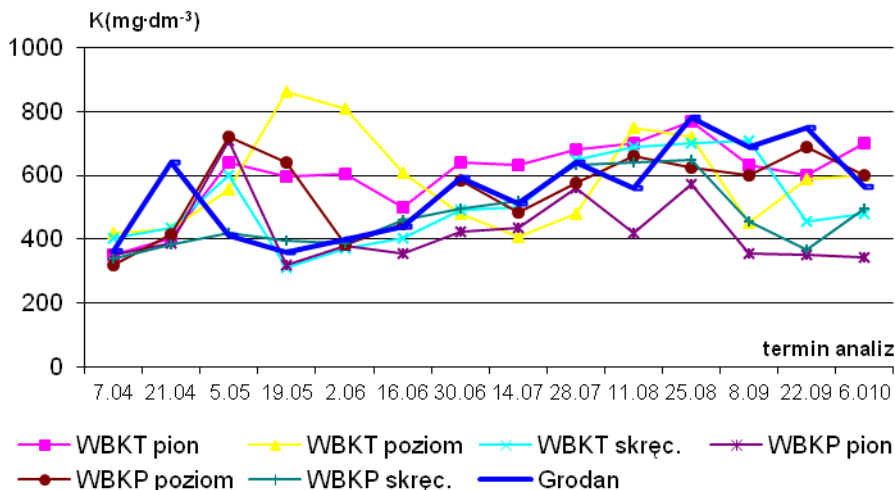


Rys. 9. Wpływ rodzaju podłoża na zawartość azotu amonowego w strefie systemu korzeniowego roślin



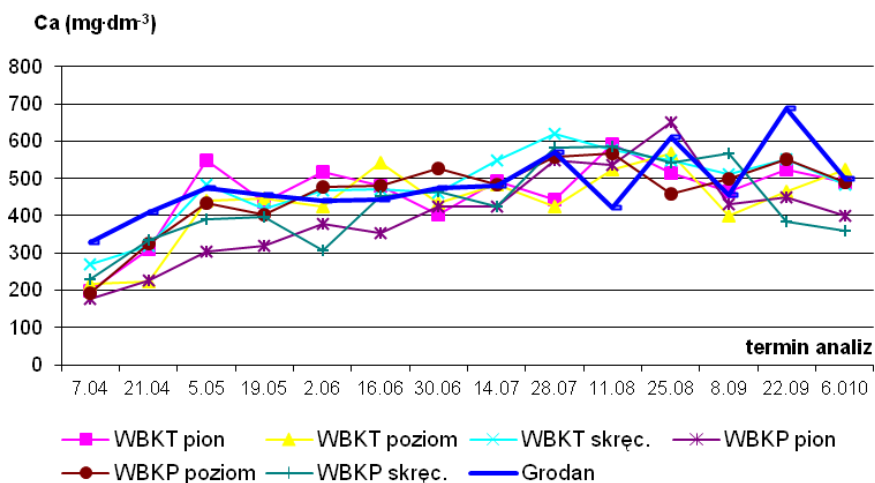
Rys. 10. Wpływ podłoża na zawartość fosforu w strefie systemu korzeniowego roślin w okresie wegetacji

Zawartość  $N-NO_3$  w strefie korzeniowej roślin w pierwszych 4 tygodniach była niższa w podłożach organicznych niż w wełnie mineralnej, co było spowodowane unieruchomieniem azotu wskutek aktywności mikrobiologicznej, natomiast w pozostałym okresie uprawy nie różniła się zasadniczo od zawartości w wełnie mineralnej (rys. 8). Sorpcja biologiczna azotu w początkowym okresie wzrostu roślin była wyższa w podłożach WBKP niż WBKT. W pierwszych 3 miesiącach uprawy stwierdzono także wyższą zawartość  $N-NH_4$  w podłożach organicznych niż w wełnie mineralnej, zwłaszcza w podłożu WBKT o poziomym układzie włókien. Zawartość fosforu w podłożach organicznych była również nieco niższa w początkowym okresie wegetacji niż w wełnie mineralnej, natomiast w późniejszym okresie wzrostu roślin zawartość tego składnika była zbliżona we wszystkich badanych podłożach. W okresie wegetacji następowało zateżenie  $N-NO_3$  i P we wszystkich badanych podłożach (rys. 9, 10).



Rys. 11. Wpływ podłoża na zawartość potasu w strefie systemu korzeniowego roślin w okresie wegetacji

Zawartość potasu w strefie korzeniowej roślin była zróżnicowana w okresie wegetacji dla poszczególnych podłoży, jednak nie występowały jednoznaczne tendencje dla określonego podłoża lub sposobu ułożenia włókien (rys. 11). W przypadku wapnia, w początkowym okresie wzrostu roślin zawartość w podłożach organicznych była mniejsza w porównaniu z wełną mineralną, natomiast w późniejszym okresie wzrostu zawartości Ca były zbliżone dla wszystkich badanych podłoży. W miarę upływu okresu wegetacji następowało również zateżenie tego składnika we wszystkich podłożach (rys. 12).



Rys. 12. Wpływ podłoża na zawartość wapnia w strefie systemu korzeniowego roślin w okresie wegetacji

### 3. Ocena plonowania stanu odżywienia roślin i jakości owoców

Przeprowadzono dwa ściśle doświadczenia szklarniowe w celu określenia wpływu wytworzonych podłoża na plonowanie pomidora odmiany Growdena F<sub>1</sub>. Doświadczenie przeprowadzono w czterech powtórzeniach po 8 roślin w powtórzeniu. Pomidory w doświadczeniu pierwszym wysadzono 23 marca w podłoża skonsolidowane. Zbiory zakończono 22 listopada. W drugim doświadczeniu porównywano podłoża luźne estryfikowane kwasem azotowym i fosforowym oraz nie estryfikowane. Pomidory wysadzano 20 kwietnia a zbiory zakończono 10 października. Kombinację kontrolną stanowiła wełna mineralna płyty „Grodan Grotop”.

Tabela 2. Wpływ rodzaju podłoża na plonowanie pomidora odmiany Growdena F<sub>1</sub>

Rodzaj podłoża	Plon kg m <sup>-2</sup>			
	wczesny	handlowy	owoców dojrzałych	ogólny
WBKT/pion	16,45	52,17	52,94	53,23
WBKT/poziom	14,54	50,25	51,76	51,91
WBKT/skręc	14,93	53,03	53,91	54,20
<b>Średnio</b>	<b>15,34</b>	<b>51,82</b>	<b>52,87</b>	<b>53,11</b>
WBKP/pion	13,92	46,16	47,17	47,59
WBKP/poziom	15,85	52,76	53,59	53,91
WBKP/skręc	14,84	50,95	51,81	52,09
<b>Średnio</b>	<b>14,87</b>	<b>49,96</b>	<b>50,86</b>	<b>51,20</b>
<b>Grodan-Grotop</b>	<b>13,77</b>	<b>51,71</b>	<b>52,55</b>	<b>52,92</b>

Różnice nieistotne przy poziomie  $\alpha = 0,05$ .

Plon pomidora uprawianego na podłożach skonsolidowanych był na podobnym poziomie jak na wełnie mineralnej i nie różnił się statystycznie (tab. 2) Nie stwierdzono również istotnych różnic pomiędzy podłożami o różnym układzie włókien. Średnio nieznacznie wyższe plony uzyskano w uprawie na podłożach WBKT w porównaniu z WBKP.

Tabela 3. Wpływ estryfikacji podłoży organicznych kwasem azotowym i fosforowym na plonowanie pomidora odmiany Growdena F<sub>1</sub>

Rodzaj podłoża	Plon w kg m <sup>-2</sup>		
	wczesny	handlowy	ogólny
Trociny czyste	17,08	41,14 abc	42,66 abc
Paździeże czyste	17,97	43,96 ab	45,25 ab
Słoma żytnia czysta	17,34	37,28 bc	40,68 cd
Trociny estryfikowane HNO <sub>3</sub>	17,76	43,48 ab	44,67abc
Paździeże estryfikowane HNO <sub>3</sub>	15,97	41,05 ab	42,90 bc
Słoma żytnia estryfikowana HNO <sub>3</sub>	17,72	36,44 c	37,19 d
Trociny estryfikowane H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	19,88	42,61 ab	44,42 abc
Wełna mineralna – Grodan Master	17,66	47,48 a	48,45 a

W doświadczeniu z podłożami luźnymi nie stwierdzono wpływu zastosowanych podłoży na plon wczesny pomidora, jakkolwiek najwyższy plon wczesny uzyskano na podłożu wykonanym z trocin i estryfikowanym kwasem fosforowym (tab. 3). Najwyższy plon handlowy i ogólny uzyskano na wełnie mineralnej oraz na podłożach luźnych estryfikowanych i nieestryfikowanych wykonanych z trocin i październików. Istotnie niższe plony uzyskano w uprawie w podłożach wykonanych ze słomy.

Tabela 4. Wpływ rodzaju podłoża na zawartość makro- i mikrośladników w liściach pomidora (średnio z całego okresu uprawy)

Rodzaj podłoża	% s.m.					mg kg <sup>-1</sup> s.m.				
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
WBKT/pion	4,84	0,34	5,93	2,75	0,85	101,0	233,8	17,3	56,2	74,0
WBKT/poziom	4,59	0,36	6,21	2,67	0,77	107,5	258,4	19,8	56,1	88,4
WBKT/skręć	5,12	0,32	6,09	3,12	0,88	81,6	173,6	16,2	42,2	59,1
<b>Średnio</b>	<b>4,85a</b>	<b>0,34b</b>	<b>6,08a</b>	<b>2,85a</b>	<b>0,83a</b>	<b>96,7b</b>	<b>221,9b</b>	<b>17,8b</b>	<b>51,5a</b>	<b>73,8a</b>
WBKP/pion	4,59	0,35	6,11	2,61	0,72	122,4	293,1	19,0	53,7	87,7
WBKP/poziom	4,59	0,36	6,15	2,68	0,73	105,8	266,8	19,9	51,0	79,4
WBKP/skręć	4,61	0,34	5,98	3,16	0,83	90,1	240,7	17,0	42,5	68,8
<b>Średnio</b>	<b>4,60a</b>	<b>0,35ab</b>	<b>6,08a</b>	<b>2,82a</b>	<b>0,76ab</b>	<b>106,1ab</b>	<b>266,9b</b>	<b>18,6b</b>	<b>49,1a</b>	<b>78,6a</b>
<b>GrodanGrotop</b>	<b>4,87a</b>	<b>0,37a</b>	<b>6,29a</b>	<b>3,00a</b>	<b>0,70b</b>	<b>126,4a</b>	<b>391,2a</b>	<b>22,9a</b>	<b>49,0a</b>	<b>89,9a</b>

Zawartość makroelementów (N, K, Ca,) w liściach pomidora była zbliżona dla wszystkich badanych podłoży, natomiast zawartość fosforu była istotnie wyższa w wełnie mineralnej niż w WBKT, a zawartość magnezu niższa. Zawar-

tość mikroelementów (Zn, B) była na tym samym poziomie i nie różniła się istotnie pomiędzy porównywanymi podłożami, natomiast zawartość Fe, Mn i Cu była wyższa w uprawie na wełnie mineralnej niż w skonsolidowanych podłożach organicznych (tab. 4). Nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości składników mineralnych pomiędzy różnym układem włókien w podłożu.

Tabela 5. Wpływ rodzaju podłoża na zawartość makro- i mikrośladników w owocach pomidora

Rodzaj podłoża	g kg <sup>-1</sup> s.m.					mg kg <sup>-1</sup> s.m.				
	N	P	K	Mg	Ca	Fe	Mn	Cu	Zn	B
WBKT/pion	23,1	3,4	47,2	1,8	1,5	39,2	21,6	11,6	32,7	24,5
WBKT/poziom	21,9	3,6	45,7	1,6	1,2	43,9	21,8	13,9	34,6	34,9
WBKT/skręc.	24,4	3,1	47,5	1,7	1,2	43,9	25,1	11,2	28,6	21,0
<b>Średnio</b>	<b>23,1</b>	<b>3,4</b>	<b>46,8</b>	<b>1,7</b>	<b>1,3</b>	<b>42,3</b>	<b>22,8</b>	<b>12,2</b>	<b>31,9</b>	<b>26,8</b>
WBKP/pion	21,3	3,3	47,9	1,6	1,4	41,0	22,0	11,2	29,2	27,5
WBKP/poziom	20,3	3,2	44,5	1,5	1,3	38,5	23,9	10,4	29,1	25,0
WBKP/skręc.	22,9	3,3	47,9	1,8	1,1	41,9	22,9	11,0	28,3	21,2
<b>Średnio</b>	<b>21,5</b>	<b>3,3</b>	<b>46,8</b>	<b>1,6</b>	<b>1,3</b>	<b>40,5</b>	<b>22,9</b>	<b>10,9</b>	<b>28,9</b>	<b>24,6a</b>
<b>GrodanGrotop</b>	<b>22,1</b>	<b>3,5</b>	<b>48,0</b>	<b>1,7</b>	<b>1,3</b>	<b>38,9</b>	<b>26,1</b>	<b>11,2</b>	<b>29,4</b>	<b>17,1</b>

Różnice nieistotne przy  $\alpha = 0,05$ .

Nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości składników mineralnych w owocach pomidora (tab. 5). Analizy na zawartość niektórych składników chemicznych i cechy fizyczne owoców pomidora wykonano dla kilku wybranych podłoży (tab. 6). Zawartość składników chemicznych w owocach pomidora jak również cechy fizyczne owoców nie różniły się istotnie dla owoców pomidora uprawianego w różnych podłożach. Nieco lepsze właściwości fizyczne wykazywały owoce z uprawy w wełnie mineralnej, które odznaczały się większą jędrnością i wytrzymałością na zgniatanie, jednak nie zostało to udowodnione statystycznie.

Tabela 6. Zawartość niektórych składników chemicznych i cechy fizyczne owoców pomidora

Rodzaj podłoża	Sucha masa %	Cukry ogółem %	Witamina C mg · 100g <sup>-1</sup>	Likopen mg · 100g <sup>-1</sup>	Fenole rozp. mg · 100g <sup>-1</sup>	Barwa a/b	Jędrność N/g	Wytrzymałość na zgniatanie N/g
<b>Trociny nienitrowane</b>	5,7	2,7	9,1	3,0	12,7	1,8	14,7	174,4
<b>Trociny nitrowane</b>	5,4	2,8	10,4	3,8	14,0	2,1	17,2	164,7
<b>WBKT</b>	5,7	2,9	10,1	3,1	14,6	1,8	17,5	157,0
<b>WBKP</b>	5,7	3,1	9,8	3,2	14,3	2,0	16,1	142,1
<b>Grodan</b>	5,8	3,2	13,5	3,5	14,5	2,0	19,9	186,0

Różnice nieistotne przy  $\alpha = 0,05$ .



#### 4. Weryfikacja i opracowanie technologii wytwarzania włóknistych podłoży bezglebowych

Ostateczną weryfikacją technologii wytwarzania kompozytów włóknistych było wyprodukowanie pilotowej partii kompozytów o ustalonym składzie na podstawie wcześniej przeprowadzonych badań szklarniowych. Część wyprodukowanej partii o nazwie towarowej „BiopoT®” przeznaczono do badań szklarniowych z pomidorem (rys. 14) natomiast część przeznaczono do weryfikacji w uprawie ogórka szklarniowego, a część do prywatnych gospodarstw ogrodniczych. W wymienionych gospodarstwach przekazane podłoża były porównywane z wełną mineralną w uprawie pomidora. Według przekazanych opinii plony pomidora uzyskane w uprawie w biodegradowalnych podłożach były podobne do plonów uzyskanych w uprawie w wełnie mineralnej. W uprawie ogórka szklarniowego biodegradowalne podłoże włókniste porównywano z wełną mineralną Grodan-Master (rys. 13).



Rys. 13. Uprawa ogórka szklarniowego na podłożu BiopoT



Rys. 14. Uprawa pomidora na podłożu BiopoT

## Podsumowanie

Opracowanie nowych biodegradowalnych podłoży uprawowych przeznaczonych do bezglebowej uprawy warzyw pod osłonami jest niezwykle ważne z punktu widzenia ochrony środowiska. Ograniczając podłoża mineralne w uprawach szklarniowych uzyskuje się podwójną korzyść; pierwszą, z tytułu zmniejszenia obciążenia składowisk odpadów, jako wynik odchodzenia od użytkowania podłoży z wełny mineralnej, drugą z tytułu racjonalnego zagospodarowania odpadowych naturalnych surowców włóknistych, które jako odpady organiczne nie trafią na wysypiska i takie działanie dobrze wpisuje się w istotę Ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. nakazującą do 31 grudnia 2020 r. ograniczenie o 65% ilości odpadów organicznych kierowanych na wysypiska.

Tylko w Polsce coroczne zapotrzebowanie na dotychczas stosowane podłoża bezglebowe z wełny mineralnej wynosi ok. 10 mln sztuk mat uprawowych. Po jednorocznym cyklu uprawowym podłoża z racji ich niebiodegradowalności stają się odpadem powiększającym corocznie składowiska odpadów o masę rzędu 30 tys. ton.

Opracowanie, zbadanie i wprowadzenie do użytku agrotechnicznego – zamiast podłoży z wełny mineralnej – nowych innowacyjnych podłoży wytwarzanych na bazie naturalnych substratów włóknistych z surowców odpadowych, stwarza po zakończonym cyklu uprawowym możliwość 100% wykorzystania ich jako środków do ulepszania gleby, ponieważ zawierają one w swojej strukturze znaczne ilości związków odżywczych gromadzonych z kropelkowego odżywiania roślin w okresie uprawowym.

*Zaprezentowane wyniki zostały uzyskane w ramach projektu rozwojowego: R12 021 03 pt. „Opracowanie technologii nowego biodegradowalnego podłoża o strukturze włóknistej do uprawy roślin pod osłonami” finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.*

## Bibliografia

1. Wojtysiak J., Podsiedlik W., A Moraczewski., Kaniszewski S.: Wielowarstwowe podłoże uprawowe i urządzenia do formowania wielowarstwowego podłoża uprawowego. UP RP zgł. P-386558.
2. Kaniszewski S., Dyśko J., Kowalczyk W., Wojtysiak J., Wrocławski Z., Dziedziczak K.: Effect of nitrification of organic materials on nitrogen availability and field of tomato in soilless culture. 2010. Vegetable Crops Research Bulletin. Vol. 72, s. 71–81.
3. Kaniszewski S., Dyśko J., Kowalczyk W., Wojtysiak J., Wrocławski Z., Dziedziczak K.: Effect of esterification of organic materials with nitric acid

on the physical properties of substrates, nitrogen availability and yield of tomato in soilless culture. 8–13 May 2010. International Conference and Exhibition on Soilless Culture, Singapore, s. 55.

4. Dziedziczak K., Kossowska A., Kowalski B., Wojtysiak J., Kaniszewski S.: Wpływ rozwłókniania naturalnych materiałów włóknistych na poprawę właściwości wodnych substratów uprawowych i glebowych. 2009. Problemy Eksploatacji. Vol. 2, s. 159–170.

Recenzent:

**Wojciech AMBROZIAK**

## **Ecological fibrous soilless substrates for greenhouse cultivation**

### **Key words**

Soilless substrates, greenhouse cultivation, fibrous materials, biodegradability.

### **Summary**

The intensification of production processes and high-tech agriculture have caused a decrease in soil fertility on a global scale. It has been estimated that the fertility of soils is being reduced yearly by the rate of 2.5%, which is about 1000 times faster than the natural growth of plants. Glasshouse crop production in Europe is usually concentrated in small areas, which poses a large pollution risk for the soils, ground waters, and the natural environment. To eliminate that problem, the target of this project is the application in common production of new biodegradable organic substrates and easy environmentally sound recycling instead of mineral wool.

The goal of the research is the development of innovative technologies in new soil improvers and soilless substrates for greenhouse cultivation applied in comprehensive agricultural research. The ecological meaning of this project results from the reduction of the soil and water pollution and revitalisation of the soil ecosystem. The fertility of the soils can be only improved by proper humus management. An increase in the contents of organic matter improves the structure of soil and increases its water capacity and content of the nutrition components, and its resistance to erosion and physical and chemical degradation. All the agricultural systems should tend to increase (or at least to retain) the contents of the organic components of soils. The increase in content of organic components of the soil reduces the transition of water and minerals to

the environment and acts against the eutrophication of the water reservoirs, which is consistent with the EU Directives concerning nitrates and waters.

The expected results are the reduction of non-biodegradable bulk waste on landfill sites from soilless cultivation carried in glasshouses and plastic tunnels. In Poland in one year, it totals over 30 thousand tons. The results can be realised through the application of new innovated organic substrates, which can be completely process into eco-activators after the cultivation period.