

RAPORT Z BADAŃ

Opracowanie i optymalizacja ekologicznej technologii produkcji roślin rabatowo-balkonowych, wczesnowiosennych oraz jesiennych pod osłonami w podłożach przyjaznych środowisku, wytworzonych na bazie odpadowych materiałów pochodzenia drzewnego

współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej w ramach działania M16 Współpraca Program Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020

część A

doświadczenia w Uniwersytecie Rolniczym w Krakowie

zespół badawczy:

- dr inż. Bożena Szewczyk-Taranek
 - prof. dr hab. inż. Bożena Pawłowska
 - dr hab. inż. Iwona Domagała-Świątkiewicz prof. URK
 - dr hab. inż. Anna Kapczyńska prof. URK
-

wsparcie techniczne badań:

- dr inż. Krzysztof Nowak
 - mgr inż. Krzysztof Bialikiewicz
 - mgr inż. Agnieszka Kumór
 - mgr inż. Barbara Prokopiuk
-

Materiały i metody badań

Badania prowadzono w pierwszej połowie 2024 r. w szklarniach doświadczalnych Wydziału Biotechnologii i Ogrodnictwa Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie.

Materiał roślinny

Roślinami testowymi w przeprowadzonych badaniach były 3 gatunki z grupy roślin sezonowych:

1. Aksamitka wyniosła (*Tagetes erecta*) 'Antiqua Orange' F1
siewki paletka 480, producent Syngenta (ryc. 1 a), w doświadczeniu posadzone do doniczki P9 okrągła, obj. 0,5L.
2. Pelargonium ogrodowa (*Pelargonium hortorum*) 'Dolce Vita Gisela Dark Red'; sadzonka ukorzeniona w formie paperpot 2 cm śr, producent Jenflor (Ethiopia FAF) paletka 102 (ryc. 1b), na licencji Florensis, w doświadczeniu posadzone do doniczki P13 (obj. 1,7L).
3. Pelargonium bluszczolistna (*Pelargonium peltatum*) 'Decora Rood'; sadzonka ukorzeniona paperpot 1,5 śr producent Jenflor, paletka 102 (ryc. 1c), w doświadczeniu posadzone do doniczki P13 (obj. 1,7L).



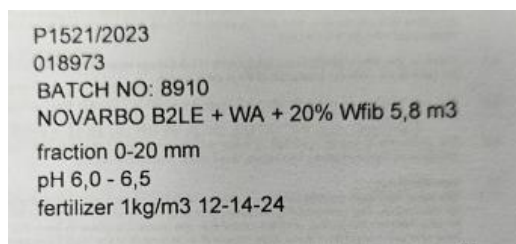
Ryc. 1. Materiał roślinny do doświadczeń: a - siewka *Tagetes erecta*, b – ukorzeniona sadzonka *Pelargonium hortorum*, c – ukorzeniona sadzonka *Pelargonium peltatum*

Podłoża

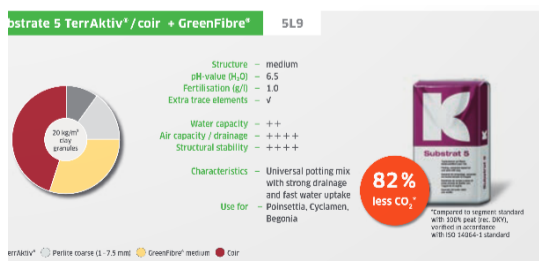
Do badań prowadzonych w ramach projektu wykorzystano 4 gotowe podłoża z ograniczoną zawartością torfu lub beztorfowych: Novarbo 20 (N), Klasmann 5 (K5), Agaris 2 (A2), Agaris 4 (A4) oraz standardowe podłoże przygotowane na bazie torfu wysokiego firmy Novarbo, wykorzystywane do produkcji w/w gatunków w firmie Jenflor, które było podłożem kontrolnym (K). Charakterystykę podłoży zamieszczono w tabeli 1 oraz ryc. 2a-c.



a.



b.



c.

Ryc. 2. Specyfikacja podłoży użytych do badań:

a – Standard Novarbo,

b – Novarbo 20 ,

c – Substrate 5 TerrAktiv

Tab. 1. Charakterystyka podłoży organicznych użytych w doświadczeniach przeprowadzonych w szklarniach WBiO UR w Krakowie.

Podłoże nazwa	Symbol	Producent/kraj produkcji	Charakterystyka
Standard, Novarbo (K)	K	Novarbo/Finlandia	Novarbo Substrate B2L* torf 100%, frakcja torfu 0-20 mm, pH 5,0-6,0 ryc.2a.
Novarbo 20	N	Novarbo/Finlandia	Novarbo B2LE + WA +20%Wfib 5,8 m2, torf 80% o frakcji 0-20 mmm, pH 6-6,5 ryc.2b.
Klasmann 5	K5	Klasmann-Deilmann/ Irlandia, Litwa	Klasmann Substrat 5 (receptura 5L9 Klasmann-Deilmann) ryc.2c.
Agaris mix 2	A2	Agaris Poland (daw. Hollas)/ Polska	Podłoże beztorfowe na bazie odpadów przemysłu drzewnego, skład objęty tajemnicą producenta, w fazie testów
Agaris mix 4	A4	Agaris Poland (daw. Hollas)/ Polska	Podłoże beztorfowe na bazie odpadów przemysłu drzewnego, skład objęty tajemnicą producenta, w fazie testów

*Podłoże Novarbo B2L <https://www.novarbo.fi/en/products/novarbo-substrate-b2l-lettuce-2.html>

W badaniach wykorzystano, jako dodatek do podłoża, stymulator pieczarkowy, tj.

- **odpad z produkcji pieczarki - suszony** (niewymiarowe owocniki i trzonki zmieszane z pozostałym po uprawie pieczarki podłożem: przygotowano przez suszenie partii w suszarkach w temp. 65°C przez 72 godz. a następnie mielenie w młynku (homogenizatorze); dodatek 2,5% objętościowego 25cm³/1l podłoża (**PO**),

- **susz pieczarkowy spożywczy niesterylizowany**, gotowy produkt z owocników pieczarek, nie wymagający przygotowania (suszenia i mielenia), dodatek 2,5% objętościowego 25cm³/1l podłoża (**P**)
Właściwości zastosowanych podłoży oraz stymulatorów zestawiono w tabelach zamieszczonych w rozdziale wyniki (tab. 2-5).

Badane kombinacje

Doświadczenia prowadzono od 21 marca do 30 maja 2024 w szklarniach doświadczalnych Wydziału Biotechnologii i Ogrodnictwa Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie (al. 29 Listopada 54, Kraków).

Oceniano wpływ podłoży beztorfowych i z obniżoną zawartością torfu, oraz wpływ tych podłoży wzbogaconych w stymulator pieczarkowy, na wzrost i rozwój aksamitki wyniosłej, pelargonii ogrodowej i pelargonii bluszczolistnej. Testowano 4 różne podłoża, które także wzbogacono biostymulatorem pieczarkowym w koncentracji 2,5% obj. (w dwóch opcjach: P – stymulator pieczarkowy – odpad po produkcyjny, PO – stymulator pieczarkowy, zmielone owocniki pieczarek).

Przeprowadzono trzy doświadczenia, oddzielnie dla każdego gatunku. Dla aksamitki badano 9 kombinacji (podłoże × dodatek biostymulatora PO), a dla pelargonii 13 kombinacji (podłoże × dodatek biostymulatora PO lub biostymulatora P). W każdej kombinacji badano 4 powtórzenia po 25 roślin w każdym.

Zastosowane kombinacje i oznaczenia:

1. Kontrola (podłoże standardowe Novarbo)	K
2. Novarbo 20%	N
3. Novarbo 20%+ biostymulator odpad	NPO
4. Novarbo 20%+ biostymulator owocniki	NP
5. Klassman 5	K5
6. Klassman 5 +biostymulator odpadowy	K5PO
7. Klassman 5 +biostymulator owocniki	K5P
8. Agaris 2	A2
9. Agaris 2 +biostymulator odpadowy	A2PO
10. Agaris 2 +biostymulator owocniki	A2P
11. Agaris 4	A4
12. Agaris 4 +biostymulator odpadowy	A4PO
13. Agaris 4 +biostymulator owocniki	A4P

Warunki uprawy roślin

Rozsadę aksamitki posadzono do doniczek P9 (okrągłe o średnicy 9 cm) 21.03.2024, sadzonki pelargonii posadzono do doniczek P13 (okrągłe o średnicy 13 cm) dnia 22.03.2024.

Rośliny uprawiano w szklarni na stołach uprawowych w temperaturze w dzień 18-20°C $\pm$ 2°C i w nocy 16-18°C $\pm$ 2°C. Rośliny podlewano regularnie co 2-3 dni na początku uprawy, potem częściej od 1 do 2 razy dziennie pod koniec uprawy - w zależności od zapotrzebowania roślin.

Do dokarmiania pogłównego roślin, co 7 dni stosowano 0,1% roztwory nawozów wieloskładnikowych. Pierwsze dwa tygodnie uprawy Kristalon żółty (13:40:13), kolejne tygodnie mieszanka 1:1 Kristalon żółty (13:40:13) : Kristalon pomarańczowy (6:12:36) w ilości ok 50 ml – aksamitka oraz 100 ml – pelargonie, roztworu na doniczkę.

Podczas uprawy stosowano dolistnie retardanty. Pierwszy raz potraktowano nimi rośliny 04.04.2024, następnie 12.04.2024. Zastosowano dla aksamitki: retardant Dazide Enhance 85 SG (producent Fine Agrochemicals Limited), regulator wzrostu zawierający daminozyd (związek z grupy hydrazydów) – 850 g/kg (85%), zastosowane stężenie preparatu podczas oprysku dolistnie to 0,25%.

Dla pelargonii zastosowano retardant Pirouette (producent Fine Agrochemicals Limited) regulator wzrostu zawierający paklobutrazol (związek z grupy triazoli - 4 g/l), zastosowane stężenie dolistnie wynosiło 0,15%.

Prowadzono także ochronę biologiczną stosując żółte tablice lepowe zapobiegawczo i do monitoringu: miniarki, miodówki, mszyc, mączlika, wciornastków, ziemiórki. Zastosowano także jednokrotny oprysk preparatem Naturalis (zwalczanie wciornastków, mszyc, przędziorków 02.04.2024) oraz NeemAzal®-T/S (zwalczanie mszycy 25.04.2024).

Wszystkie rośliny w badanych kombinacjach (uprawiane na różnych podłożach) były traktowane jednakowo wg opisanego wyżej schematu.

Obserwacje i analizy

Przed założeniem doświadczenia wykonano:

- analizy fizyko-chemiczne podłoży organicznych,
- analizy chemiczne suszu pieczarkowego.

Po zakończeniu doświadczenia wykonano:

- analizy fizyko-chemiczne podłoży;
- analizy chemiczne materiału roślinnego (części nadziemnej);
- obserwacje biometryczne roślin (tj. wysokość roślin, liczba pędów, masa części nadziemnej w zależności od badanego gatunku);
- obserwacje kwitnienia: pojawianie się pierwszych kwiatów, dynamika kwitnienia, przekwitanie – dopasowane do badanego gatunku;
- ocena konsumencka dekoracyjności pelargonii rabatowej – produktu finalnego - wg sporządzonej skali bonitacyjnej, wykonana przez niezależnych 15 konsumentów, którzy w skali 1-3 oceniali: kwitnienie, pokrój rośliny, liście;
- oznaczono zawartość barwników fotosyntetycznych;
- oznaczono indeks zieloności liści SPAD;
- oznaczono fluorescencję chlorofilu, wyznaczając wartość współczynnika Fv/Fm – dla aksamitki i pelargonii rabatowej.

Analizy fizyko-chemiczne podłoży organicznych

Próbki podłoży pobierano do analiz dwukrotnie, tj. przed założeniem doświadczenia oraz po zakończeniu uprawy roślin, z każdej badanej kombinacji. Podłoże po uprawie pochodzące z 5 pojemników uprawowych oczyszczano z korzeni roślin i mieszano tworząc jedno powtórzenie doświadczenia. W próbkach podłoży wykonano oznaczenia następujących właściwości fizyko-chemicznych:

- gęstość objętościowa metodą Bagg-Olsena (Sady i in. 1994);
- pojemność wodna metodą Bagg-Olsena (Sady i in. 1994);
- zawartość substancji organicznej metodą wyżarzania (Lityński 1976);
- odczyn (pH w H₂O) oraz ogólne stężenie soli w glebie (EC – *electrical conductivity*);
- zawartość rozpuszczalnych form makroelementów (P, K, Mg, Ca, S) i sodu (Na) metodą uniwersalną (Nowosielski 1988, Ostrowska i in. 1991);
- całkowita zawartość mikrośladników i wybranych pierwiastków śladowych (B, Cu, Fe, Mn, Zn i Ti).

Do oznaczania gęstości objętościowej podłoży organicznych użyto materiału namoczonego i odsączonego w warunkach swobodnego ociekania nadmiaru wody, tzn. przy pełnej pojemności kapilarnej. Optymalna objętość użytego podłoża była nie mniejsza niż 200 cm³. W zastosowanej metodzie Bagg-Olsena (Sady i in. 1994) podłoże umieszczono w cylindrach dociskano tłoczkami, które wywierają nacisk na masę podłoża równy 10 g cm⁻². Po odciknięciu wody swobodnej z cylindrów z podłożem ustawionych na wannie filtracyjnej, przystępowano do oznaczania gęstości objętościowej. Metodą tą oznaczono także pojemność wodną podłoży.

Substancję organiczną utleniano przez prażenie podłoży do stałej masy. Z różnicy masy próbki przed i po prażeniu obliczono procentową zawartość substancji organicznej (Lityński 1976). Analizę prowadzono w tyglach porcelanowych do połowy wypełnionych rozdrobnionym (mielonym po wysuszeniu w młynku) podłożem. Po 12 godzinach suszenia w temp. 105°C celem usunięcia wody higroskopowej, próbki prażono w temp. 600°C w piecu muflowym (ok. 12 godz.).

Odczyn gleby mierzono w zawiesinie wodnej przy stosunku gleby do wody jak 1:2. Ogólne stężenie soli Zasolenie (EC) oznaczono konduktometrycznie. Oznaczenia zawartości przyswajalnych makrośladników (N, P, K, Mg, Ca i S) wykonano po ich ekstrakcji w 0,03 mol dm⁻³ CH₃COOH metodą uniwersalną, a mikroelementów i pierwiastków śladowych po mineralizacji w stężonym HNO₃ w piecu mikrofalowym (Ostrowska 1991). Śladniki mineralne w roztworzonych próbkach podłoży oznaczano metodą ICP OS (Teledyne Liman Labs).

Analizy chemiczne stymulatorów grzybowych i materiału roślinnego

Odpad pieczarkowy o zawartości ok. 20% suchej masy wysuszono w temp. 75°C i zmielono (PO). W powietrzu suchym materiale oznaczono skład mineralny takimi samymi metodami jak w przypadku materiału roślinnego. Suchą, pochodzącą z zakupu pieczarkę spożywczą o zawartości suchej masy ok. 93% mineralizowano według tej samej procedury co odpad pieczarkowy. Wyniki oznaczeń przeliczono na absolutnie suchą masę i podano w % sm. dla N, P, K, Mg, Ca i S oraz w mg/kg⁻¹ s.m. dla Na, B, Cu, Mn, Mo, Zn i Ti.

Próbki materiału roślinnego (całe rośliny bez kwiatów, po zakończeniu uprawy w szklarni) zostały pobrane po zakończeniu doświadczeń szklarniowych. Rośliny suszono w temperaturze 70°C i mielono.

W rozdrobnionym materiale roślinnym oznaczono azot białkowy metodą Kjeldahla (Ostrowska i in. 1991) oraz zawartość ogólną makro-, mikroelementów i wybranych pierwiastków śladowych po mineralizacji mikrofalowej próbki w stężonym HNO_3 . Pierwiastki metaliczne oznaczono metodą ICP-OES na aparacie Teledyne Leeman Labs.

Pomiar indeksu zieloności liści SPAD

Odczyty indeksu zieloności liści (wartości SPAD) były wykonywane w środkowej części liści w drugim w 7 tygodniu doświadczeń. Pomiary wykonywano w szklarni między godziną 9:00 a 12:00 przy użyciu urządzenia SPAD-502 plus (Minolta, Osaka, Japonia). Strona górna (adaksjalna) blaszki liściowej była zawsze skierowana w stronę głowicy pomiarowej, a główne nerwy liścia były omijane. W każdej kombinacji mierzono 400 liści (po 4 na roślinę).

Badania fluorescencji chlorofilu (wydajność aparatu fotosyntetycznego)

Pomiary fluorescencji chlorofilu a wykonano fluorymetrem Handy Pea (Hansatech Instruments Ltd. UK). Przed pomiarami liście (ze środkowej części rośliny, bez uszkodzeń) zaciemniono na 30 min. Pomiary wykonywano przy saturacji promieniowania $1500 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ przez 1 s. Otrzymane pomiary pozwoliły na pokazanie parametru fluorescencji chlorofilu, tj. maksymalnej wydajności kwantowej fotosystemu II (Fv/Fm) (Strasser i in. 2004).

Zawartość chlorofilu

Zawartość chlorofilu mierzono za pomocą spektrofotometru UV/VIS (Helios Alpha, Unicam Ltd., Cambridge, Wielka Brytania). Reprezentatywne próbki, uzyskane z kilkunastu roślin, pobrane po zakończeniu doświadczeń, o masie 0,2 g homogenizowano w moździerzu z niewielką ilością piasku kwarcowego i 4 ml 96% etanolu. Następnie otrzymaną mieszaninę wirowano w laboratoryjnej wirówce Eppendorf Centrifuge 5415 R (Eppendorf Netheler Hinz GmbH, Hamburg, Niemcy) przy 10 000 obr./min przez 15 min. w temperaturze 4°C. Po odwirowaniu pobrano 0,5 ml ekstraktu i zmieszano z 3,5 ml etanolu. Poziomy absorpcji fotosyntetycznej określono przy różnych długościach fal dla chlorofilu a ($\lambda=664 \text{ nm}$), chlorofilu b ($\lambda=649 \text{ nm}$) i karotenoidów ($\lambda=470 \text{ nm}$) (Sumanta i in. 2014).

Obliczenia statystyczne

Próbki podłoży organicznych, a także materiału roślinnego pobierano do badań określających właściwości chemiczne w trzech powtórzeniach. Dane pomiarów biometrycznych także analizowano w trzech powtórzeniach, podobnie jak wyniki SPAD, fluorescencji chlorofilu i zawartości barwników. Obliczenia statystyczne wykonano przy zastosowaniu modułu ANOVA programu *Statistica* 13.1. W jednoczynnikowej (podłoża przed uprawą) lub dwuczynnikowej analizie (układy doświadczałne z zastosowaniem różnych podłoży uprawowych z dodatkiem lub bez stymulatora pieczarkowego),

weryfikacji istotności różnic pomiędzy średnimi dokonano przy zastosowaniu testu Tukeya przy $p=0,05$ (dla podłoży) lub $p=0,01$ (dla materiału roślinnego).

Bibliografia

1. Fotyma M., Mercik S. 1992. Chemia rolna. PWN Warszawa.
2. Grzebisz W. 2008. Nawożenie roślin uprawnych. PWRiL, Warszawa.
1. Lityński T., Jurkowska H., Grochala E. 1976. Analiza chemiczno - rolna. PWN Warszawa.
2. Nowosielski O. 1988. Zasady opracowywania zaleceń nawozowych w ogrodnictwie. PWRiL. Warszawa.
3. Ostrowska A., Gawliński S., Szczubiałka Z. 1991. Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. Instytut Ochrony Środowiska Warszawa.
4. Sady W., Domagała I., Kowalska I., Lis-Krzyżcin A., Ostrowska J. 1994. Przewodnik do ćwiczeń z uprawy roli i nawożenia roślin ogrodniczych. AR w Krakowie.
5. Strasser R. J., Tsimilli-Michael M., Srivastava A. 2004. Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient. In Chlorophyll a fluorescence: a signature of photosynthesis (pp. 321-362). Dordrecht: Springer Netherlands.
6. Sumanta N., Haque C.I., Nishika J., Suprakash R. 2014. Spectrophotometric analysis of chlorophylls and carotenoids from commonly grown fern species by using various extracting solvents. Res J Chem Sci 4(9):63–69.

Wyniki badań: charakterystyka podłoży i stymulatorów pieczarkowych

Właściwości fizyko-chemiczne podłoży uprawowych

Torfowe podłoże kontrolne (Novarbo standard) wykorzystane w badaniach posiadało gęstość objętościową $0,153 \text{ g cm}^{-3}$ oraz pojemność wodną 53,7% ww (mierzoną w stosunku do objętości) oraz 352% ww (w stosunku do masy suchego torfu) (tab. 2). Najniższą gęstość objętościową oznaczono w podłożach Novarbo 20 i Agar 2, chociaż istotnie różniły się one pod względem tej cechy jedynie od podłoża Klasman 5, dla którego wykazano $0,192 \text{ g cm}^{-3}$. Istotnie wyższą pojemność wodną w stosunku do kontroli posiadało podłoże Agar 2 (445% ww).

Tab. 2. Właściwości fizyczne podłoży wykorzystywanych w badaniach prowadzonych w warunkach szklarni doświadczalnej (WBiO URK) wiosną 2024 roku.

Podłoże	Gęstość objętościowa g cm^{-3}	Pojemność wodna %ww	Pojemność wodna %ww
Standard	0,153 ab	53,7 a	352 ab
Novarbo 20	0,123 a	50,4 a	412 bc
Klasman 5	0,192 b	52,7 a	311 a
Agar 2	0,123 a	51,1 a	445 c
Agar 4	0,151 ab	49,8 a	343 ab

Porównania post-hoc przeprowadzono testem Tukey'a przy $p=0.05$; te same litery oznaczają brak istotności różnic pomiędzy średnimi; standard – podłoże na bazie torfu wysokiego, firmy Novarbo

Podłoże kontrolne miało odczyn pH 6,24 i stężenie soli (EC) $0,73 \text{ mS cm}^{-1}$ (tab. 3). Wszystkie zastosowane do badań podłoża z ograniczoną zawartością torfu miały istotnie wyższy odczyn niż podłoże torfowe mieszczący się w granicach pH 6,75 (Agar 2) do pH 6,51 (Novarbo 20 i Klasman 5). Najwyższym stężeniem soli wyróżniało się podłoże Agar 4 ($\text{EC} = 1,66 \text{ mS cm}^{-1}$). Za wyjątkiem podłoża Novarbo 20, wszystkie wykorzystane w badaniach podłoża miały istotnie wyższe EC od podłoża torfowego.

Najwięcej rozpuszczalnego wapnia (Ca) oznaczono w podłożu Novarbo 20 i w podłożu kontrolnym (odpowiednio: 1621 i $940 \text{ mg Ca dm}^{-3}$) (tab. 3). W pozostałych podłożach wykazano od 527 mg Ca (Klasman 5) do $598 \text{ mg Ca dm}^{-3}$ (Agar 2 i 4). Według podanych przez Nowosielskiego (1988) orientacyjnych liczb standardowych dla makroskładników w substracie torfowym wykorzystywanym do produkcji rozsady warzyw, zawartość wapnia powinna mieścić się w granicach $1500\text{--}2000 \text{ mg Ca dm}^{-3}$, potasu - $300\text{--}500 \text{ mg K dm}^{-3}$, magnezu – $150\text{--}250 \text{ mg Mg dm}^{-3}$ i fosforu – $180\text{--}300 \text{ mg P dm}^{-3}$. Zawartość potasu (K) w badanych podłożach mieściła się w zakresie od 289 mg K (Novarbo 20) do $1121 \text{ mg K dm}^{-3}$ (Agar 2). Torfowe podłoże kontrolne zawierało 315 mg K dm^{-3} . Najwięcej magnezu ($>250 \text{ mg Mg dm}^{-3}$), fosforu (265 i 255 mg P dm^{-3}) oraz siarki (183 i 177 mg S dm^{-3}) zawierały podłoża Agar 2 i Agar 4). Najmniej zasobne w Mg i P było podłoże Novarbo 20 (tab. 3). Natomiast najmniejszą zawartość rozpuszczalnej siarki oznaczono w podłożu Klasman 5. Podwyższone zawartości sodu w relacji do kontroli i podłoża Novarbo 20 wykazano w podłożach Agar 2 i 4 oraz Klasman 5.

Za wyjątkiem boru, najwięcej mikroelementów oznaczono w podłożu Agar 4 (tab. 3). Także beztorfowe podłoże Klasman 5 było zasobne w mikroskładniki, zwłaszcza Fe, Mn, Mo i Zn.

Tab. 3. Odczyn (pH), zasolenie (EC mS cm⁻¹) oraz zawartość przyswajalnych makroskładników i sodu (mg dm⁻³) i ogólnych form mikroelementów (mg kg⁻¹ s.m.) w podłożach wytypowanych do badań w 2024 r.

Podłoże	pH	EC	Ca	K	Mg	P	S	Na
Standard	6,24 a	0,73 a	940 b	315 a	163 b	104 b	81,7 c	33,8 a
Novarbo 20	6,51 b	0,54 a	1621 c	289 a	131 a	53,1 a	58,0 b	34,6 a
Klasmann 5	6,51 b	1,09 b	527 a	889 b	166 b	84,1 ab	35,8 a	149 c
Agaris 2	6,75 c	1,21 b	598 a	1121 c	281 c	265 c	183 d	160 c
Agaris 4	6,72 c	1,66 c	598 a	901 b	271 c	255 c	177 d	132 b
Podłoże	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn		
Standard	7,7 a	18,3 a	992 a	47 a	4,13 a	28,5 a		
Novarbo 20	7,7 a	27,3 a	1038 a	64 a	4,77 a	29,6 a		
Klasmann 5	15,5 a	27,9 a	9485 b	188 b	18,7 d	50,3 b		
Agaris 2	33,1 b	44,3 b	1205 a	100 a	14,5 c	28,7 a		
Agaris 4	10,5 a	45,7 b	19888 c	234 b	10,3 b	47,8 b		

Porównania post-hoc przeprowadzono testem Tukey'a przy p=0.05; te same litery oznaczają brak istotności różnic pomiędzy średnimi; standard – podłoże na bazie torfu wysokiego

Skład mineralny zastosowanych do badań stymulatorów pieczarkowych

W doświadczeniach prowadzonych w warunkach szklarni doświadczalnej, w celu stymulacji wzrostu i rozwoju roślin, zastosowano w podłożach testowanych 2,5% dodatek odpad pieczarkowy (PO) oraz suszoną pieczarkę spożywczą (P). Skład mineralny obydwu stymulatorów grzybowych podano w tabelach 4-5. Odpad pieczarkowy zawierał oprócz fragmentów grzybów także resztki podłoża uprawowego, co wpłynęło na zawartość niektórych składników mineralnych. Oznaczono wyższą zawartość Ca, S, Fe, Mn, Mo i Ti w odpadowym materiale, w porównaniu do suszonej pieczarki spożywczej (tab. 3 i 4).

Tab. 4. Sucha masa (%) oraz całkowita zawartość składników mineralnych (N, Ca, K, Mg, P i S w % s.m., Na, B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn i Ti w mg kg⁻¹ s.m.) w **odpadzie pieczarkowym** (PO) wykorzystanym do badań w szklarni doświadczalnej URK, wiosną 2024 r.

s.m.	N	Ca	K	Mg	P	S	Na
20,3	4,20	2,26	2,40	0,122	0,64	0,43	496
Składnik	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	Ti
	13,0	16,5	3409	46,3	1,10	59,2	50,4

Tab. 5. Sucha masa (%) oraz całkowita zawartość składników mineralnych (N, K, Mg, P i S w % s.m., Ca, Na, B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn i Ti w mg kg⁻¹ s.m.) w pieczarce spożywczej (P) wykorzystanej do badań w szklarni doświadczalnej URK, wiosną 2024 r.

s.m.	N	Ca	K	Mg	P	S	Na
	7,34	354	3,98	0,17	1,47	0,33	420
Składnik	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	Ti
	41,9	30,3	58,7	8,08	0,22	77,5	0,32

Wyniki badań: doświadczenie 1 – uprawa aksamitki wyniosłej



a.



b.



c.



d.



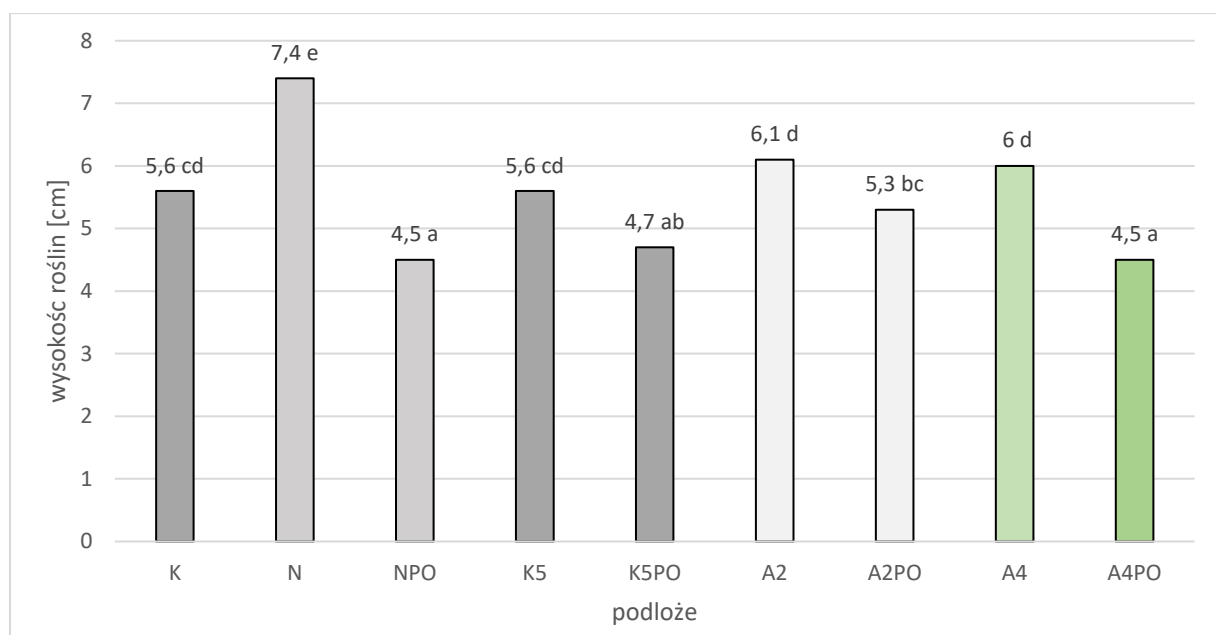
e.

Ryc. 3. Uprawa aksamitki wyniosłej (*Tagetes erecta*) 'Antiqua Orange' F1 w szklarniach doświadczalnych Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie: a- pierwszy tydzień po posadzeniu, b, c – drugi tydzień uprawy, d- piąty tydzień uprawy, e – siódmy tydzień uprawy.

Aksamitka wyniosła 'Antiqua Orange' F1 (*Tagetes erecta*) była uprawiana w szklarni doświadczalnej Wydziału Biotechnologii i Ogrodnictwa UR w Krakowie od 21 marca do 8 maja 2024 roku (ryc. 3 a-d) na podłożach z ograniczoną zawartością torfu oraz na podłożach beztorfowych, także wzbogaconych w stymulator pieczarkowy, odpad z uprawy pieczarek (PO). Podczas trwania doświadczenia wykonywano obserwacje kwitnienia, a także wizualne obserwacje roślin. Po uzyskaniu finalnego produktu w 7 tygodniu uprawy (8 maja) przeprowadzono szczegółowe pomiary i analizy, a najważniejsze wyniki przedstawiono poniżej.

Charakterystyka parametrów morfometrycznych roślin

Podłoże uprawowe miało wpływ na wysokość produktu finalnego (ryc. 4, ryc. 5). Aksamitki otrzymane na standardowym podłożu kontrolnym miały średnio 5,6 cm wysokości. Wysokość roślin z podłoży Klasman 5, Agaris 2 oraz Agaris 4 była na tym samym poziomie (statystycznym) co w kontroli (5,6-6,1 cm), jeśli nie zawierały stymulatora pieczarkowego. Stymulator ten dodany do każdego badanego podłoża wpływał hamująco na wysokość roślin. Najwyższe aksamitki uzyskano przy zastosowaniu podłoża Novarbo 20, ale i w tym przypadku, gdy podłoże to wzbogacone było w susz pieczarkowy rośliny były niższe (prawie o 3 cm).

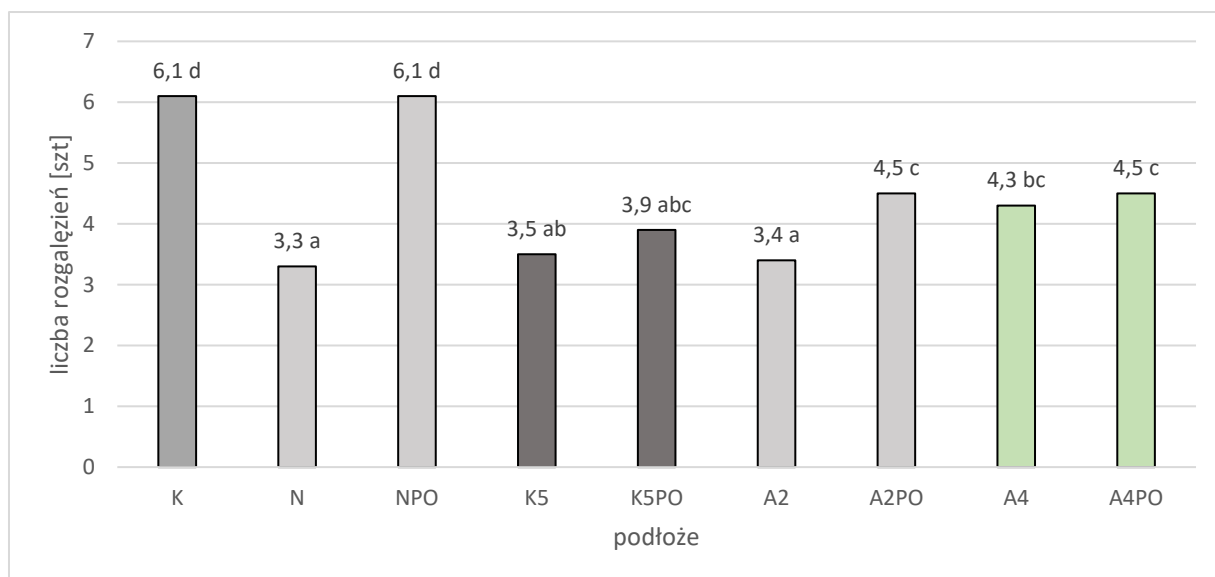


Ryc. 4. Średnia wysokość roślin aksamitki wyniosłej na zakończenie produkcji w testowanych podłożach oraz podłożach z dodatkiem stymulatora pieczarkowego



Ryc. 5. Porównanie wysokości roślin aksamitki uprawianej w podłożach: Klasmann 5 i Agar 4 oraz z dodatkiem suszu pieczarkowego (PO), zdjęcie wykonano w 4 tygodniu uprawy.

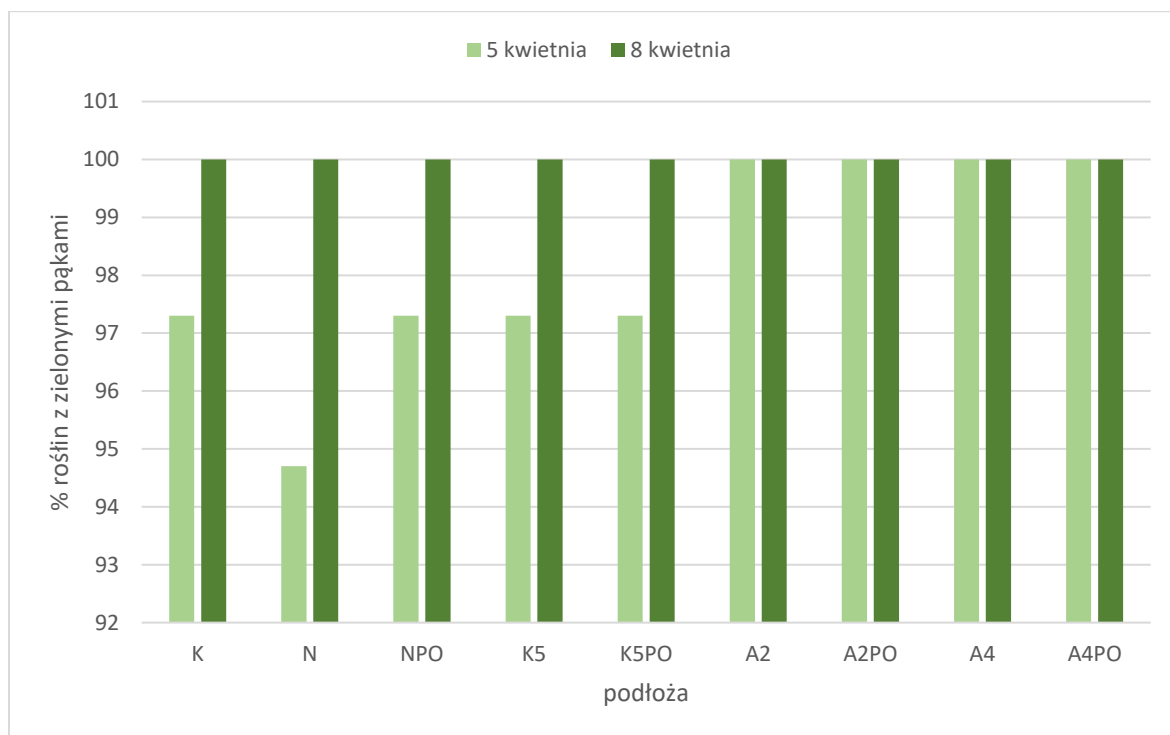
Najlepsze krzewienie roślin zaobserwowano na podłożu kontrolnym, bowiem aksamitki gotowe do sprzedaży pochodzące z tego podłoża miały średnio 6,1 sztuk bocznych pędów na roślinę (ryc. 6). Testowane podłoża z ograniczoną zawartością torfu i beztorfowe nie wpływały na zwiększenie liczby pędów bocznych i zazwyczaj ograniczały ich rozwój. Tylko w przypadku podłoża Novarbo wzbogaconego w stymulator pieczarkowy uzyskano wynik identyczny do tego z kontroli.



Ryc. 6. Średnia liczba rozgałęzień (pędów bocznych) aksamitki wyniosłej na zakończenie produkcji na testowanych podłożach oraz podłożach z dodatkiem stymulatora pieczarkowego.

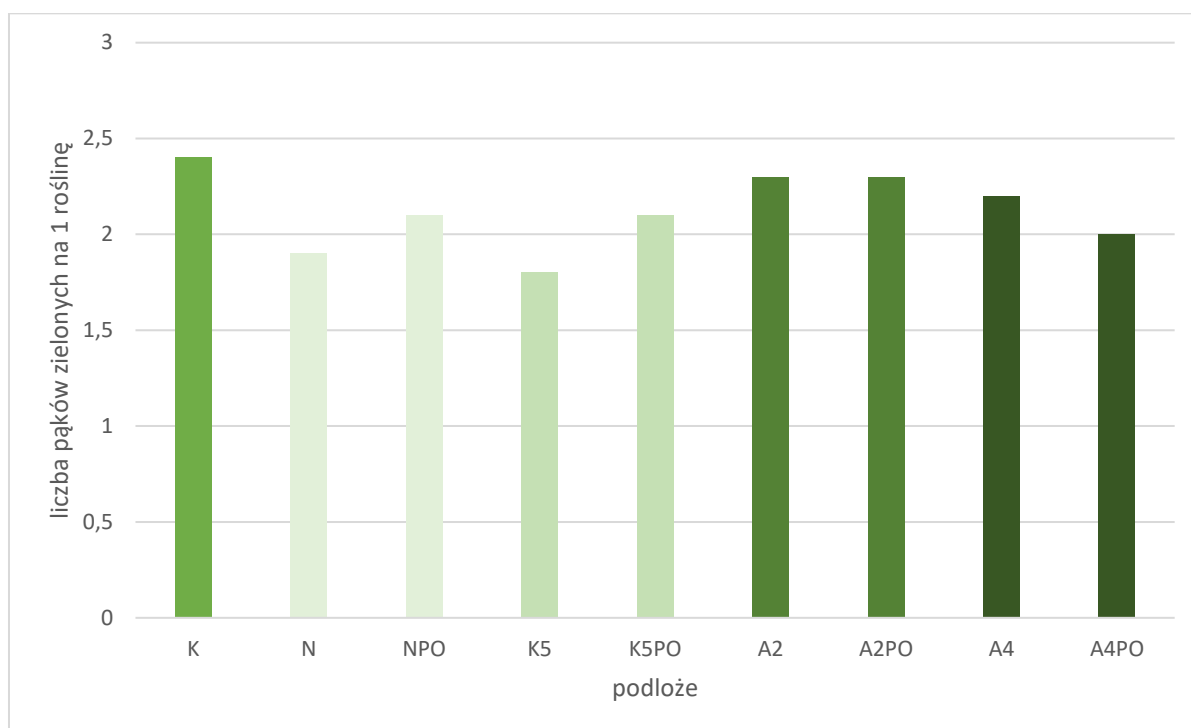
Charakterystyka kwitnienia

Z danych przedstawionych na ryc. 7 wynika, że w trzecim tygodniu uprawy wszystkie rośliny miały uformowane pąki kwiatowe na głównym pędzie (ryc. 9a). Proces formowania pąków kwiatowych przebiegał najszybciej u roślin uprawianych na podłożach Agaris 2 i Agaris 4, bo już pod koniec 2-go tygodnia uprawy wszystkie rośliny miały pąki kwiatowe, podczas gdy w tym czasie w kontroli obserwowano brak pąków kwiatowych na prawie 3% roślin, podobnie jak na aksamitkach z podłoża Klasman 5 i Klasman 5 ze stymulatorem pieczarkowym oraz Novarbo z suszem pieczarkowym, a także Novarbo (ponad 5 % roślin nie miało pąków kwiatowych).



Ryc. 7. Procent roślin z uformowanymi zielonymi pąkami kwiatowymi w 2 i 3 tygodniu uprawy

W czwartym tygodniu uprawy aksamitki miały po około 2 pąki kwiatowe na roślinę, nie wykazano różnic statystycznie istotnych, ale najwięcej pąków obserwowano u roślin uprawianych w kontrolnym podłożu. W przypadku podłoża Novarbo i Klasman 5 obserwowano większą skłonność do formowania pąków kwiatowych (ryc. 8).



Ryc. 8. Liczba zielonych pąków kwiatowych przypadająca na roślinę w 4 tygodniu uprawy



a.

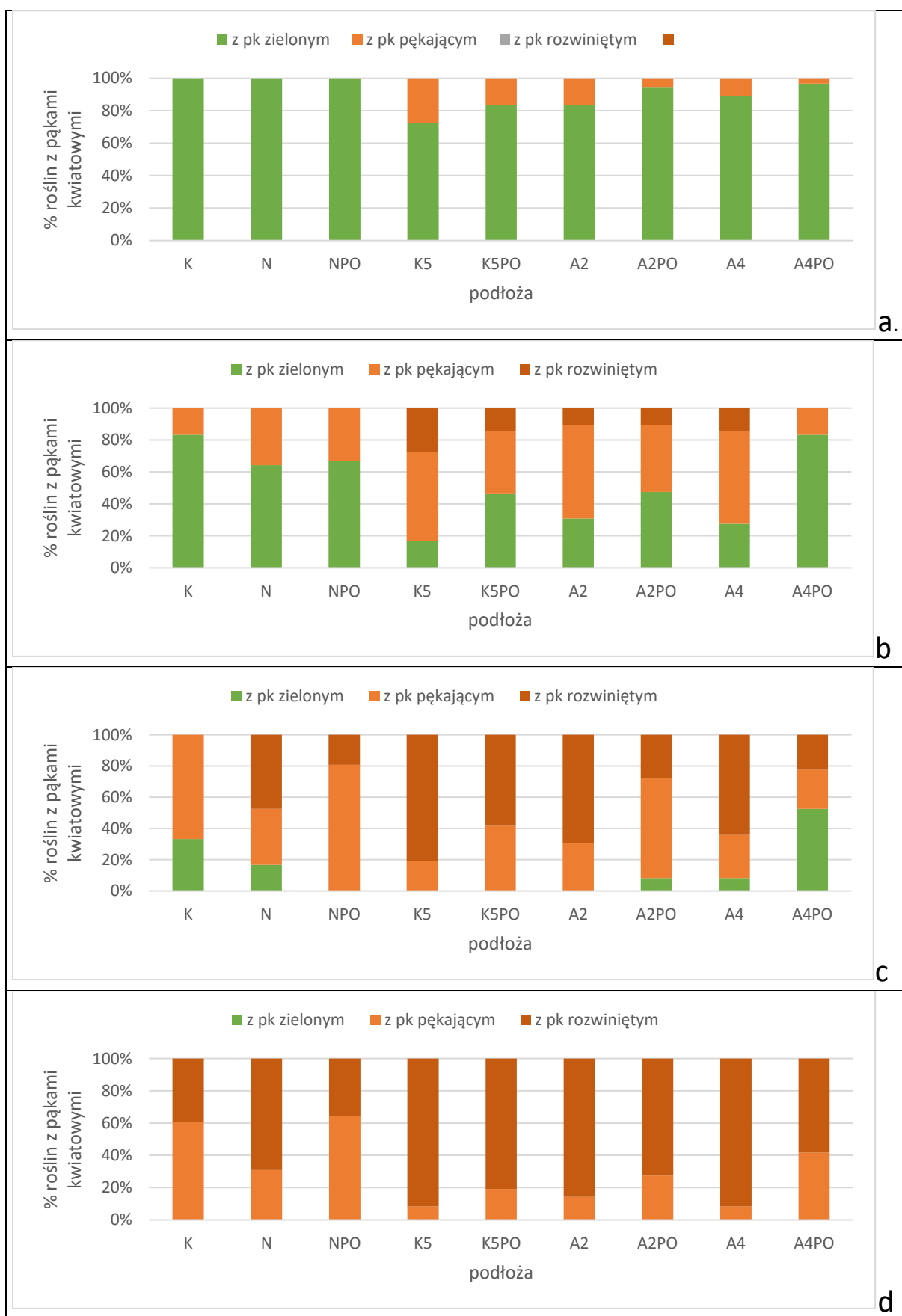


b.



c.

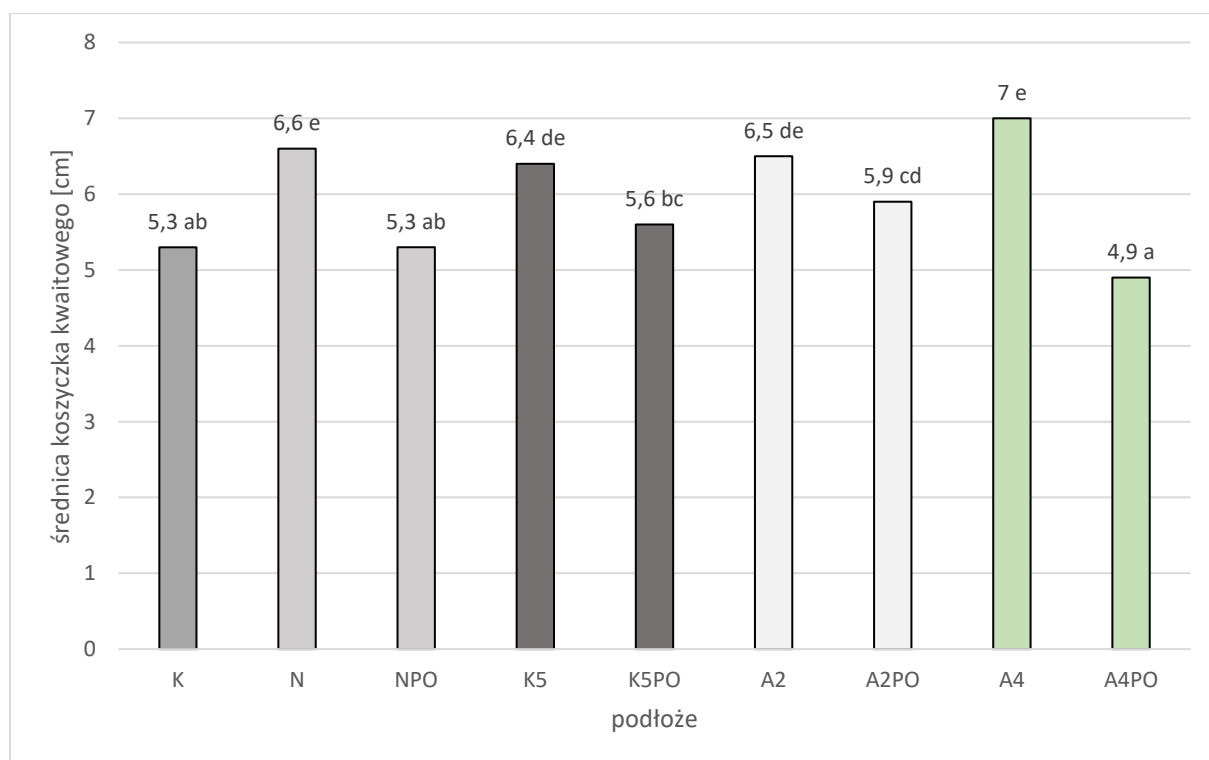
Ryc. 9. Rozwój pąków kwiatowych u aksamitki wyniosłej: a – stadium zielonego pąka, b – pąk pękający, c – w pełni rozwinięty koszyczek kwiatowy.



Ryc. 10. Rozwój pąków kwiatowych w uprawie aksamitki od 4 do 7 tygodnia uprawy: a - 18 kwietnia, b - 24 kwietnia, c - 30 kwietnia, d - 7 maja

Rycina 10 przedstawia dynamikę rozwoju pąków, tj. strukturę roślin z pąkami w różnym stadium: od pąków zielonych, poprzez pękające, do koszyczków w pełni rozwiniętych (charakterystyka pąków pokazana została na ryc. 9), w okresie od 4 do 7 tygodnia uprawy aksamitki. Najwcześniejsze pojawianie się pąków pękających zaobserwowano u roślin uprawianych w podłożach Klasmann 5 oraz Agaris 2 i Agaris 4, także w kombinacjach z suszem pieczarkowym (ryc. 10a). Konsekwentnie na tych podłożach najszybciej pojawiły się w pełni rozwinięte kwiatostany. Wszystkie testowane podłoża z ograniczoną zawartością torfu oraz beztorfowe, także gdy wzbogacono je w susz pieczarkowy wpływały na szybszy rozwój kwiatów aksamitki (ryc. 10 b-d). 60% roślin finalnych pochodzących z podłoża kontrolnego miało pąki pękające, a 40% koszyczki w pełni rozwinięte, co jest cechą pożądaną dla roślin przeznaczonych do sprzedaży. Rośliny pochodzące z testowanych podłoży miały bardziej zaawansowaną fazę kwitnienia (ryc. 10d).

Z opisaną reakcją roślin na badane podłoża związana jest wielkość koszyczków kwiatowych. Obserwowano (ryc. 11), że u roślin z testowanych podłoży z ograniczoną zawartością torfu lub beztorfowych (gdy nie zawierały stymulatora pieczarkowego) koszyczki kwiatostanowe miały od 1,1 do 1,7 cm większą średnicę, w porównaniu do roślin uzyskanych w kontroli. Rośliny ze wszystkich badanych podłoży zawierających stymulator pieczarkowy miały o 0,8 cm (z Agaris 2) do nawet 2,1 cm (z Agaris 4) mniejszą średnicę koszyczków kwiatostanowych w porównaniu do tego samego podłoża nie zawierającego biostymulatora.



Ryc. 11. Średnia wielkość (średnica) koszyczka kwiatostanowego roślin aksamitki wyniosłej na zakończenie produkcji

Charakterystyka parametrów fizjologicznych liści aksamitki

Tab. 6. Wpływ podłoża oraz podłoża zawierającego stymulator pieczarkowy na zawartość barwników fotosyntetycznych oraz indeks zazielenienia (SPAD) i wydajność fotosyntetyczną liści aksamitki wyniosłej na zakończenie uprawy

Podłoże	Fluorescencja chlorofilu Fv/Fm	SPAD	Chlorofil a	Chlorofil b	Karotenoidy
K	0,815 a*	58,68 cd	17,21 c	7,73 c	3,44 b
N	0,809 a	55,24 bc	13,58 ab	6,14 b	2,87 ab
NPO	0,810 a	59,73 d	16,42 c	7,67 c	3,45 b
K5	0,814 a	52,49 ab	11,64 a	5,16 a	2,69 a
K5PO	0,805 a	55,37 bc	13,41 ab	6,75 b	2,68 a
A2	0,795 a	50,28 a	12,18 ab	6,31 b	2,41 a
A2PO	0,811 a	52,63 ab	12,62 ab	6,42 b	2,56 a
A4	0,802 a	54,30 b	12,66 ab	6,44 b	2,52 a
A4PO	0,809 a	53,64 ab	13,70 b	6,78 b	2,81 a

* średnie w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się między sobą istotnie

Przeprowadzone badania (tab. 6) dotyczące stanu fizjologicznego liści aksamitki gotowej do sprzedaży pokazały, że mierzona wskaźnikiem Fv/Fm wydajność fotosyntetyczna wszystkich roślin, niezależnie w jakim podłożu były uprawiane, jest na prawidłowym poziomie i kształtuje się w granicach 0,795 do 0,815. Chociaż nie zanotowano istotnych różnic statystycznych, to najwyższą wartość tego wskaźnika wykazują rośliny uprawiane na standardowym podłożu kontrolnym.

W przypadku indeksu zieloności liści SPAD również kontrola była najlepsza, a porównywalnym wynikiem charakteryzowały się rośliny pochodzące z podłoża Novarbo oraz Novarbo 20 PO (ze stymulatorem) oraz Klasman 5 PO (ze stymulatorem). Podobna zależność jest obserwowana w przypadku zawartości barwników fotosyntetycznych. Zawartość chlorofilu a i chlorofilu b oraz karotenoidów była najwyższa w liściach aksamitek pochodzących z podłoża kontrolnego, ale te z Novarbo 20 ze stymulatorem pieczarkowym miały równie wysoki poziom tych barwników (tab. 6).

Analizy właściwości fizyko-chemicznych podłoży

W uprawie aksamitki wyniosłej wykorzystano 5 podłoży uprawowych, w tym standardowe podłoże torfowe (kontrola). Do podłoży z ograniczoną zawartością torfu lub beztorfowych (Klasman 5, Novarbo 20 i Agaris 2 i 4) wprowadzano 2,5% dodatek odpadu pieczarkowego (PO) w charakterze stymulatora wzrostu roślin. W tabeli 7 zestawiono wybrane właściwości fizyczne podłoży uprawowych oznaczone po zakończeniu uprawy aksamitki. Najwyższą gęstością objętościową cechowało się podłoże Klasman 5 ($0,113 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). Nie wykazano istotnych różnic w gęstości objętościowej dla

pozostałych podłoży zastosowanych w badaniach. Średnio wartość tego parametru mieściła się w zakresie od 0,072 g·cm⁻³ (Agaris 2) do 0,089 g·cm⁻³ (Agaris 4) i była zbliżona do gęstości substratu torfowego (0,076 g·cm⁻³). Najwyższą pojemnością wodną wyróżniało się podłoże Novarbo 20 (56% ww i 717% ww). Wartości te były podobne do tych oznaczonych w podłożu kontrolnym (standard torfowy). Dodatek stymulatora pieczarkowego do podłoży istotnie zwiększał średnią gęstość objętościową oraz pojemność wodną podłoży wyrażoną w procentach w stosunku do objętości (%ww) (tab. 7).

Tab. 7. Właściwości fizyczne podłoży wzbogaconych odpadem pieczarkowym po uprawie aksamitki wyniosłej w szklarni doświadczalnej, 8.05.2024 r.

Czynnik		Gęstość objętościowa g·cm ⁻³	Pojemność wodna % ww	Pojemność wodna %ww
<i>Kontrola</i>		0,076	57,2	749
Klasman 5		0,113 B	45,7 A	398 A
Novarbo 20%		0,078 A	56,0 B	717 D
Agaris 4		0,089 A	40,6 A	462 B
Agaris 2		0,072 A	41,7 A	578 C
Pieczarka odpadowa (PO)		0,097 B	50,1 B	526 A
Bez pieczarki (OP)		0,081 A	41,7 A	534 A
Klasman 5	PO	0,118 a	48,8 a	396 a
	OP	0,108 a	42,7 a	401 a
Novarbo 20%	PO	0,088 a	62,6 a	707 a
	OP	0,068 a	49,4 a	728 a
Agaris 4	PO	0,104 a	43,7 a	420 a
	OP	0,082 a	39,0 a	483 a
Agaris 2	PO	0,078 a	45,2 a	582 a
	OP	0,066 a	38,1 a	574 a

Porównania post-hoc przeprowadzono testem Tukey'a przy p=0.05; te same litery oznaczają brak istotności różnic pomiędzy średnimi; analiza dwuczynnikowa, gdzie czynnik 1 - rodzaj podłoża a czynnik 2 – dodatek stymulatora pieczarkowego w formie odpadu z pieczarkarni; kontrola – podłoże torfowe.

W tabeli 8 zamieszczono wyniki badań właściwości chemicznych oraz zawartości substancji organicznej w zastosowanych podłożach w uprawie aksamitki rozpierzchłej. Najwyższy i lekko alkaliczny odczyn posiadało podłoże Agaris 2 (pH 7,41), zwłaszcza w relacji do podłoża Novarbo - pH 6,54 (lekko kwaśne) i Klasman 5 – pH 6,99 (obojętne). Kontrolne podłoże torfowe po zakończeniu uprawy posiadało odczyn kwaśny pH 5,60.

Najwyższe stężenie soli (EC) po zakończeniu uprawy aksamitki oznaczono w podłożu Novarbo 20 (782 μS·cm⁻¹). EC substratu torfowego użytego jako kontrola wynosiło 477 μS·cm⁻¹. W podłożu Novarbo analizowanym po uprawie roślin wykazano także najwyższe stężenie azotu w formie azotanowej (61,7 mg N-NO₃ dm⁻³) i rozpuszczalnego wapnia (1609 mg Ca dm⁻³). Analogicznie podłoże standardowe badane po uprawie zawierało tych składników odpowiednio: 8,45 mg N-NO₃ dm⁻³ i 855 mg Ca dm⁻³. Według Nowosielskiego (1988) odpowiednia zawartość N-NO₃, P, K, Ca i Mg w substracie torfowym przeznaczonym do uprawy rozsady wymagających roślin warzywnych powinna mieścić się

w zakresach ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$): 80-150, 90-300, 200-500, 1500-2500 oraz 80-250. Według tych kryteriów wszystkie analizowane po uprawie podłoża wyróżniały się niską zawartością azotu azotanowego i wapnia.

Oznaczona zawartość substancji organicznej w podłożach różniła się istotnie i mieściła w granicach od 50,9% (Klasmann 5) do 90,1% (Agaris 2). Kontrolne podłoże torfowe zawierało 94% substancji organicznej (tab. 8 i ryc. 12).

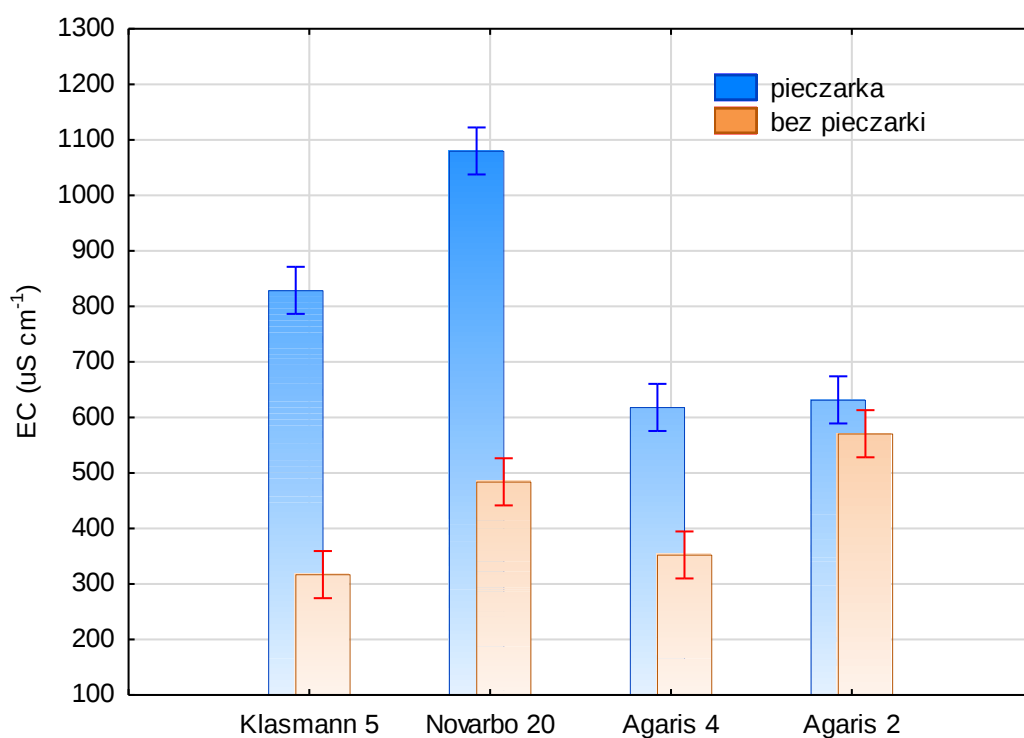
Dodatek stymulatora pieczarkowego w formie dodatku (2,5%) suszonego odpadu z pieczarkarni istotnie zwiększał stężenie soli w podłożach oraz zawartość rozpuszczalnego potasu i fosforu. W podłożach bez stymulatora grzybowego oznaczono natomiast wyższy odczyn (tab. 6).

Wykazano istotny wpływ współdziałania czynników doświadczenia na wartość odczynu, EC, zawartość N-NO_3 oraz substancji organicznej w podłożach. Dodatek stymulatora pieczarkowego istotnie obniżał odczyn gleby w podłożach: Klasmann 5 i Agaris 4. Największy wzrost zasolenia po zastosowaniu stymulatora pieczarkowego wykazano dla podłoży Klasmann 5 i Novarbo 20 (ryc. 12). W tych podłożach wykazano równocześnie istotnie wyższą zawartość azotu azotanowego (N-NO_3) niż w kombinacjach bez dodatku odpadowej, suszonej pieczarki. Dodatek grzybów powodował istotny wzrost zawartości substancji organicznej w podłożach Klasmann 5 i Agaris 4 (ryc. 13).

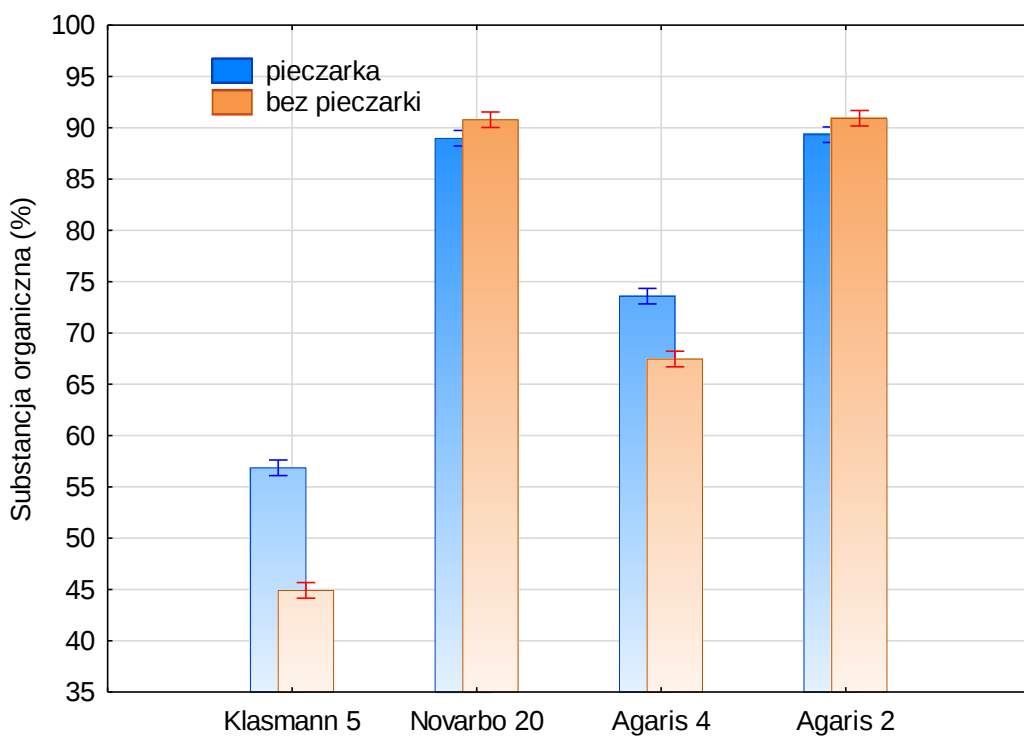
Tab. 8. Odczyn (pH), zasolenie (EC $\mu\text{S cm}^{-1}$) oraz zawartość makroskładników, sodu (mg dm^{-3}) i substancji organicznej w podłożach z dodatkiem pieczarkowego biostymulatora po uprawie aksamitki wyniosłej, 8.05.2024 r.

Czynnik		pH	EC	NH ₄	NO ₃	Ca	K	Mg	P	SO ₄	Na	SO%
Kontrola		5,60	477	2,95	8,45	855	141	166	170	158	149	94,0
Klasmann 5		6,99 B	573 B	1,79 A	42,5 B	633 A	460 A	169 A	123 A	69,2 A	155 A	50,9 A
Novarbo 20%		6,54 A	782 C	2,18 A	61,7 C	1609 B	214 A	154 A	160 A	107 A	102 A	89,9 C
Agaris 4		7,05 BC	485 A	2,21 A	0,57 A	730 A	300 A	214 A	211 A	82,0 A	123 A	70,5 B
Agaris 2		7,41 C	601 B	2,50 A	0,55 A	818 A	389 A	248 A	235 A	102 A	141 A	90,1 C
Pieczarka odp. (PO)		6,76 A	790 B	2,26 A	51,9	1057 A	470 B	204 A	218 B	100 A	136 A	77,2 A
Bez pieczarki (OP)		6,91 B	440 A	2,25 A	2,34	842 A	197 A	184 A	150 A	95,6 A	129 A	77,6 B
Klasmann 5	PO	6,58 a	829 e	1,75 a	84,3 b	739 a	555 a	170 a	147 a	78,9 a	149 a	56,9 b
	OP	7,40 cd	317 a	1,83 a	0,74 a	527 a	364 a	168 a	98,1 a	59,4 a	161 a	44,9 a
Novarbo 20%	PO	6,28 a	1080 f	2,76 a	122 c	1655 a	378 a	153 a	201 a	131 a	108 a	89,0 e
	OP	6,81 a-c	484 bc	1,60 a	1,41 a	1563 a	50 a	154 a	118 a	83,4 a	96 a	90,8 ef
Agaris 4	PO	6,69 ab	618 cd	1,91 a	0,26 a	865 a	471 a	235 a	272 a	102 a	149 a	73,6 d
	OP	7,41 cd	352 ab	2,51 a	0,87 a	596 a	130 a	193 a	149 a	61,9 a	97 a	67,5 c
Agaris 2	PO	7,49 d	632 d	2,64 a	0,85 a	969 a	477 a	258 a	253 a	88,7 a	140 a	89,3 ef
	OP	7,33 b-d	571 cd	2,36 a	0,26 a	668 a	300 a	239 a	217 a	116 a	143 a	90,9 f

Porównania post-hoc przeprowadzono testem Tukey'a przy $p = 0.05$; te same litery oznaczają brak istotności różnic pomiędzy średnimi; kontrola – podłoże na bazie torfu wysokiego



Ryc. 12. Wpływ rodzaju podłoża i dodatku stymulatora pieczarkowego na zasolenie ($\text{EC } \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) oznaczone po uprawie aksamitki w szklarni doświadczalnej, 8.05.24 r.



Ryc. 13. Wpływ rodzaju podłoża i dodatku stymulatora pieczarkowego na zawartość substancji organicznej (%) oznaczoną po uprawie aksamitki w szklarni doświadczalnej, 8.05.24 r.

Ogólna zawartość mikroelementów w podłożach organicznych wykorzystanych w badaniach z aksamitką wyniosła została oznaczona po mineralizacji mikrofalowej materiału organicznego w stężonym kwasie azotowym metodą ICP OES.

Za wyjątkiem boru, podłoża beztorfowe lub z ograniczoną zawartością torfu były bardziej zasobne w mikroelementy niż podłoże standardowe (torf Novarbo, kontrola) (tab.9).

Ogólna zawartość boru oznaczona w podłożach po uprawie aksamitki mieściła się w zakresie od 1,65 mg B kg⁻¹ (Klasmann 5) do 27,7 mg B kg⁻¹ (Agaris 2). Najwięcej miedzi i molibdenu zawierały podłoża beztorfowe Agaris 2 i 4, odpowiednio 55,1 i 41,9 mg Cu kg⁻¹ s.m. oraz 19,6 mg i 10,8 mg Mo kg⁻¹ s.m. Istotnie więcej żelaza ogółem oznaczono w podłożach Klasmann 5 i Agaris 4 (18816 mg i 17349 mg Fe kg⁻¹ s.m., odpowiednio) niż w pozostałych podłożach użytych do badań. Podłoże Klasmann 5 było także najzasobniejsze w mangan (296 mg Mn kg⁻¹ s.m.) oraz cynk (78,5 mg Zn kg⁻¹ s.m.).

Dodatek pieczarki odpadowej (2,5%) w niewielkim stopniu zwiększał ogólną zawartość boru, molibdenu i cynku w podłożach w stosunku do kombinacji nietraktowanych (tab. 9).

Wykazano istotny wpływ interakcji zastosowanych czynników podłoże x dodatek stymulatora grzybowego na zawartość B, Fe, Mn, Mo i Zn. Generalnie dodatek stymulatora grzybowego do podłoża ubogiego w mikroelementy zwiększał zasobność podłoża w dany składnik.

Tab. 9. Ogólna zawartość mikroelementów (mg kg⁻¹ s.m.) oznaczona w podłożach po uprawie aksamitki wyniosłej

Czynnik		B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Kontrola		7,27	21,2	1056	20,1	6,1	32,8
Klasmann 5		1,65 A	34,6 A	18816 B	296 D	9,2 A	78,5 C
Novarbo 20		13,5 B	32,8 A	1532 A	59,3 A	7,7 A	46,8 A
Agaris 2		27,7 C	55,1 C	2649 A	131 B	19,6 C	55,4 B
Agaris 4		3,10 A	41,9 B	17349 B	183 C	10,8 B	57,6 B
Pieczarka odp. (PO)		12,6 B	41,1 A	9003 A	156 A	12,4 B	62,4 B
Bez pieczarki (OP)		10,3 A	41,0 A	11170 B	179 B	11,2 A	56,8 A
Klasmann 5	PO	3,31 ab	36,3 a	15658 b	244 d	13,1 d	77,0 c
	OP	<i>ślady</i> a	32,8 a	21974 d	349 e	5,4 a	80,0 c
Novarbo 20	PO	13,7 c	32,3 a	2097 a	62,3 a	7,1 ab	53,5 b
	OP	13,3 c	33,2 a	967 a	56,2 a	8,4 bc	40,0 a
Agaris 2	PO	27,5 d	55,4 a	2927 a	136 b	19,0 e	61,2 b
	OP	27,9 d	54,7 a	2372 a	126 b	20,1 e	49,7 ab
Agaris 4	PO	6,06 b	40,5 a	15329 b	183 c	10,5 cd	57,8 b
	OP	0,14 a	43,3 a	19369 c	183 c	11,0 cd	57,3 b

Porównania post-hoc przeprowadzono testem Tukey'a przy p = 0.05; te same litery oznaczają brak istotności różnic pomiędzy średnimi; kontrola – podłoże torfowe

Analizy materiału roślinnego

W materiale roślinnym pozyskanym do badań po zakończeniu uprawy aksamitki wyniosłej wykazano istotny wpływ rodzaju podłoża oraz dodatku stymulatora pieczarkowego na zawartość makroskładników i sodu (tab. 10). Najwięcej azotu i wapnia oznaczono w aksamitce rosnącej w podłożu Novarbo 20, natomiast rośliny rosnące w podłożu Agar 4 zawierały najwięcej magnezu. Najwyższą zawartość fosforu i sodu oznaczono w biomasie aksamitki pochodzącej z kombinacji Agar 2.

Dodatek do podłoża grzybów w formie suszonego odpadu z pieczarkarni istotnie obniżał zawartość suchej masy w roślinach, zwiększał natomiast zawartość azotu, potasu, fosforu i sodu w biomasie. Rośliny rosnące na podłożach bez grzybowego dodatku charakteryzowały się wyższą zawartością magnezu i siarki (tab. 10).

Porównując uzyskane wyniki dotyczące statusu mineralnego odżywienia aksamitki wyniosłej uprawianej w standardowym podłożu torfowym wykazano, że rośliny uprawiane w podłożach z ograniczoną zawartością torfu lub beztorfowych charakteryzowały się niższą zawartością N, Ca (za wyjątkiem kombinacji z Novarbo 20), Mg i P. Natomiast zawierały więcej potasu i sodu (za wyjątkiem kombinacji Novarbo 20).

Tab. 10. Zawartość makroskładników (% s.m.) i sodu (mg kg⁻¹ s.m.) w **aksamitce** uprawianej w podłożach z dodatkiem stymulatora pieczarkowego w warunkach szklarni doświadczalnej (URK), 8.05.2024 r.

Czynnik	s.m.	N	Ca	K	Mg	P	S	Na
Kontrola	10,6	4,36	3,67	4,42	0,55	1,09	1,03	273
Klasmann 5	10,2 A	3,50 C	1,83 B	7,23 C	0,32 A	0,83 A	0,62 A	325 B
Novarbo 20	9,64 A	3,79 D	3,70 C	5,13 A	0,31 A	0,96 B	0,95 B	270 A
Agar 4	10,1 A	3,38 B	1,75 B	6,46 B	0,48 C	0,99 B	1,11 C	298 AB
Agar 2	10,1 A	2,85 A	1,46 A	7,31 C	0,43 B	1,03 C	1,09 C	412 C
Pieczarka odpad. (PO)	9,80 A	3,79 B	2,11 A	6,89 B	0,37 A	0,98 B	0,91 A	343 B
Bez pieczarki (OP)	10,3 B	3,25 A	2,53 A	5,82 A	0,43 B	0,96 A	0,98 B	302 A
Klasmann 5	PO	10,2 a	4,11 f	2,15 c	7,14 c	0,37 bc	0,83 a	0,62 a
	OP	10,1 a	2,88 b	1,50 a	7,33 cd	0,27 a	0,84 a	0,62 a
Novarbo 20%	PO	9,47 a	4,28 g	3,46 d	5,69 b	0,32 ab	0,97 bc	305 a
	OP	9,80 a	3,30 d	3,94 e	4,57 a	0,31 a	0,95 bc	235 a
Agris 4	PO	9,95 a	3,71 e	1,53 ab	7,18 c	0,41 cd	1,06 d	311 a
	OP	10,3 a	3,04 c	1,96 bc	5,75 b	0,56 e	0,92 b	285 a
Agris 2	PO	9,54 a	3,05 c	1,31 a	7,58 d	0,39 c	1,05 d	432 a
	OP	10,7 a	2,64 a	1,61 ab	7,04 c	0,47 d	1,01 cd	392 a

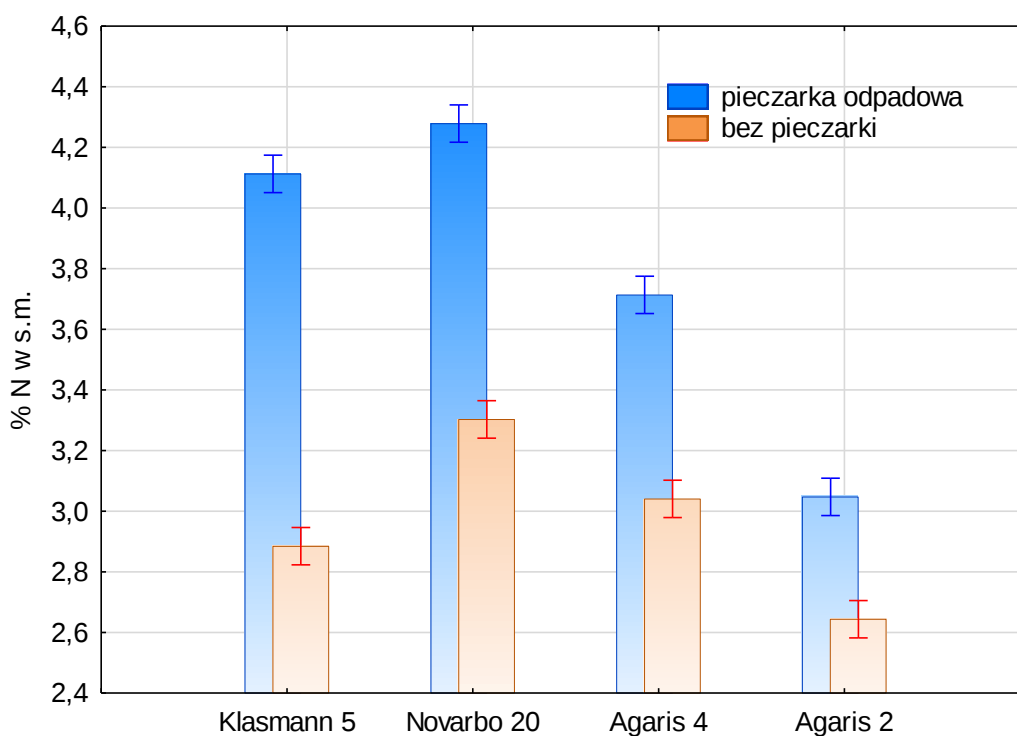
Porównania post-hoc przeprowadzono testem Tukey'a przy p = 0.01; te same litery oznaczają brak istotności różnic pomiędzy średnimi; analiza dwuczynnikowa, gdzie czynnik 1 – podłoże, czynnik 2 – dodatek stymulatora pieczarkowego, kontrola – podłoże torfowe

Za wyjątkiem suchej masy i zawartości sodu w roślinach, wykazano istotny wpływ współdziałania czynników doświadczenia (rodzaj podłoża x dodatek stymulatora pieczarkowego) na skład mineralny aksamitki rozpierzchłej oznaczony po zakończeniu doświadczenia (tab. 10, ryc. 15-18). Największy wzrost zawartości azotu w roślinach pod wpływem zastosowanego dodatku odpadu pieczarkowego wykazano dla kombinacji podłożowych Klastmann 5 i Novarbo 20 (ryc. 14).

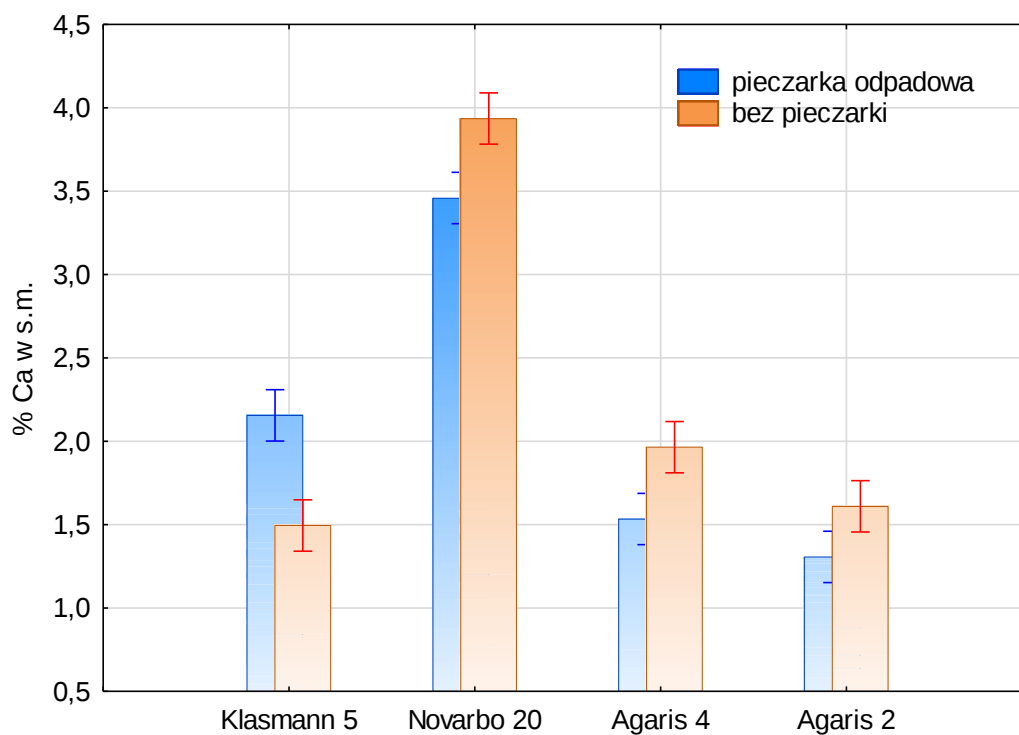
Dodatek pieczarki do podłoża zwiększał istotnie zawartość wapnia w aksamitce tylko w przypadku podłoża Klastmann 5. W pozostałych kombinacjach podłożowych wykazano obniżenie się zawartości Ca w biomase (ryc. 15). Równocześnie istotny wzrost zawartości potasu w roślinach pod wpływem zastosowania stymulatora grzybowego wykazano we wszystkich kombinacjach za wyjątkiem podłoża Klastmann 5 (ryc. 16). Podobne zależności znaleziono dla zawartości fosforu w roślinach (ryc. 17).

Wykazano istotne obniżenie się zawartości siarki w biomase aksamitki pod wpływem wprowadzenia do substratu uprawowego stymulatora pieczarkowego tylko dla podłoża Novarbo 20% (ryc. 18).

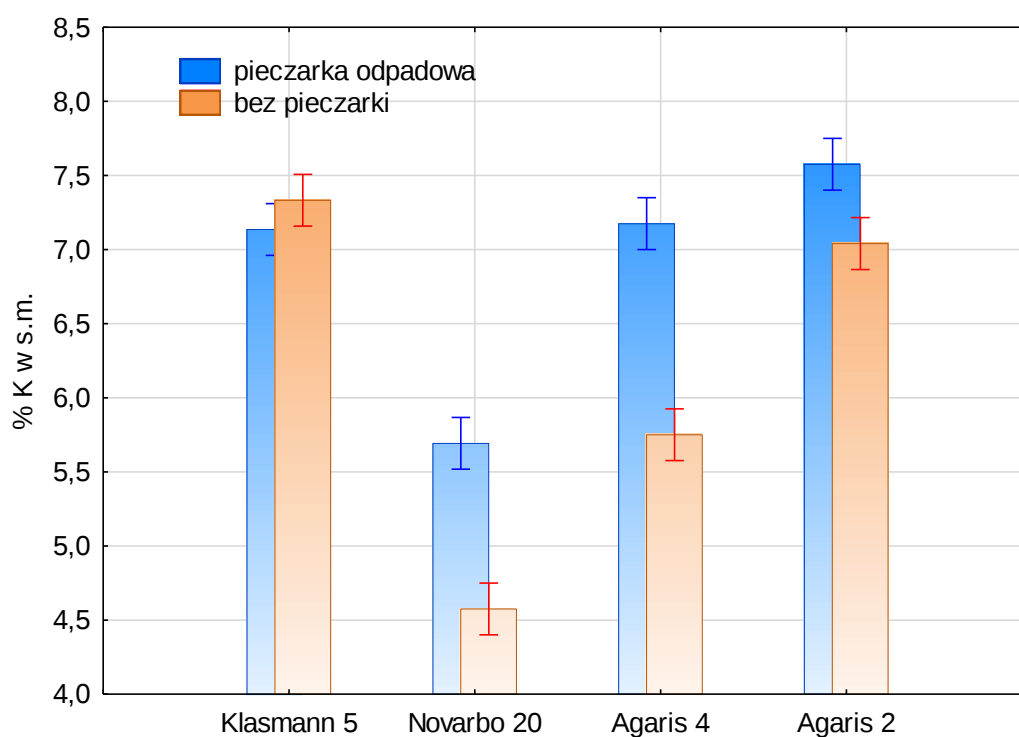
W trakcie wegetacji obserwowano na roślinach rosnących w podłożach z dodatkiem stymulatora pieczarkowego charakterystyczne chlorozy brzegowe i między nerwami starszych blaszek liściowych, przechodzące z czasem w nekrozy (ryc. 19). Przyczyną tych zaburzeń były prawdopodobnie zasolenie oraz nierównowaga pomiędzy antagonistycznymi pierwiastkami Ca:K:Mg w podłożach oraz deficyt magnezu i wapnia w roślinach przy równocześnie bardzo wysokiej zawartości potasu w tkankach (tab. 10, ryc. 16).



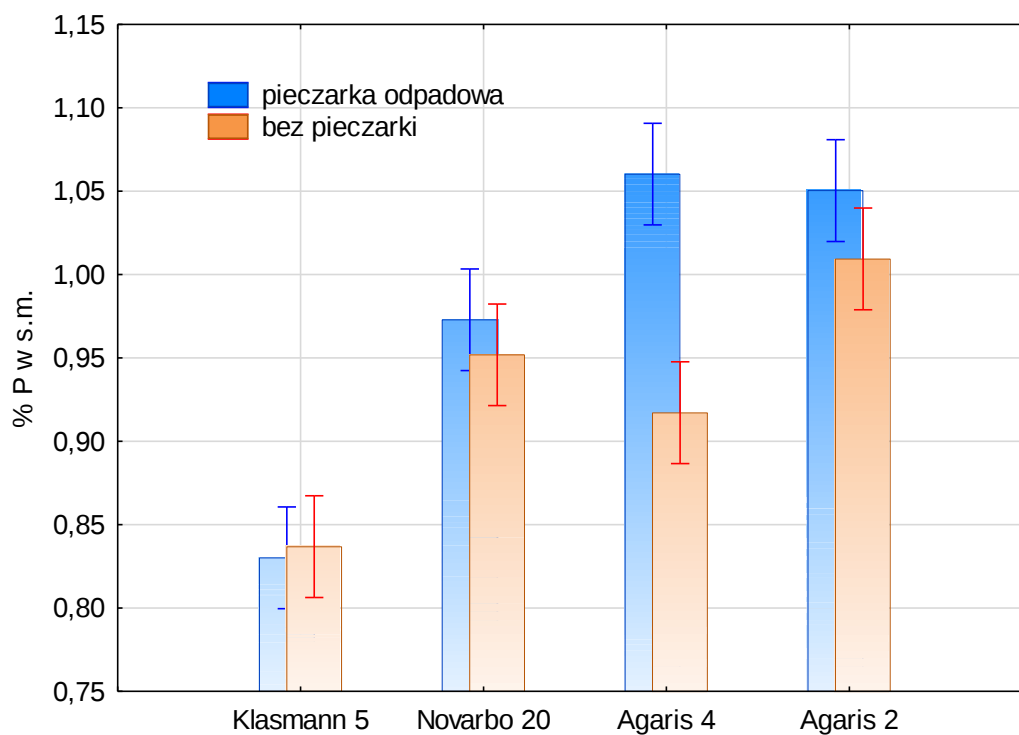
Ryc. 14. Wpływ rodzaju podłoża i dodatku stymulatora pieczarkowego zawartość azotu (% N w s.m.) w biomase aksamitki uprawianej w warunkach szklarni doświadczalnej, 8.05.24 r.



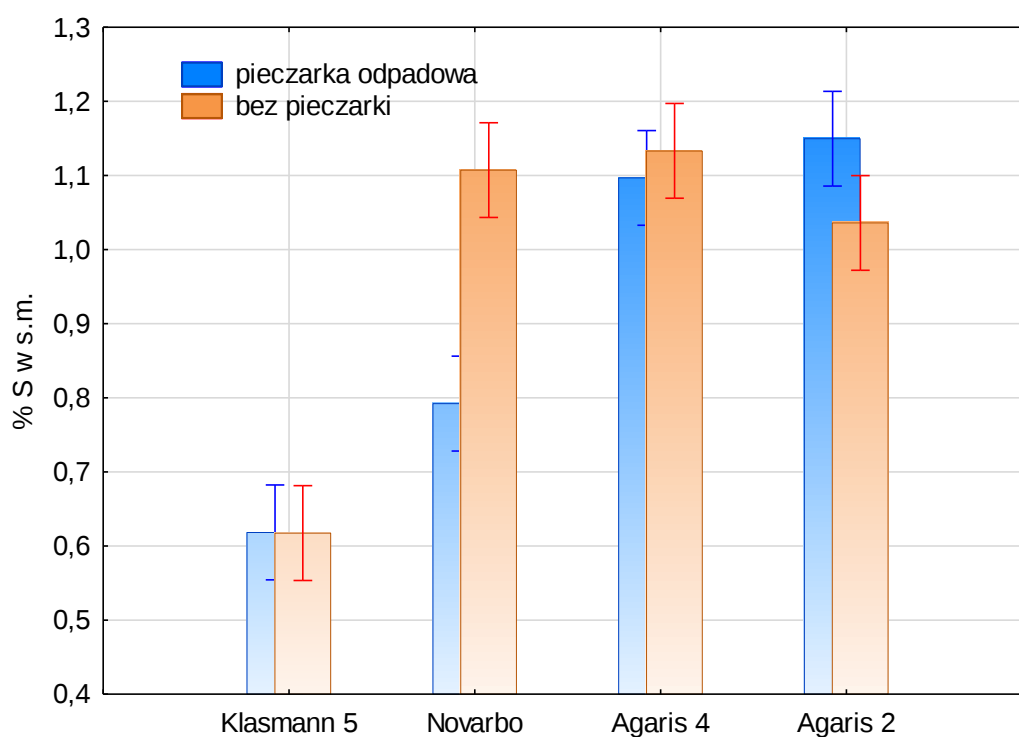
Ryc. 15. Wpływ rodzaju podłoża i dodatku stymulatora pieczarkowego na zawartość wapnia (% Ca w s.m.) w biomacie aksamitki uprawianej w warunkach szklarni doświadczalnej, 8.05.24 r.



Ryc. 16. Wpływ rodzaju podłoża i dodatku stymulatora pieczarkowego na zawartość potasu (% K w s.m.) w biomacie aksamitki uprawianej w warunkach szklarni doświadczalnej, 8.05.24 r.



Ryc. 17. Wpływ rodzaju podłoża i dodatku stymulatora pieczarkowego na zawartość fosforu (% P w s.m.) w biomase aksamitki uprawianej w warunkach szklarni doświadczalnej, 8.05.24 r.



Ryc. 18. Wpływ rodzaju podłoża i dodatku stymulatora pieczarkowego na zawartość siarki (% S w s.m.) w biomase aksamitki uprawianej w warunkach szklarni doświadczalnej, 8.05.24 r.

Porównując status mineralnego odżywienia mikroelementami aksamitki wyniosłej rosnącej w podłożach beztorfowych lub z ograniczoną zawartością torfu, do roślin rosnących w podłożu kontrolnym (torf), obserwowano niższą zawartość w biomasie miedzi, żelaza i manganu oraz wyższą cynku (tab. 11). Odwrotną zależność opisano dla zasobności testowanych podłoży, w których wykazano generalnie wyższą ogólną zawartość tych pierwiastków niż w standardowym podłożu torfowym. Wskazuje to na słabą dostępność (przyswajalność) obecnych w podłożach beztorfowych i z ograniczoną zawartością torfu mikroskładników pokarmowych. W roślinach rosnących w podłożu Klasman 5 oznaczano najmniej mikroelementów, zwłaszcza w relacji do aksamitek uprawianych w podłożach Agaris 2 i 4 (tab. 11). Aksamitki z kombinacji doświadczalnych z podłożami Agaris zawierały najwięcej miedzi i cynku. Także w biomasie pobieranej do badań z podłoża Agaris 4 oznaczono najwyższą zawartość żelaza.

Istotnie więcej żelaza i cynku oznaczano w aksamitkach rosnących w podłożach z dodatkiem odpadowej pieczarki w formie resztek owocników i podłoża uprawowego (PO). Odpadowa pieczarka zastosowana w formie 2,5% dodatku do podłoży była zasobna w żelazo i cynk, co może wskazywać na szybki mikrobiologiczny rozkład grzybowego stymulatora w warunkach uprawy i udostępnienie składników w nim zawartych roślinom. Rośliny uprawiane w podłożach niewzbogacanych (OP) były natomiast zasobniejsze w miedź, mangan (Mn) i molibden (Mo).

Tab. 11. Zawartość mikroskładników (mg kg^{-1})* w biomasie **aksamitki wyniosłej** rosnącej w podłożach z dodatkiem pieczarkowego biostymulatora w warunkach szklarni doświadczalnej (URK)

Czynnik		B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Kontrola		44,5	11,8	1234	493	1,12	163
Klassman 5		37,6 A	6,8 A	87 A	197 A	1,64 A	123 A
Novarbo 20		44,2 AB	8,7 B	111 B	282 C	2,04 B	130 A
Agaris 2		42,6 B	10,0 C	113 B	200 A	2,08 B	199 C
Agaris 4		46,8 B	10,1 C	131 C	245 B	1,86 AB	159 B
Pieczarka odpadowa (PO)		41,9 A	8,1 A	120 B	215 A	1,74 A	160 B
Bez pieczarki (OP)		43,7 A	9,7 B	101 A	248 B	2,07 B	146 A
Klassman 5	PO	41,8 a-c	6,7 a	101 b	290 cd	1,56 ab	148 bc
	OP	33,4 a	6,9 a	74 a	105 a	1,72 a-c	97 a
Novarbo 20	PO	42,5 a-c	7,2 a	111 b	241 bc	1,36 a	129 ab
	OP	45,9 bc	10,3 bc	112 b	324 d	2,71 d	131 bc
Agaris 2	PO	40,2 ab	9,6 bc	109 b	132 a	2,14 cd	199 d
	OP	45,1 bc	10,4 bc	117 b	268 c	2,03 bc	200 d
Agaris 4	PO	43,1 bc	9,1 b	161 c	196 b	1,89 a-c	163 c
	OP	50,6 c	11,1 c	101 b	295 cd	1,84 a-c	155 bc

Porównania post-hoc przeprowadzono testem Tukey'a przy $p = 0.01$; te same litery oznaczają brak istotności różnic pomiędzy średnimi; kontrola – podłoże torfowe

Wykazano także istotny statystycznie wpływ współdziałania badanych czynników (rodzaj podłoża x dodatek stymulatora grzybowego) na zawartość mikroelementów w biomasie aksamitki (tab. 11). Generalnie, wykazano zróżnicowaną reakcję roślin rosnących w podłożach z materiałów odpadowych na dodatek stymulatora pieczarkowego. Dodatek pieczarek do beztorfowego podłoża Klasman 5 zwiększał istotnie zawartość Fe, Mn i Zn w roślinach. Natomiast w podłożu Novarbo 20 z ograniczoną zawartością torfu wyższe ogólne ilości Cu, Mn i Mo wykazano w aksamitkach z kombinacji bez pieczarkowego dodatku. W podłożach Agaris istotnie więcej manganu oznaczano także w roślinach pobieranych do badań z kombinacji bez pieczarkowego stymulatora.



Ryc. 19. Objawy zaburzeń fizjologicznych na roślinach aksamitki wyniosłej, szklarnia doświadczalna Wydziału Biotechnologii i Ogrodnictwa, 23.04.2024,

Rośliny pochodzące z uprawy w podłożu Klastmann 5 i Agar 4, wykazujące zmiany chlorotyczno-nekrotyczne na starszych liściach, także gorzej rozwinęły systemy korzeniowe (ryc. 19ab, 20ab). Ocena intensywności rozwoju systemu korzeniowego nie była tematem badań, ale w trakcie pobierania próbek podłoży do analiz fotografowano bryły korzeniowe, żeby wyjaśnić gorszy rozwój roślin w podłożach bardziej zasolonych niż analogi bez grzybowego dodatku.



a.



b.

Ryc. 20. Intensywność przerośnięcia bryły korzeniowej aksamitki rosnącej w podłożach Agar 4 (a) i Klastmann 5 (b) z dodatkiem (bryła korzeniowa po prawej) lub bez stymulatora pieczarkowego (bryła korzeniowa po lewej) po zakończeniu uprawy w szklarni doświadczalnej Wydziału Biotechnologii i Ogrodnictwa URK

Wyniki badań: doświadczenie 2 – uprawa pelargonii rabatowej



a.



b.



c.



d.

Ryc. 21. Uprawa pelargonii rabatowej (*Pelargonium hortorum*) 'Dolce Vita Gisela Dark Red' w szklarni doświadczalnej Wydziału Biotechnologii i Ogrodnictwa: a – rośliny po posadzeniu 22.03.2024, b – 9.04.2024 (trzeci tydzień uprawy), c - 23.04.2024 (piąty tydzień uprawy), d – 15.05.2024 (ósm tydzień uprawy)

Pelargonia rabatowa 'Dolce Vita Gisela Dark Red' (*Pelargonium hortorum*) była uprawiana w szklarni doświadczalnej Wydziału Biotechnologii i Ogrodnictwa UR w Krakowie od 22 marca do 16 maja 2024 roku (ryc. 21a-d) na podłożach z ograniczoną zawartością torfu oraz beztorfowych, także wzbogaconych w stymulator pieczarkowy, odpad z uprawy pieczarek (PO) oraz stymulator pieczarkowy spożywczy przygotowany z suszonych owocników (P). Podczas trwania doświadczenia wykonywano obserwacje kwitnienia, a także wizualne obserwacje roślin. Po uzyskaniu finalnego produktu w 8 tygodniu uprawy (17 maja) przeprowadzono szczegółowe pomiary i analizy, a najważniejsze wyniki przedstawiono poniżej.

Wysokość roślin i stan fizjologiczny liści

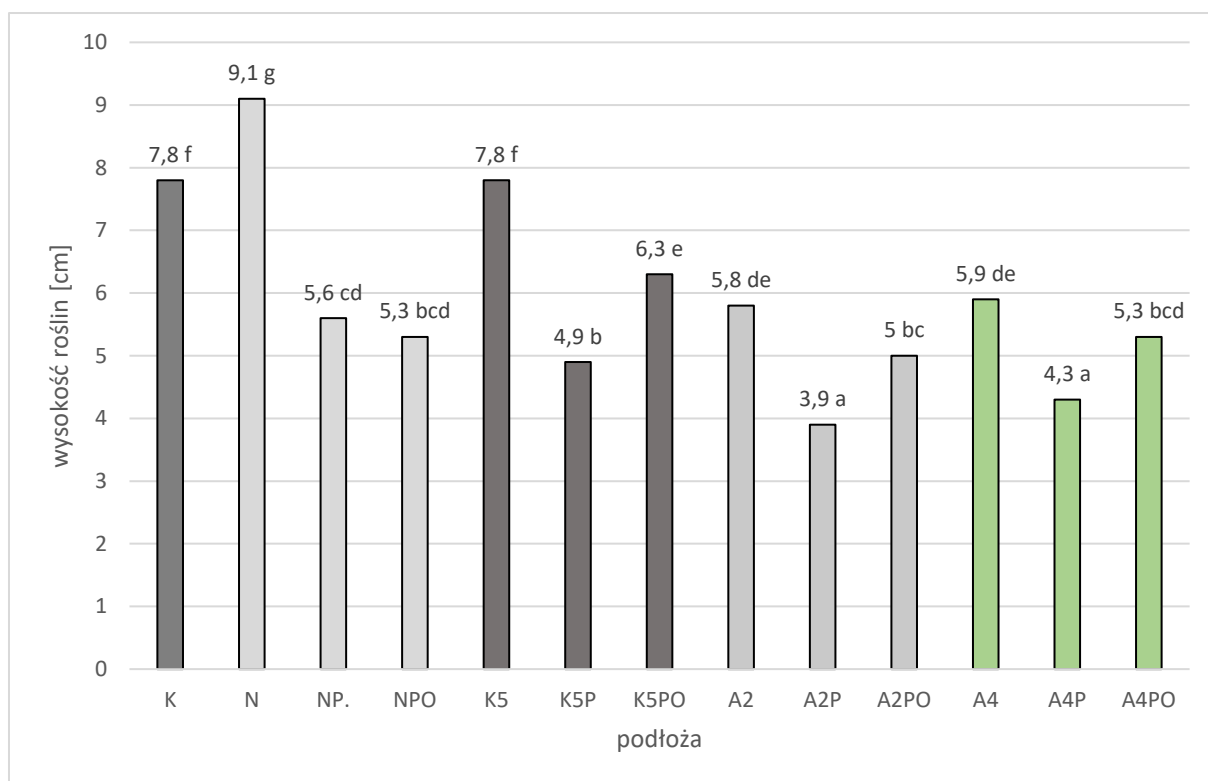
Rośliny pelargonii uprawiane na podłożach Novarbo20 oraz Klasmanm miały podobną (nie różniła się statystycznie) wysokość na zakończenie doświadczenia, jak w przypadku podłoża standardowego kontrolnego. A te pochodzące z Novarbo były o ponad 1 cm wyższe. Jednakże dodatek do podłoża stymulatora pieczarkowego zawsze wpływał hamująco na wysokość roślin (również w przypadku Agaris 2 i Agaris 4) (ryc. 22-23).



a.

b.

Ryc. 22. Wpływ stymulatora pieczarkowego (owocniki pieczarki spożywczej – P) na wysokość roślin uprawianych w podłożu: a – Agaris 2, b – Klasmanm 5, po lewej doniczki z podłożem wzbogaconym w stymulator pieczarkowy



Ryc. 23. Średnia wysokość roślin pelargonii rabatowej na zakończenie produkcji w testowanych podłożach oraz podłożach z dodatkiem stymulatora pieczarkowego (P, PO).

Tab. 12. Wpływ podłoża oraz podłoża zawierającego 2 rodzaje stymulatora pieczarkowego (P, PO) na zawartość barwników fotosyntetycznych oraz indeks zazielenienia (SPAD) i wydajność fotosyntetyczną liści pelargonii rabatowej na zakończenie uprawy

Podłoże	Fluorescencja chlorofilu Fv/Fm	SPAD	Chlorofil a	Chlorofil b	Karotenoidy
K	0,836 a*	63,75 bc	9,94 de	5,79 bcde	1,93 cde
N	0,838 a	66,55 bcd	9,38 cde	5,79 bcde	1,72 bcd
NP	0,841 a	71,30 e	10,46 e	6,06 cde	2,11 e
NPO	0,832 a	68,97 de	10,27 e	6,412 e	1,91 cde
K5	0,845 a	63,63 bc	8,84 cd	5,56 bcd	1,65 bcd
K5P	0,839 a	66,77 cd	10,22 e	6,22 de	1,97 de
K5PO	0,843 a	62,66 bc	9,30 cde	5,98 cde	1,76 bcd
A2	0,829 a	62,67 bc	7,03 a	4,82 a	1,29 a
A2P	0,830 a	65,50 bcd	8,34 bc	5,29 ab	1,63 abc
A2PO	0,837 a	64,06 bc	8,43 bc	5,19 ab	1,60 abc
A4	0,810 a	62,35 b	8,34 bc	5,47 bc	1,56 ab
A4P	0,840 a	65,07 bcd	8,89 cd	5,59 bcd	1,70 bcd
A4PO	0,839 a	57,64 a	7,44 ab	4,71 a	1,33 a

* średnie w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się między sobą istotnie

Badania stanu fizjologicznego liści pelargonii rabatowej (tab. 12) wykazały, że mierzona wskaźnikiem F_v/F_m wydajność fotosyntetyczna liści roślin wyprodukowanych na wszystkich podłożach, niezależnie w jakim podłożu były uprawiane, niezależnie czy zastosowano stymulator pieczarkowy P lub PO, utrzymywała się na prawidłowym poziomie, w granicach 0,810 do 0,841.

Indeks zieloności liści SPAD kształtował się na poziomie od 57,64 do 71,30. Zaobserwowano, że dodatek do podłoża stymulatora pieczarkowego pochodzenia spożywczego (zmielone owocniki) zwiększał ten indeks na liściach roślin wyprodukowanych w badanych podłożach (P).

Najwyższy poziom barwników fotosyntetycznych wykazano w roślinach uprawianych w podłożu kontrolnym, a także w Novarbo 20 oraz Novarbo 20 z obydwoma rodzajami stymulatorów, a także Klasmann 5, pod warunkiem, że zawierały stymulatory pieczarkowe (PO lub P). Podobną tendencję zanotowano dla zawartości karotenoidów (tab. 12).

Charakterystyka kwitnienia



a.



b.

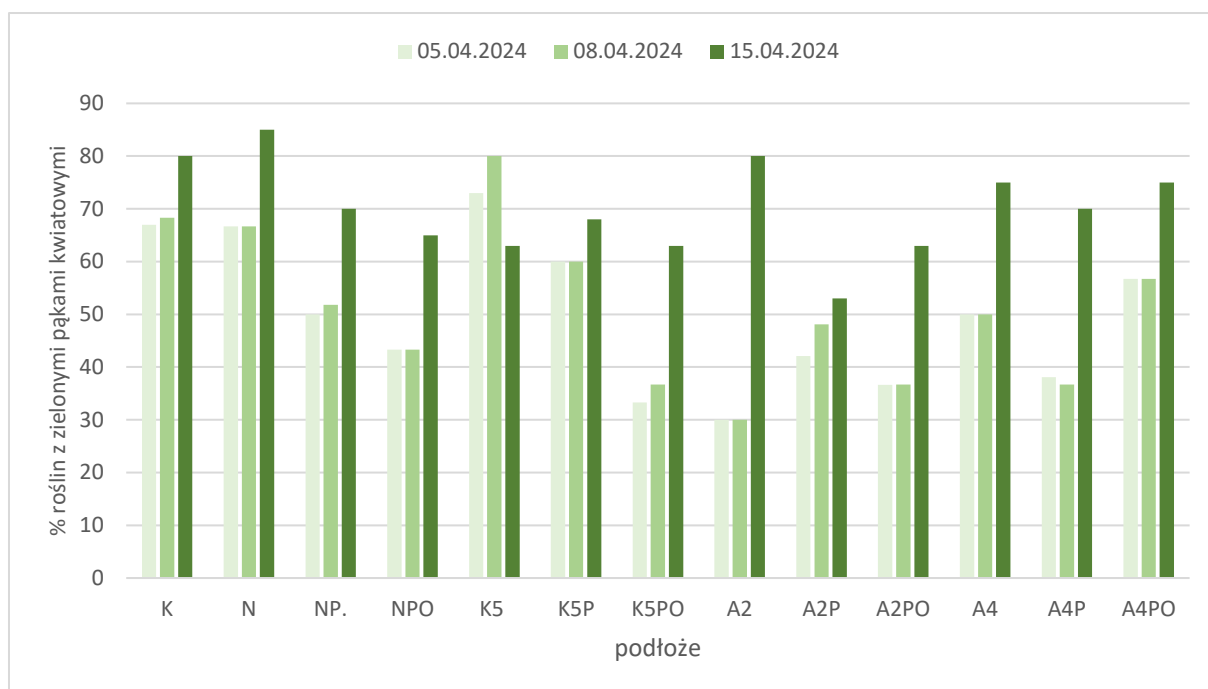


c.

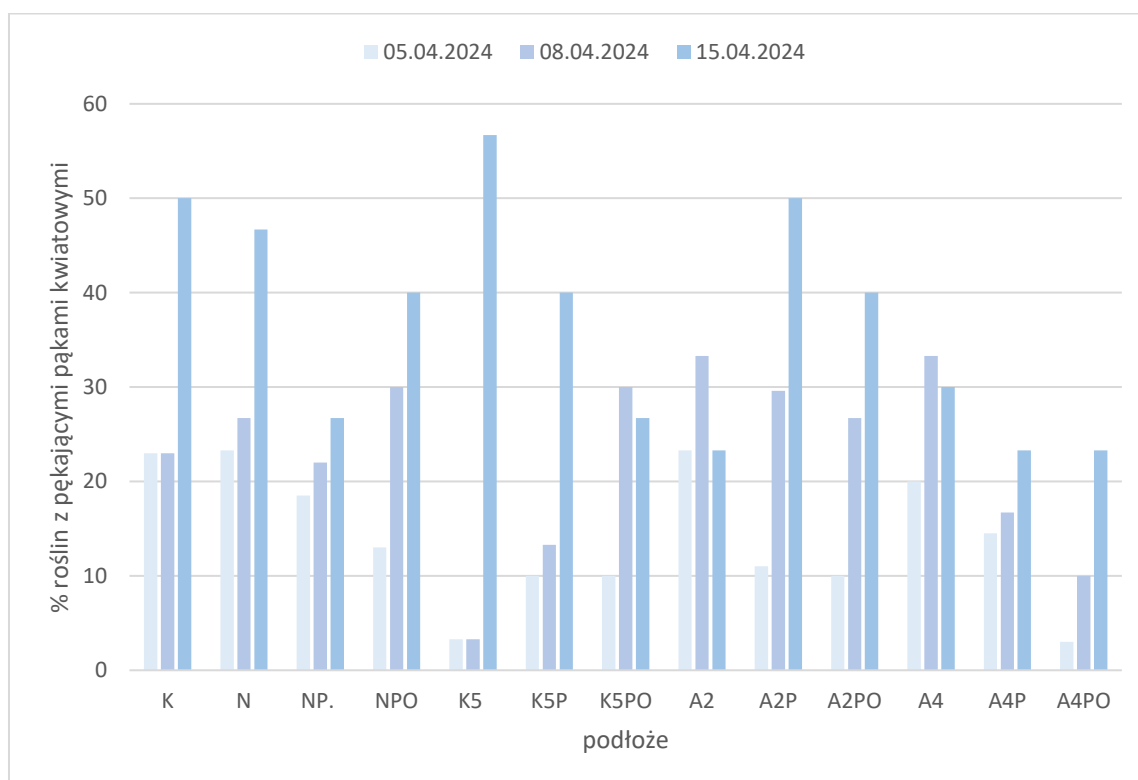


d.

Ryc. 24. Etapy rozwoju kwiatów u pelargonii rabatowej: a – stadium zielonego pąka, b – pąk pękający, c – w pełni rozwinięte kwiaty w kwiatostanie, d – przekwitnięty kwiatostan



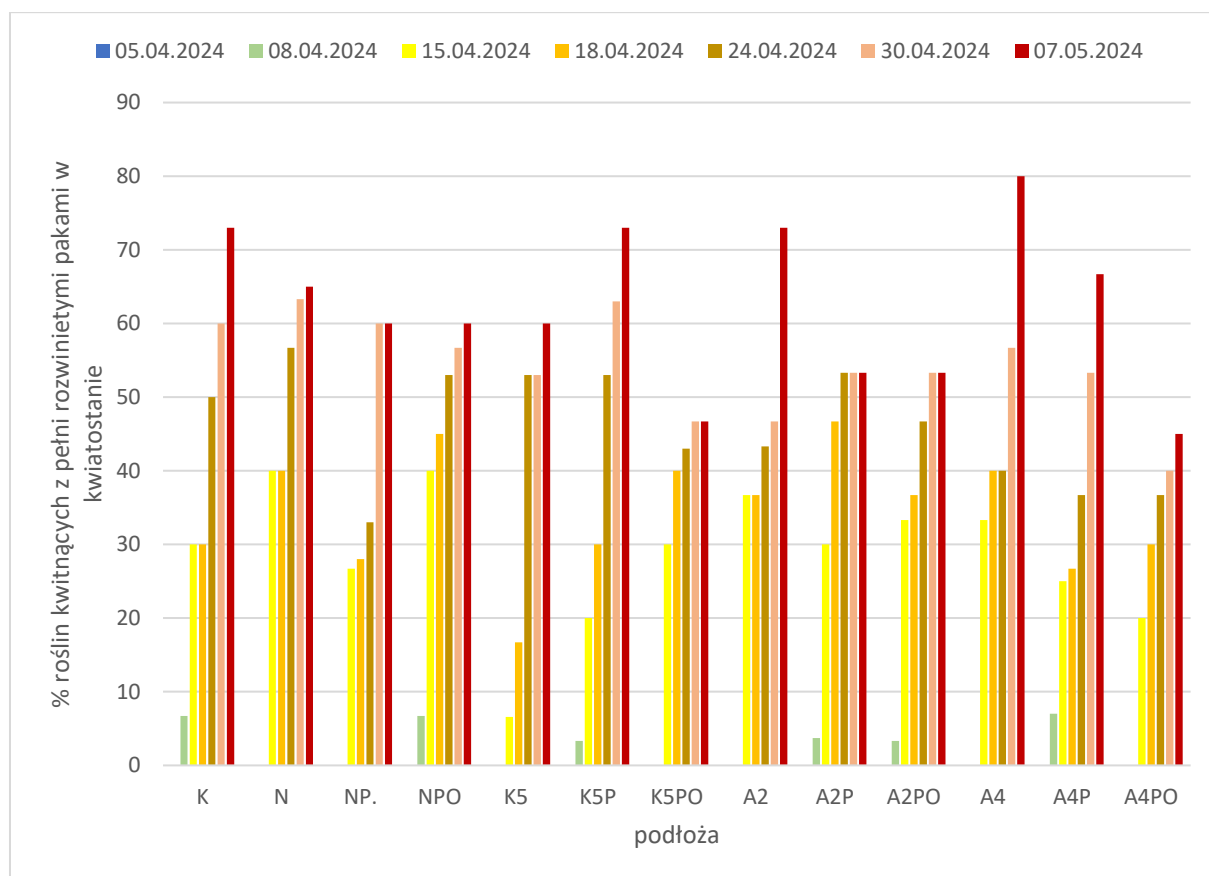
Ryc. 25. Procent roślin pelargonii rabatowej z zielonymi pąkami kwiatowymi od początku trzeciego tygodnia uprawy (5.04) do czwartego tygodnia (15.04) w zależności od podłoża



Ryc. 26. Procent roślin pelargonii rabatowej z pękającymi pąkami kwiatowymi od początku trzeciego tygodnia uprawy (5.04) do czwartego tygodnia (15.04)

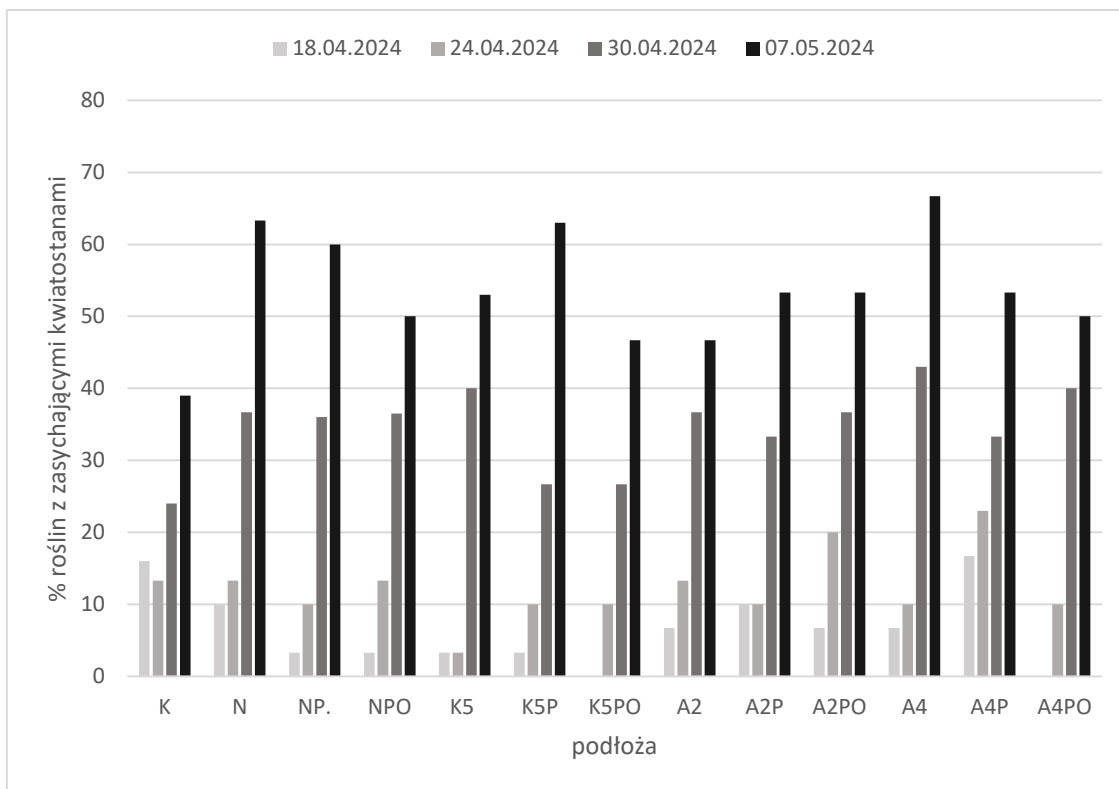
Obserwacje kwitnienia pelargonii (ryc. 25-26) przeprowadzone na początku trzeciego tygodnia uprawy wykazały, że prawie 70% roślin uprawianych na podłożu kontrolnym (K) miało pąki kwiatowe w stadium zielonego pąka (ryc. 24a), a ponad 20% w stadium pękającego pąka (ryc. 24b). Z podobną intensywnością rozwijały się pąki roślin uprawianych w podłożu Novarbo oraz Klasman 5, gdy podłoża

te nie były wzbogacone w stymulator pieczarkowy, który dodany do wymienionych podłoży opóźniał rozwój pąków kwiatowych. Rośliny uprawiane w podłożu Klastmann 5 szybko rozwijały pąki, w czwartym tygodniu uprawy prawie 60% pelargonii miało już pąki pękające, co jest wynikiem lepszym niż w kontroli.



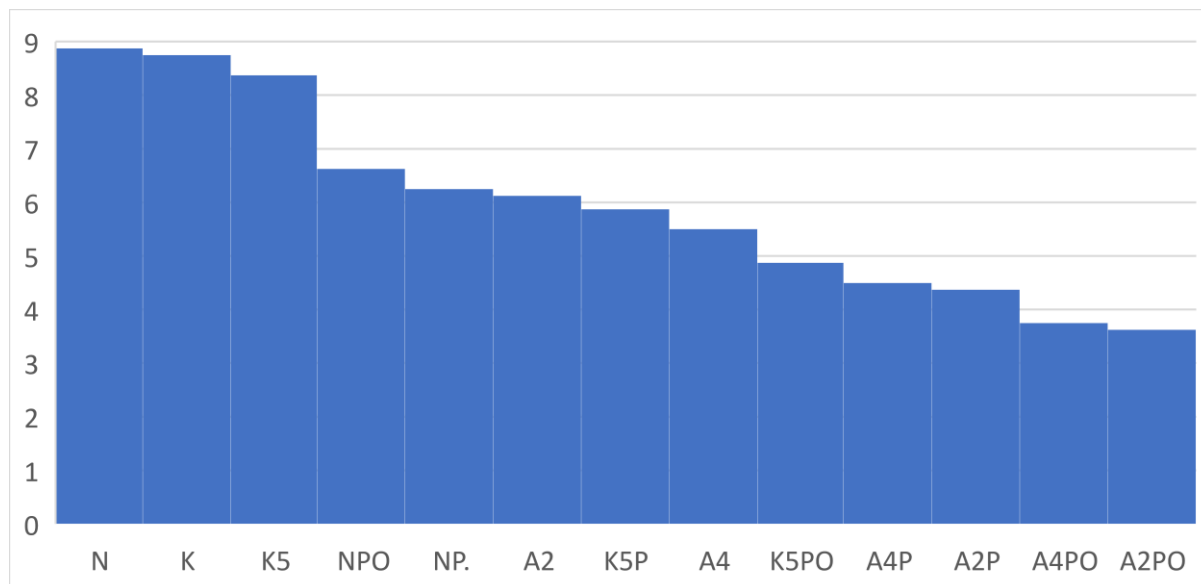
Ryc. 27. Dynamika kwitnienia pelargonii rabatowej w zależności od zastosowanego podłoża. Procent roślin kwitnących z w pełni rozwiniętymi pąkami kwiatowymi od początku trzeciego tygodnia uprawy (5.04) do siódmego tygodnia (7.05)

W pełni rozwinięte kwiatostany pelargonii pojawiały się najwcześniej u roślin rosnących w podłożu kontrolnym (K), Novarbo ze stymulatorem suszem poprodukcyjnym NPO), Agaris 4 ze stymulatorem suszem spożywczym (AP), a także rosnące w podłożach K5P, A2P i A2PO. Dynamikę kwitnienia przedstawiono na ryc. 27. W siódmym tygodniu produkcji ponad 70% pelargonii pochodzących z podłoża kontrolnego miało w pełni rozwinięte kwiatostany, podobnie jak te pochodząc z podłoża K5P oraz A2. W przypadku podłoża Agaris 4 blisko 80% pelargonii kwitło (ryc. 27). Jednocześnie rośliny wyprodukowane na tym podłożu miały najwięcej przekwitłych kwiatostanów, co obniżało wartość dekoracyjną roślin (ryc. 28). Szybko przekwitały też rośliny pochodzące z podłoża Novarbo i Novarbo ze stymulatorem pieczarkowym spożywczym oraz Klastmann 5 z tym stymulatorem.



Ryc. 28. Procent roślin pelargonii rabatowej z widocznymi przekwitającymi kwiatostanami w okresie od 18 kwietnia do 7 maja w zależności od podłoża

Analiza konsumencka dekoracyjności produktu finalnego



Ryc. 29. Wyniki oceny konsumenckiej produktu finalnego pelargonii rabatowej (skala 3-9) rosnącej na różnych podłożach.

Analizie konsumenckiej poddano wyprodukowane pelargonie rabatowe. Dekoracyjność roślin była oceniana w trzech kategoriach: kwitnienie (min. 1 punkt, maks. 3 punkty), pokrój rośliny (min. 1 punkt,

maks. 3 punkty) oraz dekoracyjność liści (min. 1 punkt, maks. 3 punkty). Najlepsze wyniki, zbliżone do 9 punktów (to maksymalna wartość za 3 kategorie) uzyskano dla roślin wyprodukowanych w kontrolnym standardowym podłożu oraz w podłożach Novarbo i Klasmann 5. Najgorzej w ocenie konsumentów prezentowały się pelargonie pochodzące z podłoży Agaris 2 i Agaris 4 oraz gdy te podłoża były wzbogacone w susz pieczarkowy z odpadów produkcji pieczarki (PO) (ryc. 29).

Analizy właściwości fizyko-chemicznych podłoży

Wybrane właściwości fizyczne podłoży wykorzystanych w doświadczeniu szklarniowym z pelargonią rabatową oznaczone po zakończeniu uprawy zestawiono w tabeli 13. Najniższą gęstością objętościową, najbardziej pożądaną cechą podłoża ogrodniczego, cechowały się podłoża Novarbo 20 i Agaris 2. Podłoża te miały równocześnie najwyższą pojemność wodną w odniesieniu do suchej masy podłoża (% ww). Najbardziej zagęszczonym podłożem było podłoże Klasmann 5. Podłoże Novarbo 20 cechowało się natomiast najniższą pojemnością wodą wyrażoną w procentach objętościowych (% ww), zwłaszcza w relacji do podłoży Klasmann 5 i Agaris 4.

Tab. 13. Właściwości fizyczne podłoży wzbogaconych odpadem pieczarkowym po uprawie pelargonii rabatowej w szklarni doświadczalnej, 15.05.2024 r.

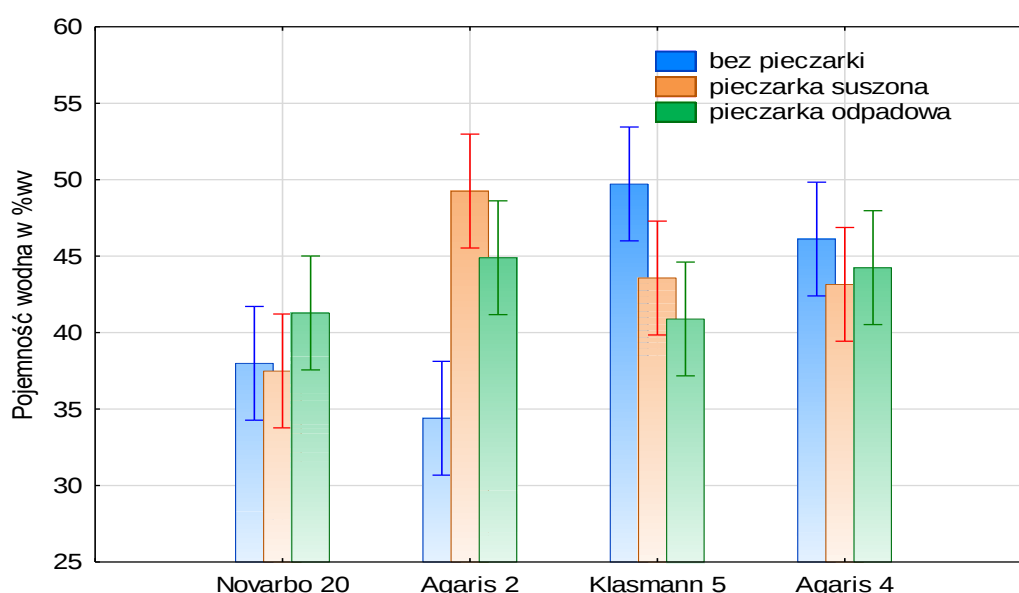
Czynnik		Gęstość objętościowa g cm ⁻³	Pojemność wodna % ww	Pojemność wodna %ww
<i>Kontrola</i>		0,069	42,4	616
Novarbo 20		0,061 A	38,9 A	633 C
Agaris 2		0,071 A	42,9 AB	601 C
Klasmann 5		0,116 C	44,7 B	384 A
Agaris 4		0,098 B	44,5 B	453 B
Bez pieczarki (OP)		0,087 A	42,1 A	512 A
Pieczarka suszona (P)		0,089 A	43,4 A	505 A
Pieczarka odpadowa (PO)		0,084 A	42,8 A	537 A
Novarbo 20	OP	0,059 a	38,0 ab	645 e
	P	0,063 a	37,5 ab	596 de
	PO	0,062 a	41,3 a-c	659 e
Agaris 2	OP	0,128 a	49,7 c	396 ab
	P	0,116 a	43,6 a-c	352 a
	PO	0,103 a	40,9 a-c	403 ab
Klasman 5	OP	0,064 a	34,4 a	537 cd
	P	0,078 a	49,3 c	633 de
	PO	0,071 a	44,9 bc	634 de
Agaris 4	OP	0,098 a	46,1 bc	470 bc
	P	0,099 a	43,2 bc	438 a-c
	PO	0,098 a	44,2 bc	452 a-c

Porównania post-hoc przeprowadzono testem Tukey'a przy $p=0.05$; te same litery oznaczają brak istotności różnic pomiędzy średnimi; analiza dwuczynnikowa, gdzie czynnik 1 - rodzaj podłoża a czynnik 2 – dodatek stymulatora pieczarkowego w formie odpadu z pieczarkarni; kontrola – podłoże torfowe

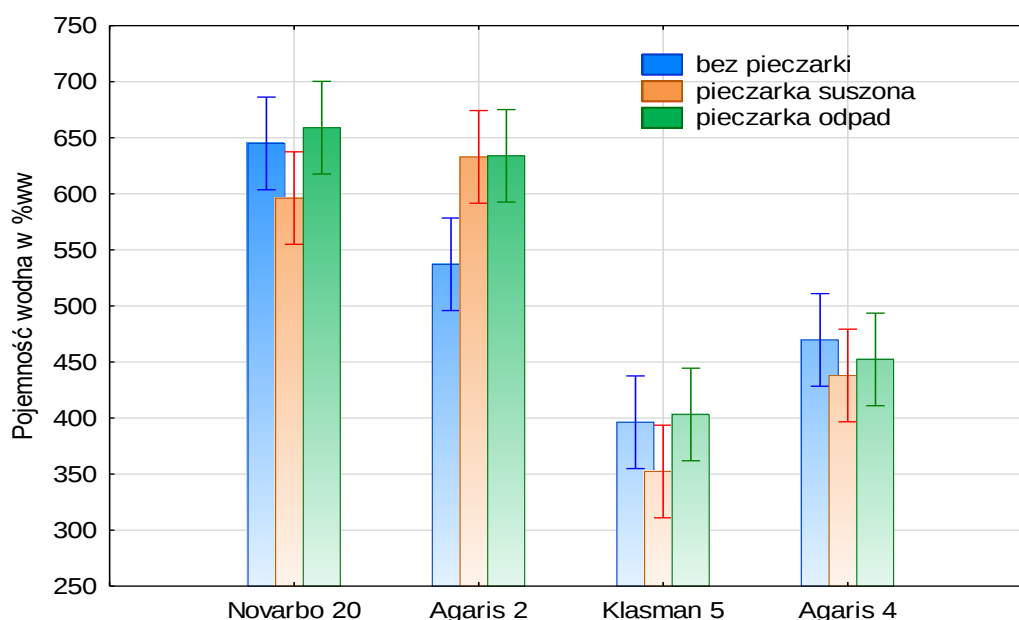
Dodatek stymulatora pieczarkowego nie wpływał statystycznie istotnie na badane właściwości fizyczne podłoża uprawowych (tab. 13).

Wykazano istotne interakcje pomiędzy jakością podłoża a dodatkiem stymulatora grzybowego w przypadku pojemności wodnej (tab. 13, ryc. 30-31).

W podłożu Agar 2 wykazano, że 2,5% dodatek stymulatora grzybowego niezależnie od jego formy, zwiększał pojemność wodną podłoża wyrażoną w relacji do objętości (ryc. 30). Takie same tendencje obserwowano dla pojemności wodnej wyrażonej w procentach wagowych suchej masy podłoża Agar 2 (ryc. 31).



Ryc. 30. Wpływ rodzaju podłoża i dodatku stymulatora pieczarkowego na pojemność wodną (% ww) oznaczoną po uprawie pelargonii rabatowej w szklarni doświadczalnej, 15.05.24 r.



Ryc. 31. Wpływ rodzaju podłoża i dodatku stymulatora pieczarkowego na pojemność wodną (% ww) oznaczoną po uprawie pelargonii rabatowej w szklarni doświadczalnej 15.05.24 r.

Tab. 14. Odczyn (pH), zasolenie (EC $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) oraz zawartość makroskładników, sodu ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) i substancji organicznej w podłożach z dodatkiem pieczarkowego biostymulatora po uprawie **pelargonii rabatowej**, **15.05.2024 r.**

Czynnik		pH	EC	NH ₄	NO ₃	Ca	K	Mg	P	SO ₄	Na	SO%
Kontrola		5,27	797	3,84	158	800	163	142	159	127	73,3	94,0
Klasmann 5		6,36 B	914 C	6,32 AB	146 B	848 B	501 B	162 B	137 A	80,0 A	120 B	66,6 A
Novarbo 20		5,96 A	922 C	5,20 A	152 B	1494 C	303 A	147 A	146 A	110 B	68 A	89,7 C
Agaris 4		7,22 C	524 A	9,34 B	3,49 A	599 A	383 A	197 C	207 B	95,7 AB	83 A	72,3 B
Agaris 2		7,14 C	658 B	5,18 A	4,93 A	671 A	500 B	231 D	221 B	106 B	107 B	90,7 C
Bez pieczarki (OP)		6,80 C	611 A	4,03 A	6,0 A	827 A	375 A	194 A	151 A	101 A	114 C	79,6 AB
Pieczarka suszona (P)		6,69 B	855 C	4,18 A	131 C	908 AB	558 B	180 A	203 B	96,6 A	96 B	80,9 B
Pieczarka odpadowa (PO)		6,53 A	797 B	11,3 B	92,6 B	973 B	332 A	179 A	179 B	96,2 A	73 A	79,0 A
Klasmann 5	OP	7,12 d-f	685 bc	2,62 a-c	6,08 a	530 a	542 c-e	177 a	107 a	70,2 ab	178 e	61,9 a
	P	6,22 c	1160 e	2,08 ab	274 d	694 a	701 e	165 a	163 a	71,5 a-c	123 d	70,2 bc
	PO	5,76 a	897 d	14,3 e	158 b	1319 b	259 a	144 a	141 a	98,4 a-d	59 a	67,6 b
Novarbo 20%	OP	5,94 ab	630 bc	2,44 a-c	11,6 a	1596 b	210 a	156 a	113 a	115 cd	74 a-c	90,3 e
	P	5,83 a	941 d	1,85 a	234 cd	1460 b	385 a-c	133 a	169 a	102 a-d	58 a	88,8 e
	PO	6,11 bc	1195 e	11,3 e	209 c	1427 b	313 ab	154 a	155 a	113 b-d	72 a-c	89,9 e
Agaris 4	OP	7,17 d-f	541 b	8,94 a-e	2,31 a	559 a	355 a-c	211 a	207 a	116 d	96 a-d	76,1 d
	P	7,33 ef	647 bc	9,48 b-e	6,94 a	679 a	525 c-e	188 a	228 a	102 a-d	91 a-d	72,2 cd
	PO	7,16 d-f	386 a	9,61 c-e	1,23 a	558 a	267 a	191 a	188 a	68,7 a	61 ab	68,6 bc
Agaris 2	OP	6,96 d	589 bc	2,10 ab	4,05 a	623 a	392 a-c	234 a	178 a	103 a-d	109 b-d	90,0 e
	P	7,38 f	672 bc	3,29 a-d	8,86 a	801 a	619 de	234 a	253 a	111 a-d	113 cd	92,2 e
	PO	7,08 de	712 c	10,2 de	1,89 a	588 a	487 b-d	227 a	232 a	104 a-d	100 a-d	89,8 e

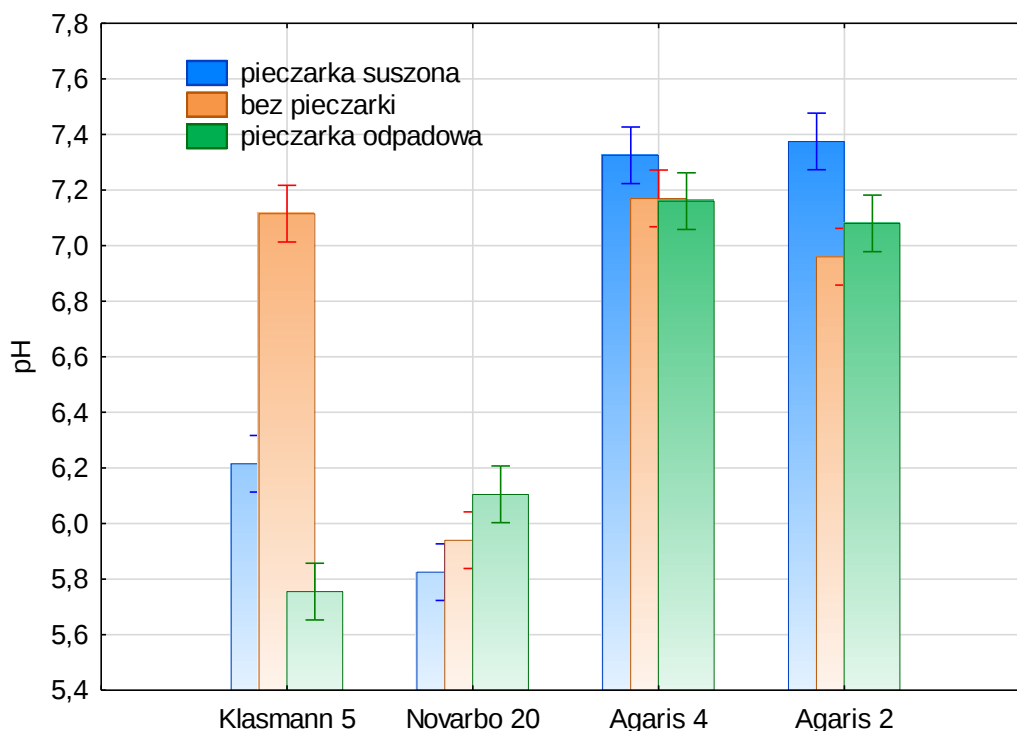
Porównania post-hoc przeprowadzono testem Tukey'a przy $p=0.05$; te same litery oznaczają brak istotności różnic pomiędzy średnimi; standard – podłoże na bazie torfu wysokiego; kontrola – podłoże torfowe

Najniższy odczyn oznaczony po uprawie pelargonii rabatowej oznaczono w podłożu Novarbo 20% (pH 5,96) a najwyższy w podłożach Agaris 2 i 4 (tab. 14). Odczyn podłoża torfowego (kontrola) wynosił pH 5,27. Najwyższe stężenie soli (EC) w roztworze glebowym wykazano dla podłoży Klasman 5 i Novarbo 20 (914 i 922 $\mu\text{S cm}^{-1}$, odpowiednio) a najniższe w podłożu Agaris 4 (524 $\mu\text{S cm}^{-1}$). Podłoże kontrolne posiadało EC równe 797 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

Stosunkowo niewielkie zróżnicowanie wykazano dla stężenia azotu amonowego w badanych podłożach (tab. 14). Mieściło się ono w granicach od 5,18 mg N-NH₄ dm⁻³ (Agaris 2) do 9,34 mg N-NH₄ dm⁻³ (Agaris 4). W przypadku zawartości azotu w formie azotanowej oznaczonej po uprawie roślin, wysokie stężenia wykazano dla podłoży Klasman 5 i Novarbo 20 (146 i 152 mg N-NO₃ dm⁻³, odpowiednio). W podłożu torfowym analizowanym po uprawie stwierdzono 158 mg N-NO₃ dm⁻³. Zawartość azotanowej formy azotu w podłożach torfowych i organicznych przeznaczonych dla uprawy rozsady ogórka i pomidora powinna mieścić się w przedziale 80-150 mg N-NO₃ dm⁻³ (Nowosielski 1988). Najwięcej rozpuszczalnego wapnia zawierało podłoże Novarbo 20, ponad dwukrotnie więcej niż podłoża Agaris 2 i 4 (tab. 14). Nowosielski podaje zakres 1500-2500 mg Ca dm⁻³ substratu torfowego jako odpowiedni dla rozsady warzyw.

Dwa podłoża: Klasman 5 i Agaris 2 wyróżniały się wysoką zawartością potasu (500 mg K dm⁻³). Zawartość potasu w podłożach torfowych wg Nowosielskiego (1988) powinna wynosić dla rozsady warzyw o wysokich wymaganiach pokarmowych 250-500 mg K dm⁻³. Najwięcej magnezu oznaczono w podłożu Agaris 2 (231 mg Mg dm⁻³) a najmniej w podłożu Novarbo 20% (147 mg Mg dm⁻³). Podobną zawartość Mg miało podłoże kontrolne (142 mg Mg dm⁻³). Nowosielski (1988) podaje jako zawartość standardową w substracie torfowym przeznaczonym dla rozsady warzyw optymalny zakres dla magnezu: 80-250 mg Mg dm⁻³.

Zawartość substancji organicznej w testowanych podłożach mieściła się w granicach od 72,3 % (Agaris 4) do 90,7% (Agaris 2). W podłożu kontrolnym oznaczono 94% substancji organicznej (tab. 14).



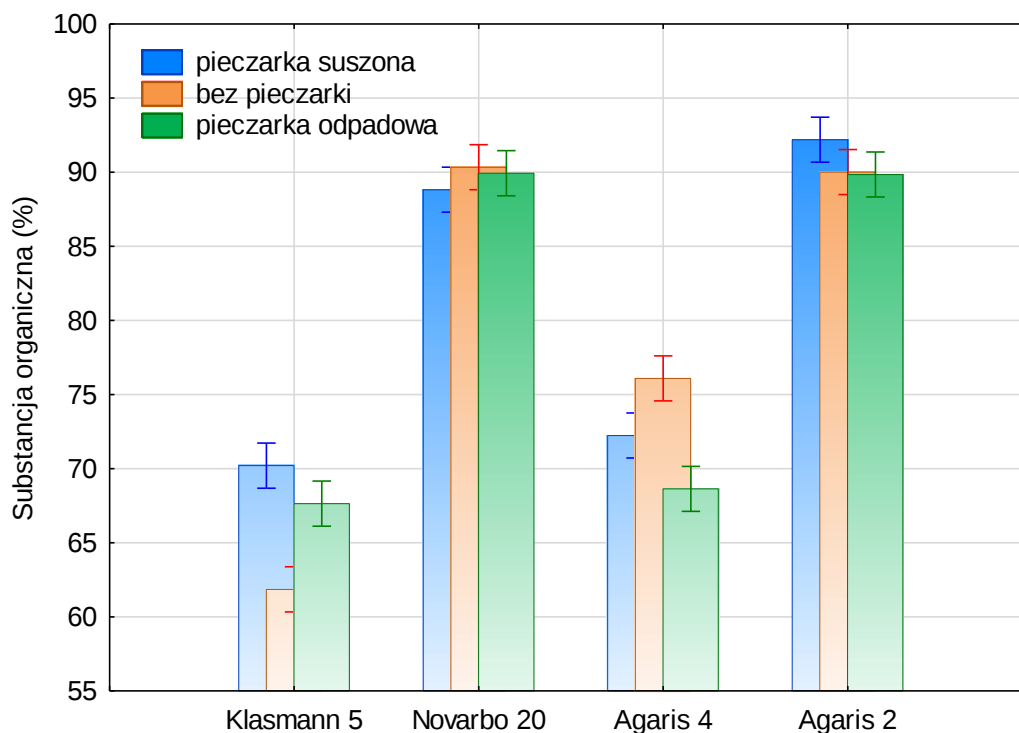
Ryc. 32. Wpływ rodzaju podłoża i dodatku stymulatora pieczarkowego na odczyn (pH) oznaczony po uprawie pelargonii rabatowej w szklarni doświadczalnej, 15.05.24 r.

Za wyjątkiem potasu, magnezu i siarki, dodatek stymulatora pieczarkowego wpłynął istotnie na odczyn, EC i zawartość składników mineralnych w podłożach analizowanych po uprawie pelargonii rabatowej (tab. 14). Generalnie dodatek grzybów obniżał pH podłoży oraz zwiększał ich zasolenie. Podatek suszonej pieczarki spożywczej (P) zwiększał istotnie zawartość azotu azotanowego (N-NO_3), potasu i fosforu w podłożach. Natomiast dodatek suszonego odpadu pieczarkowego (PO) zwiększał poziom azotu amonowego i fosforu w podłożach w relacji do kombinacji nietraktowanych.

Wykazano istotny wpływ współdziałania czynników doświadczenia na odczyn, EC i zawartość składników mineralnych (za wyjątkiem Mg i P) w podłożach analizowanych po uprawie pelargonii rabatowej (tab. 14, ryc. 31-32). W podłożu Klastmann 5 dodatek grzybowego stymulatora, niezależnie od jego formy, obniżał istotnie odczyn podłoża. W podłożach Agarisa, a zwłaszcza w Agarisa 2, dodatek suszonej pieczarki spożywczej zwiększał odczyn podłoża. Odwrotną reakcję obserwowano dla podłoża Novarbo 20 (ryc. 31).

Najwyższe stężenie soli wykazano w podłożu Novarbo 20 z dodatkiem odpadu pieczarkowego oraz w podłożu Klastmann 5 z dodatkiem pieczarki suszonej (tab. 14). Odpad pieczarkowy (2,5% dodatek) zwiększał zawartość N-NH_4 w podłożach Klastmann 5, Novarbo 20 i Agarisa 2. Wzrost zawartości Ca w podłożu Klastmann 5 wykazano tylko dla dodatku odpadowej pieczarki. Obserwowano tendencje do wzrostu zawartości rozpuszczalnego potasu w stosunku do kontroli po zastosowaniu dodatku suszonej pieczarki spożywczej do podłoża Klastmann 5 oraz Agarisa 2 i Agarisa 4.

W podłożu Klastmann 5 po zastosowaniu stymulatorów grzybowych, niezależnie od ich formy, oznaczono istotnie więcej substancji organicznej niż w podłożu bez dodatków (ryc. 33). Odwrotną zależność obserwowano dla podłoża Agarisa 4, które obok podłoża Klastmann 5 wyróżniało się najniższą zawartością substancji organicznej spośród badanych w doświadczeniu podłoży.



Ryc. 33. Wpływ rodzaju podłoża i dodatku stymulatora pieczarkowego na zawartość substancji organicznej (%) oznaczoną po uprawie pelargonii rabatowej w szklarni doświadczalnej, 15.05.24 r.

Generalnie, tak jak w przypadku doświadczenia z aksamitką wyniosłą, za wyjątkiem boru, podłoża beztorfowe i z ograniczoną zawartością torfu zawierały więcej ogólnych form mikroelementów, zwłaszcza żelaza, manganu i cynku (tab. 15).

Ogólna zawartość boru w badanych po uprawie pelargonii rabatowej podłożach mieściła się w granicach od 1,74 mg B kg⁻¹ s.m. (Agaris 4) do 28,5 mg B kg⁻¹ s.m. (Agaris 2). Najwięcej miedzi i molibdenu ogółem oznaczono w podłożu Agaris 2 a żelaza w podłożu Agaris 4. Podłoże Klasmann 5 zawierało natomiast najwięcej cynku (tab. 15).

Oznaczenia wykonane w podłożach po uprawie pelargonii rabatowej wykazały, że dodatek stymulatorów grzybowych zwiększał w podłożach zawartość boru a także cynku, w przypadku suszonej pieczarki spożywczej (tab. 15). Najwięcej manganu zawierało podłoże nietraktowane grzybowymi dodatkami.

Wykazano istotny wpływ współdziałania czynników doświadczenia podłoże x dodatek stymulatora grzybowego na zawartość w podłożach Cu, Mn i Zn. Najwięcej Cu i Zn oznaczono w podłożu Agaris 2 z dodatkiem suszonej pieczarki spożywczej (tab. 15). W podłożu Agaris 4 grzybowe stymulatory obniżały ogólną zawartość manganu oznaczoną po uprawie pelargonii. W beztorfowym podłożu Klasmann 5 dodatek odpadu z pieczarkarni obniżał istotnie zawartość cynku.

Tab. 15. Ogólna zawartość (po mineralizacji w HNO₃) mikroelementów (mg kg⁻¹ s.m.) oznaczona w podłożach po uprawie **pelargonii rabatowej**

Czynnik	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	
Kontrola	8,15	20,7	972	27,2	5,97	32,1	
Klasmann 5	7,41 A	36,1 A	13065 B	227 C	12,8 B	77,8 D	
Novarbo 20	13,2 B	32,8 A	1662 A	71,4 A	7,35 A	46,4 A	
Agaris 2	28,5 C	55,5 C	2831 A	140 B	17,0 C	53,2 B	
Agaris 4	1,74 A	46,3 B	17861 C	213 C	12,0 B	59,5 C	
Bez pieczarki (OP)	10,1 A	43,4 A	9632 B	175 B	11,7 A	60,3 B	
Pieczarka suszona (P)	16,0 B	42,9 A	8697 AB	161 A	13,0 A	64,5 C	
Pieczarka odpadowa (PO)	12,1 AB	41,7 A	8235 A	152 A	12,2 A	52,9 A	
Klasmann 5	OP	5,85 a	42,6 bc	14424 a	245 ef	11,9 a	89,4 e
	P	10,3 a	33,0 a	12741 a	231 ef	13,6 a	82,5 e
	PO	6,0 a	32,7 a	12029 a	206 de	13,0 a	61,4 cd
Novarbo 20	OP	10,8 a	33,7 ab	1048 a	71,5 a	8,3 a	44,1 a
	P	17,1 a	31,7 a	2318 a	73,8 a	6,7 a	50,6 a-c
	PO	11,7 a	33,1 a	1619 a	68,8 a	7,1 a	44,5 a
Agaris 2	OP	23,6 a	50,5 cd	3494 a	138 b	15,2 a	47,3 ab
	P	33,2 a	62,8 e	2863 a	153 bc	19,2 a	64,7 d
	PO	28,6 a	53,2 d	2137 a	130 b	16,6 a	47,5 ab
Agaris 4	OP	0,14 a	46,9 cd	19562 a	246 f	11,4 a	60,6 cd
	P	3,22 a	44,3 cd	16866 a	188 cd	12,3 a	60,1 cd
	PO	1,85 a	47,8 cd	17155 a	205 de	12,3 a	57,9 b-d

Porównania post-hoc przeprowadzono testem Tukey'a przy p = 0.05; te same litery oznaczają brak istotności różnic pomiędzy średnimi; kontrola – podłoże torfowe

Analizy materiału roślinnego

W tabeli 16 zamieszczono wyniki oznaczeń zawartości suchej masy, makroelementów i sodu w roślinach pelargonii rabatowej pobranych do badań w dniu likwidacji doświadczenia. Zawartość suchej masy w roślinach mieściła się w przedziale od 11,0% (Klasmann 5) do 12,1% (Agaris 2 i 4) i była istotnie zależna od zastosowanego w doświadczeniu podłoża uprawowego. Rośliny rosnące w podłożu torfowym posiadały 11,4% suchej masy. Najwięcej azotu oznaczono w biomasie pelargonii rosnącej w podłożu Novarbo 20 (3,26% N) a najmniej w Agaris 2 (2,65% N). Podobne zależności wykazano dla zawartości wapnia w biomasie. Pelargonie rosnące w podłożu Novarbo 20 miały najwięcej Ca, a w podłożu Agaris 2 i Agaris 4 najmniej. Korespondowało to z zawartością wapnia oznaczoną w tych podłożach po zakończeniu uprawy pelargonii. Rośliny zbierane do analiz z podłoża kontrolnego zawierały 3,08% N oraz 2,52% Ca w suchej masie.

Najwięcej potasu i sodu oznaczono w roślinach rosnących w podłożu Klasmann 5 (4,46% K w s.m. i 0,17% Na w s.m., odpowiednio) a najmniej w podłożach Agaris 2 i 4 (tab. 10). W biomasie pelargonii pobieranej do badań z kombinacji Novarbo 20% oznaczono najmniej magnezu. Generalnie wszystkie rośliny rosnące na podłożach z ograniczoną zawartością torfu wyróżniały się niższą zawartością Mg (0,26-0,30% Mg w s.m.) niż rośliny rosnące w substracie torfowym (0,39% Mg w s.m.). Najwięcej siarki oznaczono w roślinach rosnących w podłożu Agaris 2 (tab. 16).

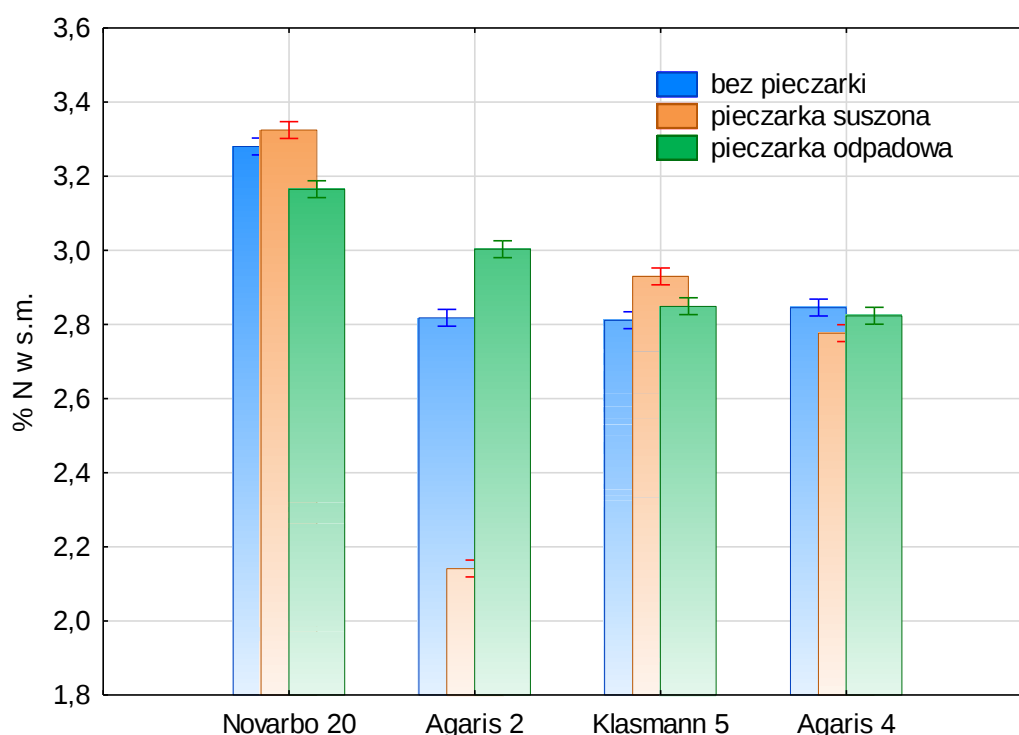
Tab. 16. Zawartość makroskładników (% s.m.) i sodu (mg kg⁻¹ s.m.) w pelargonii rabatowej uprawianej w podłożach z dodatkiem stymulatora pieczarkowego w warunkach szklarni doświadczalnej, 15.05.2024 r.

Czynnik	s.m.	N	Ca	K	Mg	P	S	Na
Kontrola	11,4	3,08	2,52	3,19	0,39	0,58	0,22	0,099
Novarbo 20	11,5 AB	3,26 D	2,11 D	3,16 A	0,26 A	0,57 AB	0,24 B	0,11 A
Klasmann 5	11,0 A	2,86 C	1,62 C	4,46 C	0,30 B	0,56 A	0,22 A	0,17 D
Agaris 2	12,1 B	2,65 A	1,24 A	3,91 B	0,30 B	0,57 AB	0,26 D	0,16 C
Agaris 4	12,1 B	2,82 B	1,35 B	3,66 B	0,30 B	0,60 B	0,26 C	0,15 B
Bez pieczarki OP)	11,4 A	2,94 B	1,51 A	3,88 A	0,30 B	0,56 B	0,23 A	0,14 A
Pieczarka suszona (P)	12,1 A	2,79 A	1,60 B	3,66 A	0,26 A	0,54 A	0,26 C	0,15 B
Pieczarka odpad (PO)	11,5 A	2,96 C	1,62 B	3,86 A	0,31 C	0,63 C	0,24 B	0,15 B
Novarbo 20%	OP	11,1 a	3,28 f	2,28 i	3,13 ab	0,30 cd	0,57 b-d	0,24 cd
	P	12,5 a	3,32 f	2,12 h	3,32 a-c	0,24 a	0,57 b-d	0,23 cd
	PO	11,0 a	3,16 e	1,93 g	3,05 a	0,25 ab	0,58 cd	0,24 d
Agaris 2	OP	11,6 a	2,82 ab	1,13 a	3,76 a-d	0,29 c	0,56 b-d	0,23 b-d
	P	12,3 a	2,14 a	1,29 a-c	3,54 a-c	0,29 c	0,49 a	0,30 f
	PO	12,4 a	3,00 d	1,30 bc	4,43 d	0,32 ef	0,67 ef	0,25 e
Klasmann 5	OP	10,0 a	2,81 ab	1,47 d	5,26 e	0,30 c-e	0,61 de	0,216 a
	P	12,0 a	2,93 c	1,65 ef	4,06 cd	0,27 b	0,51 ab	0,220 a
	PO	10,9 a	2,85 b	1,75 f	4,06 cd	0,33 fg	0,57 b-d	0,22 ab
Agaris 4	OP	12,7 a	2,85 b	1,17 ab	3,39 a-c	0,31 de	0,52 a-c	0,23 a-c
	P	11,7 a	2,78 b	1,37 cd	3,71 a-d	0,26 b	0,58 b-d	0,30 f
	PO	11,8 a	2,82 ab	1,50 de	3,88 b-d	0,34 g	0,69 f	0,24 de

Porównania post-hoc przeprowadzono testem Tukey'a przy p=0.01; te same litery oznaczają brak istotności różnic pomiędzy średnimi; analiza dwuczynnikowa, gdzie czynnik 1 – podłoże, czynnik 2 – dodatek stymulatora pieczarkowego

Dodatek stymulatorów pieczarkowych wpływał istotnie na skład mineralny biomasy pelargonii rabatowej, za wyjątkiem potasu. Także w przypadku suchej masy nie wykazano istotnej zależności pomiędzy zawartością wody w tkankach roślin a obecnością w podłożach grzybowych dodatków (tab. 16). Najwięcej N, Mg i P oznaczono w biomase pobieranej do badań z podłoża z dodatkiem suszonej pieczarki odpadowej. Suszona pieczarka spożywcza wprowadzana do podłoża jako stymulator istotnie zwiększała w pelargonii zawartość Ca, S i Na w relacji do kontroli.

Za wyjątkiem suchej masy, wykazano istotny statystycznie wpływ współdziałania czynników doświadczenia na zawartość makroskładników pokarmowych w biomase roślin. W przypadku podłoża Novarbo 20, dodatek pieczarki odpadowej istotnie obniżał zawartość N w pelargonii w relacji do pozostałych kombinacji doświadczalnych (ryc. 34). Odwrotną relację obserwowano dla podłoża Agar 2. Najwięcej Ca zawierały rośliny rosnące w podłożu Novarbo 20 bez grzybowych dodatków (tab. 13). Dodatek pieczarki suszonej i odpadowej zwiększał natomiast zawartość wapnia w pelargonii rosnących w podłożu Agar 4.



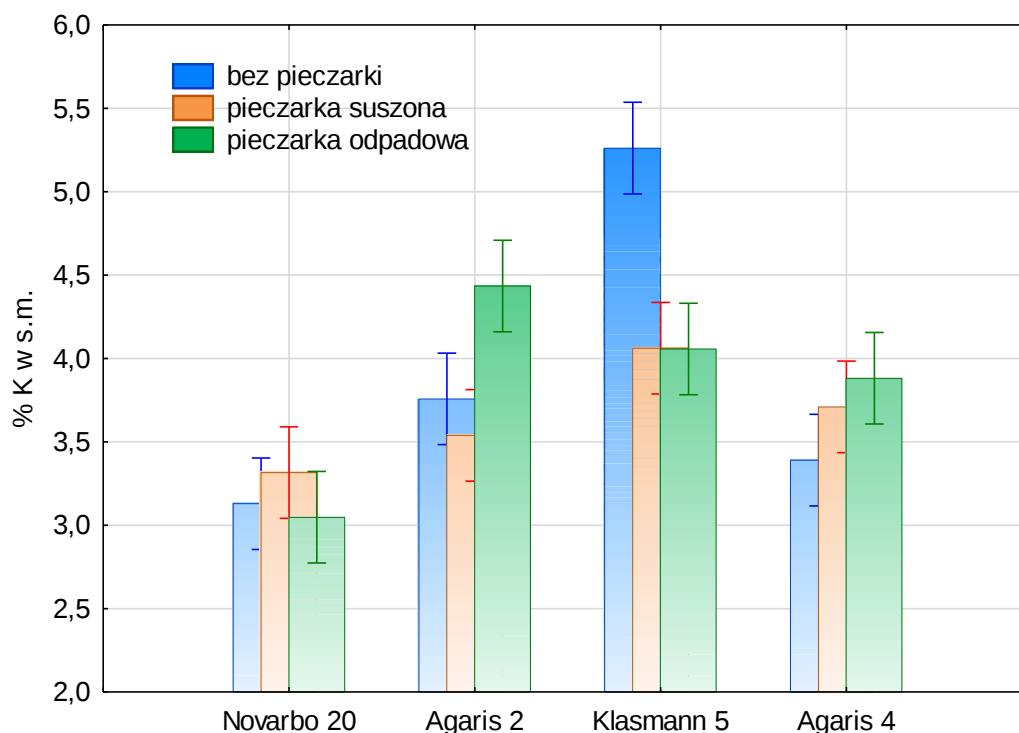
Ryc. 34. Wpływ rodzaju podłoża i dodatku stymulatora pieczarkowego na zawartość azotu (% N w s.m.) w biomase pelargonii rabatowej uprawianej w warunkach szklarni doświadczalnej, 15.05.24 r.

Rośliny rosnące w podłożu Klasmann 5 bez dodatków stymulatorów grzybowych zawierały najwięcej potasu (ryc. 35). Obserwowano tendencję podwyższonej zawartości potasu w biomase pelargonii w uprawie w podłożach Agar 2 i 4 z odpadową pieczarką. Zwłaszcza w podłożu Agar 2, gdzie stwierdzono statystycznie istotnie więcej tego składnika w roślinach po zastosowaniu dodatku pieczarki odpadowej.

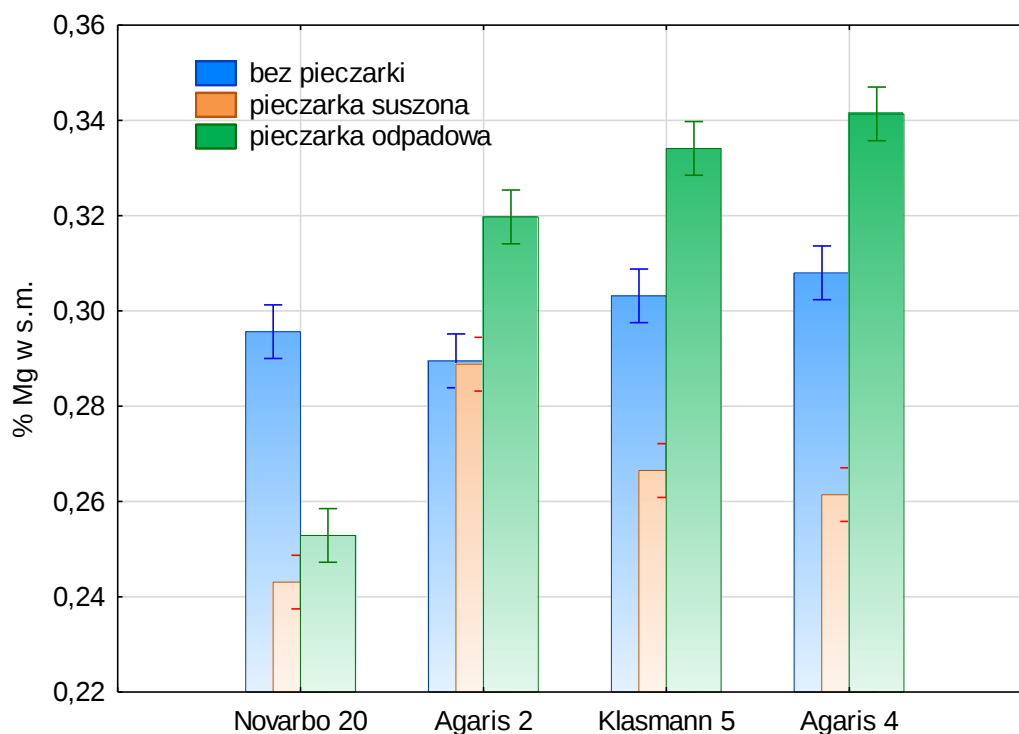
Najmniej magnezu oznaczono w pelargonii rosnących w podłożu Novarbo 20% z dodatkami stymulatorów pieczarkowych (ryc. 36). W pozostałych podłożach dodatek suszonej pieczarki odpadowej zwiększał istotnie zawartość Mg w biomase.

Tak jak w przypadku potasu, najwięcej fosforu zawierały pelargonie rosnące na podłożach Agar 2 i 4 z dodatkiem pieczarki odpadowej (ryc. 37). Natomiast w podłożu Klasmann 5 dodatek stymulatorów pieczarkowych obniżał w roślinach zawartość tego składnika.

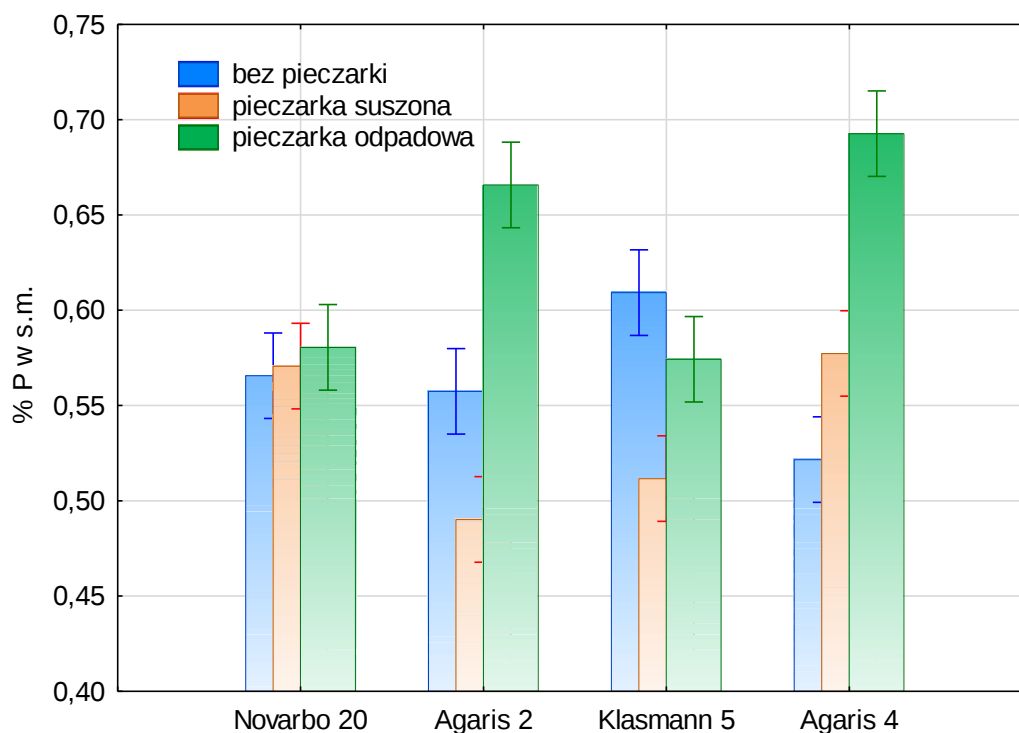
Rośliny rosnące w podłożach Agaris 2 i 4 z dodatkiem suszonej pieczarki spożywczej zawierały istotnie więcej siarki niż w podłożu z pieczarką odpadową lub bez grzybowych dodatków (ryc. 38).



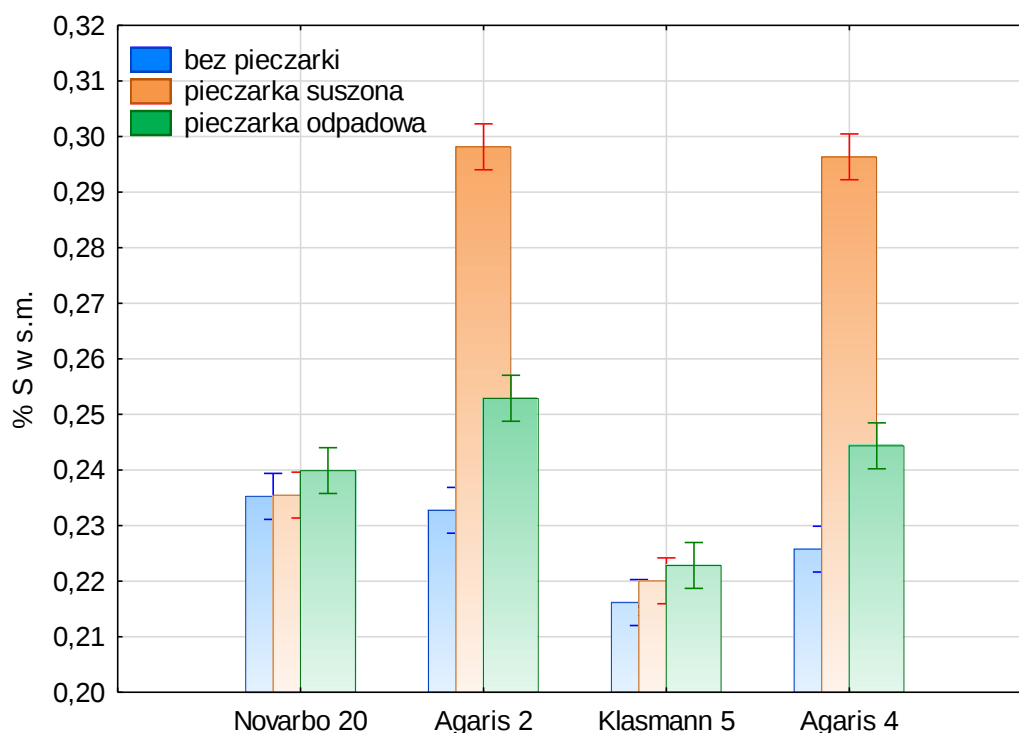
Ryc. 35. Wpływ rodzaju podłoża i dodatku stymulatora pieczarkowego na zawartość potasu (% K w s.m.) w biomase pelargonii rabatowej uprawianej w warunkach szklarni doświadczalnej, 15.05.24 r.



Ryc. 36. Wpływ rodzaju podłoża i dodatku stymulatora pieczarkowego na zawartość magnezu (% Mg w s.m.) w biomase pelargonii rabatowej uprawianej w warunkach szklarni doświadczalnej, 15.05.24 r.



Ryc. 37. Wpływ rodzaju podłoża i dodatku stymulatora pieczarkowego na zawartość fosforu (% P w s.m.) w biomase pelargonii rabatowej uprawianej w warunkach szklarni doświadczalnej, 15.05.24 r.



Ryc. 38. Wpływ rodzaju podłoża i dodatku stymulatora pieczarkowego na zawartość siarki (% S w s.m.) w biomase pelargonii rabatowej uprawianej w warunkach szklarni doświadczalnej, 15.05.24 r.

Generalnie, pelargonie rabatowe rosnące w torfie wysokim (kontrola) zawierały więcej miedzi, żelaza, manganu, natomiast mniej molibdenu i cynku w stosunku do roślin pochodzących z podłoży beztorfowych lub z ograniczoną zawartością torfu (tab. 17).

Porównując użyte w badaniach podłoża wykazano, że najwięcej boru oznaczono w pelargonii rabatowej uprawianej w podłożu beztorfowym Klasmann 5 (tab. 17). Rośliny pobierane do badań z podłoża Novarbo 20 z ograniczoną zawartością torfu były najlepiej zaopatrzone w Cu, Fe, Mn i Mo. Najwięcej cynku zawierały natomiast pelargonie pobierane do badań z podłoża Agaris 2.

Dodatek stymulatora pieczarkowego w postaci suszonej pieczarki spożywczej (P) zwiększał istotnie w roślinach zawartość żelaza i cynku (tab. 17). Najwięcej miedzi wykazano natomiast w biomase pelargonii rabatowej uprawianej w podłożu z dodatkiem pieczarki odpadowej (PO).

Wykazano statystycznie istotny wpływ współdziałania badanych czynników na zawartość mikroelementów w biomase pelargonii rabatowej (tab. 17). Generalnie, w podłożach beztorfowych dodatek odpadowej pieczarki (PO) poprawiał zaopatrzenie roślin w miedź. Natomiast w podłożu z ograniczoną zawartością torfu Novarbo 20, dodatek stymulatora grzybowego w tej formie obniżał dostępność dla roślin Cu, Mn i Zn w relacji do podłoża nietraktowanych. Wykazano także spadek zawartości Mn, Mo i Zn w roślinach rosnących w tym podłożu na skutek dodatku stymulatora w postaci suszonej pieczarki spożywczej (P). Suplementacja stymulatorem pieczarkowym w formie suszonej pieczarki spożywczej zwiększała zawartość Fe w roślinach rosnących w podłożu Novarbo 20. W podłożach Agaris dodatek pieczarkowych stymulatorów, niezależnie od ich formy, poprawiał zaopatrzenie roślin w cynk.

Tab. 17. Zawartość mikroskładników (mg kg^{-1})* w biomase **pelargonii rabatowej** rosnącej w podłożach z dodatkiem pieczarkowego biostymulatora w warunkach szklarni doświadczalnej (URK),

Czynnik		B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Kontrola		36,2	7,73	788	528	1,50	73,8
Klasmann 5		46,6 B	6,44 C	92,4 A	153 B	3,14 A	68,9 B
Novarbo 20		37,6 A	7,12 D	165 C	188 C	4,28 B	70,0 B
Agaris 2		38,9 A	6,07 B	138 B	134 A	3,06 A	73,4 C
Agaris 4		38,8 A	5,74 A	103 A	133 A	3,14 A	58,0 A
Bez pieczarki (OP)		37,1 A	6,46 B	91,1 A	150 A	4,23 B	67,2 B
Stymulator pieczarkowy (P)		41,6 B	5,87 A	160 C	156 A	2,98 A	71,1 C
Pieczarka odpadowa (PO)		42,8 B	6,69 C	122 B	151 A	3,00 A	64,4 A
Klasmann 5	OP	35,9 a	6,80 de	63,4 a	94 a	4,16 c	73,1 d
	P	48,0 c	5,73 ab	106 b	165 d	2,67 ab	68,3 c
	PO	55,9 d	6,78 de	108 b	199 e	2,58 a	65,3 c
Novarbo 20	OP	37,5 ab	7,49 f	113 b	223 f	6,68 d	80,0 e
	P	37,9 ab	7,07 ef	213 d	191 e	2,97 ab	72,8 d
	PO	37,5 ab	6,80 de	168 c	151 cd	3,18 b	57,2 b
Agaris 2	OP	38,1 ab	6,05 bc	90,2 ab	137 bc	2,86 ab	65,4 c
	P	41,7 b	5,40 a	211 d	146 cd	3,16 b	78,5 e
	PO	37,0 ab	6,76 de	112 b	119 b	3,15 b	76,3 de
Agaris 4	OP	36,8 ab	5,51 ab	97,6 b	144 c	3,20 b	50,4 a
	P	38,7 ab	5,26 a	111 b	121 b	3,13 b	64,7 c
	PO	41,0 ab	6,44 cd	101 b	136 bc	3,09 ab	58,9 b

Porównania post-hoc przeprowadzono testem Tukey'a przy $p = 0.01$; te same litery oznaczają brak istotności różnic pomiędzy średnimi; kontrola – podłoże torfowe

Wyniki badań: doświadczenie 3 – uprawa pelargonii bluszczolistnej



a.



b.



c.



d.

Ryc. 39. Uprawa pelargonii bluszczolistnej 'Decora Rood' (*Pelargonium peltatum*) w szklarniach doświadczalnych Wydziału Biotechnologii i Ogrodnictwa UR w Krakowie: a – 15.04.2024, b – 25.04.2024, c – 6.05.2024, d - 25.05.2024.

Pelargonja bluszczolistna 'Decora Rood' (*Pelargonium peltatum*) była uprawiana w szklarni doświadczalnej Wydziału Biotechnologii i Ogrodnictwa UR w Krakowie od 22 marca do 6 czerwca 2024 roku (ryc. 39 a-d) na podłożach z ograniczoną zawartością torfu oraz beztorfowych, także wzbogaconych w stymulator pieczarkowy: odpad z uprawy pieczarek (PO) oraz spożywczy przygotowany z suszonych owocników (P). Podczas trwania doświadczenia wykonywano obserwacje wizualne roślin, w tym obserwacje pojawiających się kwiatów. Po uzyskaniu finalnego produktu w 11 tygodniu uprawy (6 czerwca) przeprowadzono szczegółowe pomiary i analizy, a najważniejsze wyniki przedstawiono poniżej.

Charakterystyka roślin i stan fizjologiczny liści

Obserwacje przeprowadzone podczas uprawy pelargonii bluszczolistnej wykazały hamujący wpływ zastosowanego stymulatora pieczarkowego, zarówno pochodzącego z poprodukcyjnych odpadów, jak i spożywczego wyprodukowanego z owocników pieczarek, na długość rozwijających się pędów pelargonii (ryc. 40). Obserwacje te potwierdziły wykazaną wcześniej reakcję aksamitki wyniosłej i pelargonii rabatowej na użycie 2,5% stymulatora pieczarkowego w podłożu uprawowym, który wpływał hamująco na wysokość roślin.

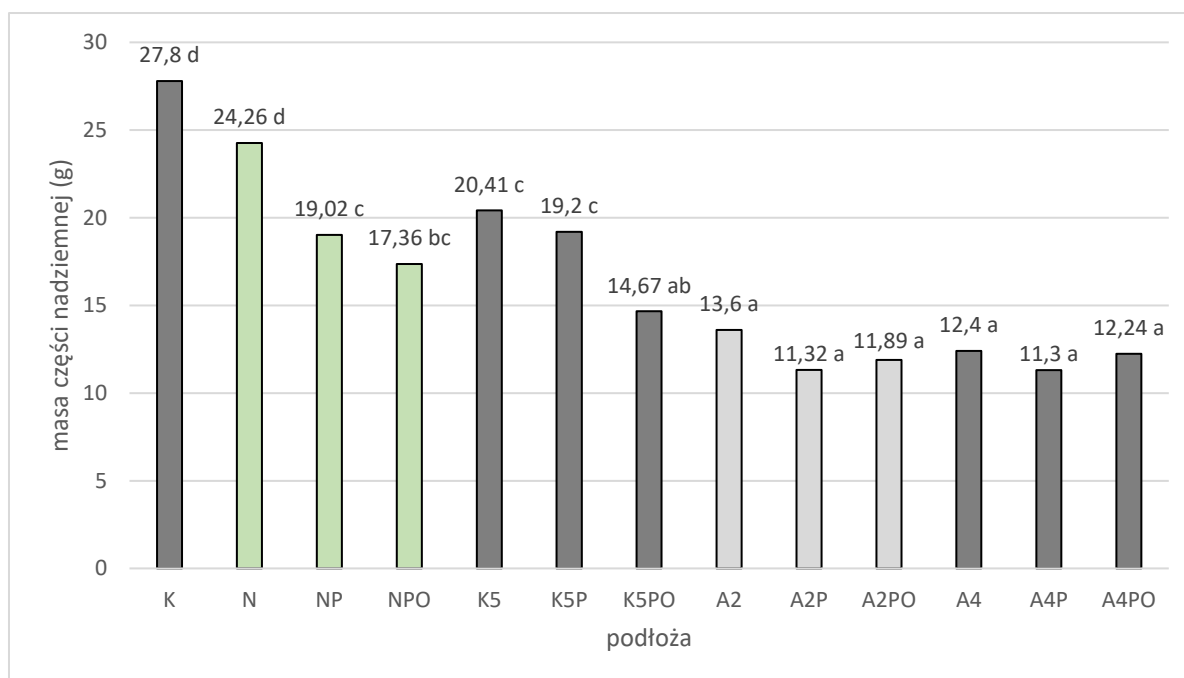


a.

b.

Ryc. 40. Wpływ stymulatora pieczarkowego pochodzenia spożywczego na wysokość roślin pelargonii bluszczolistnej po zakończeniu uprawy na różnych podłożach

Hamujący wpływ stymulatora pieczarkowego na rozwój roślin potwierdziły pomiary masy części nadziemnej pelargonii bluszczolistnej wykonane na zakończenie uprawy (ryc. 41). Najwyższą masą charakteryzowały się pelargonie z podłoża kontrolnego (standardowo używanego do produkcji), ale na tym samym statystycznie poziomie były rośliny wyprodukowane w podłożu Novarbo 20. Dodatek stymulatora pieczarkowego do tego podłoża wpływał na zmniejszenie masy części nadziemnej. Identyczna tendencja obserwowano dla pozostałych badanych podłoży. Na wszystkich podłożach Agar, tj. A2, A2PO, A2P, A4, A4PO, A4P masa uzyskanych roślin była co najmniej dwukrotnie mniejsza od tych otrzymanych w podłożu kontrolnym (ryc. 41).



Ryc. 41. Wpływ podłoża na masę części nadziemnej pelargonii bluszczolistnej po zakończeniu uprawy w zależności od zastosowanego podłoża

Tabela 18. Wpływ podłoża oraz podłoża zawierającego 2 rodzaje stymulatora pieczarkowego (PO, P) na zawartość barwników fotosyntetycznych oraz indeks zieloności liści pelargonii bluszczolistnej na zakończenie uprawy

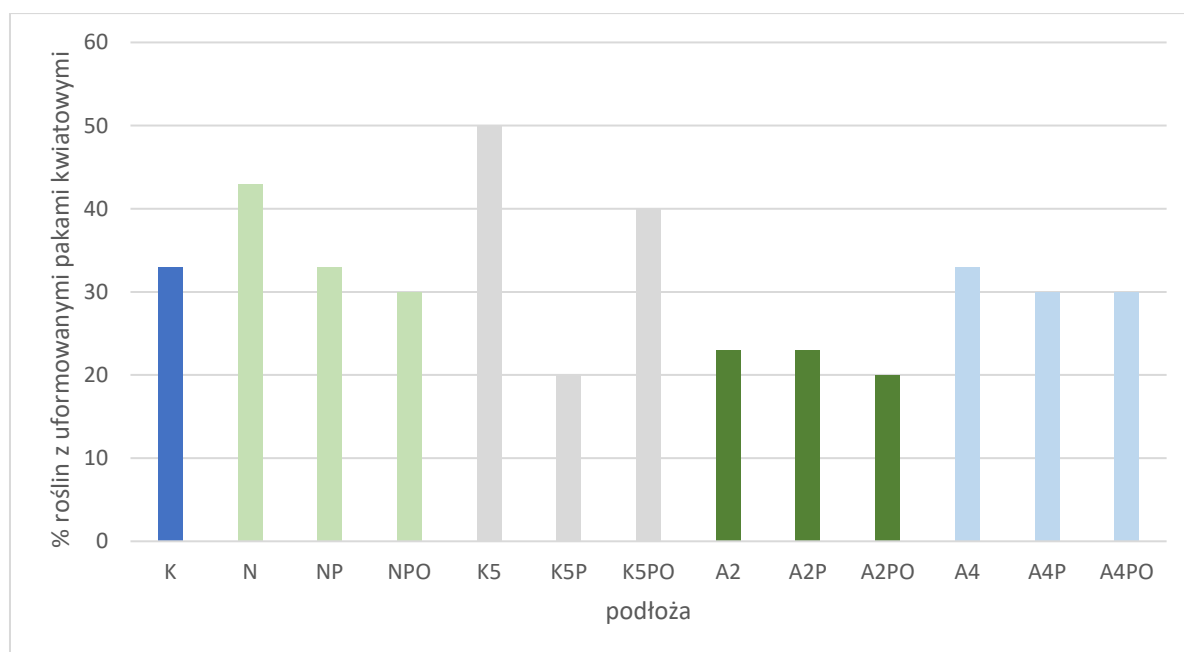
Podłoża	SPAD	Chlorofil a	Chlorofil b	Karotenoidy
K	51,20 e*	5,1487 efg	3,8565 cde	0,6069 de
N	48,97 de	4,971 e	3,811 bcde	0,481 bcd
NP	46,25 bcd	5,537 fg	3,961 de	0,725 e
NPO	43,35 bc	5,697 g	4,171 e	0,739 e
K5	43,63 bc	3,350 ab	3,438 ab	0,327 b
K5P	42,66 bc	3,857 bc	3,561 abc	0,472 bcd
K5PO	46,77 cd	4,887 e	3,767 bcd	0,530 cd
A2	42,88 bc	3,681 abc	3,312 a	0,326 b
A2P	45,50 bcd	5,023 ef	4,079 de	0,503 cd
A2PO	44,06 bc	3,989 cd	3,352 a	0,389 bc
A4	37,99 a	3,114 a	3,684 abcd	0,121 a
A4P	42,65 b	4,530 de	3,693 abcd	0,528 cd
A4PO	41,35 b	4,048 cd	3,851 cde	0,329 b

* średnie w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się między sobą istotnie

Badania stanu fizjologicznego liści pelargonii bluszczolistnej (tab. 18) wykazały, że indeks zieloności liści SPAD kształtował się na poziomie od 37,99 (na podłożu A4) do 51,2 (na podłożu kontrolnym). Najwyższe wartości SPAD obserwowano oprócz kontroli, w liściach roślin pochodzących z podłoża Novarbo 20, Novarbo 20 z suszem spożywczym (NP) oraz z podłoża Agar 2 z suszem spożywczym (2P). Jest to skorelowane z najwyższą zawartością barwników fotosyntetycznych, szczególnie chlorofilu a, którego najwyższy poziom zaobserwowano u roślin pochodzących z wyżej wymienionych podłoży. Dodatkowo wysoką zawartość chlorofilu miały rośliny z podłoża Novarbo z suszem pieczarkowym pochodzącym z produkcji grzybów (NPO). Analiza próbek na zawartość chlorofilu b potwierdziła powyższe wyniki, podobnie jak analizy na zawartość karotenoidów.

Charakterystyka kwitnienia

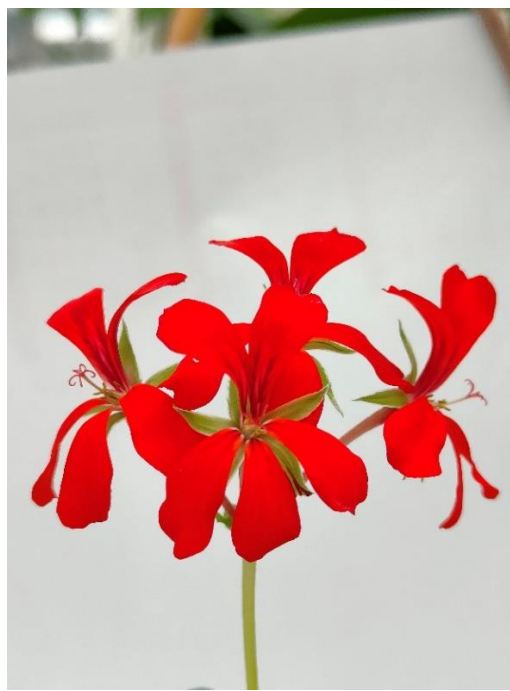
Obserwacje przeprowadzone w piątym tygodniu uprawy pelargonii bluszczolistnej wykazały, że najwięcej roślin produkowanych na podłożu - Klamann 50 miało zawiązane - widoczne pąki kwiatowe – 50% roślin (ryc. 41- 42a). Pąki obserwowano też u ok. 40% roślin z podłoża Novarbo 20 oraz K5PO, a także u ok. 30% roślin z podłoża Kontrolnego, Agar 4 i Agar 4 ze stymulatorami pieczarkowymi oraz Novarbo 20 ze stymulatorami pieczarkowymi.



Ryc. 41. Procent roślin pelargonii bluszczolistnej z widocznymi pąkami kwiatowymi (w stadium zielonego pąka)

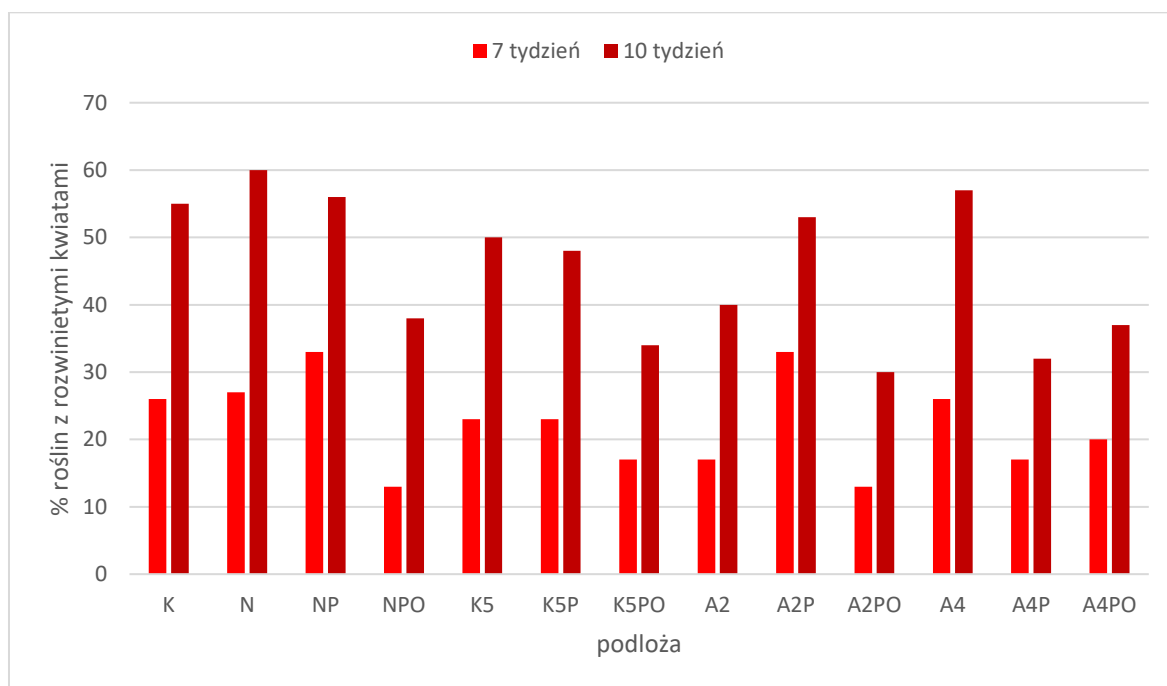


a.



b.

Ryc. 42. Kwitnienie pelargonii bluszczolistnej: a – formowanie paków kwiatowych (stadium zielonego pąka), b - kwitnienie pełne całego kwiatostanu



Ryc. 43. Procent roślin z rozwiniętymi pąkami kwiatowymi w 7 i 10 tygodniu uprawy

Jak wynika z danych przedstawionych na ryc. 43, na zakończenie uprawy w szklarniach WBiO UR w Krakowie otrzymano najwięcej roślin kwitnących na podłożu Novarbo20 (N) – 60%, a także w Kontroli, w podłożu NP oraz A4 – ok. 55%. Ok. 50% roślin kwitło, gdy były uprawiane na podłożu Klasmann 5 oraz Klasmann 5 z suszem pieczarkowym K5P.

Analizy właściwości fizyko-chemicznych podłoży

Największą gęstością objętościową cechowało się podłoże Klasmann 5 (tab. 19). Podłoże to posiadało także najwyższą pojemność wodną (% ww), zwłaszcza w relacji do podłoży Agaris 2 i 4. Podłoże Novarbo 20% o relatywnie najniższej gęstości objętościowej (0,068 g cm⁻³), wyróżniało się największą pojemnością wodną wyrażoną zawartością wody w suchej masie podłoża (576 % ww). W pozostałych podłożach oznaczono do 355% ww (Klasmann 5) do 494% ww (Agaris 2). Podłoże kontrolne (torfowe) miało gęstość 0,063 g cm⁻³, pojemność wodną 37,5% ww oraz 59,5% ww.

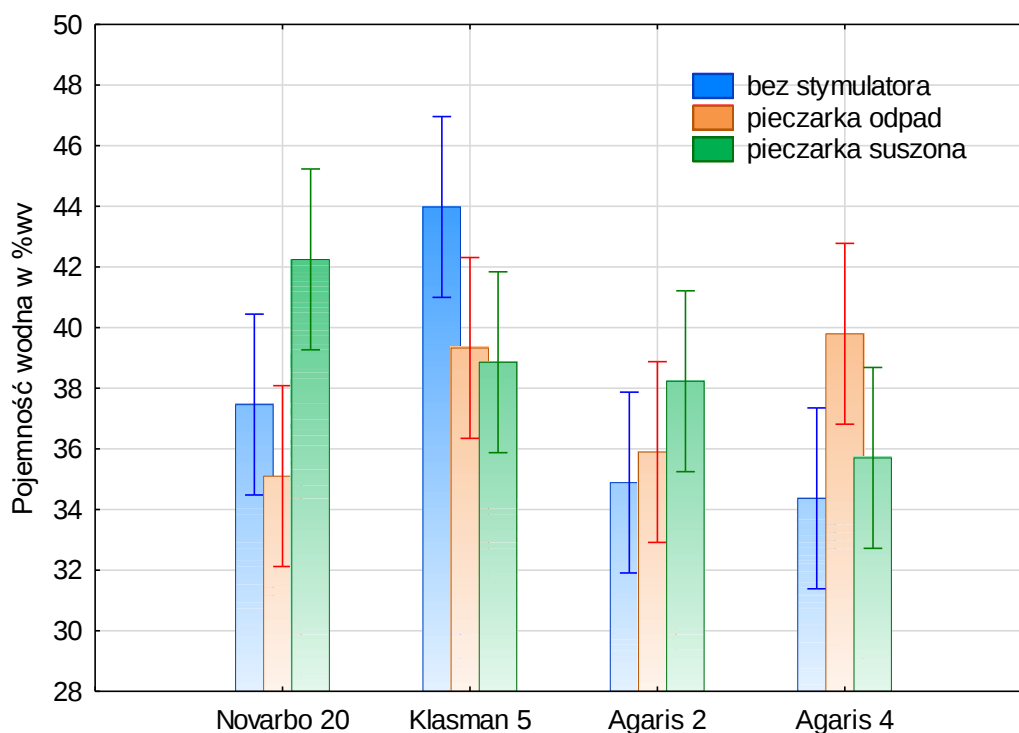
Dodatek stymulatorów pieczarkowych nie wpływał istotnie na właściwości fizyczne podłoży oznaczone po zakończeniu doświadczenia z pelargonią bluszczolistną (tab. 19).

Wpływ współdziałania czynników doświadczenia wykazano tylko w przypadku pojemności wodnej wyrażonej w stosunku do objętości podłoża (% ww). Obserwowano tendencję do obniżenia pojemności wodnej podłoża Klasmann 5 po zastosowaniu stymulatorów grzybowych (ryc. 44). Odwrotne zależności wykazano dla podłoża Agaris 2.

Tab. 19. Właściwości fizyczne podłoży wzbogaconych stymulatorem pieczarkowym po uprawie pelargonii bluszczolistnej w szklarni doświadczalnej, 6.06.2024 r.

Czynnik		Gęstość objętościowa g cm ⁻³	Pojemność wodna % ww	Pojemność wodna %ww
<i>Kontrola</i>		0,063	37,5	595
Novarbo 20		0,068 A	38,3 AB	576 C
Klasmann 5		0,119 C	40,7 B	355 A
Agaris 2		0,075 AB	36,3 A	494 BC
Agaris 4		0,092 B	36,6 A	404 AB
Bez pieczarki (OP)		0,084 A	37,7 A	471 A
Pieczarka odpadowa (PO)		0,090 A	37,5 A	452 A
Pieczarka suszona (P)		0,091 A	38,8 A	448 A
Novarbo 20%	OP	0,063 a	37,5 a-c	595 a
	PO	0,069 a	35,1 ab	540 a
	P	0,071 a	42,2 bc	592 a
Klasmann 5	OP	0,125 a	44,0 c	352 a
	PO	0,120 a	39,3 a-c	363 a
	P	0,111 a	38,9 a-c	351 a
Agaris 2	OP	0,067 a	34,9 ab	519 a
	PO	0,079 a	35,9 ab	466 a
	P	0,078 a	38,2 a-c	496 a
Agaris 4	OP	0,082 a	34,4 a	419 a
	PO	0,091 a	39,8 a-c	438 a
	P	0,102 a	35,7 ab	354 a

Porównania post-hoc przeprowadzono testem Tukey'a przy p = 0.05; te same litery oznaczają brak istotności różnic pomiędzy średnimi; analiza dwuczynnikowa, gdzie czynnik 1 - rodzaj podłoża a czynnik 2 – dodatek stymulatora pieczarkowego w formie odpadu z pieczarkarni; kontrola – podłoże torfowe



Ryc. 44. Wpływ rodzaju podłoża i dodatku stymulatora pieczarkowego na pojemność wodną (% wv) oznaczoną po uprawie pelargonii bluszczolistnej w szklarni doświadczalnej, 6.06.24 r.

W tabeli 20 zestawiono wyniki oznaczeń właściwości chemicznych testowanych podłoży oraz zawartości substancji organicznej oznaczone po zakończeniu doświadczenia z pelargonią bluszczolistną. Za wyjątkiem azotu amonowego i potasu wykazano statystycznie istotny wpływ rodzaju podłoża na zawartość makroskładników, odczyn i EC substratu.

Najwyższy odczyn (pH 6,83) oznaczono w podłożu Agaris 4. Po zakończeniu uprawy pelargonii bluszczolistnej torfowe podłoże kontrolne miało odczyn kwaśny, tj. pH 5,26. Najwyższe stężenie soli (EC) wykazano w podłożu Novarbo 20% ($1239 \text{ EC } \mu\text{S cm}^{-1}$) a najniższe dla podłoża Agaris 4. EC podłoża torfowego wynosiło $1055 \text{ EC } \mu\text{S cm}^{-1}$.

Wysokie zawartości azotu azotanowego (N-NO_3) oznaczano w podłożach Klasman 5 i Novarbo 20%. Podłoża Agaris 2 i 4 praktycznie nie zawierały azotu w tej formie po zakończeniu uprawy pelargonii bluszczolistnej (tab. 20).

Istotnie więcej rozpuszczalnego wapnia ($1563 \text{ mg Ca dm}^{-3}$) oznaczono w podłożu Novarbo 20% niż w pozostałych podłożach zastosowanych w doświadczeniu z pelargonią bluszczolistną. Standard torfowy wykorzystany w badaniach zawierał odpowiednio $638 \text{ mg Ca dm}^{-3}$.

Analizy przeprowadzone po uprawie pelargonii wykazały, że wszystkie podłoża z ograniczoną zawartością torfu były znacznie bardziej wzbogacone w dostępny dla roślin potas niż podłoże torfowe (kontrola).

Podłoża Agaris 2 i 4 zawierały istotnie więcej fosforu oraz więcej magnezu (nie istotne statystycznie) niż pozostałe. Podłoże Klasman 5 wyróżniało się najniższą zawartością siarki rozpuszczalnej.

Dodatek stymulatorów pieczarkowych wpływał istotnie na chemiczne właściwości podłoży zastosowanych w szklarniowej uprawie pelargonii bluszczolistnej (tab. 20). Podłoża bez dodatków miały wyższy odczyn oraz niższe stężenie soli (EC) niż analogi wzbogacane w stymulatory grzybowe. Dodatek suszonej pieczarki spożywczej istotnie wzbogacał podłoża w azot azotanowy (N-NO_3), potas i

fosfor. Natomiast najwięcej siarki zawierały podłoża wzbogacone w suchy odpad z produkcji pieczarek.

W przypadku odczynu podłoża, EC, zawartości azotu azotanowego i substancji organicznej wykazano istotny wpływ współdziałania badanych w doświadczeniu czynników (podłoże x dodatek stymulatorów grzybowych). Podłoże Klasman 5 wzbogacone w dodatki pieczarek miało istotnie niższy odczyn oznaczony po uprawie. Taką reakcję podłoża wykazano jeszcze dla dodatku suszonej pieczarki spożywczej do podłoża Novarbo 20%. Natomiast odczyn podłoża Agar 2 wzrastał po zastosowaniu stymulatorów pieczarkowych (tab. 20).

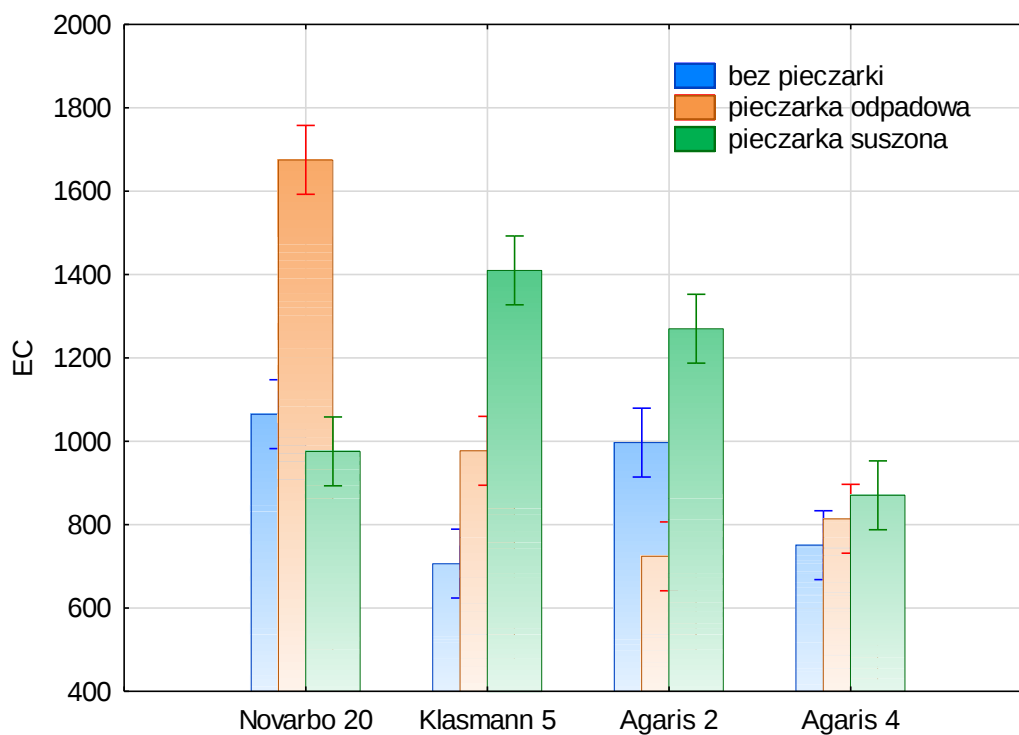
Suszona pieczarka odpadowa najbardziej zwiększała zasolenie podłoża Novarbo 20% (ryc. 45). W przypadku natomiast podłoża Klasman 5, oznaczano istotnie wyższe EC po wprowadzeniu stymulatora grzybowego niezależnie od jego formy. W podłożu Agar 2 dodatek spożywczej pieczarki suszonej powodował wzrost stężenia soli w stosunku do podłoża nie traktowanego.

Generalnie, dodatek suszonej pieczarki odpadowej do podłoża w doświadczeniu szklarniowym z pelargonią bluszczolistną powodował wzrost zawartości substancji organicznej w stosunku do kontroli. Wzrost ten był jednak statystycznie istotny tylko w przypadku podłoża Klasman 5 i Novarbo 20% (ryc. 46).

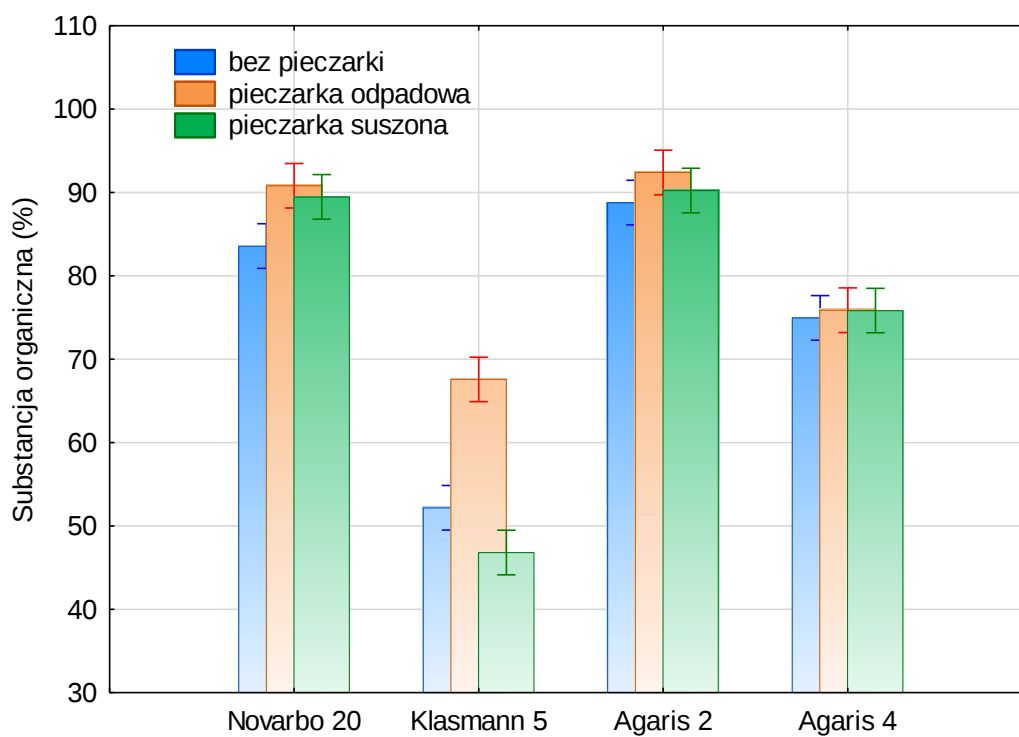
Tab. 20. Odczyn (pH), zasolenie (EC $\mu\text{S cm}^{-1}$) oraz zawartość makroskładników, sodu (mg dm^{-3}) i substancji organicznej w podłożach z dodatkiem pieczarkowego biostymulatora po uprawie pelargonii bluszczolistnej, 6.06.2024 r.

Czynnik	pH	EC	N-NH ₄	N-NO ₃	Ca	K	Mg	P	S	Na	SO%	
Kontrola	5,26	1055	4,65	106	693	321	143	163	150	93	88,8	
Novarbo 20	5,99 A	1239 C	7,71 A	156 B	1563 B	533 A	162 AB	175 A	177 B	108 AB	87,9 C	
Klasmann 5	5,98 A	1031 B	6,14 A	146 B	518 A	669 A	140 A	116 A	70,4 A	125 AB	55,5 A	
Agaris 2	6,70 B	997 B	7,30 A	8,52 A	613 A	832 A	223 B	267 B	189 B	134 B	90,5 C	
Agaris 4	6,83 C	812 A	6,89 A	0,00 A	566 A	722 A	203 AB	242 B	147 B	103 A	75,6 B	
Bez pieczarki (OP)	6,50 B	915 A	6,18 A	1,07 A	767 A	496 A	176 A	167 A	150 AB	116	77,7 A	
Pieczarka odpad (PO)	6,30 A	1048 B	7,14 A	65,0 A	667 A	568 A	172 A	185 A	113 A	96,0	81,7 B	
Pieczarka suszona (P)	6,32 A	1132 C	7,33 A	167 B	993 A	961 B	190 A	246 B	175 B	135	75,6 A	
Novarbo 20%	OP	6,23 bc	1065 cd	7,93 a	1,33 a	1724 a	359 a	183 a	174 a	200 a	126 a	83,6 d
	PO	6,19 b	1675 f	5,28 a	166 ab	1155 a	420 a	129 a	163 a	101 a	65,9 a	90,8 e
	P	5,56 a	976 bc	9,93 a	300 b	1809 a	821 a	175 a	189 a	231 a	130 a	89,5 de
Klasmann 5	OP	6,43 cd	706 a	5,58 a	2,13 a	398 a	540 a	124 a	71,7 a	52,3 a	125 a	52,2 a
	PO	5,44 a	977 bc	6,05 a	88,1 ab	447 a	560 a	133 a	104 a	77,2 a	112 a	67,6 b
	P	6,08 b	1410 e	6,80 a	349 b	709 a	908 a	163 a	172 a	81,8 a	139 a	46,8 a
Agaris 2	OP	6,48 d	997 bc	4,24 a	0,81 a	568 a	741 a	241 a	239 a	210 a	142 a	88,8 de
	PO	6,80 e	724 a	9,66 a	5,68 a	582 a	718 a	228 a	244 a	138 a	113 a	92,4 e
	P	6,82 e	1270 de	7,98 a	19,1 a	688 a	1039 a	199 a	317 a	218 a	147 a	90,2 de
Agaris 4	OP	6,87 e	751 a	8,51 a	0,00 a	450 a	518 a	187 a	189 a	136 a	91,8 a	75,0 c
	PO	6,79 e	814 ab	7,57 a	0,00 a	482 a	574 a	197 a	231 a	135 a	92,7 a	75,9 c
	P	6,84 e	870 a-c	4,60 a	0,00 a	765 a	1074 a	225 a	305 a	169 a	125 a	75,8 c

Porównania post-hoc przeprowadzono testem Tukey'a przy $p=0.05$; te same litery oznaczają brak istotności różnic pomiędzy średnimi; standard – podłoże na bazie torfu wysokiego; kontrola – podłoże torfowe



Ryc. 45. Wpływ rodzaju podłoża i dodatku stymulatora pieczarkowego na zasolenie (EC $\mu\text{S cm}^{-1}$) oznaczony po uprawie pelargonii bluszczolistnej w szklarni doświadczalnej, 6.06.24 r.



Ryc. 46. Wpływ rodzaju podłoża i dodatku stymulatora pieczarkowego na zawartość substancji organicznej (%) oznaczoną po uprawie pelargonii bluszczolistnej w szklarni doświadczalnej, 6.06.24 r.

Podłoża z materiałów organicznych zastępujących torf wykorzystane w przeprowadzonych badaniach z pelargonią bluszczolistną były zasobniejsze w Cu, Mn i Zn w porównaniu do kontrolnego podłoża torfowego (standard Novarbo) (tab. 21). Największe zróżnicowanie w ogólnej zawartości mikroelementów w substratach uprawowych analizowanych po uprawie roślin wykazano dla boru, tj. od 0,93 mg B kg⁻¹ s.m. (Klasmann 5) do 27,2 mg B kg⁻¹ s.m. (Agaris 2) oraz dla żelaza - od 2286 mg Fe kg⁻¹ (Novarbo 20) do 19406 mg Fe kg⁻¹ (Agaris 4).

Najwięcej ogólnych zawartości boru, miedzi i molibdenu oznaczono w podłożu Agaris 2 (tab. 21). Natomiast podłoże Agaris 4 zawierało najwięcej żelaza ogółem. Beztorfowe podłoże Klasmann 5 było najzasobniejsze w mangan.

Wykonane oznaczenia wykazały, że dodatek odpadu z produkcji pieczarek (PO) powodował spadek zawartości żelaza, manganu i cynku w podłożach po uprawie pelargonii bluszczolistnej (tab. 21) w relacji do podłoża nietraktowanych..

Tab. 21. Ogólna zawartość mikroelementów (mg kg⁻¹ s.m.) oznaczona w podłożach po uprawie pelargonii bluszczolistnej

Czynnik		B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Kontrola		5,39	22,1	2497	45	9,3	35,6
Novarbo 20		9,50 B	31,2 A	2286 A	73 A	14,6 C	46,7 A
Klasmann 5		0,93 A	32,1 A	15263 B	216 D	8,8 A	68,4 B
Agaris 2		27,2 C	55,0 C	2889 A	137 B	17,4 D	59,2 B
Agaris 4		2,54 A	46,0 B	19406 C	193 C	11,5 B	64,6 B
OP		9,99 AB	43,4 B	10615 B	165 B	17,1 B	62,1 B
PO		11,7 B	40,9 AB	8725 A	135 A	11,5 A	53,5 A
P		8,49 A	39,0 A	10544 B	163 B	10,6 A	63,5 B
Novarbo 20	OP	9,15 a	34,1 a-c	3813 a	98 ab	28,9 f	55,4 a-c
	PO	10,6 a	29,8 a	1240 a	56 a	6,7 a	40,1 a
	P	8,73 a	29,6 a	1806 a	65 a	8,2 ab	44,7 a
Klasmann 5	OP	<i>ślady</i> a	35,6 a-d	16807 c	232 ef	8,6 ab	75,0 bc
	PO	2,80 a	26,9 a	10457 b	143 c	9,6 ab	51,9 ab
	P	<i>ślady</i> a	33,9 ab	18525 c	274 f	8,3 ab	78,2 c
Agaris 2	OP	27,7 a	57,4 fg	2681 a	144 c	17,8 de	57,4 a-c
	PO	30,4 a	59,2 g	3095 a	139 bc	18,7 e	58,5 a-c
	P	23,5 a	48,3 f-g	2893 a	126 bc	15,8 c-e	61,5 a-c
Agaris 4	OP	3,08 a	46,3 c-f	19158 c	188 d	13,1 b-d	60,9 a-c
	PO	2,86 a	47,7 d-g	20107 c	203 de	11,2 a-c	63,4 a-c
	P	1,70 a	44,0 b-e	18955 c	188 d	10,1 ab	69,4 bc

Porównania post-hoc przeprowadzono testem Tukey'a przy p = 0.05; te same litery oznaczają brak istotności różnic pomiędzy średnimi; kontrola – podłoże torfowe

Analizy materiału roślinnego

Rodzaj użytego do uprawy podłoża istotnie wpływał na zawartość suchej masy oraz skład mineralny biomasy pelargonii bluszczolistnej pobieranej do badań po zakończeniu doświadczenia w szklarni (tab. 22). Najwyższą suchą masę posiadały rośliny uprawiane w podłożu Agaris 4 (12,9%) a najniższą w podłożach Klastmann 5 i Novarbo 20 (11,2% i 11,3%, odpowiednio). W roślinach uprawianych w substracie torfowym oznaczono 11,5% suchej masy.

Najwięcej azotu wykazano w roślinach rosnących w podłożu Novarbo 20 (3,15% N) a najmniej w podłożu Agaris 4 (1,98% N). Pelargonie pobierane do badań z podłoża torfowego zawierały 3,08% N w suchej masie. Biomasa roślin wytworzona w podłożu Novarbo 20% zawierała także najwięcej wapnia, co korelowało z zasobnością tego podłoża w rozpuszczalny Ca (tab. 22). Najwięcej magnezu oznaczono w roślinach rosnących w podłożu Agaris 2. Wszystkie rośliny rosnące na podłożach z ograniczoną zawartością torfu cechowała niższa zawartość tego składnika w biomacie w odniesieniu do podłoża torfowego (kontrola). Natomiast pelargonie rosnące na tych podłożach były lepiej odżywione w fosfor niż te uprawiane w substracie torowym (tab. 22). Najwięcej sodu oznaczano w roślinach rosnących w podłożu Klastmann 5.

Tab. 22. Zawartość makroskładników i sodu (% s.m.) w pelargonii bluszczolistnej uprawianej w podłożach z dodatkiem stymulatora pieczarkowego w warunkach szklarni doświadczalnej (URK), 20.05.2024 r.

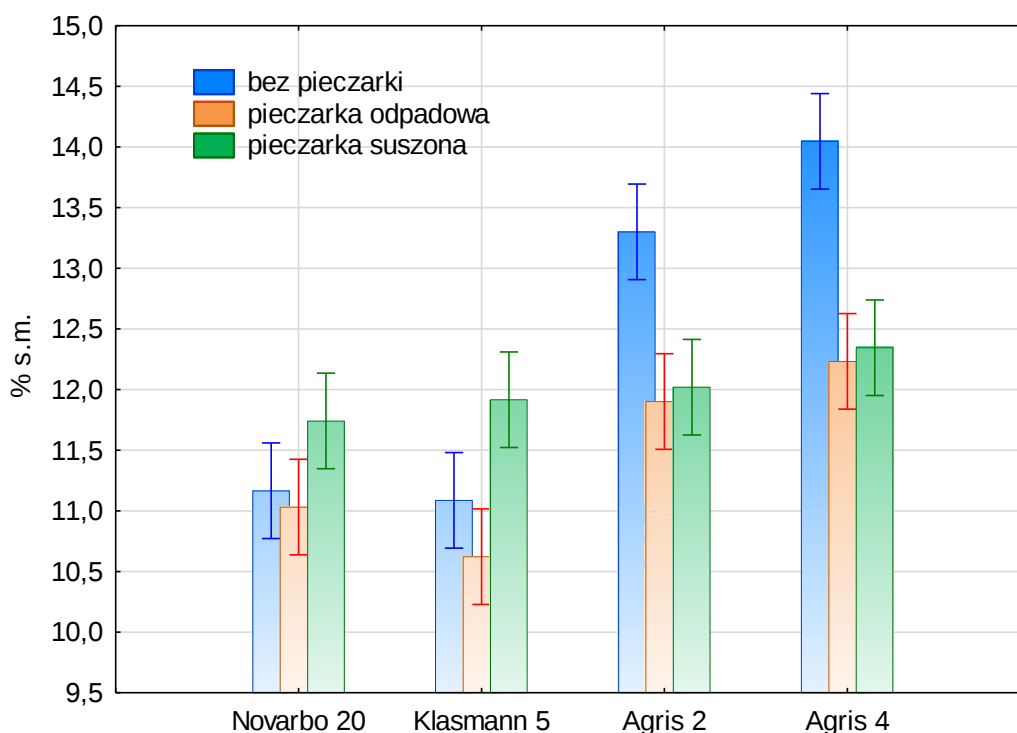
Czynnik		s.m.	N	Ca	K	Mg	P	S	Na
Kontrola		11,5	3,08	2,36	4,21	0,32	0,54	0,24	0,14
Novarbo 20		11,3 A	3,15 D	2,26 C	4,16 A	0,23 A	0,60 B	0,25 B	0,13 A
Klasmann 5		11,2 A	2,94 C	1,60 B	5,11 D	0,28 B	0,58 A	0,23 A	0,18 D
Agaris 2		12,4 B	2,33 B	1,19 A	4,84 C	0,29 C	0,60 B	0,25 B	0,17 C
Agaris 4		12,9 C	1,98 A	1,26 A	4,33 B	0,28 B	0,57 A	0,23 A	0,15 B
Bez pieczarki (OP)		12,4 C	1,98 A	1,68 B	4,30 A	0,28 B	0,58 A	0,22 A	0,16 B
Pieczarka odpad (PO)		11,4 A	2,95 C	1,54 A	4,57 B	0,28 B	0,60 B	0,25 B	0,15 A
Pieczarka suszona (P)		12,0 B	2,87 B	1,52 A	4,96 C	0,24 A	0,58 A	0,26 B	0,15 A
Novarbo 20%	OP	11,2 a-c	2,54 e	2,56 f	3,78 a	0,25 b	0,59 a-d	0,24 cd	0,13 ab
	PO	11,0 ab	3,48 g	2,07 e	4,21 bc	0,22 a	0,60 b-d	0,26 de	0,14 b
	P	11,7 b-d	3,44 g	2,16 e	4,49 c-e	0,21 a	0,60 b-d	0,25 c-e	0,11 a
Klasmann 5	OP	11,1 a-c	2,37 d	1,61 d	4,94 fg	0,26 bc	0,56 ab	0,21 ab	0,19 e
	PO	10,6 a	3,49 g	1,58 cd	5,06 gh	0,30 de	0,58 a-d	0,24 c	0,17 cd
	P	11,9 b-d	2,95 f	1,61 d	5,33 h	0,28 cd	0,59 a-d	0,23 bc	0,19 e
Agaris 2	OP	13,3 ef	1,59 b	1,13 a	4,44 cd	0,29 de	0,60 b-d	0,21 ab	0,17 cd
	PO	11,9 b-d	2,36 d	1,27 ab	4,76 e-g	0,31 e	0,61 d	0,27 e	0,17 cd
	P	12,0 cd	3,05 f	1,17 a	5,32 h	0,26 bc	0,59 a-d	0,29 f	0,17 cd
Agaris 4	OP	14,0 f	1,43 a	1,41 bc	4,03 ab	0,30 e	0,57 a-c	0,20 a	0,17 cd
	PO	12,2 d	2,46 de	1,25 ab	4,27 bc	0,30 e	0,60 cd	0,24 c	0,14 b
	P	12,3 de	2,05 c	1,13 a	4,68 d-f	0,23 a	0,55 a	0,26 de	0,16 c

Porównania post-hoc przeprowadzono testem Tukey'a przy $p = 0.01$; te same litery oznaczają brak istotności różnic pomiędzy średnimi; analiza dwuczynnikowa, gdzie czynnik 1 – podłoże, czynnik 2 – dodatek stymulatora pieczarkowego kontrola – podłoże torfowe

Dodatek stymulatorów grzybowych do podłoża istotnie modyfikował profil mineralny pelargonii bluszczolistnej (tab. 22). Rośliny rosnące w podłożach bez dodatku stymulatorów z pieczarek miały istotnie wyższą suchą masę, zawartość wapnia i sodu. Zawierały natomiast mniej azotu i siarki. Dodatek suszonej pieczarki odpadowej do podłoża istotnie zwiększał zawartość N i P w roślinach. Stymulator w postaci suszonej pieczarki spożywczej poprawiał natomiast zaopatrzenie pelargonii w potas w relacji do pozostałych kombinacji doświadczenia.

Wykazano istotny wpływ współdziałania pomiędzy czynnikami doświadczenia (podłoże x dodatek stymulatorów pieczarkowych) na skład mineralny pelargonii bluszczolistnej oraz zawartość suchej masy w roślinach (tab. 22, ryc. 47-53). Najwyższą zawartością suchej masy wyróżniały się pelargonie uprawiane w podłożach Agar 2 i 4 bez grzybowych dodatków (ryc. 47). Natomiast rośliny rosnące w podłożach Novarbo 20 i Klasmann 5 wzbogaconych w suszoną pieczarkę spożywczą miały istotnie wyższą suchą masę niż te pozyskiwane do badań z pozostałych kombinacji podłożowych.

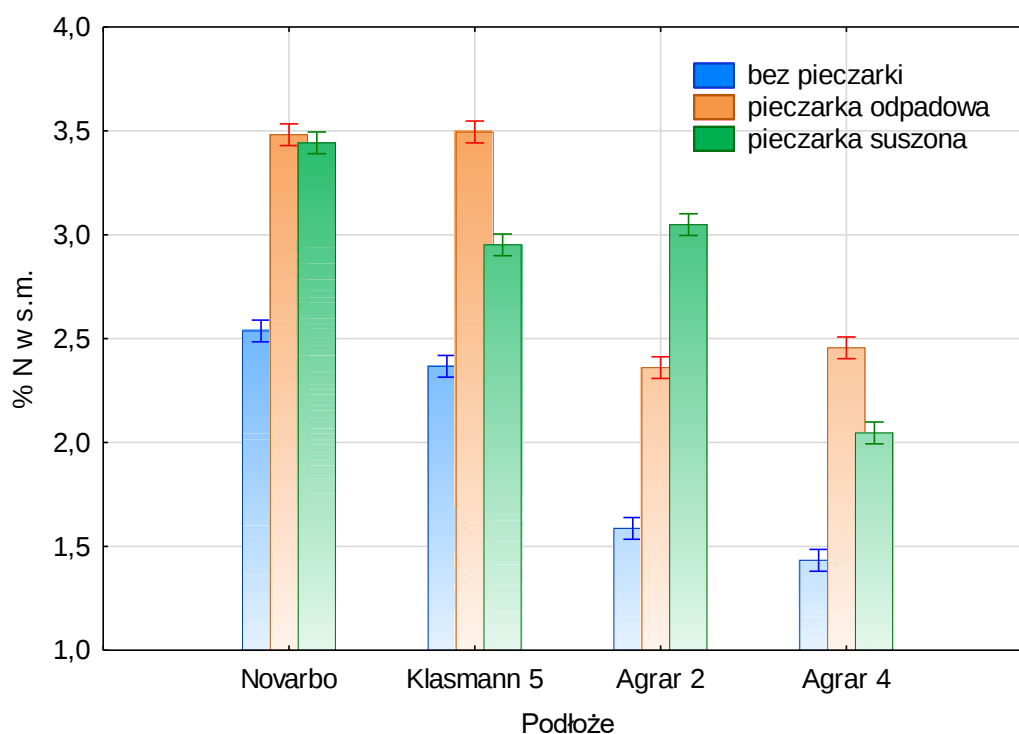
Grzybowe stymulatory istotnie zwiększały w roślinach zawartość azotu, niezależnie od formy w jakiej zostały zastosowane (ryc. 48). Było to widoczne zwłaszcza w przypadku pelargonii rosnących w podłożach Agar 2 i 4, które cechowały się najniższą zawartością N w biomase. Dodatek stymulatorów grzybowych w formie suszonego odpadu z produkcji pieczarek lub suszonej pieczarki spożywczej, obniżał zawartość wapnia w roślinach rosnących w podłożu Novarbo 20% (ryc. 49). Taką tendencję obserwowano też w przypadku pelargonii uprawianej w Agar 4. Zawartość potasu w roślinach rosła po zastosowaniu stymulatorów grzybowych, niezależnie od użytego podłoża uprawowego (ryc. 50). Większy wpływ na odżywienie roślin potasem miał stymulator w formie suszonej i drobno zmielonej pieczarki spożywczej, zastosowany zwłaszcza w podłożach Agar 2 i 4 oraz Novarbo 20% (tab. 17).



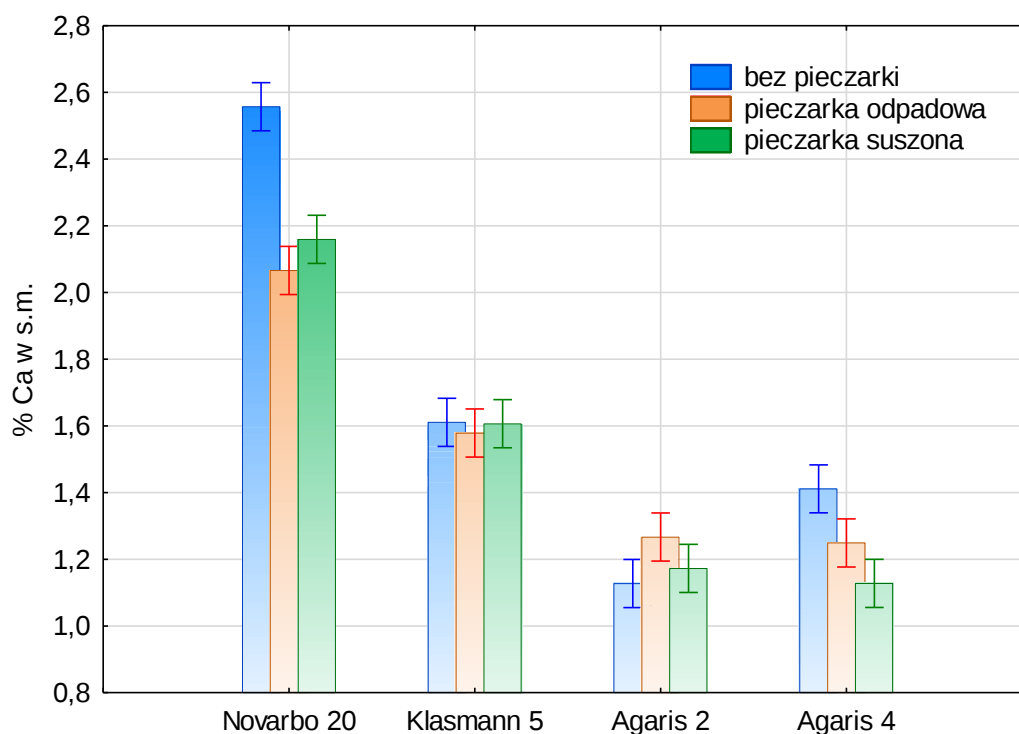
Ryc. 47. Wpływ rodzaju podłoża i dodatku stymulatora pieczarkowego zawartość suchej masy (% s.m.) w biomase pelargonii bluszczolistnej uprawianej w warunkach szklarni doświadczalnej, 6.06.24 r.

Dodatek suszonej pieczarki spożywczej powodował równocześnie istotne obniżenie się zawartości magnezu w pelagoniach uprawianych w podłożach Novarbo 20 oraz Agar 2 i 4 (ryc. 51). Natomiast

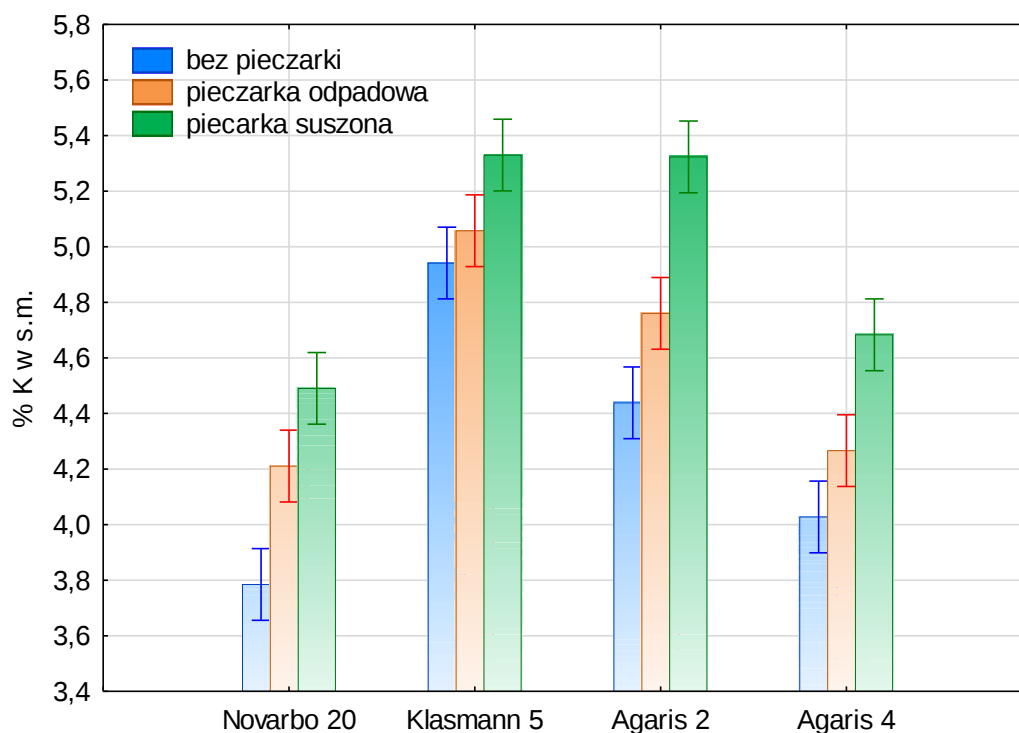
dodatek suszonej pieczarki odpadowej do podłoża Klasmann 5 zwiększał zawartość Mg w roślinach. Podobną zależność obserwowano dla podłoża Agrar 2.



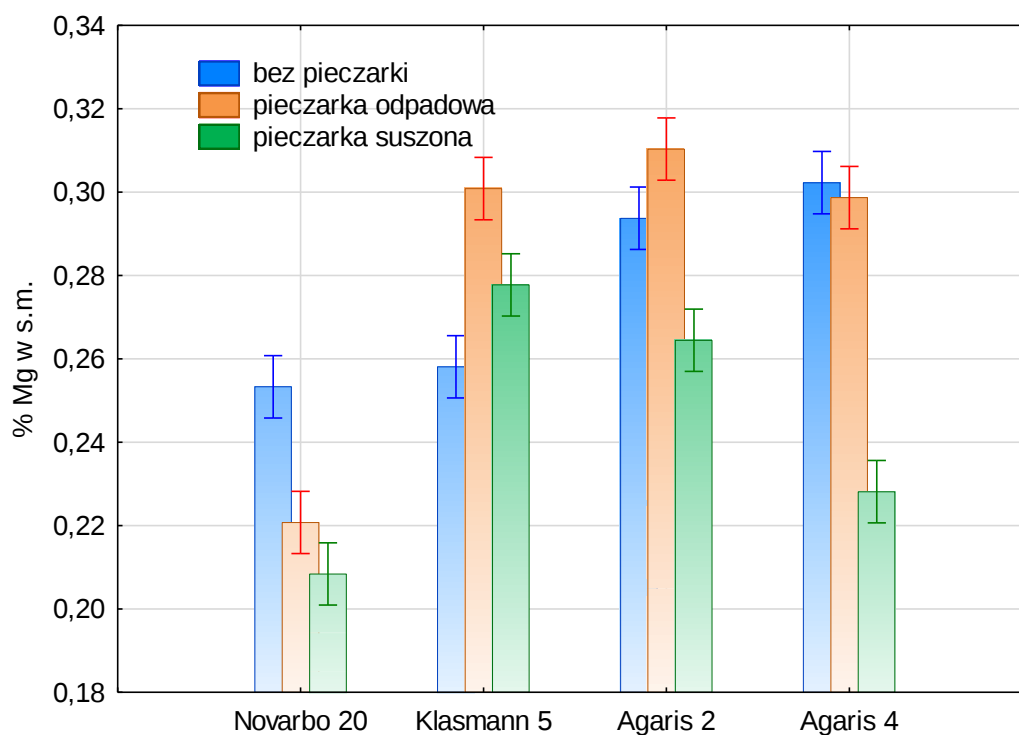
Ryc. 48. Wpływ rodzaju podłoża i dodatku stymulatora pieczarkowego na zawartość azotu (% N w s.m.) w biomasie pelargonii bluszczolistnej uprawianej w warunkach szklarni doświadczalnej, 6.06.24 r.



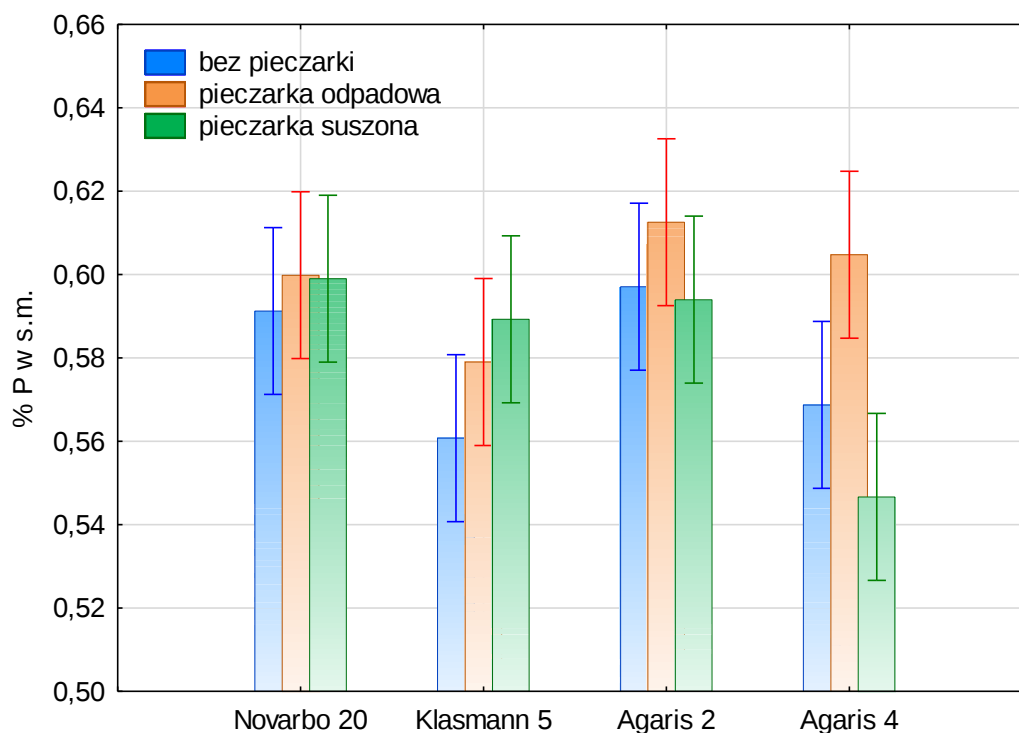
Ryc. 49. Wpływ rodzaju podłoża i dodatku stymulatora pieczarkowego na zawartość wapnia (% Ca w s.m.) w biomasie pelargonii bluszczolistnej uprawianej w warunkach szklarni doświadczalnej, 6.06.24 r.



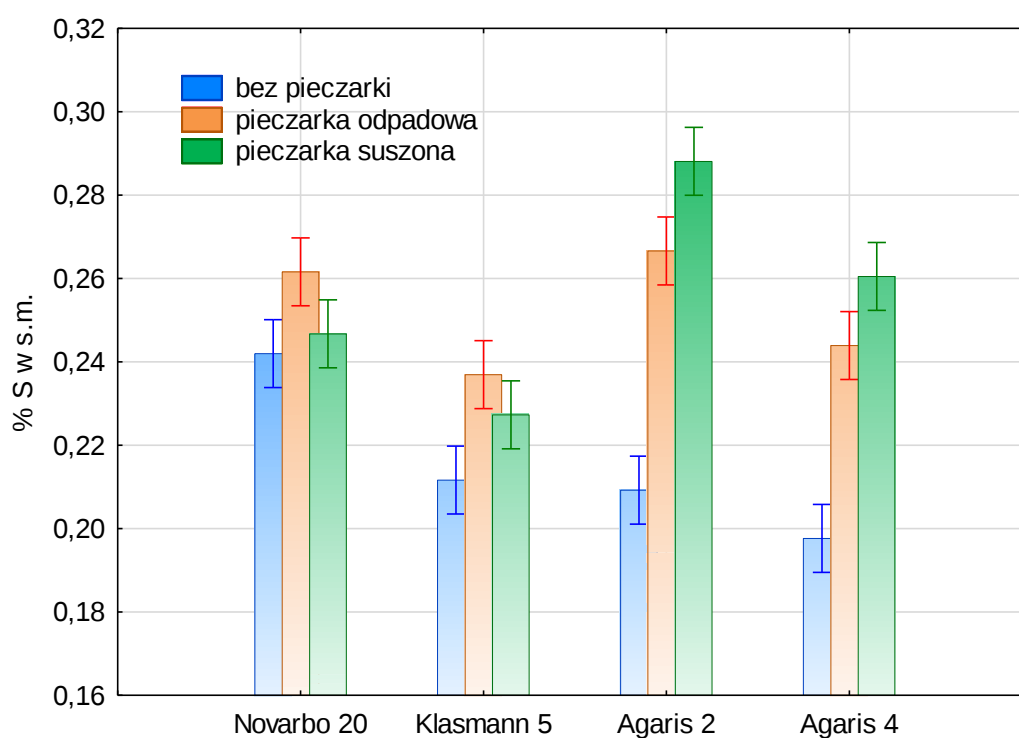
Ryc. 50. Wpływ rodzaju podłoża i dodatku stymulatora pieczarkowego na zawartość potasu (% K w s.m.) w biomase pelargonii bluszczolistnej uprawianej w warunkach szklarni doświadczalnej, 6.06.24 r.



Ryc. 51. Wpływ rodzaju podłoża i dodatku stymulatora pieczarkowego na zawartość magnezu (% Mg w s.m.) w biomase pelargonii bluszczolistnej uprawianej w warunkach szklarni doświadczalnej, 6.06.24 r.



Ryc. 52. Wpływ rodzaju podłoża i dodatku stymulatora pieczarkowego zawartość (% P w s.m.) w biomase pelargonii bluszczolistnej uprawianej w warunkach szklarni doświadczalnej, 6.06.24 r.



Ryc. 53. Wpływ rodzaju podłoża i dodatku stymulatora pieczarkowego na zawartość siarki (% S w s.m.) w biomase pelargonii bluszczolistnej uprawianej w warunkach szklarni doświadczalnej, 6.06.24 r.

Dodatek pieczarki odpadowej do podłoża Agaris 2 i 4 wpłynął na wzrost zawartości fosforu w biomase pelargonii bluszczolistnej (statystycznie istotny tylko dla Agaris 4) (ryc. 52). Zaobserwowano także

tendencję do lepszego odżywienia roślin fosforem rosnących w podłożu Klasmann 5 z dodatkami stymulatorów pieczarkowych.

Statystycznie istotny wzrost zawartości siarki w roślinach wykazano dla upraw w podłożach Agaris 2 i 4 wzbogaconych w stymulatory pieczarkowe (ryc. 53). Przy czym, suszona pieczarka spożywcza w większym stopniu zwiększała zawartość S w pelargonii z tych obiektów niż pieczarka odpadowa. Zauważono także tendencję do poprawy zaopatrzenia roślin w dostępną siarkę w podłożu Novarbo 20% z dodatkiem suszonej pieczarki odpadowej.

Tab. 23. Zawartość mikroskładników (mg kg^{-1})* w biomase **pelargonii bluszczolistnej** rosnącej w podłożach z dodatkiem pieczarkowego biostymulatora w warunkach szklarni doświadczalnej (URK)

Czynnik		B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Kontrola		42,3	6,23	572	379	1,19	70,0
Klasmann 5		47,7 B	5,92 C	70,0 AB	116 B	2,01 A	77,7 B
Novarbo 20		43,9 A	5,55 B	78,8 C	119 B	2,96 B	79,2 B
Agaris 2		42,8 A	5,36 B	66,1 A	139 C	1,83 A	84,5 C
Agaris 4		42,7 A	4,95 A	73,0 B	103 A	1,78 A	69,9 A
Bez pieczarki (OP)		45,0 B	5,70 B	65,5 A	117 B	3,06 B	80,3 B
Pieczarka odpadowa (PO)		47,0 C	5,72 B	78,4 C	143 C	1,77 A	74,0 A
Stymulator pieczarkowy (P)		40,9 A	4,92 A	72,0 B	97 A	1,60 A	79,1 B
Klasmann 5	OP	48,9 d-f	6,82 d	65,6 a-c	84 a	3,22 b	74,5 bc
	PO	53,3 f	5,90 c	86,5 de	154 e	1,15 a	70,0 ab
	P	40,9 ab	5,04 b	57,9 a	109 c	1,65 a	88,7 e
Novarbo 20	OP	49,3 ef	5,93 c	76,3 cd	105 bc	5,44 c	86,0 de
	PO	43,5 b-d	5,54 bc	90,1 e	152 e	1,94 ab	68,7 a
	P	38,9 ab	5,18 b	70,0 bc	100 a-c	1,49 a	82,8 d
Agaris 2	OP	37,8 a	5,01 b	56,7 a	184 f	1,85 a	89,3 e
	PO	47,6 c-e	5,97 c	70,6 bc	142 de	2,07 ab	87,9 de
	P	42,9 a-c	5,09 b	70,8 bc	92 ab	1,56 a	76,2 c
Agaris 4	OP	43,8 b-d	5,04 b	63,5 ab	95 a-c	1,74 a	71,5 a-c
	PO	43,4 bc	5,45 bc	66,2 a-c	126 d	1,93 a	69,5 ab
	P	40,9 ab	4,37 a	89,4 e	87 a	1,68 a	68,6 a

Porównania post-hoc przeprowadzono testem Tukey'a przy $p = 0.01$; te same litery oznaczają brak istotności różnic pomiędzy średnimi; analiza dwuczynnikowa, gdzie czynnik 1 – podłoże, czynnik 2 – dodatek stymulatora pieczarkowego; kontrola – podłoże torfowe

Porównując status mineralnego odżywienia pelargonii bluszczolistnej rosnącej w podłożach beztorfowych lub z ograniczoną zawartością torfu do roślin rosnących w standardowym podłożu torfowym (kontrola), obserwowano istotnie niższą zawartość miedzi, żelaza i manganu w biomase (tab. 23).

Średnio najwięcej boru oznaczono w pelargonii rosnących w podłożu beztorfowym Klasmann 5. Biomasa roślin pobierana z podłoża z ograniczoną zawartością torfu Novarbo 20 wyróżniała się natomiast najwyższą zawartością Fe i Mo. Pelargonie rosnące w podłożu Agaris 2 były najlepiej zaopatrzone w Mn i Zn.

Dodatek odpadowych pieczarek (PO) do podłoża istotnie zwiększał w roślinach zawartość boru, żelaza i manganu. Natomiast najwięcej molibdenu zawierały rośliny rosnące w podłożach bez grzybowych dodatków (tab. 23).

Wykazano istotny statystycznie wpływ współdziałania badanych czynników (rodzaj podłoża x dodatek stymulatorów grzybowych) na zawartość mikroelementów w biomacie pelargonii bluszczolistnej (tab 23). Generalnie, w podłożu z ograniczoną zawartością torfu Novarbo 20, dodatek stymulatorów pieczarkowych obniżał w roślinach zawartość boru, miedzi, molibdenu i cynku. W podłożu beztorfowym Kasmann 5 taką reakcję obserwowano tylko w przypadku molibdenu. W podłożach z organicznych materiałów odpadowych Agar 2 i 4 dodatki stymulatorów pieczarkowych poprawiały na ogół zaopatrzenie pelargonii bluszczolistnej w żelazo.

Podobnie jak w przypadku aksamitki rozpierzchłej, obserwowano gorszy rozwój systemu korzeniowego roślin pelargonii bluszczolistnej w kombinacjach podłożowych z dodatkiem stymulatorów z pieczarek (zwłaszcza suszonej pieczarki spożywczej) (ryc. 54 a,b).



a.



b.

Ryc. 54. Intensywność przerośnięcia bryły korzeniowej pelargonii bluszczolistnej rosnącej w podłożach Kasmann 5 (a) i Novarbo 20 (b) po zakończeniu uprawy w szklarni doświadczalnej Wydziału Biotechnologii i Ogrodnictwa, na zdjęciach po lewej – podłoża z dodatkiem biostymulatora, po prawej – bez dodatku biostymulatora

WNIOSKI

Podłoża:

1. Wykorzystane w badaniach podłoża beztorfowe (Klasmann 5, Agar 2 i 4) lub z ograniczoną zawartością torfu (Novarbo 20), pomimo że różniły się istotnie właściwościami fizycznymi, to nie odbiegały znacząco pod względem oznaczanych parametrów od torfowego podłoża kontrolnego.
2. Wszystkie testowane w doświadczeniu podłoża beztorfowe lub z ograniczoną zawartością torfu miały istotnie wyższy odczyn niż podłoża torfowe i ogólnie wyższe stężenie rozpuszczalnych soli (EC). Najwyższym stężeniem soli wyróżniało się podłoże Agar 4 ($EC = 1,66 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$). Generalnie podłoża Agar 2 i 4 zawierały najwięcej rozpuszczalnych form P, K, Mg, S i Na.
3. Zastosowany stymulator grzybowy w formie suszonego odpadu pieczarkowego (fragmenty owocników oraz resztki podłoża uprawowego), zawierał istotnie więcej Ca, S, Fe, Mn, Mo i Ti niż suszona pieczarka spożywcza.

Tagetes erecta:

4. U uprawie **aksamitki wyniosłej** dodatek stymulatora pieczarkowego do podłoża istotnie zwiększał średnią gęstość objętościową oraz pojemność wodną podłoża. Ponadto dodatek (2,5% obj.) suszonego odpadu z pieczarkarni istotnie zwiększał stężenie soli w podłożach oraz zawartość rozpuszczalnego K i P.
5. Porównując uzyskane wyniki dotyczące statusu mineralnego odżywienia aksamitki rozpięchłej uprawianej w standardowym podłożu torfowym wykazano, że rośliny uprawiane w podłożach beztorfowych (Klasmann, Agar 2 i 4) charakteryzowały się niższą zawartością N, Ca, Mg i P. Natomiast zawierały więcej potasu i sodu.
6. W trakcie wegetacji obserwowano na aksamitkach rosnących w podłożach z dodatkiem stymulatora pieczarkowego charakterystyczne chlorozy brzegowe i międzyżyłkowe starszych blaszek liściowych, przechodzące z czasem w nekrozy. Przyczyną tych zaburzeń były prawdopodobnie: zasolenie, nierównowaga pomiędzy antagonistycznymi pierwiastkami Ca:K:Mg w podłożach oraz deficyt magnezu i wapnia w roślinach przy równocześnie bardzo wysokiej zawartości potasu w tkankach. Obserwowano także gorsze przekorzenianie podłoża, w których stosowano stymulator pieczarkowy.
7. Największą wysokością charakteryzowały się aksamitki z podłoża Novarbo 20, o ok. 2 cm niższe były te z Kontroli oraz podłoża Klasmann 5, Agar 2 i Agar 4. Dodatek do podłoża stymulatora pieczarkowego zawsze wpływał hamująco na wysokość roślin, ale zwiększał krzewienie. W żadnym jednak podłożu nie uzyskano lepszych od kontroli wyników, gdzie krzewienie było najlepsze.
8. Pąki kwiatowe u aksamitek pojawiały się najszybciej, gdy uprawiano je w podłożach Agar, ale w trzecim tygodniu uprawy rośliny na wszystkich podłożach miały widoczne pąki kwiatowe.

9. Najszybciej rozwijały się pąki kwiatowe (widoczne wybarwienie) i aksamitki najszybciej kwitły, gdy uprawiano je w podłożach beztorfowych (K5, A2, A4) oraz wtedy gdy te podłoża były wzbogacone suszem pieczarkowym.
10. Najlepszymi parametrami fizjologicznymi (fluorescencja chlorofilu, SPAD, zawartość barwników fotosyntetycznych) charakteryzowały się liście aksamitek z podłoża kontrolnego.

Pelargonium hortorum:

11. W uprawie **pelargonii rabatowej** dodatek stymulatora pieczarkowego nie wpływał statystycznie istotnie na badane właściwości fizyczne podłoży uprawowych, obniżał natomiast pH podłoży oraz zwiększał ich zasolenie. Podatek suszonej pieczarki spożywczej zwiększał także istotnie zawartość azotu azotanowego (N-NO₃), potasu i fosforu w podłożach. Natomiast dodatek suszonego odpadu pieczarkowego zwiększał poziom azotu amonowego i fosforu w podłożach w relacji do kombinacji nietraktowanych.
12. Najwięcej potasu i sodu oznaczono w pelargonii rabatowej rosnących w podłożu Kasmann 5 a najmniej w podłożach Agaris 2 i 4. Generalnie wszystkie rośliny rosnące na podłożach z ograniczoną zawartością torfu lub beztorfowych wyróżniały się niższą zawartością Mg niż rośliny rosnące w substracie torfowym.
13. Najwięcej N, Mg i P oznaczono w pelargonii rabatowej rosnącej w podłożach z dodatkiem odpadu pieczarkowego. Suszona pieczarka spożywcza wprowadzana do podłoży jako stymulator istotnie zwiększała w pelargonii zawartość Ca, S i Na w relacji do kontroli.
14. Największą wysokością charakteryzowały się pelargonie ogrodowe z podłoża Novarbo 20, o ok. 2 cm niższe były te z Kontroli oraz podłoża Kasmann 5, podczas gdy rośliny z pozostałych testowanych podłoży, w tym wzbogaconych w stymulatory pieczarkowe były najniższe.
15. W siódmym tygodniu produkcji ponad 70% pelargonii pochodzących z podłoża kontrolnego miało w pełni rozwinięte kwiatostany, podobnie jak te pochodząc z podłoża K5P oraz A2. W przypadku podłoża Agaris 4 blisko 80% pelargonii kwitło, ale rośliny wyprodukowane na tym podłożu miały najwięcej przekwitłych kwiatostanów, co obniżało ich wartość dekoracyjną. Podobnie szybko przekwitały rośliny pochodzące z podłoża Novarbo 20 i Novarbo 20 ze stymulatorem pieczarkowym spożywczym oraz Kasmann 5 z tym stymulatorem.
16. W analizie konsumenckiej dekoracyjności produktu finalnego, uwzględniającej kwitnienie, pokrój rośliny oraz dekoracyjność liści, najwyższe noty uzyskały rośliny wyprodukowane w kontrolnym standardowym podłożu oraz w podłożach Novarbo 20 i Kasmann 5. Najgorzej w ocenie konsumentów prezentowały się pelargonie pochodzące z podłoży Agaris 2 i Agaris 4 oraz gdy te podłoża były wzbogacone w susz pieczarkowy z odpadów produkcji pieczarki.
17. Mierzona wskaźnikiem Fv/Fm wydajność fotosyntetyczna liści roślin wyprodukowanych na wszystkich podłożach, utrzymywała się na prawidłowym poziomie. Zaobserwowano, że dodatek do podłoża stymulatora pieczarkowego pochodzenia spożywczego (zmielone owocniki) zwiększał indeks zieloności liści SPAD. Najwyższy poziom barwników fotosyntetycznych wykazano w roślinach uprawianych w podłożu kontrolnym, a także w Novarbo 20 oraz Novarbo 20 z obydwojema rodzajami stymulatorów, a także Kasmann 5 ze stymulatorami.

Pelargonium peltatum:

18. Analizy przeprowadzone po uprawie **pelargonii bluszczolistnej** wykazały, że wszystkie podłoża z ograniczoną zawartością torfu lub beztorfowe były znacznie bardziej wzbogacone w dostępny dla roślin potas niż podłoże torfowe (kontrola). Podłoża Agaris 2 i 4 zawierały istotnie więcej fosforu niż pozostałe użyte w badaniach.
19. Dodatek suszonej pieczarki spożywczej istotnie wzbogacał podłoża w uprawie pelargonii bluszczolistnej w azot azotanowy (N-NO₃), potas i fosfor powodując także istotny wzrost zasolenia.
20. Wszystkie rośliny rosnące na podłożach z ograniczoną zawartością torfu lub beztorfowych cechowała niższa zawartość magnezu w biomasie pelargonii bluszczolistnej w odniesieniu do podłoża torfowego (kontrola).
21. Pelargonie bluszczolistne rosnące w podłożach bez dodatku stymulatorów z pieczarek miały istotnie wyższą suchą masę, zawartość wapnia i sodu. Zawierały natomiast mniej azotu i siarki. Dodatek suszonej pieczarki odpadowej do podłoża istotnie zwiększał zawartość N i P w roślinach. Stymulator w postaci suszonej pieczarki spożywczej poprawiał natomiast zaopatrzenie pelargonii bluszczolistnej w potas w relacji do pozostałych kombinacji doświadczenia.
22. Wykazano hamujący wpływ zastosowanego stymulatora pieczarkowego, zarówno pochodzącego z poprodukcyjnych odpadów, jak i spożywczego wyprodukowanego z owocników pieczarek, na długość pędów pelargonii bluszczolistnej oraz masę części nadziemnej, tj. pędów i liści. Najwyższą masą części nadziemnej charakteryzowały się pelargonie z podłoża kontrolnego (standardowo używanego do produkcji) oraz te wyprodukowane w podłożu Novarbo 20.
23. Na zakończenie uprawy najwięcej roślin kwitnących otrzymano na podłożu Novarbo 20 (60%) oraz w Kontroli (56%), a także w podłożach NP oraz A4 (powyżej 50%).
24. Badania stanu fizjologicznego liści pelargonii bluszczolistnej wykazały, że indeks zieloności liści SPAD kształtował się na najwyższym poziomie u roślin wyprodukowanych w podłożu kontrolnym oraz pochodzących z podłoża Novarbo 20, Novarbo 20 z suszem pieczarkowym spożywczym (NP) oraz z podłoża Agaris 2 z suszem spożywczym (A2P). Jest to skorelowane z najwyższą zawartością barwników fotosyntetycznych, szczególnie chlorofilu a.

Mikroelementy:

25. Generalnie, podłoża beztorfowe i z ograniczoną zawartością torfu zawierały więcej mikroelementów, zwłaszcza żelaza, manganu i cynku w porównaniu do standardowego podłoża torfowego.
26. Dodatek do podłoża stymulatora pieczarkowego ogólnie poprawiał zaopatrzenie testowych roślin w żelazo.
27. Ogólnie gorsze zaopatrzenie w mikroelementy roślin rosnących w podłożach beztorfowych lub z ograniczoną zawartością torfu w porównaniu do standardowego podłoża torfowego, może wskazywać na występowanie tych składników pokarmowych w formach nieprzyswajalnych dla roślin. Wysoki odczyn tych podłoży sprzyja przechodzeniu mikroelementów w formy nierozpuszczalne.

Rekomendacje dla badań w warunkach produkcyjnych

1. Najbardziej zbliżone pod względem właściwości fizyko-chemicznych do standardu torfowego było podłoże Novarbo 20, ze zredukowaną o 20% zawartością torfu. Badania w warunkach doświadczalnych prowadzonych w szklarniach Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie wykazały, że beztorfowe podłoże Klastmann 5 oraz Novarbo 20 z ograniczoną zawartością torfu mogą być wykorzystywane jako podłoża alternatywne do substratów torfowych w uprawie produkcyjnej roślin sezonowych, rabatowych i balkonowych.
2. Nie rekomenduje się dodatku stymulatorów pieczarkowych w stężeniu 2,5% obj., jako dodatków do testowanych podłoży w uprawie aksamitki oraz pelargonii w technologii uprawy stosowanej w firmie Jenflor.
3. Zaleca się zwiększenie stężenia magnezu w pożywkach stosowanych do żywienia roślin uprawianych w podłożach z ograniczoną zawartością torfu lub beztorfowych, z uwagi na niski status mineralnego odżywienia roślin tym składnikiem.