

Katedra Fizjologii Roślin i Biochemii,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin
e-mail: arkadiusz.telesinski@zut.edu.pl

ARKADIUSZ TELESIŃSKI, MIROSŁAW ONYSZKO,
MARTYNA ŚNIOSEK, MACIEJ PŁATKOWSKI, MICHAŁ STRĘK

**Oddziaływanie napropamidu na wybrane właściwości
antyoksydacyjne koszyczków nagietka lekarskiego
(*Calendula officinalis* L.)**

The effect of napropamide on antioxidant properties in inflorescence
of marigold (*Calendula officinalis* L.)

Streszczenie. Celem podjętych badań było określenie wpływu napropamidu użytego wraz z preparatem Devrinol 450 SC na zawartość polifenoli ogółem, flawonoidów ogółem, karotenoidów ogółem oraz na aktywność antyoksydacyjną koszyczków nagietka lekarskiego (*Calendulae anthodium*). Trzyletnie doświadczenie przeprowadzono na glinie piaszczysto-ilastej o zawartości C_{org} 12,08 g·kg⁻¹. W doświadczeniu glebę opryskano preparatem Devrinol 450 SC w dawkach: 0 (kontrola), połowa dawki polowej, dawka polowa i dwukrotność dawki polowej. Bezpośrednio po opryskaniu wysiano nasiona nagietka lekarskiego odmiany Pacific Persimmon Beauty. W okresie kwitnienia zebrano kwiatostany, wysuszono i wykonano analizy chemiczne surowca. Zastosowanie napropamidu w niewielkim stopniu wpłynęło na aktywność antyoksydacyjną i zawartość karotenoidów ogółem w koszyczkach nagietka lekarskiego. Natomiast największe zmiany odnotowano w zawartości związków polifenolowych, zwłaszcza flawonoidów ogółem. Nie wykazano wyraźnej zależności pomiędzy wielkością dawki napropamidu a jego oddziaływaniem na właściwości antyoksydacyjne kwiatostanów nagietka lekarskiego.

Słowa kluczowe: *Calendula anthodium*, polifenole ogółem, flawonoidy ogółem, karotenoidy ogółem, DPPH, napropamid

WSTĘP

Nagietek lekarski (*Calendula officinalis* L.) należy do roślin leczniczych wykorzystywanych już w starożytności. Obecnie gatunek ten dostarcza surowca zielarskiego o dużym znaczeniu dla przemysłu farmaceutycznego i kosmetycznego [Król 2011]. Jest

on jednoroczną rośliną ozdobną, której odmiany hodowlane o ciemnopomarańczowych, pełnych kwiatach są również uprawiane jako surowiec zielarski. Koszyczek nagietka (*Calendulae anthodium*) ma bogaty skład chemiczny, zawiera m.in. triterpeny, flawonoidy, karotenoidy, poliacetyleny, olejek eteryczny, fenolokwasy [Telesiński i in. 2013]. Ma on szerokie zastosowanie w leczeniu różnych uszkodzeń skóry (np. w stłuczeniach, odmrożeniach, oparzeniach, owrzodzeniach podudzi), jak również w zapaleniach błon śluzowych jamy ustnej, gardła lub pochwy [Mohammad i in. 2012]. W krajach europejskich w fitoterapii stosowane są także liście (*Calendulae folium*) oraz całe ziele (*Calendulae herba*), jako środki napotne i przeciwskurczowe. W Indiach wyciągi z liści używane są także zewnętrznie w leczeniu żyłaków [Muley i in. 2009].

Jedną z nielicznych substancji aktywnych preparatów herbicydowych dopuszczonych do stosowania w Polsce w uprawie nagietka lekarskiego jest napropamid. Związek ten ($C_{17}H_{21}NO_2$: *N,N*-dietylo-2-(1-naftalenyloksy)-propanoamid) należy do grupy amidów i hamuje wzrost korzeni kiełkujących chwastów [Sadegh-Zadeh i in. 2012]. Główny mechanizm działania napropamidu polega na hamowaniu podziału komórkowego poprzez blokowanie fazy G1 i G2 cyklu mitotycznego, a zarazem syntezy DNA [Di Tomaso i in. 1988]. Napropamid jest herbicydem stosowanym doglebowo. Główną drogą jego rozkładu jest fotodegradacja, a degradacja mikrobiologiczna przebiega bardzo powoli [Cycoń i in. 2013]. Biswas i in. [2007] zwracają uwagę na fakt, że wystawienie roślin na działanie napropamidu znacznie stymuluje produkcję reaktywnych form tlenu ($O_2^{\cdot-}$ i H_2O_2), co może powodować indukcję stresu oksydacyjnego i wywołane nim uszkodzenia, a jednocześnie hamować produkcję chlorofilu.

Dlatego też celem podjętych badań było określenie wpływu herbicydu Devrinol 450 SC, zawierającego jako substancję aktywną napropamid, na wybrane właściwości antyoksydacyjne koszyczków nagietka lekarskiego.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania wykonano w trakcie trzyletniego doświadczenia polowego, założonego w miejscowości Uniemino, położonej w gminie Borne Sulinowo, w województwie zachodniopomorskim (53°38'N, 16°26'E). Doświadczenie przeprowadzono w latach 2013–2015 w układzie bloków losowanych w czterech powtórzeniach na glebie o składzie granulometrycznym gliny piaszczysto-ilastej o pH_{KCl} 5,24 i z zawartością C_{org} 12,08 g·kg⁻¹. Powierzchnia jednego poletka wynosiła 1,44 m² (1,2 m × 1,2 m). W doświadczeniu glebę opryskano preparatem Devrinol 450 SC (zawierającym jako substancję aktywną napropamid w ilości 450 g·dm⁻³) w dawkach: 0 (kontrola), połowa dawki polowej (0,5 × DP), dawka połowa (1 × DP) i dwukrotność dawki polowej (2 × DP). Ilości preparatu oraz napropamidu wprowadzonych do gleby przedstawiono w tabeli 1. Bezpośrednio po opryskaniu zastosowany środek wymieszano z glebą na głębokości do 3 cm i na tak przygotowane poletka wysiano w rzędach, co 35 cm, po 0,8 g nasion nagietka lekarskiego (*Calendula officinalis* L.) odmiany Pacific Persimmon Beauty, wyprodukowanych przez PNOS Ożarów. W każdym roku badań doświadczenie założono 2 maja.

W okresie kwitnienia zebrano koszyczki nagietka lekarskiego i wysuszono je w warunkach naturalnych, w przewiewnym oraz zacienionym miejscu, w temperaturze

25–35°C. Po wysuszeniu materiał zmielono. W celu oznaczenia zawartości polifenoli ogółem, flawonoidów ogółem oraz aktywności antyoksydacyjnej sporządzono ekstrakty metanolowe zgodnie z procedurą opisaną przez Kumarana i Karunkarana [2007]. Zawartość polifenoli ogółem oznaczono metodą Yu i in. [2002] z odczynnikiem Folina-Ciocalteu'a, flawonoidów ogółem – metodą Kumarana i Karunkarana [2007] z AlCl_3 , a aktywność antyoksydacyjną, jako zdolność do zmiatania rodnika DPPH (1,1-difenylo-2-pikrylohydrazylu), zgodnie z metodyką opisaną przez Sanchez-Moreno [2002]. Zawartość karotenoidów ogółem oznaczono po ekstrakcji wysuszonego surowca z 80% acetonem (v/v) zgodnie z metodą Arnona i in. [1956] w modyfikacji Lichtenthalera i Wellburna [1983]. Do wszystkich oznaczeń spektrofotometrycznych użyto spektrofotometru UV-1800 firmy Shimadzu.

Tabela 1. Dawki herbicydu Devrinol 450 SC zastosowane w doświadczeniu

Table 1. Doses of herbicide Devrinol 500 SC used in experiment

Wielokrotność dawki herbicydu (DP) Multiple of herbicide dose (DP)	Ilość preparatu Devrinol 450 SC Amount of formulation of Devrinol 500 SC		Ilość wprowadzonego napropamidu Amount of napropamide added ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$)
	($\text{dm}^3\cdot\text{ha}^{-1}$)	($\text{cm}^3\cdot\text{m}^{-2}$)	
0,5 × DP	1,20	0,12	54,00
1 × DP	2,40	0,24	108,00
2 × DP	4,80	0,48	216,00

Wszystkie analizy wykonano w trzech powtórzeniach. Otrzymane wyniki opracowano statystycznie za pomocą programu Statistica 12.0. W celu określenia oddziaływania poszczególnych dawek napropamidu na właściwości antyoksydacyjne koszyczków nagietka lekarskiego, wyniki zawartości polifenoli ogółem, flawonoidów ogółem, karotenoidów ogółem oraz aktywności antyoksydacyjnej porównano za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji na poziomie $p < 0,05$, a najmniejsze istotne różnice obliczono testem Tukeya.

Obliczono również dwuczynnikową analizę wariancji η^2 w celu określenia procentowego wpływu dawki napropamidu oraz roku doświadczenia na właściwości oksydacyjne koszyczków nagietka lekarskiego.

WYNIKI I DYSKUSJA

W poszczególnych latach doświadczenia polowego panowały zróżnicowane warunki meteorologiczne. Tabele 2 i 3 obrazują zmienność dwóch czynników najbardziej istotnych dla rozwoju roślin, czyli sumy opadów i temperatury. Wartości średnie tych parametrów zostały obliczone na podstawie danych z lat 1961–2000 [Kozmiński i in. 2012]. Warunki pogodowe były zmienne w latach badań i wywarły znaczący wpływ na przebieg wegetacji roślin nagietka lekarskiego, co jest potwierdzeniem badań Król [2017].

Tabela 2. Średnie miesięczne sumy opadów w trakcie trwania doświadczenia w odniesieniu do wielolecia

Table 2. Average monthly rainfall sums during the experiment for multiyear period

Miesiąc Month	Średnia miesięczna z wielolecia 1961–2000 Average for multiyear period 1961–2000 (mm)	Suma opadów (mm)/ Różnica w porównaniu z wieloleciem (%) Sum of rainfall (mm) / Difference compared to multiyear period (%)		
		2013	2014	2015
V	53	57,5 / 108,5%	41,7 / 78,7%	54,1 / 45,5%
VI	73	75,2 / 103,0%	49,2 / 67,4%	53,2 / 72,9%
VII	75	77,6 / 103,5%	22,1 / 29,5%	47,7 / 63,6%
VIII	65	16,7 / 25,7%	53,1 / 80,7%	8,6 / 13,2%
Łącznie Together	266	227,0 / 85,2%	166,1 / 64,2%	163,6 / 48,8%

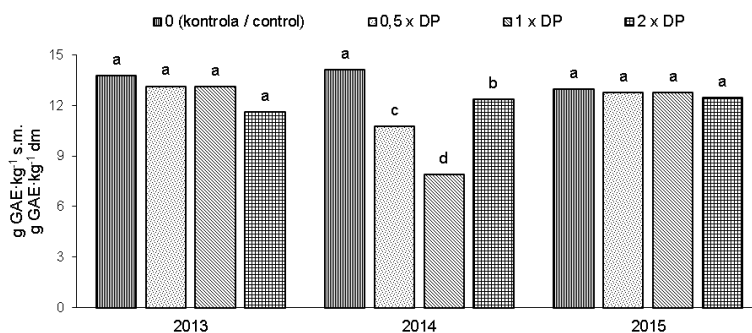
Tabela 3. Średnie miesięczne temperatury w trakcie trwania doświadczenia polowego w odniesieniu do wielolecia

Table 3. Average monthly temperatures during experiment for multiyear period

Miesiąc Month	Średnia miesięczna z wielolecia 1961–2000 Average for multiyear period 1961–2000 (°C)	Średnia temperatura miesięczna (°C)/ Różnica w porównaniu z wieloleciem (°C) Average monthly (°C)/ Difference compared to multiyear period (°C)		
		2013	2014	2015
V	12,1	13,7 / 1,6	12,2 / 0,1	11,2 / -0,9
VI	15,4	16,4 / 1,0	14,9 / -0,5	14,0 / -1,4
VII	17,0	17,9 / 0,9	20,6 / 3,6	16,9 / -0,1
VIII	16,5	17,9 / 1,4	16,7 / 0,2	20,6 / 4,1
Średnia Average	15,2	16,5 / 1,3	16,1 / 0,9	15,6 / 0,4

Zawartość polifenoli ogółem w koszykach nagietka lekarskiego rosnącego w glebie, na której nie użyto napropamidu, wynosiła 13,00–14,15 g GAE kg⁻¹ s.m.

Oddziaływanie herbicydu uzależnione było od lat badań. W roku 2013 i 2015 zastosowanie napropamidu we wszystkich dawkach nie wpłynęło istotnie na koncentrację polifenoli ogółem w koszykach nagietka lekarskiego. W roku 2014 stwierdzono natomiast po zastosowaniu napropamidu istotny statystycznie spadek zawartości polifenoli ogółem w koszykach nagietka lekarskiego w odniesieniu do roślin kontrolnych. Ten efekt był największy po aplikacji dawki polowej herbicydu (rys. 1).

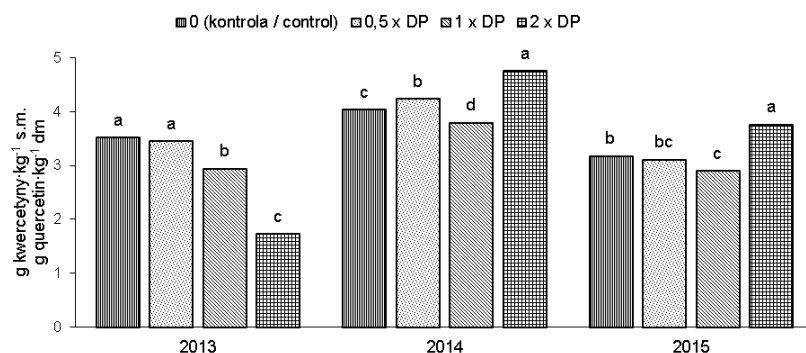


Rys. 1. Zawartość polifenoli ogółem w koszyczkach nagietka lekarskiego po zastosowaniu napropamidu (wartości oznaczone tymi samymi literami w określonym roku badań nie różnią się istotnie na poziomie $p < 0,05$)

Fig. 1. Total polyphenol contents in inflorescence of marigold after application of napropamide (the values denoted with the same in a particular year of study do not differ significantly at the level of $p < 0.05$)

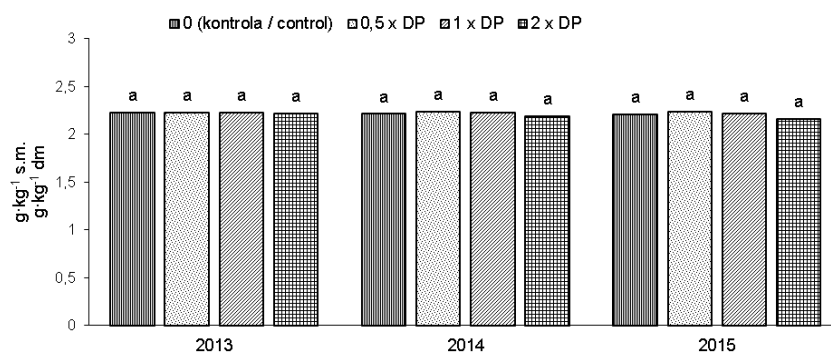
Zastosowanie dawki herbicydu o połowę mniejszej od zalecanej jedynie w drugim roku badań spowodowało istotne statystycznie podwyższenie zawartości flawonoidów ogółem w porównaniu z kontrolą. W koszyczkach zebranych z roślin rosnących w glebie z dodatkiem napropamidu w dawce polowej we wszystkich latach badań zawartość flawonoidów ogółem była mniejsza niż w surowcu kontrolnym. Natomiast po aplikacji dawki dwukrotnie większej od zalecanej stwierdzono w pierwszym roku badań spadek, a w dwóch kolejnych latach – wzrost koncentracji flawonoidów ogółem w odniesieniu do kontroli (rys. 2).

Zawartość karotenoidów ogółem w koszyczkach nagietka lekarskiego rosnącego w glebie bez dodatku napropamidu wynosiła 2,21–2,27 g kg^{-1} s.m. We wszystkich latach badań nie odnotowano istotnego wpływu napropamidu na zawartość tej grupy związków w koszyczkach nagietka (rys. 3).



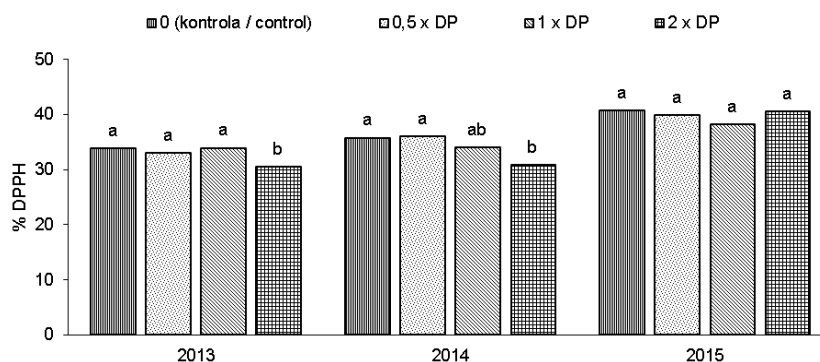
Rys. 2. Zawartość flawonoidów ogółem w koszyczkach nagietka lekarskiego po zastosowaniu napropamidu (wartości oznaczone tymi samymi literami w określonym roku badań nie różnią się istotnie na poziomie $p < 0,05$)

Fig. 2. Total flavonoid contents in inflorescence of marigold after application of napropamide (the values denoted with the same in a particular year of study do not differ significantly at the level of $p < 0.05$)



Rys. 3. Zawartość karotenoidów ogółem w koszyczkach nagietka lekarskiego po zastosowaniu napropamidu (wartości oznaczone tymi samymi literami w określonym roku badań nie różnią się istotnie na poziomie $p < 0,05$)

Fig. 3. Total carotenoid contents in inflorescence of marigold after application of napropamide (the values denoted with the same in a particular year of study do not differ significantly at the level of $p < 0.05$)



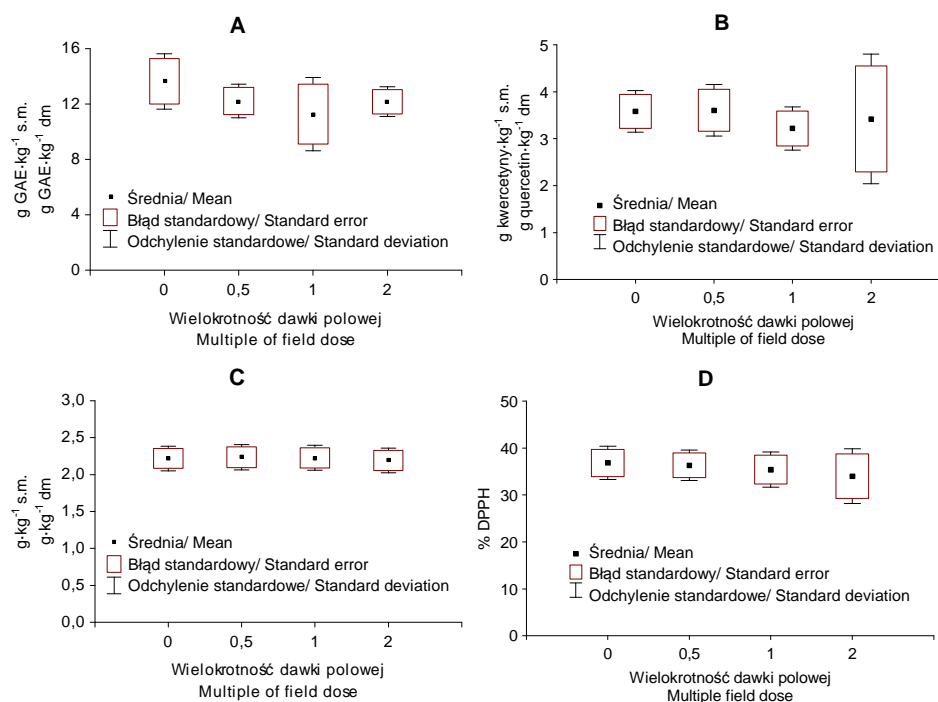
Rys. 4. Aktywność antyoksydacyjna koszyczków nagietka lekarskiego po zastosowaniu napropamidu (wartości oznaczone tymi samymi literami w określonym roku badań nie różnią się istotnie na poziomie $p < 0,05$)

Fig. 4. Antioxidant activity of marigold inflorescence after application of napropamide (the values denoted with the same in a particular year of study do not differ significantly at the level of $p < 0.05$)

Aktywność antyoksydacyjna koszyczków nagietka lekarskiego rosnącego w glebie, na której nie użyto napropamidu, wynosiła 33,91–40,78% DPPH i była największa w ostatnim roku badań (2015). Istotnie statystycznie obniżenie aktywności antyoksydacyjnej wykazano jedynie w dwóch pierwszych latach badań po zastosowaniu dawki dwukrotnie większej od zalecanej (rys. 4).

Biorąc pod uwagę średnią dla 3 lat badań zawartość polifenoli ogółem w koszyczkach nagietka lekarskiego, wykazano, że zastosowanie napropamidu spowodowało jej obniżenie w stosunku do kontroli o: 10,06% dla dawki $0,5 \times DP$, 16,80% dla dawki $1 \times DP$ i 10,57% dla dawki $2 \times DP$ (rys. 5A). Średnia zawartość flawonoidów ogółem

była niższa niż w obiekcie kontrolnym jedynie w przypadku dawki $1 \times DP$ (o 10,29%), podczas gdy dla dwóch pozostałych dawek była zbliżona do wartości uzyskanych w kontroli (rys. 5B). Analizując zarówno średnią zawartość karotenoidów, jak i średnią aktywność antyoksydacyjną nie można stwierdzić oddziaływania napropamidu na te parametry (rys. 5C–D). W dostępnych danych literaturowych niewiele jest doniesień o wpływie środków ochrony roślin na właściwości antyoksydacyjne surowców zielarskich. Telesiński i in. [2016] podali, że po zastosowaniu napropamidu w ilości równej połowie dawki połowej nie stwierdzono w większości przypadków istotnych zmian zawartości polifenoli ogółem, flawonoidów ogółem, aktywności oraz pojemności antyoksydacyjnej w soku z ziela nagietka lekarskiego. Dawka połowa oraz dwukrotnie większa herbicydu wywołały natomiast obniżenie wszystkich oznaczanych parametrów przeciwtleniającego soku z nagietka lekarskiego, a efekt ten w największym stopniu uwidocznił się w przypadku flawonoidów ogółem. Ciołek i Makarska [2004], badając wpływ chemicznej ochrony na aktywność antyoksydacyjną polifenoli i frakcji tokoferoli ziarniaków pszenicy twardej, stwierdziły, że aktywność antyutleniająca ekstraktów polifenoli zależała od: czasu trwania reakcji oraz poziomu i rodzaju środków ochrony chemicznej użytych w doświadczeniu. Zastosowane pestycydy nie wpływały na aktywność antyoksydacyjną ekstraktów tokoferoli z badanych pszenic.



Rys. 5. Średnia zawartość polifenoli ogółem (A), flawonoidów ogółem, (B), karotenoidów ogółem (C) oraz aktywność antyoksydacyjna (D) koszyczków nagietka lekarskiego po zastosowaniu napropamidu

Fig. 5. Mean content of total polyphenols (A), total flavonoids (B), total carotenoids (C) and antioxidant activity (D) of marigold inflorescence after application of napropamide

Biesiada i in. [2007] podają, że właściwości przeciwutleniające surowców pozyskiwanych z nagietka lekarskiego są wyraźnie mniejsze niż innych surowców zielarskich. Ponadto aktywność antyoksydacyjna koszyczków nagietka w największym stopniu uzależniona jest od poziomu polifenoli [Muley i in. 2009]. Mohammad i Kashani [2012] stwierdzili natomiast, że za właściwości przeciwutleniające surowców pozyskanych z tej rośliny odpowiadają przede wszystkim flawonoidy oraz karotenoidy, głównie luteina oraz zeaksantyna.

Przeprowadzona dwuczynnikowa analiza wariancji η^2 wykazała, że dawka napropamidu w największym stopniu oddziaływała na zawartość polifenoli ogółem i aktywność antyoksydacyjną koszyczków nagietka, podczas gdy zawartość karotenoidów ogółem kształtowana była głównie przez rok badań, a flawonoidów ogółem przez interakcję pomiędzy dawką herbicydu a rokiem badań (tab. 4).

Tabela 4. Procentowy udział czynników doświadczalnych w kształtowaniu właściwości antyoksydacyjnych koszyczków nagietka lekarskiego

Table 4. Percentage participation of experiment factors in formation of antioxidant parameters in marigold inflorescence

Czynnik Factor	Polifenole ogółem Total polyphenols	Flawonoidy ogółem Total flavonoids	Karotenoidy ogółem Total carotenoids	Aktywność antyoksydacyjna Antioxidant activity
Dawka/ Dose (D)	47,45	14,99 (n.i.)	12,92	58,22
Rok/ Year (R)	33,56	20,12 (n.i.)	71,43	7,20 (n.i.)
D × R	8,32 (n.i.)	35,20	4,83 (n.i.)	7,96 (n.i.)
Błąd/ Error	10,37	29,69	10,82	26,62

n.i. – nieistotnie statystycznie na poziomie $p < 0,05$ / non-significance statistically at $p < 0.05$

Należy podkreślić, że w badaniach użyto preparat Devrinol 450 SC, w skład którego wchodzi dwa związki o działaniu toksykologicznym: substancja aktywna – napropamid ($450 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$) oraz glikol etylenowy (5–10%). Prowadzone wcześniej badania wykazały, że glikol etylenowy ulega całkowitej biodegradacji w glebie w ciągu 3–5 dni, nie wpływając istotnie na środowisko glebowe [Klecka i in. 1993; McVicker i in. 1998]. Natomiast średni okres połowicznego rozpadu napropamidu wynosi około 70 dni [Wauchope i in. 1992]. Dlatego też to właśnie tej substancji należy przypisywać największy wpływ na ekosystem.

WNIOSKI

1. Spośród oznaczanych parametrów przeciwutleniających największe zmiany pod wpływem zastosowanego herbicydu odnotowano w przypadku zawartości flawonoidów ogółem.

2. Zastosowanie napropamidu w niewielkim stopniu wpłynęło na aktywność antyoksydacyjną i zawartość karotenoidów ogółem w koszyczkach nagietka lekarskiego.

3. Nie wykazano wyraźnej zależności pomiędzy wielkością dawki napropamidu a jego oddziaływaniem na właściwości antyoksydacyjne kwiatostanów nagietka lekarskiego – wielokrotnie wzrost dawki herbicydu nie zwiększał jego oddziaływania na oznaczane parametry.

LITERATURA

- Arnon D.J., Allen M.B., Whatley F., 1956. Photosynthesis by isolated chloroplast. IV General concept and comparison of three photochemical reactions. *Biochim. Biophys. Acta* 20, 449–461.
- Biesiada A., Sokół-Łętowska A., Kucharska A., 2007. Wpływ odmiany na aktywność antyoksydacyjną nagietka lekarskiego (*Calendula officinalis* L.). *Rocz. AR w Poznaniu* 383, Ogrodnictwo 41, 421–425.
- Biswas P.K., Pramanik S.K., Mitra S.R., Bhattacharyya A., 2007. Persistence of napropamide in/on tea under North-East Indian climatic condition. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 79(5), 566–569.
- Ciołek A., Makarska E., 2004. Wpływ chemicznej ochrony na aktywność antyoksydacyjną polifenoli i frakcji tokoferoli ziarniaków pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). *Biul. IHAR* 234, 147–156
- Cycoń M., Wójcik M., Borymski S., Piotrowska-Seget Z., 2013. Short-term effects of the herbicide napropamide on the activity and structure of the soil microbial community assessed by the multi-approach analysis. *Appl. Soil Ecol.* 6, 8–18.
- Di Tomaso J.M., Ashton F.M., Rost T.L., 1988. Effects of napropamide on growth and anatomy of corn, *Zea mays*, roots. *Weed Sci.* 36(4), 457–463.
- Lichtenthaler H.K., Wellburn A.R., 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophyll a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochem. Soc. Trans.* 11, 591–592.
- Klecka G.M., Carpenter C.L., Landerberger B.D., 1993. Biodegradation of aircraft deicing fluids in soil at low temperatures. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 25, 280–295.
- Koźmiński C., Michalska B., Czarnecka M., 2012. Klimat województwa zachodniopomorskiego. Wyd. Zapol Dmochowski. Szczecin.
- Król B., 2011. Yield and the chemical composition of flowers head of pot marigold (*Calendula officinalis* L. cv. Orange King) depending on nitrogen fertilization. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus* 10(2), 235–243.
- Król B., 2017. Azot i siarka jako czynniki kształtujące plon nasion oraz zawartość i jakość tłuszczu nagietka lekarskiego – potencjalnego surowca olejarskiego. *Annales UMCS, sec. Agricultura* 72(2), 29–38.
- Kumaran A., Karunakaran R.J., 2007. In vitro antioxidant activities of methanol extracts of five *Phyllanthus* species of India. *Food Sci. Technol.* 40, 344–352.
- McVicker L., Duffy D., Stout V., 1998. Microbial growth in a steady-state model of ethylene glycol-contaminated soil. *Curr. Microbiol.* 36(3), 136–147.
- Mohammad S.M., Kashani H.H., 2012. Pot marigold (*Calendula officinalis*) medicinal usage and cultivation. *Sci. Res. Ess.* 7(14), 1468–1472.
- Muley B.B., Khadabadi S.S., Banarase N.B., 2009. Phytochemical constituents and pharmacological activities *Calendula officinalis* Linn (*Asteraceae*): A review. *Trop. J. Pharm. Res.* 8(5), 455–465.
- Sadegh-Zadeh F., Wahid S.A., Seh-Bardan B.J., Othman R., Omar D., 2012. Fate of napropamide herbicide in selected Malaysian soils. *J. Environ. Sci. Health B* 47(2), 144–151.

- Sanchez-Moreno C., 2002. Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Food Sci. Technol. Int.* 8(3), 121–137.
- Telesiński A., Onyszko M., Wróbel J., Marska B., 2016. Zmiany wybranych właściwości antyoksydacyjnych soku z ziela nagietka lekarskiego (*Calendula officinalis* L.) pod wpływem napropamidu. *Chem. Environ. Biotechnol.* 19, 29–33.
- Telesiński A., Wieteska A., Onyszko M., Okińska M., Niedźwiecki E., 2013. Analiza fitochemiczna i właściwości przeciwutleniające soku z nagietka lekarskiego (*Calendula officinalis* L.). *Bromat. Chem. Toksykol.* 46(4), 428–433.
- Wauchope R.D., Buttler T.M., Hornsby A.G., Augustijn Becker P.W.M., Burt J.P., 1992. SCS/ARS/CES pesticide properties database environmental decision making. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 123, 1–157.
- Yu L., Haley S., Perret J., Harris M., Wilson J., Qian M., 2002. Free radical scavenging properties of wheat extracts. *J. Agric. Food Chem.* 50, 1619–1624.

Summary. The aim of the study was to determine the effect of napropamide, used with Devrinol 450 SC on the total polyphenol content, total flavonoid content, total carotenoid content and antioxidant activity of *Calendulae anthodium*. The three-year-long experiment was carried out on sandy clay loam with a C_{org} content of $12.08 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. In the experiment, the soil was sprayed with Devrinol 450 SC at the following doses: 0 (control), half the field dose, field dose and twice the field dose. Immediately after spraying the seeds of marigold cv. Pacific Persimmon Beauty were sown. During flowering, the inflorescences were collected, dried and the chemical analyses were performed. The use of napropamide had little effect on the antioxidant activity and total carotenoid content in the marigold capsules. On the contrary, the greatest changes were recorded in the content of polyphenol compounds, especially in the total flavonoids. There was no clear relationship between the dose of napropamide and its effect on the antioxidant properties of the marigold inflorescences.

Key words: *Calendula anthodium*, total polyphenols, total flavonoids, total carotenoids, DPPH, napropamide

Otrzymano/ Received: 7.09.2017
Zaakceptowano/ Accepted: 5.10.2017