

Katedra Warzywnictwa i Roślin Leczniczych, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. S. Leszczyńskiego 58, 20-068 Lublin
e-mail: renata.nurzynska@up.lublin.pl

RENATA NURZYŃSKA-WIERDAK

**Dolistne dokarmianie azotem a plon surowca
i skład chemiczny olejku eterycznego
szałwii lekarskiej (*Salvia officinalis* L.)**

Nitrogen foliar feeding in relation to the yield of raw material and the chemical composition of the essential oil of sage (*Salvia officinalis* L.)

Streszczenie. Szałwia lekarska (*Salvia officinalis* L.) jest jednym z ważniejszych gatunków roślin zielarskich uprawianych w Polsce. Celem przedstawionych badań było określenie wpływu dolistnego dokarmiania roślin mocznikiem na ich wzrost, plon surowca i zawartość oraz skład chemiczny olejku eterycznego szałwii lekarskiej. Zabieg dolistnej aplikacji azotu przeprowadzono: 11 czerwca (jedna dawka), 11 i 18 czerwca (dwie dawki) oraz 11, 18 i 25 czerwca (trzy dawki). Wykazano, że aplikacja azotu spowodowała istotne zwiększenie wysokości rośliny oraz masy powietrznie suchego ziela i powietrznie suchych liści. Największą masę powietrznie suchego ziela ($20,84 \text{ g} \cdot \text{rośl.}^{-1}$) otrzymano po jednorazowej aplikacji, a największą masę powietrznie suchych liści ($10,83 \text{ g} \cdot \text{rośl.}^{-1}$) – po dwukrotnej aplikacji. Zawartość olejku w liściach badanych roślin wynosiła od 1,70 do 1,92%. W olejku szałwii dominowały: kamfora (21,74–25,66%), cis-tujon (13,38–17,90%), trans-tujon (7,53–10,16%), 1,8-cyneol (8,23–9,52%), α -humulen (6,11–17,70%) i borneol (4,96–7,22%). Dolistna aplikacja azotu przyczyniła się do zmniejszenia zawartości 1,8-cyneolu, cis- i trans-tujonu, kamfory i borneolu oraz zwiększenia koncentracji E-kariofilenu oraz α -humulenu.

Słowa kluczowe: Lamiaceae, mocznik, składniki olejku, kamfora, α -tujon, 1,8-cyneol

WSTĘP

Rośliny lecznicze i aromatyczne dostarczają cennych surowców o wysokiej wartości biologicznej. Aktywne składniki surowców zielarskich, takie jak olejki eteryczne, flawonoidy, antocyjany, związki fenolowe, wykorzystywane są w przemyśle farmaceutycznym, spożywczym i kosmetycznym, m.in. jako środki przeciwzapalne, przeciwdrobnoustrojowe i antyoksydacyjne. Naturalne aromaty odznaczają się bogatszym składem chemicznym i niepowtarzalną kompozycją zapachową w porównaniu z aromatami syntetycznymi

[Newerli-Guz i in. 2009]. Szałwia lekarska (*Salvia officinalis* L.) jest jednym z ważniejszych gatunków aromatycznych roślin zielarskich uprawianych w Polsce. Surowiec szalwii (*Salviae folium*, *Salviae herba*), zawierający olejek eteryczny (1,0–2,5%), garbniki (8%), saponiny, triterpeny, flawonoidy [Strzelecka i Kowalski 2000], wykorzystywany jest w przemyśle farmaceutycznym i lecznictwie, przemyśle spożywczym, kosmetycznym i perfumeryjnym. Badania krajowego surowca szalwii wskazują na dużą zmienność zawartości olejku eterycznego: od 0,5 do 2,5% w liściach i od 0,3 do 1,5% w ziele [Czarnecki i in. 1992], a także na zróżnicowany skład chemiczny tej grupy związków [Baj i in. 2013, Zawiślak 2014]. Olejek eteryczny szalwii odznacza się silną aktywnością biologiczną i własnościami farmakologicznymi [Fu i in. 2013, Tosun i in. 2014, Ali i in. 2015]. Jako składniki dominujące olejku szalwii lekarskiej wymieniane są: 1,8-cyneol, α -tujon, kamfora [Porte i in. 2013, Zawiślak 2014, Said-Al Ahl i in. 2015], borneol, α -humulen, wiridiflorol [Arraiza i in. 2012], β -kariofilen [Bernotienė i in. 2007]. Udział poszczególnych składników w olejku zmienia się podczas rozwoju rośliny [Arraiza i in. 2012], a także zależy od sposobu ekstrakcji [Baj i in. 2013, Baydar i in. 2013].

Warunki klimatyczne i agrotechniczne istotnie wpływają na wielkość i jakość surowca szalwii. W badaniach Galambosiego i in. [2002] wykazano, że plon surowca szalwii uzyskany w południowej Finlandii jest większy o 10–40% niż otrzymany z plantacji oddalonych o 500 km na północ. Ponadto krótszy okres wegetacyjny ma większy wpływ na produkcję biomasy niż na zawartość i skład olejku. Z kolei Prodan i Tabără [2010] w swoich badaniach przeprowadzonych w Rumunii uzyskali w warunkach zacienienia większy plon ziela szalwii niż w pełnym nasłonecznieniu. Kompozycja olejku eterycznego szalwii, podobnie jak innych roślin aromatycznych, podlega również zmienności środowiskowej. Badania Manukyana [2011] dowodzą, że stres suszy nie różnicuje zawartości olejku eterycznego szalwii, ale wpływa na udział jego składników. Natomiast metoda uprawy oraz poziom nawożenia istotnie wpływają na plon szalwii [Prodan i Tabără 2010, Bielski i in. 2011]. Prodan i Tabără [2010] za najbardziej produktywny wariant nawozowy uznali zastosowanie $N_{30}P_{30}K_{30}$ połączonego z dolistnym dokarmianiem roślin. Z kolei Bielski i in. [2011] wykazali, że plon świeżego i powietrznie suchego ziela szalwii, podobnie jak udział liści w ziele, zwiększa się wraz ze zwiększaniem dawki azotu (odpowiednio: z 23,7 do 34,9 g na roślinę i z 59,2 do 61,3%). Autorzy ci wykazali ponadto, że wyższe dawki azotu powodują zmniejszenie koncentracji olejku eterycznego, która jest najwyższa (0,97% p.s.m. liści) po zastosowaniu 0,4 g N na wazon. Kolejnym ważnym czynnikiem decydującym o jakości surowca jest termin zbioru szalwii [Zawiślak 2003, Nadjafi i in. 2014, Zawiślak 2014, Verma i in. 2015]. W trzecim roku uprawy szalwii większy plon świeżego i suchego ziela, suchych liści oraz olejku eterycznego uzyskano w sierpniu (drugi termin zbioru) niż w maju (pierwszy termin) [Zawiślak 2014]. Ponadto zależnie od terminu zbioru szalwii w istotny sposób zmienia się zawartość 1,8-cyneolu, α - i β -tujonu, kamfory, borneolu i α -humulenu w olejku [Zawiślak 2014, Verma i in. 2015]. Celem badań przedstawionych w niniejszej pracy było określenie wpływu dolistnego dokarmiania roślin szalwii lekarskiej azotem na ich wzrost, plon surowca oraz zawartość i skład chemiczny olejku eterycznego w pierwszym roku wegetacji.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie założono w nieogrzewanym tunelu foliowym, jako jednoczynnikowe, metodą kompletnej randomizacji w czterech powtórzeniach, w Gospodarstwie Doświadczalnym Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie w 2011 r. Nasiona szalwii lekarskiej (*Salvia officinalis* L.), pochodzące z firmy W. Legutko Przedsiębiorstwo Hodowlano-Nasienne Sp. z o.o., wysiano 25 marca do skrzynek ogrodniczych wypełnionych substratem torfowym, a następnie 20 kwietnia siewki przepikowano do wielodoniczek. Rośliny wysadzono 27 maja, w fazie 3–4 liści właściwych, stosując rozstawę 40 × 40 cm. Badania przeprowadzono na glebie płowej, wytworzonej z utworów lessowych, o zawartości próchnicy 1,7%. Stanowisko pod uprawę szalwii przygotowano zgodnie z ogólnymi zasadami dotyczącymi uprawy tego gatunku [Zawiślak 2010]. W oparciu o analizę chemiczną gleby ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 7,51, $<0,24 \text{ g NaCl} \cdot \text{l}^{-1}$, $11,6 \text{ mg N-NO}_3 \cdot \text{l}^{-1}$, $168 \text{ mg P} \cdot \text{l}^{-1}$, $57 \text{ mg K} \cdot \text{l}^{-1}$, $1163 \text{ mg Ca} \cdot \text{l}^{-1}$, $119 \text{ mg Mg} \cdot \text{l}^{-1}$) uzupełniono składniki pokarmowe, stosując saletrę wapniową ($80 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$) i siarczan potasu ($100 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$). Azot zastosowano w dwóch równych dawkach: przed sadzeniem i po przyjęciu się rozsady; potas wniesiono jednorazowo przed sadzeniem. Rośliny dokarmiano dolistnie azotem w formie 0,5-procentowego roztworu mocznika, dozując ciecz do całkowitego zwilżenia blaszki liściowej; kontrolę stanowiły rośliny opryskiwane wodą wodociągową. Wykonano następujące serie zabiegów dokarmiania azotem: I poziom (rośliny niedokarmiane), II poziom (rośliny jednokrotnie dokarmiane – w terminie 11 czerwca), III poziom (rośliny dwukrotnie dokarmiane – w terminach: 11 i 18 czerwca), IV poziom (rośliny trzykrotnie dokarmiane – w terminach: 11, 18 i 25 czerwca). Nawadnianie prowadzono z wykorzystaniem linii kroplujących, dozując jednorazowo 20 mm wody. Wodę dostarczano roślinom systematycznie, w odstępach 1–2-dniowych, przez cały okres ich wzrostu. Zbiór szalwii przeprowadzono ręcznie 12 lipca, ścinając ziele tuż nad powierzchnią gleby. Przed zbiorem określono wysokość (cm) i masę (g) nadziemnej części rośliny, oceniając po 10 losowo wybranych roślin z każdego powtórzenia (łącznie 40 roślin). Zebrany surowiec wysuszone w suszarni termicznej w temperaturze 35°C. Po wysuszeniu określono masę powietrznie suchego ziele (g), masę powietrznie suchych liści (g) oraz udział liści w powietrznie suchym ziele szalwii.

W liściu szalwii (*Salviae folium*) oznaczono zawartość olejku eterycznego, stosując metodę hydrodestylacji [Farmakopea Polska VIII 2008]. Skład chemiczny olejku eterycznego określono metodą GC-MS/MS. Analizy chemiczne wykonano w 3 powtórzeniach. Skład ilościowy olejku eterycznego określono za pomocą chromatografu gazowego Varian Chrompack CP-3800 z detektorem masowym (4000 GC-MS/MS). Analizę rozpoczęto w temperaturze 50°C (przez 1 min), a następnie podwyższono ją (z szybkością $4^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$) do 250°C i tę temperaturę utrzymywano przez 10 min. Wykorzystano kolumnę VF-5ms (odpowiednik DB-5) firmy J&W (USA); gazem nośnym był hel (He) o przepływie stałym $0,5 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$; temperatura dozownika: 250°C, podział 1 : 100. Dozowano 1 μl roztworu (10 μl próby w 1000 μl heksanu). Użyto detektora Varian 4000 MS/MS: zakres rejestrowany 40–1000 m/z, szybkość skanu wynosiła 0,8 s na skan. Indeksy retencji Kovatsa wyznaczono w oparciu o szereg alkanów C_{10} – C_{40} [Van Den Dool i Kratz 1963]. Zawartość poszczególnych związków chemicznych w olejku określono na podstawie porównania z wzorcami wewnętrznymi. Tożsamość związków potwierdzano także indeksami retencji z danych piśmiennictwa [Adams 2004]. Wyniki dotyczące cech

biometrycznych i zawartości olejku eterycznego opracowano statystycznie metodą analizy wariancji dla klasyfikacji pojedynczej przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Dolistne dokarmianie roślin azotem spowodowało istotne zwiększenie ich wysokości oraz masy powietrznie suchego zela i powietrznie suchych liści (tab. 1). Najwyższe rośliny (55,2 cm) uzyskano po jednokrotnym dokarmianiu azotem. Rośliny kontrolne oraz traktowane dwiema dawkami azotu nie różniły się istotnie pod względem wysokości. Rośliny szalwii lekarskiej osiągają wysokość od 32,1 do 55,3 cm [Mossi i in. 2011]. Nawożenie azotem wpływa na wysokość roślin szalwii [Bielski i in. 2011], jednak dolistne dokarmianie nie zawsze różnicuje tę cechę. Badania Kołodziej [2009] wskazują, że w pierwszym roku uprawy tymianku dolistna aplikacja Resistimu, nawozu aktywizującego opartego na fosforanie potasu, nie powoduje istotnych zmian długości pędu, a pewne modyfikacje występują dopiero w drugim i trzecim roku uprawy. Z badań Król [2009] wynika, że wywarło istotny wpływ na wysokość roślin tymianku. W niniejszej pracy nie wykazano istotnego wpływu dokarmiania azotem na średnią masę rośliny (tab. 1). Szalwia dokarmiana jednorazowo charakteryzowała się największą masą powietrznie suchego zela ($20,84 \text{ g} \cdot \text{rośl.}^{-1}$), a rośliny zasilane dwukrotnie – największą masą powietrznie suchych liści ($10,83 \text{ g} \cdot \text{rośl.}^{-1}$). Różnice pod względem świeżej i powietrznie suchej masy zela i liści pomiędzy roślinami dokarmianymi jedno- i dwukrotnie były statystycznie nieistotne. Najmniejszą świeżą i powietrznie suchą masę zela i liści stwierdzono po zastosowaniu trzykrotnej dawki azotu. Największy udział liści w powietrznie suchym ziele ($52,27\%$) wykazano po dwukrotnym zasileniu azotem. Badania Król [2009] potwierdzają, że stosowanie dolistnych preparatów wieloskładnikowych może powodować zwiększenie plonu świeżej i powietrznie suchej masy roślin zielarskich.

Zawartość olejku eterycznego u szalwii lekarskiej zależy od warunków uprawy i rodzaju surowca. W powietrznie suchych liściach szalwii uprawianej w Polsce oznaczono $0,85\text{--}0,92\%$ olejku [Bielski 2011], natomiast w badaniach Galambosiego i in. [2002] prowadzonych w Finlandii zawartość olejku w tym surowcu wynosiła $1,80\text{--}2,09\%$ i była wyższa w rejonach południowych niż północnych. W świeżym ziele szalwii uprawianej w Turcji oznaczono natomiast $0,55\%$ olejku, a w powietrznie suchym $1,19\text{--}1,99\%$ [Baydar i in. 2013]. Według polskich standardów zawartość olejku szalwiowego nie powinna być mniejsza niż $15 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ całej substancji roślinnej (bezwodnej) i $10 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ pociętej substancji roślinnej [Zawiślak 2010]. Badane w niniejszej pracy rośliny szalwii odznaczały się wysoką zawartością olejku eterycznego: od $1,70$ do $1,92\%$ w powietrznie suchym surowcu (*Salviae folium*), w zależności od zastosowanego zabiegu dokarmiania azotem (tab. 2). Najwięcej olejku eterycznego gromadziły rośliny jednokrotnie zasilane azotem, a najmniej – rośliny otrzymujące trzy dawki azotu. Dolistne zasilanie roślin różnymi rodzajami nawozów różnie wpływa na zawartość olejku eterycznego. Nawozy dolistne Tytanit i Ekolist w niewielkim stopniu modyfikują zawartość olejku eterycznego tymianku [Król 2009]. Zastosowanie dolistnej aplikacji Resistimu w uprawie tymianku powoduje zmniejszenie zawartości olejku eterycznego [Kołodziej

2009], podobnie jak zwiększone nawożenie azotowe w uprawie szalwii [Bielski i in. 2011]. Różnice te można wyjaśnić różnymi potrzebami pokarmowymi i nawozowymi poszczególnych gatunków roślin zielarskich, a także oddziaływaniem innych czynników zmienności substancji biologicznie czynnych (genetycznych, ontogenetycznych, środowiskowych).

Tabela 1. Cechy biometryczne roślin szalwii lekarskiej w zależności od dolistnej aplikacji azotu
Table 1. The biometric features of sage plants depending on the foliar nitrogen application

Dokarmianie Foliar feeding	Wysokość rośliny Plant height (cm)	Świeża masa ziela Fresh herb mass (g)	Masa powietrznie suchego ziela (PSZ) Mass of air-dry herb (ADH) (g · rośl. ⁻¹) (g · plant ⁻¹)	Masa powietrznie suchych liści Mass of air-dry leaves (g · rośl. ⁻¹) (g · plant ⁻¹)	Udział liści w PSZ Share of leaves in ADH (%)
Bez aplikacji N Without N application	51,3	122,3	18,35	8,06	43,92
1 aplikacja 1 application	55,2	144,3	20,84	8,92	42,80
2 aplikacje 2 applications	52,9	140,5	20,72	10,83	52,27
3 aplikacje 3 applications	47,1	104,5	15,45	6,58	42,59
Średnio Mean	51,6	129,2	18,80	8,59	45,40
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	5,43	n.i. n.s.	5,55	2,55	–

Główną grupą związków występujących w olejku szalwii lekarskiej są utlenione monoterpény (59,43–70,68%) [Raina i in. 2013]. Aktywność farmakologiczna olejku szalwii oparta jest na obecności ponad 100 związków aktywnych, kategoryzowanych jako: węglowodory monoterpénowe, utlenione monoterpény, węglowodory seskwiterpénowe, diterpény, związki nieizoprenoidowe i utlenione seskwiterpény [Fu i in. 2013]. Głównymi składnikami olejku szalwii są: 1,8-cyneol, kamfora, borneol, β -pinen, α -pinen, kamfen i α -tujon, z których każdy wykazuje swoistą aktywność farmakologiczną [Fu i in. 2013, Tosun i in. 2014, Ali i in. 2015]. Z badań Vermy i in. [2015] wynika, że olejek eteryczny szalwii uprawianej w jednym ze stanów położonych w północnej części Indii (Uttarakhand) odznacza się największym udziałem α -tujonu (36,1%), przed 1,8-cyneolem (12,7%) i kamforą (11,3%). Podobne dane zawiera norma ISO 9909:1997 – odpowiednio: 18,0–43%, 5,5–13,0% i 4,5–24,5%. W badanym w niniejszej pracy olejku szalwii lekarskiej stwierdzono obecność 20 związków, wśród których dominowały ilościowo: kamfora (21,74–25,66%), cis-tujon (α -tujon) (13,38–17,90%), trans-tujon (β -tujon) (7,53–10,16%), 1,8-cyneol (8,23–9,52%), α -humulen (6,11–17,70%) i borneol (4,96–7,22%) (tab. 2, rys. 1). Azot, zastosowany dolistnie, wpływał na udział większości składników olejku (tab. 2). Zawartość wymienionych składników dominujących odpowiadała

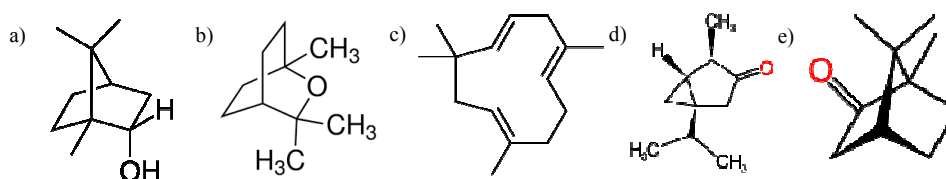
standardom ISO 9909:1997, co wskazuje na wysoką wartość biologiczną i użytkową badanego olejku, modyfikowaną zabiegiem dolistnej aplikacji azotu.

Tabela 2. Skład chemiczny olejku eterycznego z liści badanych roślin szalwii w zależności od dolistnej aplikacji azotu
Table 2. The chemical composition of the essential oil from the leaves of studied sage plants depending on the foliar nitrogen application

Związek Compound	Dokarmianie/ Foliar feeding							
	bez aplikacji N without N application		1 aplikacja 1 application		2 aplikacje 2 applications		3 aplikacje 3 applications	
	IR/RI	%	IR/RI	%	IR/RI	%	IR/RI	%
tricyklen/ tricyclene	–	–	925	1,14	924	0,51	927	0,06
α -tujen/ α -thujene	935	2,00	935	3,54	935	2,67	935	2,24
kamfen/ camphene	953	3,66	957	2,14	959	1,77	952	2,20
β -pinen/ β -pinene	981	1,25	981	2,10	981	1,55	981	1,13
mircen/ myrcene	999	0,07	988	0,29	997	0,18	1025	0,08
1,8-cyneol/ 1,8-cineole	1036	9,52	1036	8,14	1036	8,23	1036	8,35
γ -terpinen/ γ -terpinene	1065	0,20	1065	0,20	1064	0,12	–	–
cis-tujon/ cis-thujone	1114	17,90	1114	15,47	1114	13,38	1113	13,49
trans-tujon/ trans-thujone	1125	10,16	1125	10,08	1125	7,53	1125	9,13
kamfora/ camphor	1156	25,66	1156	23,20	1156	22,79	1156	21,74
cis-pinokamfen cis-pinokamphene	1170	0,12	–	–	–	–	–	–
borneol	1181	7,22	1181	4,96	1181	5,58	1181	5,29
octan bornylu/ bornyl acetate	1292	4,46	1292	2,58	1292	4,00	1292	3,67
aromadendren aromadendrene	1448	0,52	1448	0,72	1448	0,77	1448	0,68
E-kariofilen E-caryophyllene	1451	3,04	1452	3,26	1452	5,97	1452	5,23
α -humulen/ α -humulene	1465	6,11	464	11,63	1464	12,49	1464	17,70
9-epi-E-kariofilen 9-epi-E-caryophyllene	1469	1,48	1469	1,92	1468	2,03	1468	0,64
wiridifloren/ viridiflorene	1500	4,04	1499	4,95	1499	5,30	1499	4,02
wiridiflorol/ viridiflorol	1610	2,16	1610	2,63	1610	3,03	1610	2,49
kubiten/ cubitene	1960	0,43	1959	1,00	1959	2,06	1959	1,86
Składniki zidentyfikowane Identified compounds (%)	100		99,95		99,96		100	
Zawartość olejku eterycznego Essential oil content	1,78		1,92		1,84		1,70	
NIR _{0,05} / LSD _{0,05} *	0,08							

IR – indeks retencji/ RI – retention index

* Dotyczy zawartości olejku eterycznego/ It refers to the content of essential oil



Rys. 1. Składniki dominujące olejku szalwii lekarskiej: a) borneol, b) 1,8-cyneol, c) α -humulen, d) tujon, e) kamfora

Fig. 1. The dominant compounds of sage oil: a) borneol, b) 1,8-cineol, c) α -humulene, d) thujone, e) camphor

Mocznik zastosowany dolistnie w okresie wegetacji roślin w większym stopniu wpływa na kompozycję olejku eterycznego niż na jego zawartość [Nurzyńska-Wierdak 2012]. Aplikacja wolno działającego mocznika korzystnie wpływa na zawartość głównych składników olejku eterycznego melisy lekarskiej: cytronelalu, neralu i geraniolu, zmniejszając jednocześnie udział cytronelolu, geraniolu i octanu geranylu [Aziz i El-Ashry 2009]. Przeprowadzone badania dowodzą, że zabieg dolistnej aplikacji azotu przyczynia się do zmniejszenia zawartości 1,8-cyneolu, cis- i trans-tujenu, kamfory i borneolu oraz zwiększenia koncentracji E-kariofilenu oraz α -humulenu (tab. 2). Podobne zależności wykazano we wcześniejszych badaniach [Nurzyńska-Wierdak 2012]: zawartość 1,8-cyneolu, borneolu i kamfory w olejku bazylii zmniejszała się pod wpływem azotu, w przeciwieństwie do zawartości α -humulenu i E-kariofilenu. Powyższe zależności mogą wynikać ze stymulującego wpływu azotu na syntezę niektórych składników lotnych. Przedstawione w niniejszej pracy wyniki wskazują na wpływ szybko wnikającego w tkankę rośliny azotu na skład olejku eterycznego szalwii. Poprzez zastosowanie odpowiedniego nawożenia doglebowego połączonego z zabiegiem dolistnej aplikacji azotu można zatem uzyskać pożądaną skład chemiczny olejku eterycznego szalwii lekarskiej.

WNIOSKI

1. Dolistne dokarmianie roślin szalwii lekarskiej azotem spowodowało istotne zwiększenie średniej wysokości rośliny oraz masy powietrznie suchego ziela i powietrznie suchych liści.

2. Zabieg dolistnej aplikacji mocznika w uprawie szalwii może być brany pod uwagę jako czynnik modyfikujący zawartość olejku eterycznego. Wykazano, że rośliny jednokrotnie zasilane azotem odznaczały się największą zawartością olejku, podczas gdy rośliny zasilane trzykrotnie gromadziły najmniej tej substancji.

3. W badanym olejku szalwii lekarskiej dominowały: kamfora, cis- i trans-tujon, 1,8-cyneol, α -humulen i borneol.

4. Aplikacja azotu przyczyniła się do zmniejszenia zawartości 1,8-cyneolu, cis- i trans-tujenu, kamfory i borneolu i do zwiększenia koncentracji E-kariofilenu i α -humulenu.

PIŚMIENNICTWO

- Adams R.P., 2004. Identification of Essential Oil Compounds by Gas Chromatography/ Quadrupole Mass Spectroscopy. Allured Pub. Corp., Carol Stream (USA).
- Ali A., Tabanca N., Demirci B., Blythe E.K., Ali Z., Can Baser K.H., Khan I.A., 2015. Chemical Composition and Biological Activity of Four *Salvia* Essential Oils and Individual Compounds against Two Species of Mosquitoes. *J. Agric. Food Chem.* 63, 447–456.
- Arraiza M.P., Arrabal C., López J.V., 2012. Seasonal variation of essential oil yield and composition of sage (*Salvia officinalis* L.) grown in Castilla – La Mancha (Central Spain). *Not. Bot. Horti Agrobot.* 40 (2), 1–3.
- Aziz E.E., El-Ashry S.M., 2009. Efficiency of slow release urea fertilizer on herb yield and essential oil production of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) plant. *Am.-Eurasian J. Agric. Environ. Sci.* 5 (2), 141–147.
- Baj T., Ludwiczuk A., Sieniawska E., Skalicka-Woźniak K., Widelski J., Ziemia K., Głowniak K., 2013. GC-MS analysis of essential oil from *Salvia officinalis* L.: Comparison of extraction methods of the volatile components. *Acta Pol. Pharm. Drug Res.* 70 (1), 35–40.
- Baydar H., Sangun M.K., Erbas S., Kara N., 2013. Comparison of aroma compounds in distilled and extracted products of sage (*Salvia officinalis* L.). *J. Essent. Oil Bear. Plant.* 16 (1), 39–44.
- Bernotienė G., Nivinskienė O., Butkienė R., Mockutė D., 2007. Essential oil composition variability in sage (*Salvia officinalis* L.). *Chemija* 18 (4), 38–43.
- Bielski S., Szempliński W., Żuk-Gołaszewska K., 2011. Nawożenie a plon i jakość surowca szalwii lekarskiej (*Salvia officinalis* L.). *Fragm. Agron.* 28 (2), 7–14.
- Czarnecki M., Dedio I., Krysiuk W., Załęcki R., 1992. Wpływ sposobów dokarmiania jednorocznej szalwii lekarskiej (*Salvia officinalis* L.) na plon surowca i zawartość olejku eterycznego. *Herba Pol.* 1, 30–36.
- Farmakopea Polska VIII. 2008. Polskie Towarzystwo Farmaceutyczne, Warszawa.
- Fu Z., Wang H., Hu X., Sun Z., Han Ch., 2013. The pharmacological properties of *Salvia* essential oils. *J. Appl. Pharm. Sci.* 3 (7), 122–127.
- Galamposi B., Galambosi Zs., Pessala R., Hupila I., Aflatuni A., Repeck M., Svoboda P.K., 2002. Yield and quality of selected herb cultivars in Finland. *Acta Hort.* 576, 139–149.
- ISO 9909:1997. Oil of Dalmatian sage (*Salvia officinalis* L.).
- Kołodziej B., 2009. Wpływ sposobu zakładania plantacji i nawożenia dolistnego na plon i jakość tymianku pospolitego. *Annales UMCS, sec. E, Agricultura* 64 (2), 1–7.
- Król B. 2009. Efekty dolistnego stosowania Tytanitu i Ekolistu w uprawie tymianku. *Annales UMCS, sec. E, Agricultura* 64 (1), 1–6.
- Manukyan A., 2011. Effect of growing factors on productivity and quality of lemon catmint, lemon balm and sage under soilless greenhouse production: I. Drought stress. *Med. Aromat. Plant Sci. Biotech.* 5 (2), 119–125.
- Mossi A.J., Cansian R.L., Paroul N., Toniazzo G., Oliveira J.V., Pierozan M.K., Pauletti G., Rota L., Santos A.C.A., Serafini L.A., 2011. Morphological characterisation and agronomical parameters of different species of *Salvia* sp. (Lamiaceae). *Braz. J. Biol.* 71 (1), 121–129.
- Nadjafi F., Mahdavi Damghani M., Tabrizi L., Nejad Ebrahimi S., 2014. Effect of biofertilizers on growth, yield and essential oil content of thyme (*Thymus vulgaris* L.) and sage (*Salvia officinalis* L.). *J. Essent. Oil Bear. Plants* 17 (2), 237–250.
- Newerli-Guz J., Śmiechowska M., Piotrkowska J., 2009. Substancje aromatyzujące jako składniki herbatek ziołowo-owocowych. *Zesz. Nauk. AMG* 61, 19–32.
- Nurzyńska-Wierdak R., 2012. Sweet basil essential oil composition: relationship between cultivar, foliar feeding with nitrogen and oil content. *J. Essent. Oil Res.* 24 (3), 217–227.

- Porte A., Godoy R.L.O., Maia-Porte L.H., 2013. Chemical composition of sage (*Salvia officinalis* L.) essential oil from the Rio de Janeiro State (Brazil). *Rev. Bras. Pl. Med., Campinas* 15 (3), 438–441.
- Prodan M., Tabără V., 2010. Research concerning the increase of herba of culinary sage (*Salvia officinalis* L.) through certain cultivation technologies in the conditions of the didactic station in Timișoara in 2007. *Res. J. Agric. Sci.* 42 (1), 51–56.
- Raina A.P., Negi K.S., Dutta M., 2013. Variability in essential oil composition of sage (*Salvia officinalis* L.) grown under North Western Himalayan Region of India. *J. Med. Plant. Res.* 7 (11), 683–688.
- Said-Al Ahl H., Hussein M.S., Gendy A.S.H., Tkachenko K.G., 2015. Quality of sage (*Salvia officinalis* L.) essential oil grown in Egypt. *Internat. J. Plant Sci. Ecol.* 1 (4), 119–123.
- Strzelecka H., Kowalski J., 2000. *Encyklopedia zielarstwa i ziołolecznictwa*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Tosun A., Khan S., Kim Y.S., Calin-Sánchez Á., Hysenaj X., Carbonell-Barrachina Á.A., 2014. Essential oil composition and anti-inflammatory activity of *Salvia officinalis* L. (Lamiaceae) in murin macrophages. *Trop. J. Pharm. Res.* 13 (6), 937–942.
- Van Den Dool H., Kratz P.D., 1963. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *J. Chromat.* 11, 463–471.
- Verma R.S., Padalia R.C., Chauhan A., 2015. Harvesting season and plant part dependent variations in the essential oil composition of *Salvia officinalis* L. grown in northern India. *J. Herb. Med.* 5, 165–171.
- Zawiślak G., 2003. Ocena plonowania szalwii lekarskiej (*Salvia officinalis* L.) w drugim roku uprawy. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 2 (2), 85–90.
- Zawiślak G., 2010. *Szałwia lekarska (Salvia officinalis L.)*. W: B. Kołodziej (red.), *Uprawa ziół*. PWRiL, Warszawa.
- Zawiślak G., 2014. Yield and chemical composition of essential oil from *Salvia officinalis* L. in third year of cultivation. *Herba Pol.* 60 (3), DOI: 10.2478/hepo-2014-0012.

Summary. Sage (*Salvia officinalis* L.) is one of the most important species of herbal plants cultivated in Poland. The aim of this study was to determine the effect of foliar feeding with urea on the plant growth, herb yield, as well as the content and chemical composition of essential oil of sage. Foliar application of nitrogen was carried out on June 11 (one dose), 11 and 18 June (two doses) and 11, 18 and June 25 (three doses). It was shown that foliar nitrogen application resulted in a significant increase in plant height and weight of air-dried herb and leaves. The greatest mass of air-dried herb ($20.84 \text{ g} \cdot \text{plant}^{-1}$) was obtained after a single application, and the largest mass of air-dried leaves ($10.83 \text{ g} \cdot \text{plant}^{-1}$) – after two applications. The oil content in the leaves of the studied plants varied from 1.70 to 1.92%. In the sage essential oil the following dominated: camphor (21.74–25.66%), cis-thujone (13.38–17.90%), trans-thujone (7.53–10.16%), 1,8-cineole (8.23–9.52%), α -humulene (6.11–17.70%), and borneol (4.96–7.22%). Foliar application of nitrogen contributed to a reduction of 1,8-cineole, cis and trans-thujone, camphor and borneol content and to an increase in the concentration of E-caryophyllene and α -humulene.

Key words: Lamiaceae, urea, oil compounds, camphor, α -thujone, 1,8-cineole