

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, GRAŻYNA ZAWIŚLAK,
MICHAŁ PACEK, TERESA RODKIEWICZ

**Ocena morfologiczna roślin oraz analiza składu
chemicznego kwiatów wybranych odmian nagietka
lekarskiego (*Calendula officinalis* L.)**

Morphological analysis of plants and chemical composition of flowers
of selected cultivars of pot marigold (*Calendula officinalis* L.)

Streszczenie. Celem badań było dokonanie oceny dynamiki wzrostu i niektórych cech morfologicznych roślin oraz składu chemicznego kwiatów i kwiatostanów wybranych 7 odmian nagietka lekarskiego (*Calendula officinalis* L.) oraz wskazanie odmian przydatnych dla przetwórstwa farmaceutycznego. Rośliny nagietka uprawiano z siewu bezpośredniego w ostatniej dekadzie kwietnia. Zbiór surowca wykonano ręcznie pod koniec lipca, gdy kwiatostany były w pełni rozwinięte. Spośród badanych odmian największą dynamiką wzrostu odznaczała się odmiana 'Indian Prince', przed odmianami 'Tokaj Żółty', 'Słomka Żółta' i 'Deja Vu'. Świeża masa kwiatostanu była największa u odmiany 'Green Heart'. Rośliny wszystkich odmian odznaczały się wyższą zawartością flawonoidów w kwiatach brzeżnych niż środkowych. Więcej karotenoidów w kwiatach języczkowych niż rurkowych stwierdzono u odmian 'Persimmon Beauty', 'Deja Vu', 'Pink Surprise', 'Słomka Żółta'. Najwięcej olejku eterycznego ($1,40 \text{ ml} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ p.s.m.) stwierdzono w kwiatach rurkowych u odmiany 'Indian Prince'. Za szczególnie interesujące pod względem składu chemicznego surowca należy uznać odmiany 'Indian Prince' i 'Persimmon Beauty'.

Słowa kluczowe: Asteraceae, dynamika wzrostu, odmiany, składniki fitochemiczne

WSTĘP

Nagietek lekarski (*Calendula officinalis* L.) jest jednym z ważniejszych gatunków roślin zielarskich z rodziny astrowatych (Asteraceae), uprawianych zarówno dla celów farmaceutycznych, jak i kosmetycznych oraz dekoracyjnych. Surowcem nagietka są kwiaty języczkowe (*Calendulae flos*) lub kwiatostany (*Calendulae anthodium*), zawierające saponiny triterpenowe – pochodne kwasu oleanolowego zwane kalendulozydami (2–10%), alkohole triterpenowe oraz ich estry, sterole, karotenoidy (do 3%), flawonoidy, garbniki (7,2–10,5%), kumaryny, kwasy tłuszczowe (m.in. CLA i CLnA, takie jak kwas

α - i β -kalendulowy), olejek eteryczny oraz polisacharydy [Samochowicz 2002, Strzelecka i Kowalski 2002, Król 2010]. Kwiaty, a przede wszystkim nasiona nagietka są cennym źródłem kwasu kalendulowego, sprzężonego kwasu tłuszczowego zawierającego w łańcuchu węglowym układ sprzężonych wiązań podwójnych, związku o silnych właściwościach antyoksydacyjnych [Gesch 2013, Białek i in. 2014]. Badania ostatnich lat dowiodły, że za syntezę sprzężonych kwasów tłuszczowych w nagietku odpowiedzialne są geny *CoFad2* i *CoFac2*, zidentyfikowane w kiełkujących nasionach [Białek i in. 2014]. Według Farmakopei Polskiej X [2014] surowiec nagietka powinien zawierać nie mniej niż 0,4% flawonoidów w przeliczeniu na hiperozyd. Obecność flawonoidów wiązana jest z aktywnością antyoksydacyjną ekstraktów z nagietka [Albulescu i in. 2004]. Ekstrakty z nagietka oraz wyizolowane z surowca substancje wykazują wielokierunkową aktywność farmakologiczną, działają między innymi anty-HIV, cytotoksycznie, hepatoprotrocznie, rozkurczowo [Muley i in. 2009]. Surowiec nagietka wykazuje aktywność przeciwzapalną, bakterio- i grzybobójczą, działa ochronnie i immunomodulująco [Spinu i in. 2007], antyoksydacyjnie [Braga i in. 2009], przyspiesza gojenie się ran [Dinda i in. 2015]. Badania Jiménez-Mediny i in. [2006] dowodzą, że aktywowany laserowo wyciąg z nagietka działa przeciwnowotworowo, zarówno w próbach *in vitro*, jak i *in vivo*. Nagietek stosowany jest w postaci różnych preparatów w okulistyce, dermatologii, stanach zapalnych jamy ustnej i gardła, chorobach układu pokarmowego i dróg żółciowych. Ekstrakty z kwiatów nagietka wykorzystywane są w leczeniu chorób zapalnych i zakaźnych, w procesie gojenia ran, a nawet w terapii onkologicznej. Poprzez stymulację proliferacji i migracji fibroblastów zwiększają stężenie kolagenu i niekolagenowych białek [Villa-Trevino i in. 2002, Nowak i Nawrot 2009]. Olejek eteryczny z kwiatów nagietka jest silnym środkiem przeciwgrzybiczym, wykazując szerszą aktywność niż nystatyna [Gazim i in. 2008]. Bogate w karotenoidy wyciągi z nagietka znajdują także zastosowanie w przemyśle kosmetycznym, do produkcji środków pielęgnacyjnych i fitokosmetyków [Akhtar i in. 2011].

Na plantacjach zielarskich uprawiane są głównie odmiany o intensywnej pomarańczowej barwie kwiatów, z przewagą kwiatów języczkowych w kwiatostanach. Genotypy nagietka mają różne walory ozdobne, co wynika z liczby kwiatów języczkowych i intensywności barwy [Baciu i in. 2013]. Czynniki odmianowe w znacznym stopniu determinują jakość surowca nagietka [Biesiada i in. 2007, Nurzyńska-Wierdak 2014]. Badania Fernandes i in. [2013] sugerują, że biosynteza metabolitów polarnych nagietka nie podlega zmienności egzogennej spowodowanej typem i składem chemicznym gleby, ale ontogenetycznej (termin zbioru). We wcześniejszych badaniach [Nurzyńska-Wierdak 2014] wykazano, że odmiana nagietka w większym stopniu determinowała cechy chemiczne niż morfologiczne roślin. Porównanie budowy kwiatostanów oraz zawartości karotenoidów i flawonoidów w kwiatach nagietka pozwoliło wskazać odmianę o żółtych kwiatach ('Santana Słomkowożółty') odznaczającą się najkorzystniejszym udziałem kwiatostanów pełnych w ogólnej ich liczbie, znacznym udziałem β -karotenu w karotenoidach ogółem oraz największą koncentracją flawonoidów, w porównaniu z odmianami o kwiatach pomarańczowych [Nurzyńska-Wierdak 2014]. Badania Kishimoto i in. [2005] dowodzą, że kwiaty języczkowe nagietka mają unikalną kompozycję karotenoidów, spośród których flawoksantyna jest prawdopodobnie odpowiedzialna za barwę pomarańczową. Przytoczone wyniki wskazują na silniejszy wpływ czynników genetycznych i ontogenetycznych na biosyntezę substancji aktywnych nagietka niż wpływ zmien-

ności środowiskowej. Jednocześnie większość autorów podkreśla konieczność prowadzenia dalszych badań w tym zakresie. Celem niniejszej pracy było dokonanie oceny dynamiki wzrostu i morfologii roślin oraz składu chemicznego kwiatów i kwiatostanów 7 ozdobnych odmian nagietka lekarskiego (*Calendula officinalis* L.) oraz wskazanie odmian przydatnych dla przetwórstwa farmaceutycznego.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w 2014 roku na terenie prywatnego gospodarstwa w Markuszowie, w województwie lubelskim (22°16'E 51°23'N), na glebie bielicowej zawierającej 8,1% próchnicy, o pH 6,08. Zawartość składników pokarmowych w glebie wynosiła ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$): N-NO₃ – 25,6, P – 66, K < 50, Ca – 934, Mg – 41. EC gleby wyrażone w $\text{mg NaCl} \cdot \text{dm}^{-3}$ nie przekroczyło 24. Ocenie poddano 7 odmian nagietka lekarskiego (*Calendula officinalis* L.): 'Deja Vu', 'Green Heart', 'Indian Prince', 'Pink Surprise' (W. Legutko), 'Tokaj' (Polan), 'Persimmon Beauty', 'Słomka Żółta' (Torseed) (tab. 1). Nasiona zaprawiono Funabenem T ($5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ nasion) i wysiano w rzędy co 25 cm w ostatniej dekadzie kwietnia. Doświadczenie jednoczynnikowe założono metodą bloków losowanych w 10 powtórzeniach. Powierzchnia całego doświadczenia wynosiła 25 m², a jednego poletka 3 m². Stanowisko pod uprawę przygotowano zgodnie z wymogami gatunku [Król 2010], stosując nawożenie organiczne (kompost, $15 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) i mineralne ($60 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$ jako siarczan potasu i $40 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ w postaci saletry wapniowej – 2/3 dawki azotu przed siewem i 1/3 po wschodach). Wschody nagietka rozpoczęły się po około 14 dniach, kwitnienie natomiast rozpoczęło się około 50 dni od siewu. Warunki meteorologiczne w okresie wegetacji roślin przedstawiono w tabeli 2, porównując dane ze średnimi wieloletnimi. W okresie wegetacji oceniano dynamikę wzrostu roślin nagietka badanych odmian, prowadząc pomiary: 22.05, 1.06, 18.06, 30.06 i 15.07. Zbiór surowca wykonano ręcznie 29.07, gdy kwiatostany były w pełni rozwinięte. Określono średnicę i masę koszyczka kwiatostanowego. Ocenę dynamiki wzrostu oraz morfologii roślin przeprowadzono, charakteryzując, w obrębie każdej odmiany, 4 losowo wybrane rośliny z każdego powtórzenia.

Surowiec po zbiorze wysuszono w suszarni termicznej w temperaturze 35°C i poddano analizom chemicznym na zawartość flawonoidów, karotenoidów i olejku eterycznego. Zawartość wymienionych składników oceniano w kwiatach języczkowych, rurkowych i całych kwiatostanach. Flawonoidy określano spektrofotometrycznie według Farmakopei Polskiej IX [2011], w przeliczeniu na kwercetynę. Zawartość karotenoidów oznaczano za pomocą chromatografii kolumnowej, dokonując ekstrakcji acetonem do całkowitego odbarwienia tkanek. Wstępny rozdział karotenoidów przeprowadzono na kolumnie chromatograficznej, a następnie poszczególne związki ekstrahowano z odpowiednich pasm adsorbentu i oznaczono spektrofotometrycznie przy długości fali 470 nm [Farmakopea Polska IX 2011]. Olejek eteryczny pozyskano metodą hydrodestylacji z zastosowaniem aparatu Clevengera [Farmakopea Polska IX 2011]. Wyniki badań opracowano statystycznie, wykorzystując do oceny różnic między średnimi test zakresu wielokrotnego Tukeya.

Tabela 1. Charakterystyka badanych odmian nagietka (opracowanie własne na podstawie informacji z firm nasiennych)
Table 1. Characteristics of studied marigold cultivars (own description based on information from seed companies)

Odmiana Cultivar	Wysokość rośliny Plant height (cm)	Okres kwitnienia Flowering period	Barwa kwiatów Flower colour	
			jęczyczkowe ligulate	rurkowe tubular
'Deja Vu'	50–60	VI–XI	kremowobiała white-cream	ciemnobrązowa dark-brown
'Green Heart'	40–50	VI–XI	żółta, pomarańczowa yellow, orange	zielona green
'Indian Prince'	60–70	VI–XI	pomarańczowa orange	ciemnobrązowa dark-brown
'Persimmon Beauty'	40–70	VI–XI	żółta, pomarańczowa yellow, orange	żółta, pomarańczowa yellow, orange
'Tokaj Żółty'	55–70	VI–XI	żółta yellow	brązowa brown
'Słomka Żółta'	30–60	VI–X	żółta yellow	żółta yellow
'Pink Surprise'	30–40	VI–XI	łososiowa salmon	jasnobrązowa light-brown

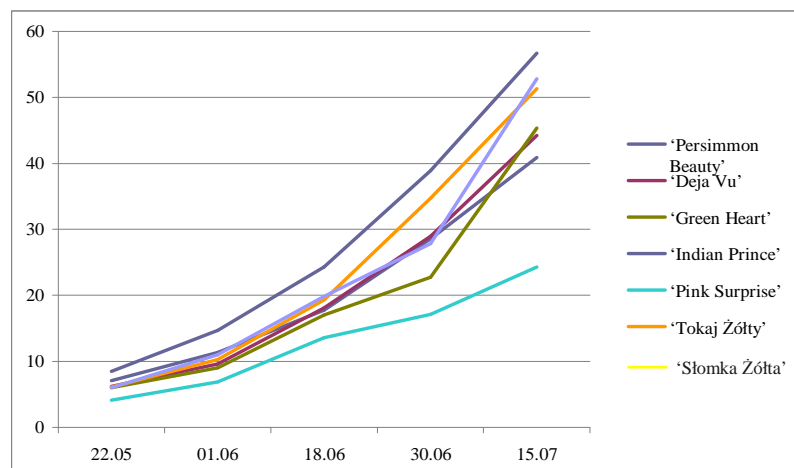
Tabela 2. Warunki meteorologiczne w okresie wegetacji nagietka w odniesieniu do danych wieloletnich (1951–2005)

Table 2. The weather conditions during the vegetation period of marigold in relation to long-term data (1951–2005)

Dekada 10-days period	Maj May	Czerwiec June	Lipiec July	Sierpień August	Wrzesień September
Temperatura/ Temperature (°C)					
1	10,6	17,4	19,4	22,5	13,0
2	12,9	16,0	19,8	18,1	13,6
3	17,4	15,4	21,8	14,4	17,4
Średnia miesięczna Monthly average	13,6	16,3	20,3	18,3	12,9
Średnia miesięczna wieloletnia Long-term monthly average	13,0	16,2	17,8	17,1	10,6
Opady/ Rainfall (mm)					
1	32,7	11,2	14,2	24,9	3,2
2	88,4	3,0	38,4	32,8	2,7
3	72,5	63,9	30,6	44,5	19,3
Suma miesięczna Monthly sum	193,6	78,1	83,2	102,2	25,2
Suma miesięczna wieloletnia Long-term monthly sum	57,7	65,7	83,5	68,6	51,6

WYNIKI

Tempo wzrostu roślin nagietka było zróżnicowane w zależności od odmiany, a także związane z warunkami pogodowymi (rys. 1, tab. 2). Wschody nagietka rozpoczęły się około 14 dni od siewu. Następnie rozpoczął się intensywny wzrost roślin, który trwał do 15 lipca. Szczególnie intensywne tempo wzrostu roślin stwierdzono w okresie od 1.06 do 15.07, przy wzrastającej od 3 dekady maja temperaturze powietrza i po obfitych opadach w 2 i 3 dekadzie maja. Między 1.06 a 30.06 wysokość wszystkich roślin zwiększyła się średnio o 19,1 cm, a największa dynamika wzrostu była charakterystyczna dla odmian 'Indian Prince' i 'Tokaj Żółty'. Temperatura powietrza w tym czasie pozostawała na w miarę wyrównanym poziomie i była zbliżona do średniej wieloletniej. Inaczej kształtowały się natomiast warunki wilgotnościowe. Suma opadów w 1 i 2 dekadzie czerwca stanowiła zaledwie 18,2% miesięcznej sumy opadów, z drugiej jednak strony obfite opady w drugiej połowie maja umożliwiły roślinom harmonijny wzrost. Spośród badanych odmian największą dynamiką wzrostu i największą wysokością rośliny odznaczała się odmiana 'Indian Prince', przed odmianami 'Tokaj Żółty', 'Słomka Żółta' i 'Deja Vu'. Odmiany te zaliczane są do grupy wysokorosnących (tab. 1), jakkolwiek u żadnej z nich nie stwierdzono największej wysokości (70 cm). Podobnie rośliny odmiany 'Persimmon Beauty' z tej grupy okazały się słabiej rosnące, nie osiągając charakterystycznej wysokości. Odmiany 'Green Heart' i 'Pink Surprise' charakteryzowały się podobnym, wolniejszym od innych tempem wzrostu, jakkolwiek u tej pierwszej nastąpił intensywniejszy wzrost po 30 czerwca, dzięki czemu rośliny osiągnęły ostatecznie 4 z rzędu wysokość, po odmianach: 'Indian Prince', 'Słomka Żółta' i 'Tokaj Żółty'.



Rys. 1. Dynamika wzrostu badanych odmian nagietka (cm)
Fig. 1. The growth rate of the tested cultivars of marigold (cm)

Kwitnienie nagietka rozpoczęło się około 50 dni od siewu. Średnica i masa kwiatostanu były istotnie zależne od odmiany (tab. 3). Średnica pojedynczego koszyczka wynosiła średnio 6,2 cm, i była największa u odmiany 'Green Heart' (10,6 cm). Kwiatostany

o najmniejszej średnicy (2,1 cm) tworzyły rośliny odmiany 'Indian Prince'. Średnia świeża i powietrznie sucha masa kwiatostanu była istotnie większa u odmiany 'Green Heart' niż u roślin odmian 'Deja Vu' i 'Indian Prince'.

Tabela 3. Charakterystyka kwiatostanów nagietka
Table 3. Characteristics of marigold inflorescences

Odmiana Cultivar	Średnica Diameter (cm)	Świeża masa Fresh mass (g)	Powietrznie sucha masa Air-dry mass (g)
'Persimmon Beauty'	7,7	4,0	0,2
'Deja Vu'	4,0	2,6	0,1
'Green Heart'	10,6	11,0	0,3
'Indian Prince'	2,1	1,7	0,1
'Pink Surprise'	4,0	2,2	0,2
'Tokaj Żółty'	6,5	4,2	0,2
'Słomka Żółta'	8,1	3,7	0,2
Średnio/ Mean	6,2	4,2	0,2
NIR _{0,05} / LSD _{0,05}	0,70	3,01	0,11

Surowiec badanych odmian nagietka charakteryzował się zróżnicowanym składem chemicznym (tab. 4). Kwiaty języczkowe nagietka gromadziły średnio więcej flawonoidów i karotenoidów oraz mniej olejku eterycznego w porównaniu z kwiatami rurkowymi. Średnia zawartość flawonoidów dla wszystkich odmian w kwiatach języczkowych wynosiła $0,2268 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ p.s.m., a w kwiatach rurkowych $0,1180 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ p.s.m. Odmiana 'Indian Prince' wyróżniała się wysoką zawartością flawonoidów w kwiatach języczkowych oraz rurkowych. Najmniej flawonoidów w kwiatach języczkowych stwierdzono u odmian 'Deja Vu' i 'Słomka Żółta', a w rurkowych u odmian 'Persimmon Beauty', 'Deja Vu', 'Tokaj Żółty' i 'Słomka Żółta'. Udział karotenoidów w badanym surowcu nagietka był różny. Odmiany: 'Persimmon Beauty', 'Deja Vu', 'Pink Surprise' i 'Słomka Żółta' kumulowały więcej karotenoidów w kwiatach języczkowych niż w rurkowych. U pozostałych odmian zależność była odwrotna. Najmniej karotenoidów w kwiatach gromadziły rośliny odmian 'Tokaj Żółty' i 'Persimmon Beauty' (tylko kwiaty rurkowe). Największe zróżnicowanie zawartości karotenoidów w kwiatach języczkowych i rurkowych dotyczyło roślin odmian 'Persimmon Beauty', 'Słomka Żółta' oraz 'Deja Vu'. U pozostałych odmian różnice zawartości karotenoidów w kwiatach były niewielkie. Średnia zawartość olejku eterycznego w badanym surowcu wynosiła $0,28$ i $0,58 \text{ ml} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ p.s.m. (odpowiednio: kwiaty języczkowe i rurkowe). Najwięcej olejku stwierdzono u odmiany 'Indian Prince', w kwiatach rurkowych ($1,40 \text{ ml} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ p.s.m.). U większości odmian kwiaty rurkowe zawierały więcej olejku eterycznego niż kwiaty języczkowe. Odwrotne zależności stwierdzono u odmiany 'Green Heart'.

Tabela 4. Skład chemiczny surowca nagietka (w p.s.m.)
Table 4. Chemical composition of marigold's raw material (in a.d.m.)

Odmiana Cultivar	Flawonoidy Flavonoids g · 100 g ⁻¹		Karotenoidy Carotenoids g · 100 g ⁻¹		Olejek eteryczny Essential oil ml · 100 g ⁻¹	
	J	R	J	R	J	R
'Persimmon Beauty'	0,1659	0,0350	4778,1	2094,9	0,25	0,47
'Deja Vu'	0,1020	0,0370	2903,6	2699,5	0,30	0,60
'Green Heart'	0,3256	0,1256	3593,8	3945,6	0,30	0,20
'Indian Prince'	0,4236	0,3080	3944,9	3968,8	0,25	1,40
'Pink Surprise'	0,3193	0,1713	3588,2	3571,7	0,24	0,37
'Tokaj Żółty'	0,1510	0,0756	1929,8	1963,4	0,29	0,55
'Słomka Żółta'	0,1003	0,0736	3925,1	2779,4	0,30	0,44
Średnio/ Mean	0,2268	0,1180	3523,3	3003,3	0,28	0,58
NIR _{0,05} / LSD _{0,05}	0,0220	0,0120	2545,5	1514,6	n.i./ n.s.	0,15

J – kwiaty języczkowe/ ligulate florets; R – kwiaty rurkowe/ tubular florets

DYSKUSJA

Gatunek *Calendula officinalis* charakteryzuje się dużą zmiennością morfologiczną [Duda i in. 2010, Król 2012, Nurzyńska-Wierdak 2014], a także zróżnicowanym składem chemicznym i wielokierunkową aktywnością biologiczną [Kishimoto i in. 2005, Khan i in. 2011, Nurzyńska-Wierdak 2014]. W obrębie odmian nagietka dowiedziono znacznej zmienności genetycznej i fenotypowej [Baciu i in. 2013]. Wyniki niniejszych badań potwierdzają zmienność morfologiczno-chemiczną nagietka lekarskiego, wskazując jednocześnie na duże możliwości wykorzystania surowca różnych odmian nagietka w celach fitoterapeutycznych. Plantacje nagietka zakładane są z siewu bezpośredniego od marca do połowy czerwca, ale większe plony uzyskuje się z wczesnowiosennych terminów [Król 2010]. Wydaje się, że w polskich warunkach klimatycznych kwiecień jest odpowiednim miesiącem do zakładania plantacji nagietka. Siew we wcześniejszych terminach może być w niektórych latach niemożliwy do wykonania z uwagi na przedłużający się okres niskiej temperatury czy niedostatek opadów. Podobne wyniki, chociaż w odmiennych warunkach klimatycznych, uzyskali autorzy irańscy [Ganjali i in. 2010]. Dynamika wzrostu badanych roślin nagietka w czerwcu i lipcu uzależniona była od odmiany, ale także od warunków pogodowych. Intensywny wzrost roślin w tym czasie można tłumaczyć sprzyjającymi warunkami meteorologicznymi (średnia temperatura czerwca i lipca przekroczyły średnią wieloletnią, podobnie jak suma opadów w czerwcu). Nagietek lekarski jest rośliną ciepłolubną, a jego uprawę zaleca się prowadzić na stanowiskach dobrze nasłonecznionych. Ponadto w początkowym okresie wzrostu wymaga dobrego zaopatrzenia w wodę [Król 2010].

Wysokość roślin nagietka jest typową cechą odmianową pozostającą pod wpływem czynników środowiskowych [Duda i in. 2010, Nurzyńska-Wierdak 2014]. Z badań Dudy i in. [2010] wynika, że istnieje silna korelacja pomiędzy poziomem nawożenia nagietka a wysokością rośliny. Autorzy wykazali u badanych odmian wysokość rośliny w zakresie

od 64 do 92 cm, w zależności od stosowanego nawożenia [Duda i in. 2010]. W niniejszych badaniach najwyższe rośliny (56,6 cm) były charakterystyczne dla odmiany 'Indian Prince', a najniższe (24,3 cm) dla odmiany 'Pink Surprise', co wskazuje na istnienie różnych grup wielkości roślin wśród odmian nagietka. We wcześniejszych badaniach Nurzyńskiej-Wierdak [2014] zakres tej cechy był znacznie węższy (60,7–66,4 cm), co najprawdopodobniej wynikało z doboru odmian. Średnica i masa kwiatostanu nagietka są ważnymi cechami plonu i jakości surowca, podlegającymi zmienności środowiskowej. Istnieje bezpośredni związek pomiędzy masą i średnicą kwiatostanu u nagietka [Duda i in. 2010]. Nawożenie organiczne połączone z nawożeniem chemicznym pozytywnie wpływa na cechy morfologiczne nagietka, w tym liczbę i średnicę kwiatostanów [Arab i in. 2015]. Termin i gęstość siewu, nawożenie, a także warunki pogodowe w trakcie uprawy istotnie różnicują średnicę kwiatostanu u nagietka [Ganjali i in. 2010]. Powyższe czynniki sprawiają, że średnica kwiatostanu nagietka mieści się w bardzo szerokim zakresie: od 0,86–1,80 cm [Ganjali i in. 2010] do 4,70–9,10 cm [Duda i in. 2010, Nurzyńska-Wierdak 2014]. Otrzymane w niniejszej pracy wyniki dotyczące średnicy kwiatostanu są zbliżone (2,1–10,6 cm), potwierdzając dużą zmienność genetyczną i ekotypową nagietka lekarskiego. Podobne zależności wykazano odnośnie do świeżej i powietrznie suchej masy kwiatostanu, która mieściła się w szerokim zakresie, odpowiednio: 1,7–11,0 g i 0,1–0,3 g, potwierdzając wcześniejsze wyniki Nurzyńskiej-Wierdak [2014] oraz innych autorów [Duda i in. 2010, Ganjali i in. 2010].

Składniki bioaktywne surowca nagietka lekarskiego decydują o sile oraz zakresie jego aktywności biologicznej. Flawonoidy, karotenoidy oraz olejek eteryczny postrzegane są jako jedne z najważniejszych składników aktywnych ekstraktów i preparatów z nagietka [Pintea i in. 2003, Kishimoto i in. 2005, Muley i in. 2009]. Zawartość wymienionych substancji aktywnych zależy od rodzaju surowca (odmiana, warunki uprawy, zbioru i suszenia) oraz metody ekstrakcji. W przedstawionych badaniach wykazano różną zawartość flawonoidów, karotenoidów i olejku eterycznego w kwiatach języczkowych i rurkowych nagietka. Koncentracja flawonoidów w surowcu była niższa niż dopuszczalna przez polskie normy fitofarmaceutyczne [Farmakopea Polska X 2014], z wyjątkiem odmiany 'Indian Prince' (kwiaty języczkowe). Podobnie we wcześniejszych badaniach [Nurzyńska-Wierdak 2014] stwierdzono mniejszą zawartość flawonoidów. Może to wskazywać na niższą koncentrację flawonoidów w koszyczkach kwiatostanowych u typowo ozdobnych odmian nagietka. Khalid i Teixeira da Silva [2012] podają, że zawartość flawonoidów w kwiatach nagietka może wynosić od 0,21 do 0,68%, zależnie od odmiany i miejsca uprawy, i jest związana z barwą kwiatów języczkowych i rurkowych. Barwa kwiatów nagietka związana jest jednak głównie z zawartością karotenoidów. Odmiany o kwiatach pomarańczowych i brzoskwiniowych zawierają więcej tych barwników niż odmiany o kwiatach żółtych [Pintea i in. 2003, Nurzyńska-Wierdak 2014]. Nieco inne zależności wykazano w przedstawionych badaniach. Odmianami bogatymi w karotenoidy okazały się zarówno odmiany o pomarańczowych kwiatach ('Persimmon Beauty', tylko kwiaty języczkowe, oraz 'Indian Prince'), jak i odmiana o kwiatach żółtych ('Słomka Żółta', tylko kwiaty języczkowe). Druga z odmian żółtokwitnących, 'Tokaj Żółty', gromadziła mniej karotenoidów. Porównując zawartość karotenoidów w kwiatach języczkowych i rurkowych, stwierdzono więcej tych składników w kwiatach brzeźnych niż środkowych. Wyjątkiem były odmiany 'Green Heart' i 'Indian Prince', gdzie wystąpiła odwrotna zależność. Odmiany te wyróżniają się silnie kontrastową barwą kwiatów rurkowych (zielone i brązowe) względem kwiatów języczkowych (żółte i pomarańczowe).

U roślin astrowatych z podrodziny rurkokwiatowych kwiaty języczkowe są zwykle większe i barwniejsze od kwiatów rurkowych, pełniąc rolę powabni dla całego kwiatostanu [Szweykowska i Szweykowski 2004]. Barwa kwiatów nagietka jest związana głównie z zawartością karotenoidów, ale odcień zależy zarówno od zawartości pigmentu, jak i jego profilu [Khalid i Teixeira da Silva 2012]. Głównymi barwnikami nagietka są: flawoksantyna, luteina, rubiksantyna, β -karoten, γ -karoten i likopen [Pintea i in. 2003]. Odmiany o kwiatach brzoskwińowych i żółtych zawierają więcej β -karotenu niż odmiana o kwiatach pomarańczowych [Nurzyńska-Wierdak 2014].

Olejek eteryczny gromadzi się w kwiatach nagietka w ilości od 0,13 do 0,97%, w zależności od fazy rozwoju i metody ekstrakcji surowca [Khalid i Teixeira da Silva 2012]. W warunkach klimatycznych naszego kraju surowiec nagietka charakteryzuje się średnią zawartością olejku od 0,2 do 0,4 ml · 100 g⁻¹ [Król 2011, 2012, 2013]. Otrzymane w niniejszej pracy wyniki na ogół są wyższe i wskazują, że więcej olejku występuje w kwiatach rurkowych (średnio 0,58 ml · 100 g⁻¹) niż języczkowych (średnio 0,28 ml · 100 g⁻¹). Wyjątkiem jest odmiana 'Green Heart', u której więcej olejku stwierdzono w kwiatach języczkowych niż rurkowych. Podobne wyniki przedstawiła Król [2012], wykazując jednocześnie stosunkowo wysoką zawartość olejku eterycznego w dniu kwiatostanowym nagietka. W wyniku porównania u badanych odmian średniej zawartości olejku eterycznego w całym kwiatostanie najbogatsza w substancje lotne okazała się odmiana o pomarańczowo-brązowych kwiatostanach – 'Indian Prince' (0,82 ml · 100 g⁻¹); najmniej olejku gromadziła natomiast odmiana o łososiowej barwie kwiatów – 'Pink Surprise' (0,31 ml · 100 g⁻¹).

WNIOSKI

1. Dynamika wzrostu roślin nagietka lekarskiego zależy od odmiany i warunków pogodowych w okresie uprawy. Spośród badanych odmian największą dynamiką wzrostu odznaczają się rośliny odmiany 'Indian Prince', przed odmianami 'Tokaj Żółty', 'Słomka Żółta' i 'Deja Vu'.

2. Badane odmiany nagietka są zróżnicowane pod względem średnicy oraz świeżej i powietrznie suchej masy kwiatostanu. Odmiany 'Green Heart', 'Słomka Żółta', 'Persimmon Beauty' oraz 'Tokaj Żółty' tworzą grupę odmian o dużych koszyczkach kwiatostanowych (średnica powyżej 6 cm). Odmiana 'Green Heart' wyróżnia się ponadto największą świeżą masą koszyczka kwiatostanowego.

3. Zawartość flawonoidów i karotenoidów w kwiatach języczkowych i rurkowych nagietka jest zróżnicowana. Rośliny wszystkich odmian odznaczają się wyższą zawartością flawonoidów w kwiatach brzeźnych niż środkowych. Więcej karotenoidów w kwiatach języczkowych niż rurkowych stwierdzono u odmian 'Persimmon Beauty', 'Deja Vu', 'Pink Surprise', 'Słomka Żółta'.

4. Wykazano, że kwiaty rurkowe nagietka zawierają więcej olejku eterycznego niż kwiaty języczkowe. Wyjątkiem jest odmiana 'Green Heart', u której zawartość olejku jest większa w kwiatach języczkowych niż rurkowych.

5. Odmiany ozdobne nagietka lekarskiego mogą być potencjalnym źródłem substancji bioaktywnych: flawonoidów, karotenoidów i olejku eterycznego. Za szczególnie interesujące pod tym względem należy uznać odmiany 'Indian Prince' i 'Persimmon Beauty'.

PIŚMIENNICTWO

- Akhtar N., Zaman S.U., Khan B.A., Amir M.N., Ebrahimzadeh M.A., 2011. *Calendula* extract: Effects on mechanical parameters of human skin. *Acta Pol. Pharm. – Drug Res.* 68 (5), 693–701.
- Albulescu M., Alexa N., Cojan C., 2004. *Calendula officinalis* flowers, source of extracts with antioxidant activity. *Ann. West Univ. Timișoara, Ser. Chemistry* 13 (2), 169–176.
- Arab A., Zamani G.R., Sayyari M.H., Asili J., 2015. Effects of chemical and biological fertilizers on morpho-physiological traits of marigold (*Calendula officinalis* L.). *Eur. J. Med. Plants* 8 (1), 60–68.
- Baciu A.-D., Pamfil D., Mihalte L., Sestras A.F., Sestras R.E., 2013. Phenotypic variation and genetic diversity of *Calendula officinalis* (L.). *Bulg. J. Agric. Sci.* 19 (1), 143–151.
- Białek A., Teryks M., Tokarz A., 2014. Sprzężone trieny kwasu linolenowego (conjugated linolenic acid – CLnA, super CLA) – źródła i działanie biologiczne. *Post. Hig. Med. Dośw.* 68, 1238–1250.
- Biesiada A., Łętowska-Sokół A., Kucharska A., 2007. Wpływ odmiany na aktywność antyoksydacyjną nagietka lekarskiego (*Calendula officinalis* L.). *Rocz. AR Pozn.* 383, *Ogrodnictwo* 41, 421–425.
- Braga P.C., Dal Sasso M., Culici M., Spallino A., Falchi M., Bertelli A., Morelli R., Lo Scalzo R., 2009. Antioxidant activity of *Calendula officinalis* extract: Inhibitory effects on chemiluminescence of human neutrophil bursts and electron paramagnetic resonance spectroscopy. *Pharmacology* 83, 348–355.
- Dinda M., Dasgupta U., Singh N., Bhattacharyya D., Karmakar P., 2015. PI3K-mediated proliferation of fibroblasts by *Calendula officinalis* tincture: Implication in wound healing. *Phytother. Res.* 29 (4), 607–616.
- Duda M., Bunescu H., Fitiu A., Vaida S., 2010. Research on the cultivation of 8 marigold varieties (*Calendula officinalis* L.) in various conditions of fertilization in the Jucu, Cluj. *Bull. UASVM Agric.* 67 (1), 101–106.
- Farmakopea Polska IX., 2011. PTF, Warszawa.
- Farmakopea Polska X., 2014. PTF, Warszawa.
- Fernandes E.F.A., Meloni F., Borella J.C., Lopes N.P., 2013. Effect of fertilisation and harvest period on polar metabolites of *Calendula officinalis*. *Rev. Bras. Farmacogn.* 23, 731–735.
- Ganjali H.R., Band A., Abad H., Nick M., 2010. Effect of sowing date, plant density and nitrogen fertilization on yield. Yield compounds and various traits of *Calendula officinalis*. *Am.-Eurasian J. Agric. Environ. Sci.* 9 (2), 149–155.
- Gazim Z.C., Rezende C.M., Fraga S.R., Svidzinski T.I.E., Cortez D.A.G., 2008. Antifungal activity of the essential oil from *Calendula officinalis* (Asteraceae) growing in Brazil. *Braz. J. Microbiol.* 39, 61–63.
- Gesch R.W., 2013. Growth and yield response of calendula (*Calendula officinalis*) to sowing date in the northern U.S. *Ind. Crop. Prod.* 45, 248–252.
- Jiménez-Medina E., García-Lora A., Paco L., Algarra I., Collado A., Garrido F., 2006. A new extract of the plant *Calendula officinalis* produces a dual *in vitro* effect: cytotoxic anti-tumor activity and lymphocyte activation. *BMC Cancer* 6 (119), doi: 10.1186/1471-2407-6-119.
- Khalid K.A., Teixeira da Silva J., 2012. Biology of *Calendula officinalis* Linn.: Focus on pharmacology, biological activities and agronomic practices. *Med. Aromat. Plant Sci. Biotechnol.* 6 (1), 12–27.
- Khan M.U., Rohilla A., Bhatt D., Afrin S., Rohilla S., Ansari S.H., 2011. Diverse belongings of *Calendula officinalis*: An overview. *Int. J. Pharm. Sci. Drug Res.* 3 (3), 173–177.
- Kishimoto S., Maoka T., Sumitomo K., Ohmiya A., 2005. Analysis of carotenoid composition in petals of calendula (*Calendula officinalis* L.). *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 69 (11), 2122–2128.
- Król B., 2010. Nagietek lekarski (*Calendula officinalis* L.). W: B. Kołodziej (red.), *Uprawa ziół*. PWRiL, Poznań.

- Król B., 2011. Yield and the chemical composition of flower heads of pot marigold (*Calendula officinalis* L. cv. Orange King) depending on nitrogen fertilization. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 10 (2), 235–243.
- Król B., 2012. Yield chemical composition of flower heads of selected cultivars of pot marigold (*Calendula officinalis* L.). *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 11 (1), 215–225.
- Król B., 2013. Wpływ zagęszczenia roślin na plonowanie i jakość surowca nagietka lekarskiego (*Calendula officinalis* L.). *Ann. UMCS, sec. E, Agricultura* 68 (2), 42–47.
- Muley B., Khadabadi S., Banarase N., 2009. Phytochemical Constituents and Pharmacological Activities of *Calendula officinalis* Linn (Asteraceae): A Review. *Tropical J. Pharm.* 8 (5), 455–465.
- Nowak G., Nawrot J., 2009. Surowce roślinne i związki naturalne stosowane w chorobach układu oddechowego. *Herba Pol.* 55 (4), 178–181.
- Nurzyńska-Wierdak R., 2014. Wzrost, plonowanie i składniki chemiczne surowca wybranych odmian nagietka lekarskiego (*Calendula officinalis* L.). *Annales UMCS, sec. EEE, Horticultura* 24 (2), 27–34.
- Pintea A., Bele C., Andrei S., Socaciu C., 2003. HPLC analysis of carotenoids in four varieties of *Calendula officinalis* L. flowers. *Acta Biol. Szeged.* 47 (4), 37.
- Samochowiec L., 2002. *Kompendium ziołolecznictwa*. Wyd. Med. Urban & Partner, Wrocław.
- Spinu M., Brudasca Gh.F., Sandru C.D., 2007. Immunomodulating properties of *Calendula officinalis* and *Echinacea angustifolia* extractions in viral antigen primed hens. *Bull. USAMV-CN* 64 (1–2), 545–548.
- Strzelecka H., Kowalski J., 2000. *Encyklopedia zielarstwa i ziołolecznictwa*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Szweykowska A., Szweykowski J., 2004. *Botanika. Morfologia*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Villa-Trevino S., Fazenda F., Popoca A., Jimenez-Cruz G., Perez-Carreón J., 2002. Genotoxic and anti-genotoxic properties of *Calendula officinalis* extracts in rat liver cell cultures treated with diethylnitrosamine. *Toxicol. In Vitro* 16, 253–258.

Summary. The aim of the study was to evaluate the growth rate and some morphological features of plants as well as the chemical composition of flowers and inflorescences of 7 selected cultivars of marigold (*Calendula officinalis* L.) and reference cultivars suitable for pharmaceutical processing. Marigold plants were grown from direct sowing in the last 10 days of April. A collection of the raw material was made by hand, in late July, when the inflorescences are fully developed. Among the studied cultivars, the highest growth rate was characteristic of 'Indian Prince', and then 'Tokaj Żółty', 'Słomka Żółta' and 'Deja Vu'. The fresh weight of the inflorescence was greatest in the 'Green Heart'. Plants of all cultivars are characterized by a higher content of flavonoids in the marginal than middle florets. More carotenoids in the ligulate than in tubular florets was found in the cultivars 'Persimmon Beauty', 'Deja Vu', 'Pink Surprise' and 'Słomka Żółta'. The greatest amount of essential oil ($1.40 \text{ mL} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ a.d.m.) was found in the tubular florets in the 'Indian Prince'. Of particular interest in terms of the chemical composition of the raw material should be considered cultivars 'Indian Prince' and 'Persimmon Beauty'.

Key words: Asteraceae, growth rate, cultivars, phytochemical compounds