Sekrecja nektaru w kwiatach żywokostu lekarskiego (*Symphytum officinale* L.) i jego skład chemiczny

MAŁGORZATA STPICZYŃSKA

Katedra Botaniki, Akademia Rolnicza w Lublinie, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin

Department of Botany, Agricultural University, Akademicka 15, 20-950 Lublin, Poland

Nectar secretion in the flowers of comfrey (*Symphytum officinale* L.) and nectar chemistry

(Otrzymano: 23.09.2002)

Summary

Nectar secretion and nectar chemistry in the flowers of comfrey (*Symphytum officinale* L.) were examined in the four stages of anthesis: I-large buds, before pollen exposure; II- freshly opened flowers with the beginning of anther dehiscence; III- completely opened flowers in the maximum of pollen exposure; IV- flowers at the final stage of anthesis, without pollen in the anthers. Individual flower stays fresh 2.5-3 days, on average. Disc-shaped nectaries of *S. officinale* are located at the base of the four-lobbed ovary. Nectar is released through the modified stomata. Start of nectar secretion was noted at the bud stage. Nectar volume, mass of nectar and sugars differed in the examined stages of anthesis and the biggest values were noted at the final stages. Dominant sugar in nectar was sucrose with smaller amounts of fructose and glucose. The presence of amino acids was also recorded.

Key words: nectar secretion, nectar chemistry, nectary, *Symphytum officinale* L., *Boraginaceae*

WSTĘP

Żywokost lekarski *Symphytum officinale* L. (*Boraginaceae*) jest okazałą byliną o właściwościach leczniczych. Korzeń żywokostu był stosowany w lecznictwie jako środek przeciwkaszlowy, osłaniający, a także zewnętrznie, jako okład na rany i owrzodzenia. Surowiec zawiera alantoinę, śluzu, garbniki, kwasy fenolowe i trójtterpeny oraz alkaloidy pirolizydynowe: symfitynę, echimidynę, likopsaninę, lasiokarpinę i N-tlenek heliosupiny. Ze względu na obecność tych alkaloidów, które mają działanie hepatotoksyczne i karcinogenne żywokost obecnie nie jest stosowany jako surowiec leczniczy (Ożarowski i Jaroniewski, 1987; Strzelecka i Kowalski, 2000).

Żywokost kwitnie od maja do lipca i jest licznie oblatywany przez owady. Kwiaty o budowie rurkowej przystosowane są do zapylania przez błonkówki o odpowiednio długich aparatach gębowych (10 mm), głównie przez trzmiele i pszczoły oraz przez muchówki z rodzaju *Rhingia* (Proctor i Yeo, 1975; Faegri i van der Pijl, 1971; Goulson i in., 1998a; Goulson i in., 1998b). Wejście do rurki korony i pobranie nektaru utrudniają stożkowate osklepki. Trzmiele krótkojęzyczkowe dostają się do nektaru wygryzając w rurce korony otworki, z których korzystają również pszczoły miodne. Żywokost zaliczany jest do dość dobrych roślin miododajnych. Pomimo znanej wydajności miodowej i pyłkowej tego gatunku (Drašar, 1975; Pielmieniev, 1985) w literaturze brak informacji dotyczących dynamiki sekrecji nektaru oraz jego składu chemicznego.

Niniejsza praca miała na celu obserwację procesu sekrecji nektaru w ciągu życia kwiatu żywokostu oraz zbadanie składu chemicznego nektaru pobieranego w kolejnych stadiach antezy, a nagromadzonego od początku funkcjonowania nektarników.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2001–2002. Rośliny żywokostu lekarskiego *Symphytum officinale* L. występowały na naturalnym stanowisku – łące położonej wzdłuż rzeki Czechówki w Lublinie. Przed rozpoczęciem kwitnienia, na 10 roślinach zaizolowano nylonową siatką po 5–10 kwiatostanów. Izolatory chroniły kwiaty przed odwiedzaniem przez owady. Długość i przebieg kwitnienia obserwowano na kwiatach oznakowanych w stadium pąka, należących do 20 nie zaizolowanych kwiatostanów. W każdym kwiecie zanotowano dzień otwarcia pąka kwiatowego, całkowitego otwarcia kwiatu oraz więdnienia i opadnięcia rurki korony.

Nektar do analiz pobierano o godzinie 8 z zaizolowanych kwiatów, będących w 4 następujących fazach kwitnienia: I – faza luźnego pąka, II – początek otwarcia kwiatu, III – całkowite otwarcie korony, IV – początek więdnienia korony. Próbkę stanowił nektar z 4 kwiatów danej fazy pobrany mikrokapilarą szklaną. Nektar ten był ważony, a procentową zawartość suchej masy cukrów odczytywano w refraktrometrze Abbego (PZO RL-1). Test na obecność aminokwasów w nektarze przeprowadzono przy użyciu półilościowej skali histydynowej (Dafni, 1992). Skład ilościowy i jakościowy cukrów w nektarze określono metodą HPLC (Rossomando, 1997). Próbkę stanowił nektar z 5 kwiatów. Wyniki opracowano statystycznie metodą wielokrotnych przedziałów ufności Tukey'a.

Budowa nektarników żywokostu badana była przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM). Wypreparowane załącznik wraz z dnem kwiatowym utrwalono w aldehydzie glutarowym, odwodniono w acetonie i wysuszone w punkcie krytycznym CO₂. Po napyleniu złotem powierzchnię nektarników oglądano w mikroskopie TESLA BS-300.

WYNIKI

Kwitnienie badanych roślin żywokostu lekarskiego trwało od 7 do 18 maja. Stwierdzono, że kwiaty tego gatunku rozkwitają przez całą dobę. Od stadium luźnego pąka do całkowitego otwarcia korony miało średnio 12 godzin. Długość życia kwiatu wynosiła 2,5–3 dni.

Nektar w kwiatkach żywokostu wydzielany jest przez nektarniki położone na dnie kwiatowym przy podstawie zalążni (Fot. 1 i 2). Sekrecja nektaru na powierzchnię

Fot. 1. Czterodzielna zalążnia z nektarnikiem (N) u podstawy, SEM. Skala-0,5 mm
Four-lobed ovary with the nectary at their base, SEM. Bar-0,5 mm

Fot. 2. Fragment dyskoidealnego nektarnika (N), SEM. Skala-0,1 mm.
Fragment of disc-shaped nectary, SEM. Bar-0,1 mm.

nektarnika odbywa się przez zmodyfikowane aparaty szparkowe (Fot. 3). Znajdują się one na odosiowej powierzchni, w dolnej części nektarnika i są rozmieszczone w sposób nieregularny. Wydzielony nektar gromadzi się na dnie rurki korony.

Fot. 3. Aparat szparkowy w epidermie nektarnika, SEM. Skala-32,5 μm
Modified stomata in the nectary epidermis, SEM. Bar-32,5 μm

Fot. 4. Wnętrze rurki korony w stadium luźnego pąka przed rozpoczęciem pylenia, początek sekrecji nektaru – stadium I
Inside of the corolla tube in the stage of bud before pollen exposure, start of nectar secretion – stage I

Tabela 1.

Przebieg sekrecji nektaru w kwiatach żywokostu lekarskiego mierzony masą nagromadzonego nektaru i cukrów w kolejnych stadiach antezi

Table 1.

Nectar secretion in the comfrey measured as weight of nectar and sugars accumulated during the subsequent stages of anthesis

Stadium Stage	Liczba pomiarów Number of measurements	Masa nektaru/kwiat (mg) Weight of nectar/flower (mg)	SD	Koncentracja cukrów (%) Concentration of sugars (%)	SD	Masa cukrów/kwiat (mg) Weight of sugars/flower (mg)	SD
I	11	0,42a	0,23	28,7a	4,69	0,115a	0,06
II	14	0,71ab	0,12	28,6a	4,45	0,205ab	0,05
III	20	0,94b	0,27	34,7b	8,08	0,333b	0,11
IV	21	1,00b	0,65	33,5ab	10,02	0,332b	0,21

SD – odchylenie standardowe, tymi samymi literami oznaczono średnie nie różniące się istotnie. SD – standard deviation, means with the same letter do not differ significantly

Masa wydzielonego nektaru oraz zawartych w nim cukrów wzrastała w kolejnych fazach kwitnienia, a różnice między początkową a końcowymi fazami były istotne (Tab. 1). Nektar pojawiał się już w fazie luźnego pąka (stadium I), kiedy pylniki jasnokremowej barwy były zamknięte (Fot. 4). Jednakże przy wysokiej temperaturze i niskiej wilgotności powietrza w tej fazie obserwowano pojedyncze przypadki pęknięcia pylników. Wraz z otwarciem korony (stadium II) następowało pęknięcie pylni-

Fot. 5. Początkowe stadium antezy i pylenia – stadium II.
Start of anthesis and pollen exposure – stage II.

ków (Fot. 5), powiększała się też ilość wydzielonego nektaru. W fazie pełnego otwarcia korony (stadium III) pylniki, jeszcze jasno zabarwione, znajdowały się w stadium maksymalnego pylenia; wzrastała też ilość nagromadzonego nektaru (Fot. 6). Maksymalną masę nektaru (średnio 1,0 mg) zanotowano w najstarszych kwiatach, w stadium IV, w początkowej fazie więdnienia korony. Pylniki w tym czasie były zaschnięte, całkowicie wypylone i miały brązowe zabarwienie (Fot. 7). Po zakończonym kwitnieniu rurka korony opadała wraz z nagromadzonym wewnątrz nektarem.

Głównym składnikiem suchej masy nektaru żywokostu lekarskiego była sacharoza – blisko 55%, oraz znacznie mniejsze ilości cukrów prostych: fruktozy – 18% i glukozy – 27% (Tab. 2). Zawartość poszczególnych cukrów w zasadzie nie zmieniała się wraz z wiekiem kwiatów. Podobnie też wyrównana była zawartość aminokwasów w nektarze, która wynosiła średnio 0,015 mg/ml.

Fot. 6. Stadium III – pełnia antezy i maksymalnego pylenia. Nektar przy podstawie rurki korony oznaczono strzałką

Stage III– full anthesis and maximum of pollen exposure. Nectar in the base of corolla tube marked by arrow

Tabela 2

Zawartość procentowa cukrów w nektarze żywokostu w kolejnych stadiach antezy.

Table 2

Percentage of the sugars in nectar during subsequent stages of anthesis

Stadium Stage	Liczba pomiarów Number of measurements	Fruktoza Fructose	Glukoza Glucose	Sacharoza Sucrose	Cukry ogółem Total sugars
I	1	10,875	16,6	27,6	54,95
II	5	9,35	12,96	31,38	53,69
III	2	8,35	13,87	36,8	59,02
IV	2	12,15	18,92	29,15	60,22
Średnio (Average)		10,15	15,59	31,23	56,97
Udział procentowy poszczególnych cukrów Percentage of sugars		17,81	27,37	54,82	100

Fot. 7. Końcowe stadium antezy z wypylonymi pylnikami-stadium IV. Strzałką oznaczono kroplę nektaru. Fot. 4–7 skala – 1,5 mm
 Final stage of anthesis after pollen exposure- stage IV. Nectar droplet marked by arrow. Fot. 4–7 bar – 1,5 mm

DYSKUSJA

Nektarniki żywokostu położone są u podstawy zalążni i mają budowę typową dla *Boraginaceae*. Fahn (1953) zaliczył je do nektarników dyskoidalnych, natomiast Smets (1986), ze względu na ich położenie, nazwał je „nectaria persistentia”. Nektarniki tego typu są zlokalizowane na częściach kwiatu, które nie odpadają podczas wędnięcia, takich jak działki kielicha, dno kwiatowe lub zalążnia.

Przeciętnie jeden kwiaty żywokostu wydzieliał maksymalnie 1,00 mg nektaru o stężeniu cukrów 27–33%. Są to wartości zbliżone do wyników uzyskanych przez Drašar (1975). Masa nektaru i cukrów w izolowanych kwiatach były zróżnicowane w poszczególnych fazach i kumulowały się stopniowo osiągając maksimum w końcowej fazie życia kwiatu, podobnie jak to stwierdzono u niektórych gatunków z rodziny *Solanaceae* i *Bromeliaceae* (Galletto i Bernardello, 1992; 1993). Z nielicznych badań dynamiki sekrecji nektaru wynika, że zarówno objętość wydzielonego

nektaru jak i masa cukrów w nektarze mogą różnić się w zależności od fazy życia kwiatu. Na ilość i jakość nektaru w danym momencie mogą wpływać dwa przeciwstawne procesy: sekrecji cukrów i innych składników z komórek nektarnika oraz ich ponownej resorpcji (Búrquez i Corbet, 1991; Nepi i in., 2001; Stpńczyńska i Pielecki, 2002). W kwiatach żywokostu nie zaobserwowano resorpcji nektaru, podobnie jak w przypadku kwiatów *Borago officinale* (Búrquez i Corbet, 1991).

Skład chemiczny nektaru żywokostu, o znacznej przewadze sacharozy nad cukrami prostymi, jest charakterystyczny dla kwiatów zapylanych przez błonkówki. Fakt, że pszczoła miodna oblatuje kwiaty żywokostu lekarskiego potwierdzają wyniki z analizy obrazu pyłkowego miodów i pierzgi, gdzie stwierdzono obecność ziaren pyłku tego gatunku (Demianowicz i Warakomska, 1973; Demianowicz i in., 1981). Dominacja sacharozy w nektarze nie jest jednak charakterystyczna dla całej rodziny *Boraginaceae*. Percival (1961) badając 27 gatunków należących do tej rodziny botanicznej stwierdziła w nektarze zarówno dominację sacharozy jak i cukrów prostych, np. u niezapominajki.

Skład i proporcje poszczególnych cukrów w nektarze kwiatów żywokostu były stałe podczas całego okresu antezi. Podobne wyniki uzyskał Davis (1997) u *Eucalyptus cosmophylla* i *E. grandis*. Nepi i wsp. (2001) u *Cucurbita pepo* oraz Stpńczyńska i Pielecki (2002) u *Platanthera chlorantha*. Jednakże w przypadku podkolana, pomimo zachowanych proporcji poszczególnych cukrów, ich ilość znacznie zmniejszała się na skutek resorpcji.

Nektar żywokostu charakteryzował się niską zawartością aminokwasów. Użyte wyniki są zbieżne z obserwacjami Baker i Baker (1983), którzy stwierdzili, że niewielkie ilości aminokwasów w nektarze są charakterystyczne dla kwiatów zapylanych przez pszczoły i trzmiele. Owady te korzystają z aminokwasów i białek zawartych w pyłku. Ponieważ części wegetatywne żywokostu zawierają toksyczne alkaloidy pirolizydynowe, nie jest wykluczone, że mogą się one znajdować również w nektarze i pyłku. Mogłyby tym samym stać się toksyczną domieszką w produktach pszczelich. Wydaje się więc wskazane zbadanie zawartości alkaloidów pirolizydynowych w nektarze i pyłku żywokostu.

Podziękowania: Serdecznie dziękuję dr Jackowi Pieleckiemu z Katedry Technologii Przemysłu Rolno-Spożywczego i Przechowywania Akademii Rolniczej w Lublinie za wykonanie analizy chromatograficznej nektaru.

LITERATURA

- Baker G. H., Baker L., 1983. Chemistry of floral nectar. The Biology of Nectaries. New York.
Búrquez A., Corbet S. A., 1991. Do flowers reabsorb nectar? *Funct. Ecol.* 5: 369–379.
Dafni A., 1992. Pollination ecology. Oxford University Press.
Davis A., 1997. Influence of floral visitation on nectar sugar composition and nectary surface changes in *Eucalyptus*. *Apidologie* 28: 27–42.
Demianowicz Z., Warakomska Z., 1973. Analiza letnich pożytków pyłkowych Mierzei Wiślanej. *Pszczelnictwo Zeszyty Naukowe XVII*: 39–49.

- Demianowicz Z., Lecewicz W., Warakomska Z., 1981. Miody rzepakowe Wisły i Krainy Mazowieckiej. Pszczelnicze Zeszyty Naukowe XXV: 155–163.
- Drašar K., 1975. Včeli pastva. Praha.
- Fahn A., 1953. The topography of the nectary in the flower and its phylogenetical trend. *Phytomorphology* 3: 424–426.
- Galetto L., Bernardello L., 1992. Nectar secretion pattern and removal effects in six Argentinean Pitcarinioideae (*Bromeliaceae*). *Bot. Acta* 105: 292–299.
- Galetto L., Bernardello L., 1993. Nectar secretion pattern and removal effects in the three species of *Solanaceae*. *Can. J. Bot.* 71: 1394–1398.
- Goulson D., Stout J., Hawson S.A., Allen J., 1998a. Floral display size in comfrey, *Symphytum officinale* L. (*Boraginaceae*): relationships with visitation by the three bumblebee species and subsequent seed set. *Oecologia* 113: 502–508.
- Goulson D., Hawson S. A., Stout J., 1998b. Foraging bumblebees avoid flowers already visited by conspecifics or by other bumblebee species. *Anim. Behav.* 55: 199–206.
- Nepi M., Guarnieri M., Pacini E., 2001. Nectar secretion, reabsorption and sugar composition in male and female flowers of *Cucurbita pepo*. *Bot. Gaz.* 162: 353–358.
- Ożarowski A., Jaroniewski W., 1987. Rośliny lecznicze i ich praktyczne zastosowanie. Instytut Wydawniczy Związków Zawodowych, Warszawa.
- Percival M. S., 1961. Types of nectar in angiosperms. *New. Phytol.* 60: 235–281.
- Pielmeniev V. K., 1985. Medonosnyje rastienija. Moskwa.
- Rossumando E. F., 1987. High performance liquid chromatography in enzymatic analysis. Wiley-Interscience Publication. John Wiley and Sons, New York.
- Smets E., 1986. Localization and systematic importance of the floral nectaries in the *Magnolia*-*tace* (Dicotyledons). *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.* 56: 51–76.
- Stpiczyńska M., Pielecki J., 2002. Sekrecja, resorpcja i skład chemiczny nektaru podkolana zielonawego *Platanthera chlorantha* (Custer) Rchb. (*Orchidaceae*). *Annales UMCS. Sectio EEE.* 10: 173–179.
- Strzelecka H., Kowalski J., 2000. Encyklopedia zielarstwa i ziołolecznictwa. PWN, Warszawa.

Streszczenie

Skład chemiczny nektaru i proces jego sekrecji w kwiatach żywokostu lekarskiego (*Symphytum officinale* L.) badano w czterech stadiach antezi: I – luźnego pąka przed otwarciem pylników, II – świeżo otwartego kwiatu w początkowym stadium pylenia, III – całkowicie otwartego kwiatu w maksymalnym stadium pylenia, IV – końcowego stadium antezi z wypylonymi pylnikami. Przeciętnie jeden kwiat kwitł 2,5–3 dni. Z dyskooidalnych nektarników żywokostu, znajdujących się u podstawy czterodzielnej zalążni, nektar wydostawał się na powierzchnię przez zmodyfikowane aparaty szparkowe. Masa nektaru i masa cukrów w nektarze różniły się w poszczególnych stadiach antezi i kumulowały się w jej końcowej (IV) fazie. Dominującym cukrem w nektarze była sacharoza, ponad 50% suchej masy. Nektar zawierał także aminokwasy, średnio 0,015 mg/ml.