

Załącznik 2



AUTOREFERAT

**przedstawiający opis dorobku i osiągnięć
naukowych**

dr inż. Beata Helena Król

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Wydział Agrobiotechnologii

Katedra Roślin Przemysłowych i Leczniczych

Lublin 2018

Spis treści

1.	Dane personalne	2
2.	Posiadane dyplomy i stopnie naukowe	2
3.	Informacje o zatrudnieniu w jednostkach naukowych	3
4.	Wskazanie i omówienie osiągnięcia naukowego	3
4.1.	Tytuł osiągnięcia naukowego	3
4.2.	Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego	3
4.3.	Omówienie celu naukowego i osiągniętych wyników	5
5.	Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych	20
6.	Podsumowanie dorobku naukowego	27
7.	Osiągnięcia związane z działalnością dydaktyczną	27

1. DANE PERSONALNE

Imię i nazwisko:

Beata Helena Król

Miejsce zatrudnienia:

Katedra Roślin Przemysłowych i Leczniczych

Wydział Agrobiotechnologii

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin

2. POSIADANE DYPLOMY I STOPNIE NAUKOWE

1991 r. **stopień magistra inżyniera rolnictwa**, Akademia Rolnicza w Lublinie (obecnie Wydział Agrobiotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie)

Tytuł pracy magisterskiej: „Porównanie efektów nawożenia niektórych roślin zielarskich preparatem keratyno-koromocznikowym i mocznikiem„

Promotor: prof. dr hab. Stanisław Berbeć

2000 r. **stopień doktora nauk rolniczych w zakresie agronomii – uprawa roślin leczniczych**, Wydział Rolniczy, Akademia Rolnicza w Lublinie (obecnie Wydział Agrobiotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie)

Tytuł rozprawy doktorskiej: „Wzrost i rozwój oraz plonowanie wiesiołka dwuletniego (*Oenothera biennis* L.) na dwu rodzajach gleby w zależności od nawożenia mineralnego” wykonana w Katedrze Roślin Przemysłowych i Leczniczych

Promotor: prof. dr hab. Stanisław Berbeć

Recenzenci: prof. dr hab. Wojciech Budzyński

prof. dr hab. Janusz Wiśniewski

3. INFORMACJE O ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH

- 1992 – 2000 r. **asystent naukowo – dydaktyczny** w Instytucie Szczegółowej Uprawy Roślin (od roku 1997 Katedra Roślin Przemysłowych i Leczniczych), Wydział Rolniczy, Akademia Rolnicza w Lublinie (obecnie Wydział Agrobiotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie).
- 2000 r. – **adiunkt** w Katedrze Roślin Przemysłowych i Leczniczych, obecnie Wydział Agrobiotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie.

4. WSKAZANIE I OMÓWIENIE OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

jednotematyczny cykl publikacji pt.:

Biologiczne i agrotechniczne uwarunkowania uprawy nagietka lekarskiego (*Calendula officinalis* L.) – alternatywnej rośliny oleistej

4.2. Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego

Praca	Dane bibliograficzne
I.1. ^a	Kiełtyka-Dadasiewicz A., Król B. 2015. Polimorfizm niełupek nagietka lekarskiego (<i>Calendula officinalis</i> L.) jako determinant ich wartości siewnej w warunkach laboratoryjnych. Annales UMCS, sec. E, Agricultura, 70(3), 41–48.

Punkty MNiSW – 9^b

- I.2.** Król B., Paszko T., Król A. 2016. Conjugated linolenic acid content in seeds of some pot marigold (*Calendula officinalis* L.) cultivars grown in Poland. *Farmacia*, 64(6), 881–886.

Punkty MNiSW – 15, IF – 1,348^c

- I.3.** Król B. 2016. Wpływ nawożenia potasem na plon nasion oraz zawartość i jakość tłuszczu nagietka lekarskiego (*Calendula officinalis* L.). *Polish Journal of Agronomy*, 27, 64–70.

Punkty MNiSW – 10

- I.4.** Król B., Paszko T. 2017. Harvest date as a factor affecting crop yield, oil content and fatty acid composition of the seeds of calendula (*Calendula officinalis* L.) cultivars. *Industrial Crops and Products*, 97, 242–251.

Punkty MNiSW – 40, IF – 3,181

- I.5.** Król B. 2017. Influence of nitrogen fertilization on the seed yield and the content and quality of fat in pot marigold (*Calendula officinalis* L.) cultivars. *Agronomy Science*, 72(3), 85–98.

Punkty MNiSW – 9

- I.6.** Król B. 2017. Azot i siarka jako czynniki kształtujące plon nasion oraz zawartość i jakość tłuszczu nagietka lekarskiego – potencjalnego surowca olejarskiego. *Annales UMCS, sec. E, Agricultura*, 72(2), 29–38.

Punkty MNiSW – 9

- I.7.** Król B. 2017. Plon i jakość nasion nagietka lekarskiego (*Calendula officinalis* L.) w zależności od zagęszczenia roślin w łanie. *Agronomy Science*, 72(3), 11–25.

Punkty MNiSW – 9

^a Numeracja prac zgodna z załącznikiem 4.

^b Liczba punktów za publikacje zgodnie z rokiem opublikowania według Wykazu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

^c IF zgodnie z rokiem opublikowania, w przypadku publikacji z 2017 roku podano IF za rok 2016.

Suma punktów według wykazu czasopism punktowanych MNiSW zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **101**. Sumaryczny IF prac zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **4,529**.

Wykaz publikacji stanowiących główne osiągnięcie naukowe wraz z określeniem mojego wkładu w ich powstanie zamieszczono w załączniku 4, zaś kopie tych prac naukowych wraz z oświadczeniami współautorów określających ich indywidualny wkład w powstanie każdej publikacji stanowią załącznik 5.

4.3. Omówienie celu naukowego i osiągniętych wyników

Wprowadzenie i cel badań

W wyniku intensywnej produkcji rolniczej (zwłaszcza prowadzenia jej w formie wielkotowarowej) bardzo często dochodzi do degradacji środowiska oraz do zubożenia różnorodności biologicznej roślin. W tej sytuacji, w rolnictwie światowym, wzrasta zainteresowanie zarówno producentów, jak i użytkowników surowców roślinnych, wprowadzeniem do uprawy nowych gatunków, określanych jako rośliny alternatywne. Gatunki te, ze względu na potencjalną różnorodność kierunków wykorzystania, mogą uzupełniać tradycyjne zasiewy. W grupie tej znajdują się zarówno rośliny dostarczające produktów spożywczych, jak też gatunki przydatne w biologicznej rekultywacji terenów zdegradowanych oraz mające zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu. Wobec nadprodukcji żywności w krajach wysoko rozwiniętych oraz wyczerpywania się naturalnych surowców kopalnych pochodzenia organicznego, celowe jest zwiększenie uprawy roślin (zwłaszcza oleistych) na cele przemysłowe [Hreczuch i in. 2000]. Wśród alternatywnych roślin oleistych dużym zainteresowaniem cieszą się gatunki tworzące oleje o specyficznym składzie kwasów tłuszczowych. Szczególnie przydatne dla przemysłu chemicznego, a także farmaceutycznego są kwasy tłuszczowe o sprzężonym układzie wiązań podwójnych. W związku z tym, w ostatnich latach poszukuje się gatunków roślin, których oleje bogate są w tego typu kwasy tłuszczowe wykorzystywane m.in. w produkcji leków, suplementów diety, a

także smarów, folii, rozpuszczalników czy detergentów [Metzger i Bornscheuer 2006, Biermann i in. 2011, Białek i in. 2014, Yuan i in. 2014].

Do alternatywnych roślin oleistych można zaliczyć nagietek lekarski (*Calendula officinalis* L.). Gatunek ten jest znany i powszechnie uprawiany jako roślina ozdobna i lecznicza. Surowcem farmakopealnym są kwiaty języczkowe lub całe koszyczki kwiatowe, które są bogatym źródłem wielu związków o właściwościach leczniczych (m.in. saponin triterpenowych, karotenoidów, flawonoidów, olejku eterycznego, garbników) i mają szeroki zakres działania farmakologicznego [Muley i in. 2009].

W ostatnich latach zainteresowano się tym gatunkiem jako potencjalną rośliną oleistą o unikatowych właściwościach oleju [Breemhaar i Bouman 1995, Janssens i Vernooij 2001]. Nasiona nagietka zawierają około 20% tłuszczu, charakteryzującego się obecnością izomerów kwasu linolenowego (ang. Conjugated Linolenic Acid, CLNA) – reprezentowanych przez kwas α -nagietkowy (8t, 10t, 12c C_{18:3}) oraz β -nagietkowy (8t, 10t, 12t C_{18:3}) [Dulf i in. 2013]. Oleje zawierające CLNA wykorzystuje się w przemyśle chemicznym (np. olej tungowy jako składnik odpowiedzialny za chemiczne utrwalenie żywic, lakierów, farb drukarskich i powłok ochronnych). Oczekuje się, że również olej z nasion nagietka będzie stosowany w niedalekiej przyszłości w przemyśle oleochemicznym do produkcji polimerów oraz wysokiej jakości farb [Biermann i in. 2010]. Ponadto oleje roślinne zawierające wielonienasycone kwasy tłuszczowe z wysoce reaktywnym układem heksatrienowym, takie jak olej nagietkowy i tungowy, mają duży potencjał do zastosowania w przemyśle chemicznym w syntezie Dielsa-Aldera [Biermann i in. 2007].

Izomery kwasu linolenowego wykazują aktywność biologiczną i działanie prozdrowotne [Białek i in. 2014]. Badania dowiodły, że CLNA efektywnie hamują proces kancerogenezy poprzez inhibicję proliferacji oraz supresję inwazji i adhezji komórkowej [Yasui i in. 2006]. CLNA mogą indukować apoptozę komórek różnych nowotworów, takich jak: gruczolakorak okrężnicy, ostra białaczka promielocytowa, rak gruczołu piersiowego oraz rak pęcherza moczowego [Kohno i in. 2004, Kobori i in. 2008]. Badania Li i in. [2013] potwierdziły efekt antykancerogeny kwasu α - oraz β -nagietkowego w komórkach JEG-3

kosmówczaka. Ponadto izomery kwasu linolenowego wykazują działanie antyoksydacyjne, przeciwzapalne, hipotensyjne oraz ułatwiające redukcję tkanki tłuszczowej [Saha i Ghosh 2011, Kompanowska-Jeziarska i in. 2014]. Poza przemysłem farmaceutycznym, oleje zawierające CLNA mogą być także wykorzystywane w przemyśle spożywczym jako bioaktywne składniki żywności funkcjonalnej [Fontes i in. 2017].

Znanych jest wiele odmian hodowlanych nagietka lekarskiego, wykorzystywanych jako rośliny zielarskie lub ozdobne, jednak jak dotąd nie określono ich przydatności do uprawy na cele olejarskie. Dlatego poszukuje się odmian, które posiadałyby najkorzystniejsze cechy użytkowe z punktu widzenia ich potencjalnego zastosowania w przemyśle tłuszczowym. Przeprowadzone dotychczas doświadczenia agrotechniczne dotyczą głównie uprawy nagietka jako surowca farmaceutycznego [Martin i Deo 2000, Ganjali i in. 2010, Król 2011, Szwejkowska i Bielski 2012]. W dostępnej literaturze światowej niewiele jest publikacji odnoszących się do uprawy nagietka lekarskiego wykorzystywanego jako surowiec olejarski. Dotychczasowe nieliczne i fragmentaryczne badania nie pozwalają na opracowanie kompleksowej agrotechniki tego gatunku, umożliwiającej uzyskanie wysokiego plonu nasion i oleju o korzystnym składzie kwasów tłuszczowych.

Mając powyższe na uwadze, postawiono następujące hipotezy badawcze:

- Wśród odmian nagietka lekarskiego użytkowanych w Polsce jako rośliny zielarskie i ozdobne znajdują się takie, które mogą być uprawiane jako rośliny oleiste.
- Możliwe jest określenie warunków siedliskowych i agrotechnicznych, pozwalających na uzyskanie zadawalających plonów nasion nagietka lekarskiego, charakteryzujących się wysoką zawartością cennych izomerów kwasu linolenowego.

Nadrzędnym celem badań przedstawionych w załączonych opracowaniach stanowiących osiągnięcie naukowe była wieloaspektowa ocena możliwości uprawy nagietka lekarskiego jako rośliny dostarczającej oleju o specyficznych właściwościach. Do realizacji założonego celu i weryfikacji postawionych hipotez badawczych konieczne było opracowanie następujących zagadnień:

1. Charakterystyka cech fizycznych i chemicznych oraz ocena wartości siewnej niełupek nagietka lekarskiego.
2. Analiza cech morfologicznych oraz plonowania wybranych odmian nagietka lekarskiego w uprawie na nasiona.
3. Ocena wpływu zabiegów agrotechnicznych (nawożenie, zagęszczenie roślin, termin zbioru nasion) na plonowanie nagietka lekarskiego.
4. Określenie oddziaływania wybranych czynników siedliskowych i agrotechnicznych na zawartość i jakość oleju z nasion nagietka lekarskiego.

Omówienie wyników badań

Charakterystyka cech fizycznych i chemicznych oraz ocena wartości siewnej niełupek nagietka lekarskiego (prace: I.1, I.2, I.4)

Niełupki nagietka lekarskiego (potocznie zwane nasionami) wykazują znaczny polimorfizm (kształt haczykowaty, skrzydełkowaty i larwowy) [Ruiz De Clavijo 2005]. Taka różnorodność nasion jest korzystna z punktu widzenia strategii adaptacyjnej rośliny, gdyż zwiększa prawdopodobieństwo przetrwania gatunku w środowisku [Soliman i in. 2008], jednak w uprawie polowej utrudnia zbiór, doczyszczanie nasion oraz ich wysiew [Joly 2013]. Zróżnicowaniu somatycznemu diaspor towarzyszy zwykle ich polimorfizm funkcjonalny, który decyduje o tempie kiełkowania [Imbert 2002], co może wpływać na równomierność wschodów.

Pierwszym etapem moich badań było określenie zróżnicowania morfologicznego niełupek siedmiu odmian nagietka lekarskiego ('Tokaj', 'Santana', 'Radio', 'Persimmon Beauty', 'Orange King', 'Promyk' i 'Szlem') oraz ocena ich wartości siewnej (I.1). Stwierdzono, że badane odmiany różniły się udziałem poszczególnych typów morfologicznych niełupek. U większości odmian dominującą frakcją stanowiły niełupki kształtu larwowatego (od 41,1% do 80,1%). Wyjątek stanowiła odmiana 'Tokaj', która posiadała największy udział niełupek typu haczykowatego (około 54%) oraz 'Orange King' – z największym udziałem niełupek typu skrzydełkowatego (około 37%). Niełupki różniły się także długością i szerokością, najmniejsze wartości tych cech osiągnęły niełupki typu larwowatego

i w konsekwencji miały one najmniejszą masę tysiąca nasion (MTN). Pomimo zróżnicowania cech geometrycznych niełupek o kształcie haczykowaty i skrzydełkowatym, ich MTN była zbliżona.

Konsekwencją polimorfizmu niełupek były różnice w ich kiełkowaniu. Największą energią i zdolnością kiełkowania cechowały się najmniejsze niełupki larwowe. Zależności pomiędzy masą tysiąca niełupek a ich zdolnością kiełkowania potwierdziła analiza statystyczna, która wykazała ujemną korelację między tymi cechami (**I.1**).

O przydatności nasion nagietka jako surowca olejarskiego decyduje ilość i jakość tłuszczu. W badaniach dotyczących tej problematyki (**I.2**) oceniałam zawartość tłuszczu w nasionach oraz skład kwasów tłuszczowych oleju dziesięciu odmian tego gatunku. Zawartość tłuszczu surowego w nasionach wahała się od 14,7% do 19,8%. Najwięcej gromadziły go odmiany 'Orange King' i 'Tokaj', charakteryzujące się największym udziałem niełupek typu haczykowatego i skrzydełkowatego, zaś najniższą zawartość oleju notowano u odmiany 'Szlem', u której przeważały niełupki larwowe. Zawartość tłuszczu w nasionach jest przede wszystkim determinowana genetycznie, niemniej Robbelen i in. [1994] wskazują na występowanie zależności między typem niełupek, a udziałem tłuszczu. Hipotezę tę potwierdzono w pracy **I.4**, w której przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że zawartość tłuszczu była dodatnio skorelowana z udziałem procentowym niełupek o kształcie skrzydełkowatym i haczykowatym, zaś ujemnie z larwowatym.

Stwierdzono, że w oleju badanych odmian dominujące były izomery kwasu linolenowego (CLNA) ($49,53 \pm 5,45\%$). Najzasobniejszy w CLNA okazał się olej odmiany 'Geisha Girl' i 'Persimmon Beauty', zaś najmniej tych kwasów stwierdzono u odmiany 'Radio' i 'Orange King'. Największy udział w tej grupie kwasów tłuszczowych stanowił kwas α -nagietkowy, którego zawartość wahała się od $38,79 \pm 0,69\%$ ('Radio') do $53,43 \pm 0,57\%$ ('Geisha Girl'). Udział kwasu β -nagietkowego kształtował się na poziomie $5,83 \pm 1,94\%$ (**I.2**). Z innych kwasów wielonienasyconych w większych ilościach występował kwas linolowy ($34,21 \pm 2,96\%$). W grupie kwasów jednonienasyconych największy udział miał kwas oleinowy ($4,99 \pm 1,07\%$), zaś nasyconych – palmitynowy ($4,52 \pm 0,98\%$).

Analizując zależności pomiędzy zawartością głównych kwasów tłuszczowych, wykazano ujemną korelację pomiędzy kwasem α -nagietkowym a linolowym ($r = -0,936$, $p = 0,001$ – Pearson; $r = -0,860$, $p < 0,001$ – korelacja cząstkowa) oraz kwasem α -nagietkowym i oleinowym ($r = -0,558$, $p = 0,001$ – Pearson; $r = -0,716$, $p < 0,001$ – korelacja cząstkowa), co wynika z faktu, iż kwasy te są prekursorami kwasu α -nagietkowego [Cahoon i in. 2001]. Ponadto uzyskano ujemną korelację między zawartością kwasu α - i β -nagietkowego ($r = -0,887$, $p < 0,001$) (I.2). Powyższe zależności między kwasami tłuszczowymi potwierdziły także wyniki analizy składowych głównych (PCA) (I.4). Należy podkreślić, że zależność między kwasem α - i β -nagietkowego nie była dotychczas opisana w literaturze i została po raz pierwszy przedstawiona w prezentowanych badaniach.

Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że wybór odpowiedniego genotypu nagietka ma znaczący wpływ na wartość użytkową nasion wykorzystywanych na cele olejarskie. Z punktu widzenia zawartości tłuszczu korzystniejsze wydają się odmiany o przewadze niełupek skrzydełkowatych i haczykowatych ('Tokaj' 'Orange King'), zaś łatwiejsze do wysiewu (lecz o mniejszej przydatności dla przemysłu tłuszczowego) są odmiany posiadające więcej niełupek larwowatych ('Szlem' i 'Promyk').

Analiza cech morfologicznych i plonowania wybranych odmian nagietka lekarskiego w uprawie na nasiona (prace: I.3, I.4, I.5, I.6, I.7)

Celem kolejnego eksperymentu była charakterystyka morfologiczna siedmiu odmian nagietka lekarskiego oraz ocena plonowania w kontekście jego wykorzystania na cele olejarskie (I.4). W badaniach wykazano zróżnicowanie cech morfologicznych i rozwoju nagietka w zależności od genotypu. Rośliny odmiany 'Tokaj' były najwyższe oraz wykształciły największe nasiona, odmiana 'Orange King' tworzyła najwięcej rozgałęzień bocznych i koszyczków kwiatowych, zaś największą biomasą cechowała się odmiana 'Radio'. W przypadku nagietka uprawianego jako roślina oleista ważna jest długość kwitnienia, która u badanych odmian wahała się od 14 do 35 dni, w zależności od warunków pogodowych. Długie kwitnienie, które jest pożądane u roślin ozdobnych, w uprawie na nasiona

powoduje nierównomierne dojrzewanie oraz osypywanie się nasion. Największe straty nasion (szczególnie podczas późnego zbioru) notowano u odmian 'Santana' i 'Radio' charakteryzujących się najdłuższym okresem kwitnienia.

Badane odmiany nagietka plonowały w granicach 1011–2290 kg·ha⁻¹ (**I.3, I.4, I.5, I.6, I.7**), a uzyskane w warunkach umiarkowanego klimatu Polski plony można uznać za zadowalające, przy czym podobne wysokości plonów niełupek jak w moich badaniach uzyskano w Anglii, Holandii oraz USA [Breemhaar i Bouman 1995, Cromack i Smith 1998, Forcella i in. 2012, Gesch 2013]. W doświadczeniach własnych wysokimi plonami wyróżniały się odmiana 'Orange King' (1971±256 kg·ha⁻¹), której rośliny wytwarzały najwięcej koszyczków kwiatowych oraz 'Tokaj' (1899±294 kg·ha⁻¹) charakteryzująca się największymi nasionami. Ponad dwukrotnie niższe plony uzyskano w przypadku odmian 'Szlem' i 'Promyk', które wykształciły znacznie mniej koszyczków kwiatowych, a ich nasiona były drobne z przeważającym udziałem niełupek typu larwowatego.

O opłacalności uprawy roślin oleistych decyduje plon tłuszczu [Zanetti i in. 2013], który w moim doświadczeniu z nagietkiem, w zależności od odmiany, wahał się od 161 do 413 kg·ha⁻¹ (**I.3, I.4, I.5, I.6, I.7**). Podobnie jak w przypadku plonu nasion, pod tym względem wyróżniały się odmiany 'Orange King' i 'Tokaj'. Stwierdzono, że plon nasion i oleju nagietka w znacznym stopniu zależały od przebiegu warunków pogodowych. Wykazano, że cechy te są dodatnio skorelowane z sumą opadów, zaś ujemnie ze średnią temperaturą powietrza w okresie wegetacji (**I.4**). Wpływ warunków wilgotnościowo-termicznych na plon nasion i oleju potwierdzono także w innych moich badaniach (**I.3, I.5, I.6, I.7**). Zatem można twierdzić, że w warunkach krajowych najkorzystniejszy dla uprawy nagietka na nasiona jest przebieg pogody z równomiernie rozłożonymi opadami w okresie intensywnego wzrostu roślin oraz umiarkowanymi temperaturami w okresie dojrzewania nasion.

Analizując zależność między cechami morfologicznymi roślin nagietka, a plonem nasion i tłuszczu wykazano, że parametry te są dodatnio skorelowane z liczbą koszyczków kwiatowych, masą tysiąca nasion oraz udziałem procentowym niełupek o kształcie skrzydełkowatym i haczykowatym. Na podstawie wyników analizy PLSR (regresja metodą cząstkowych najmniejszych kwadratów) można

sądzić, że plon nasion i plon tłuszczu mogą być opisane następującymi równaniami (I.4):

$$PN = 4583 + 16,72 \cdot LK + 8,53 \cdot NS + 10,27 \cdot NH - 260,21 \cdot TW; r^2=97,1 (Q^2=0,30)$$

$$PT = 647,4 + 3,47 \cdot LK + 2,87 \cdot NS + 2,97 \cdot SH - 40,12 \cdot TW + 0,07 \cdot OW; r^2=95,8 (Q^2=0,14)$$

gdzie: PN – plon nasion; PT – plon tłuszczu; LK – liczba koszyczków kwiatowych; NS – udział nasion typu skrzydełkowatego; NH – udział nasion typu haczykowatego; TW – średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji; OW – suma opadów w okresie wegetacji.

Wyniki powyższej analizy statystycznej wskazują, że plon nasion i oleju jest zależny od liczby koszyczków kwiatowych, udziału procentowego poszczególnych typów nasion oraz od warunków wilgotnościowo-termicznych. Informacje te mogą być przydatne w hodowli i doborze odmian przeznaczanych na cele olejarskie oraz przy wyborze rejonu najbardziej korzystnego do uprawy nagietka lekarskiego na nasiona.

Wpływ wybranych zabiegów agrotechnicznych na plony nasion nagietka lekarskiego (prace: I.3, I.4, I.5, I.6, I.7)

Nagietek charakteryzuje się nierównomiernym dojrzewaniem nasion, co sprawia trudności z określeniem optymalnego terminu zbioru. Jednym z czynników analizowanych w eksperymencie I.4 był termin zbioru nasion. Zbiory niełupek wykonywano w okresie, kiedy około 50, 65 i 80% nasion było dojrzałych. Najniższy plon uzyskano zbierając nasiona w najwcześniejszym terminie, co wynikało z dużego udziału nasion niedojrzałych, w których nie zostało zakończone gromadzenie asymilatów (nasiona charakteryzowały się najniższą masą tysiąca nasion oraz zawartością oleju). W miarę dojrzewania nasion obserwowano zwiększanie ich masy i plon nagietka zbieranego w terminie, kiedy 65% nasion było dojrzałych, był średnio o 17% wyższy w porównaniu ze zbiorem najwcześniejszym. W przypadku najpóźniejszego zbioru u większości odmian (z wyjątkiem 'Orange King' i 'Persimmon Beauty') notowano obniżenie plonu nasion i oleju, co było powodowane osypywaniem się najbardziej dojrzałych niełupek. Jak podaje Zanetti i in. [2013] straty nasion nagietka w czasie zbioru są znaczne i mogą

dochodzić do 50%. Na podstawie 3-letnich badań można stwierdzić, że najkorzystniejszym terminem zbioru w warunkach klimatycznych Polski wschodniej, jest czas gdy około 65% nasion jest dojrzałych.

Liczne badania wykazały, że nawożenie azotowe wpływa na wielkość i jakość plonu koszyczków kwiatowych nagietka lekarskiego [Mili i Sable 2003, Biesiada 2006, Król 2011, Szwejkowska i Bielski 2012]. Natomiast w uprawie nagietka jako rośliny oleistej zagadnienie to jest mało poznane. W badaniach własnych obejmujących powyższą problematykę, oceniano wpływ szerokiego zakresu nawożenia azotem (0, 30, 60, 90, 120, 150 kg N·ha⁻¹) na elementy struktury plonu i wysokość plonu nasion oraz tłuszczu, czterech odmian nagietka lekarskiego (**I.5**). Stwierdzono, że nawożenie azotem stymulowało tworzenie koszyczków kwiatowych oraz zwiększało masę tysiąca nasion (w odniesieniu do ostatniego parametru notowano współdziałanie między odmianami i dawkami azotu). W przypadku odmian 'Tokaj' i 'Radio' zastosowanie wysokich dawek azotu (120-150 kg N·ha⁻¹) spowodowało przedłużenie kwitnienia i dojrzewania nasion, a w konsekwencji zmniejszenie MTN wynikające z osypywania się najdorodniejszych nasion. Zgodnie z oczekiwaniami, nawożenie azotem wpłynęło dodatnio na plon nasion, przy czym poszczególne odmiany nagietka niejednakowo reagowały na wzrastające jego dawki. Plony odmian 'Tokaj' i 'Radio' istotnie zwiększały się do dawki 60 kg N·ha⁻¹, natomiast u odmian 'Orange King' i 'Persimmon Beauty' taką zależność odnotowano aż do dawki 90 kg N·ha⁻¹. Różna reakcja badanych odmian nagietka na nawożenie azotem może wynikać z ich specyficznych, uwarunkowanych genetycznie potrzeb pokarmowych. Niezależnie od odmiany, największą wydajność tłuszczu notowano w obiektach z nawożeniem w zakresie 60-120 kg N·ha⁻¹. Zatem najlepsze efekty produkcyjne nawożenia azotem nagietka uprawianego jako surowiec olejarski uzyskuje się stosując dawki w przedziale 60-90 kg N·ha⁻¹. Wnoszenie większej ilości azotu okazało się ekonomicznie nieuzasadnione (niska efektywność rolnicza - poniżej 3 kg nasion·kg⁻¹ N).

Efekt plonotwórczy azotu w znacznym stopniu uzależniony jest od dostępności innych składników pokarmowych, w tym siarki. Deficyt tego pierwiastka stał się obecnie czynnikiem ograniczającym produkcję wielu

gatunków roślin [Klikocka 2011], dlatego należy rozpatrywać go jako składnik nawozowy istotny także w uprawie nagietka lekarskiego. Przedmiotem pracy **I.6** była ocena wpływu siarki ($30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) na tle zróżnicowanego nawożenia azotem ($0, 30, 60, 90, 120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$) na plonowanie i jakość nasion odmiany 'Orange King'. Stwierdzono, że dodatkowe nawożenie siarką (przy niskiej zawartości tego składnika w glebie) korzystnie wpłynęło na plon nasion i tłuszczu nagietka, a także zwiększyło efektywność rolniczą azotu. W obiektach bez nawożenia siarką notowano średnio o 7% niższe plony o mniejszej zawartości tłuszczu (średnio o 1 punkt procentowy). Otrzymane wyniki potwierdziły rezultaty wcześniejszych badań (**I.5**) dotyczące efektywności rolniczej azotu, która była jednak pozytywnie modyfikowana w obiektach nawożonych siarką. Dowodzi to, że uzasadnione jest uwzględnienie tego składnika w agrotechnice nagietka.

W wielu publikacjach stwierdzono, że potas pełni ważną rolę w odżywianiu mineralnym nagietka uprawianego jako surowiec farmaceutyczny [Mohammed i Hassan 2006, Hashemabadi i in. 2012, Rahmani i in. 2014]. Natomiast informacje odnoszące się do nawożenia potasem nagietka lekarskiego uprawianego jako roślina oleista są fragmentaryczne. Dlatego kolejnym czynnikiem analizowanym w badaniach własnych było nawożenie potasem, które stosowano w dawkach: $0, 30, 60, 90, 120 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$ (**I.3**). Wykazano, że nawożenie potasem dodatkowo wpłynęło na elementy struktury plonu (liczbę koszyczków kwiatowych, MTN), a tym samym także na plon nasion i tłuszczu, nie różnicując jednakże procentowej zawartości oleju, jak i poszczególnych kwasów tłuszczowych. Najlepsze efekty produkcyjne uzyskano przy dawkach $60-90 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$ (efektywność rolnicza powyżej $5 \text{ kg nasion} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ K}$).

Ważną częścią agrotechniki jest dobór odpowiedniego zagęszczenia roślin w łanie, które warunkuje nie tylko optymalny rozwój części wegetatywnych i systemu korzeniowego, ale wpływa również na elementy struktury plonu i plon nasion. W piśmiennictwie informacje dotyczące tego zagadnienia w uprawie nagietka na nasiona są nieliczne i niejednoznaczne. W badaniach Martina i Deo [2000] największe plony koszyczków kwiatowych i nasion uzyskano przy zagęszczeniu 100 roślin na 1 m^2 , zaś Seghatoleslami i Mousavi [2009] jako optymalną podają obsadę 25 roślin na 1 m^2 . W kolejnym doświadczeniu

wchodzącym w skład cyklu publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe (I.7) badałam wpływ zróżnicowanego zagęszczenia roślin (20, 40, 60, 80 i 100 szt·m⁻²) oraz rozstawy rzędów (25 i 40 cm) na wysokość i jakość plonu nasion dwu odmian nagietka. Stwierdzono, że duże zagęszczenie roślin powoduje redukcję liczby koszyczków kwiatowych na poszczególnych roślinach oraz zmniejszenie masy tysiąca nasion, przy jednoczesnym skróceniu okresu kwitnienia i przyśpieszeniu dojrzewania nasion. Największe plony nasion i tłuszczu uzyskano przy obsadzie 60 roślin na m². Charakterystyczne jest, że reakcja na omawiany czynnik zależała także od warunków pogodowych w okresie wegetacji. W warunkach suszy wystarczająca była obsada 40 roślin na m². Rozstawa rzędów natomiast nie wpłynęła istotnie na plonowanie nagietka, niemniej korzystniejsze wydaje się zastosowanie węższych międzyrzędzi (25 cm), które zapewnia bardziej równomierne rozmieszczenie roślin w łanie. Zatem na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że dla nagietka uprawianego na nasiona, optymalne zagęszczenie roślin w łanie powinno wynosić około 60 sztuk na 1 m² (przy rozstawie rzędów 25cm).

Wpływu wybranych czynników siedliskowych i agrotechnicznych na zawartość i skład kwasów tłuszczowych oleju z nasion nagietka lekarskiego (prace: I.2, I.3, I.4, I.5, I.6, I.7)

Ilość i jakość oleju nagietka decydująca o jego przydatności w przemyśle tłuszczowym, jak wykazano wcześniej w moich badaniach, zależy przede wszystkim od genotypu (I.2, I.4), ale może być kształtowana również przez warunki siedliskowe oraz zastosowaną agrotechnikę. Spośród czynników siedliskowych, znaczący wpływ na jakość nasion roślin oleistych mają opady atmosferyczne oraz temperatura powietrza [Lajara i in. 1990, Wang i Frei 2011]. Podobne zależności występują także u nagietka lekarskiego, u którego zawartość oleju w niełupkach roślin uprawianych w warunkach klimatu umiarkowanego [Cromack i Smith 1998, Janssens i Vernooij 2001, Dulf i in. 2013] jest większa niż w niełupkach roślin uprawianych w warunkach klimatu śródziemnomorskiego [Angelini i in. 1997, Özgül-Yücel 2005] (I.2). Znalazło to także potwierdzenie w

badaniach **I.4** wchodzących w skład osiągnięcia naukowego, w których stwierdzono istotną dodatnią korelację pomiędzy sumą opadów w okresie wegetacji, a zawartością tłuszczu oraz ujemną pomiędzy tą cechą, a średnią temperaturą powietrza.

Wpływ warunków wilgotnościowo-termicznych na skład kwasów tłuszczowych oleju nagietka wykazano w pracach **I.2** i **1.4**. Zawartość kwasu α -nagietkowego była ujemnie skorelowana ze średnią temperaturą powietrza w miesiącach czerwiec–sierpień (okres kwitnienia i dojrzewania nasion) oraz dodatnio skorelowana z sumą opadów w tym okresie. Mniejsza zawartość kwasu α -nagietkowego może być spowodowana ograniczeniem, w warunkach wyższej temperatury powietrza, aktywności enzymu FAD2, biorącego udział w przemianie kwasu linolowego do kwasu nagietkowego [Cahoon i in. 2001]. Należy podkreślić, że zależność pomiędzy zawartością kwasu α -nagietkowego, a warunkami klimatycznymi nie była dotychczas opisana w literaturze i została po raz pierwszy przedstawiona w prezentowanych badaniach. Zatem można stwierdzić, że uprawa nagietka w rejonach o klimacie chłodnym i wilgotnym jest bardziej korzystna dla gromadzenia tłuszczu, a w nim kwasu nagietkowego.

Wśród czynników agrotechnicznych podstawowe znaczenie w kształtowaniu cech jakościowych nasion oleistych ma nawożenie azotowe [Rathke i in. 2006, Dordas 2010, Jiang i in. 2014], a dotychczasowe badania dotyczące nagietka pomijały to zagadnienie. Jak wykazano w moich badaniach (**I.5**), nawożenie azotem powodowało spadek zawartości tłuszczu w nasionach, natomiast zastosowanie dodatkowo siarki (**I.6**) korzystnie wpływało na gromadzenie oleju i ograniczało niekorzystne oddziaływanie wysokich dawek azotu. Pod wpływem nawożenia azotem notowano istotne obniżenie udziału kwasu oleinowego na rzecz kwasu linolowego (**I.5**). Pozostałe badane składniki nawozowe, tj. potas i siarka nie modyfikowały składu kwasów tłuszczowych oleju nagietka (**I.3** i **I.6**).

Decyzja dotycząca terminu zbioru nagietka może wpływać nie tylko na plon nasion, ale także ich jakość. Jak wykazano w pracy **I.4**, najwyższą zawartość tłuszczu uzyskiwano ze zbiorów przeprowadzonych, kiedy 65% nasion było dojrzałych. Nasiona ze zbiorów wcześniejszych (50% nasion dojrzałych) zawierały

najmniej oleju, zaś opóźnienie zbioru (do czasu, gdy 80% nasion było dojrzałych) skutkowało spadkiem zawartości tłuszczu, co było spowodowane osypywaniem się najdorodniejszych nasion. Termin zbioru nasion modyfikował także skład kwasów tłuszczowych oleju. W miarę opóźniania zbiorów zwiększał się udział kwasu α -nagietkowego, a zmniejszał pozostałych kwasów. Inne badane czynniki agrotechniczne (zagęszczenie roślin i rozstawa rzędów) nie oddziaływały w istotny sposób na zawartość i skład oleju z nasion nagietka lekarskiego (I.7).

Podsumowanie

Przedstawione wyniki badań, prezentowane w załączonych opracowaniach stanowiących osiągnięcie naukowe, są pierwszym tak kompleksowym opracowaniem w zakresie doskonalenia technologii uprawy nagietka lekarskiego jako potencjalnego surowca olejarskiego.

Do głównych osiągnięć prezentowanych badań własnych należą:

- Stwierdzenie, że wśród uprawianych w Polsce odmian nagietka lekarskiego znajdują się takie, które dają zadowalające plony nasion o korzystnym składzie kwasów tłuszczowych i mogą być wykorzystywane na cele olejarskie.
- Udokumentowanie, że plon nasion i oleju zależny jest od cech genotypowych odmiany, takich jak: liczba koszyczków kwiatowych oraz udział procentowy poszczególnych typów niełupek.
- Udowodnienie, że w uprawie nagietka jako rośliny oleistej duże znaczenie ma zastosowanie odpowiedniego nawożenia azotem oraz potasem (najlepsze efekty produkcyjne uzyskuje się stosując te makroelementy w dawkach 60-90 kg·ha⁻¹).
- Wskazanie, że przy niedoborze siarki w glebie zastosowanie tego składnika w uprawie nagietka, korzystnie wpływa na plon niełupek i ich jakość, a także zwiększa efektywność rolniczą azotu.
- Określenie optymalnego zagęszczenia roślin w łanie (60 sztuk na 1 m²) oraz terminu zbioru nasion (gdy 65% nasion jest dojrzałych).

- Wykazanie zależności pomiędzy zawartością oleju w nasionach i udziałem kwasu α -nagietkowego, a warunkami wilgotnościowo-termicznymi (na gromadzenie oleju i kwasu α -nagietkowego w nasionach korzystnie wpływa niska temperatura oraz umiarkowane opady w okresie dojrzewania nasion).

Przeprowadzone przeze mnie eksperymenty nie ujmują całości zagadnienia dotyczącego uprawy nagietka na cele olejarskie i wskazane są dalsze badania z tego zakresu.

Literatura

- Angelini L.G., Moscheni E., Colonna G., Belloni P., Bonari E. 1997. Variation in agronomic characteristics and seed oil composition of new oilseed crops in central Italy. *Ind. Crop. Prod.* 6, 313–323.
- Białek A., Teryks M., Tokarz A. 2014. Sprzężone trieny kwasu linolenowego (conjugated linolenic acid – CLnA, super CLA) – źródła i działanie biologiczne. *Post. Hig. Med. Dosw.* 68, 1238–1250.
- Biermann U., Butte W., Eren T., Haase D., Metzger J.O. 2007. Diels–Alder reactions with conjugated triene fatty acid esters. *Eur. J. Org. Chem.* 3859–3862.
- Biermann U., Butte W., Holtgreffe R., Feder W., Metzger J.O., 2010. Esters of calendula oil and tung oil as reactive diluents for alkyd resins. *Eur. J. Lipid. Sci. Tech.* 112, 103–109.
- Biermann U., Bornscheuer U., Meier M.A.R. Metzger J.O., Schäfer H.J. 2011. Oils and fats as renewable raw materials in chemistry. *Angew. Chem. Int. Ed.* 50, 3854–3871.
- Biesiada A., Sokół-Łętowska A., Kucharska A., Wołoszczak E. 2006. Wpływ formy i dawki azotu na plonowanie i skład chemiczny koszyczków nagietka (*Calendula officinalis* L.). *Folia Hort.* 18, supl.1, 61–65.
- Breemhaar H.G., Bouman A. 1995. Harvesting and cleaning *Calendula officinalis*, a new arable oilseed crop for industrial application. *Ind. Crop. Prod.* 4(4), 255–260.
- Cahoon E.B., Ripp K.G., Hall S.E., Kinney A.J. 2001. Formation of conjugated Δ^8 , Δ^{10} -double bonds by Δ^{12} -oleic acid desaturase related enzymes - Biosynthetic origin of calendic acid. *J. Biol. Chem.* 276, 2637–2643.
- Cromack H.T.H., Smith J.M. 1998. *Calendula officinalis* – production potential and crop agronomy in southern England. *Ind. Crop. Prod.* 7, 223–229.
- Dordas C.A. 2010. Variation of physiological determinants of yield in linseed in response to nitrogen fertilization. *Ind. Crop. Prod.* 31(3), 455–465.
- Dulf F.V., Pamfil D., Baciú A.D., Pintea A. 2013. Fatty acid composition of lipids in pot marigold (*Calendula officinalis* L.) seed genotypes. *Chem. Cent. J.* 7(1), 8.
- Fontes A.L., Pimentel L.L., Simões C.D., Gomes A.M., Rodríguez-Alcalá L.M. 2017. Evidences and perspectives in the utilization of CLNA isomers as bioactive compound in foods. *Critical Rev. Food Sci. Nutr.* 57(12), 2611–2622.
- Forcella F., Papiernik S.K., Gesch R.W. 2012. Postemergence herbicides for calendula. *Weed Technol.* 26(3), 566–569.
- Ganjali HR., Ayeneh Band A., Heidari Sharif Abad A., Moussavi Nik M. 2010. Effects of sowing date, plant density and nitrogen fertilizer on yield, yield components and various traits of *Calendula officinalis* L. *Amer. Euras. J. Agric. Environ. Sci.* 9, 149–155.

- Gesch R.W., 2013. Growth and yield response of calendula (*Calendula officinalis*) to sowing date in the northern US. *Ind. Crop. Prod.* 45, 248–252.
- Hashemabadi D., Mostofipour A.A., Berimavandi A.R., Kaviani B., Zarchini M. 2012. Improvement of the yield and essential oils quantitative in calendula (*Calendula officinalis* L.) by using different planting arrangement and potassium fertilizer. *J. Ornament. Horticult. Plant.* 2(3), 147–154.
- Hreczuch W., Mittelbach M., Holas J., Soucek J., Bekierz G. 2000. Produkcja i główne kierunki przemysłowego wykorzystania estrów metylowych kwasów tłuszczowych. *Przem. Chem.* 79(4), 111–114.
- Imbert E. 2002. Ecological consequences and ontogeny of seed heteromorphism. *Perspect. Plant Ecol. Evol. System.* 5(1), 13–36.
- Janssens R.J., Vernooij W.P. 2001. *Calendula officinalis*: A natural source for pharmaceutical, oleochemical, and functional compounds. *Inform.* 12, 468–477.
- Jiang Y., Caldwell C.D., Falk K.C. 2014. Camelina seed quality in response to applied nitrogen, genotype and environment. *Can. J. Plant Sci.* 94(5), 971–980.
- Joly R., Forcella F., Peterson D., Eklund J. 2013. Planting depth for oilseed calendula. *Ind. Crop. Prod.* 42, 133–136.
- Klikocka H. 2011. Zasoby siarki w Polsce oraz jej znaczenie w przemyśle i rolnictwie. *Przem. Chem.* 90, 1728–1737.
- Kobori M., Ohnishi-Kameyama M., Akimoto Y., Yukizaki C., Yoshidas M. 2008. Alpha-eleostearic acid and its dihydroxy derivative are major apoptosis-inducing components of bitter melon. *J. Agric. Food Chem.* 56(22), 10515–10520.
- Kohno H., Suzuki R., Yasui Y., Hosokawa M., Miyashita K., Tanaka T. 2004. Pomegranate seed oil rich in conjugated linolenic acid suppresses chemically induced colon carcinogenesis in rats. *Cancer Sci.* 95, 481–486.
- Kompanowska-Jeziarska E., Sokoła-Wysoczańska E., Czyż K., Walisiewicz-Niedbalska W., Bodkowski R., Patkowska-Sokoła B., Olszyński, K.H. 2014. Biochemical properties of conjugated trienoic fatty acids. *Przem. Chem.* 93(7), 1174–1177.
- 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. Hort. Cul.* 10(2), 235–243.
- Lajara J., U. Diaz Quidiello R. 1990. Definite influence of location and climatic conditions on the fatty acid composition on sunflower seed oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 67, 618–623.
- Li Q., Wang H., Ye S.H., Xiao S., Xie Y.P., Liu X., Wang J.H. 2013. Induction of apoptosis and inhibition of invasion in choriocarcinoma JEG-3 cells by α -calendic acid and β -calendic acid. *Prostag. Leukotr. Ess.* 89, 367–376.
- Martin R.J., Deo B. 2000. Effect of plant population on calendula (*Calendula officinalis* L.) flower production. *N. Z. J. Crop Hortic. Sci.* 28, 37–44.
- Metzger J.O., Bornscheuer U. 2006. Lipids as renewable resources: current state of chemical and biotechnological conversion and diversification. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 71, 13–22.
- Mili R., Sable A.S., 2003. Effect of planting density and nitrogen levels on growth and flower production of calendula (*Calendula officinalis* L.). *Indian. J. Horticult.* 60(4), 343–345
- Mohamed M.A-H., Hassan H.A. 2006. Effect of applying different levels of potassium fertilizer on growth, flower production, quality, and nutrients concentration of pot marigold plants grown under water stress conditions. *Minia J. Agr. Res. and Devel.* 26(4), 717–749.
- Muley B.P., Khadabadi S.S., Banarase N.B., 2009. Phytochemical constituents and pharmacological activities of *Calendula officinalis* Linn (Asteraceae). *Trop. J. Pharm. Res.* 8, 455–465.

- Özgül-Yücel S. 2005. Determination of conjugated linolenic acid content of selected oil seeds grown in Turkey. *J. Am. Oil. Chem. Soc.* 82, 893–897.
- Rahmani H., Kalat S.M.N., Sinaki J.M. 2014. Effect of sowing date and various potassium levels on quantitative yield of pot marigold medicinal plant (*Calendula officinalis* L.). *Int. J. Agric. Innov. Res.* 3(1), 112–115.
- Rathke G., Behrens T., Diepenbrock W. 2006. Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Agric. Ecosyst. Environ.* 117, 80–108.
- Ruiz de Clavijo E. 2005. The reproductive strategies of the heterocarpic annual *Calendula arvensis* (Asteraceae). *Acta Ocol.* 28, 119–126.
- Robbelen G.D., Theobald D., Pascual-Villalobos M.J. 1994. Variability, selection and performance of *Calendula officinalis* and *Euphorbia lagascae* for industrial seed-oil uses. In: *Alternative Oilseed and Fiber Crops for Cool and Wet Regions of Europe*, Proceeding of workshop, 7–8 April 1994 at Wageningen, CPRO-DLO, The Netherlands, 60–73.
- Saha S.S., Ghosh M. 2011. Antioxidant effect of vegetable oils containing conjugated linolenic acid isomers against induced tissue lipid peroxidation and inflammation in rat model. *Chem. Biol. Interact.* 190, 109–120.
- Seghatoleslami M.J., Mousavi G.R. 2009. The effects of sowing date and plant density on seed and flower yield of pot marigold (*Calendula officinalis* L.). *Acta Hort.* 826, 371–376.
- Soliman M.I., Rizk R.M.H., Rizk R.M. 2008. The impact of seed polymorphism of plant genetic resources on the collections Strategy of gene banks. *Glob. J. Biotech. Biochem.* 3(1), 47–55.
- Szwejkowska B., Bielski S. 2012. Effect of nitrogen and magnesium fertilization on the development and yields of pot marigold (*Calendula officinalis* L.). *Acta Sci. Pol. Hort. Cult.* 11(2), 41–148.
- Wang Y.X., Frei M. 2011. Stressed food e the impact of abiotic environmental stresses on crop quality. *Agric. Ecosyst. Environ.* 141, 271–286.
- Yasui Y., Hosokawa M., Kohno H., Tanaka T., Miyashita K. 2006. Troglitazone and 9cis, 11trans, 13trans-conjugated linolenic acid: Comparison of their antiproliferative and apoptosis-inducing effects on different colon cancer cell lines. *Chemotherapy*, 52, 220–225.
- Yuan G.F., Chen X.E., Li D. 2014. Conjugated linolenic acids and their bioactivities: a review. *Food Funct.* 5(7), 1360–1368.
- Zanetti F., Monti A., Berti M.T. 2013. Challenges and opportunities for new industrial oilseed crops in EU-27, A review. *Ind. Crop. Prod.* 50, 580–595.

5. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO – BADAWCZYCH

Moje zainteresowania badawcze dotyczą głównie zagadnień z zakresu biologicznych i agrotechnicznych aspektów produkcji oraz kształtowania jakości plonów roślin zielarskich. Łącznie badaniami objęto około 20 gatunków roślin o znaczeniu leczniczym. Wykonywane prace naukowe z tego zakresu można pogrupować jako:

- Badania nad gatunkami będącymi źródłem bioolejów roślinnych.
- Doskonalenie technologii uprawy wybranych roślin zielarskich.
- Pozbiorcze możliwości kształtowania jakości surowców zielarskich.

Podczas studiów na Wydziale Rolniczym (obecnie Agrobiologii) Akademii Rolniczej (obecnie Uniwersytet Przyrodniczy) w Lublinie wykonałam pracę magisterską z zakresu nawożenia ziół, pod kierunkiem prof. dr hab. Stanisława Berbecia, zatytułowaną „Porównanie efektów nawożenia niektórych roślin zielarskich preparatem keratyno-koro-mocznikowym i mocznikiem”. Wyniki tej pracy zostały opublikowane w Zeszytach Problemowych Postępów Nauk Rolniczych (II.D.1). Po uzyskaniu stopnia magistra, zostałam zatrudniona w Instytucie Szczegółowej Uprawy Roślin (obecnie Katedra Roślin Przemysłowych i Leczniczych) na stanowisku asystenta naukowo – dydaktycznego. Bezpośrednio po podjęciu pracy zainteresowałam się wiesiołkiem dwuletnim, którego olej jest bogatym źródłem kwasu γ -linolenowego i ma zastosowanie w lecznictwie. Wzrastające zapotrzebowanie na dobry jakościowo surowiec tego gatunku było inspiracją do podjęcia prac badawczych nad udoskonaleniem jego agrotechniki. Spośród elementów agrotechnicznych ważną rolę spełnia odpowiednie nawożenie, które winno być dostosowane do warunków glebowych. Temu zagadnieniu poświęcone były badania przeprowadzone w latach 1994-1996, których efektem była dysertacja doktorska pt. „Wzrost i rozwój oraz plonowanie wiesiołka dwuletniego (*Oenothera biennis* L.) na dwu rodzajach gleby w zależności od nawożenia mineralnego”. W świetle uzyskanych wyników stwierdzono, że uprawa wiesiołka dwuletniego winna być lokalizowana na glebach średnio zasobnych w składniki pokarmowe, z zastosowaniem umiarkowanego nawożenia mineralnego, zwłaszcza azotowego. Na glebach piaszczystych, ubogich w składniki pokarmowe, na jakich rośnie wiesiołek w stanie naturalnym, plony wiesiołka są znacznie niższe, nawet po zastosowaniu dużych dawek nawożenia mineralnego. W kolejnych latach rozszerzyłam moje badania o gatunek jednoroczny – wiesiołek dziwny (*Oenothera paradoxa* Hudziok). Badania te dotyczyły określania sposobów rozmnażania, terminów siewu nasion i zagęszczenia roślin oraz nawożenia mineralnego na plony i jakość nasion. Stwierdzono, że optymalne zagęszczenie roślin dla obydwu gatunków wynosić powinno 20–30 szt. \cdot m⁻². Mniejsza obsada powoduje nadmierne

rozgałęzienie roślin, co prowadzi do nierównomiernego dojrzewania i utrudnia zbiory nasion. Najbardziej korzystnym okazał się jesienny termin zakładania plantacji, który umożliwiał wcześniejsze i bardziej gęste wschody, a w konsekwencji wyższe plony nasion. W przypadku wysiewu nasion wiesiołka dziwnego wiosną należy przeprowadzić ich wernalizację w celu poprawy kiełkowania. Co się tyczy jakości surowca, spośród przebadanych czynników agrotechnicznych, jedynie nawożenie mineralne miało wpływ na zawartość oleju w nasionach, powodując jego obniżenie. Wyniki badań z wiesiołkiem zostały opublikowane w pracach naukowych (**II.D.2, II.D.3, II.D.5, II.D.7, II.D.8, II.D.9, II.D.11, II.D.19, II.D.20, II.D.22, II.D.26**) i przedstawione w formie referatów i posterów na konferencjach krajowych i międzynarodowych.

Konsekwencją moich zainteresowań roślinami zawierającymi oleje o specyficznym składzie kwasów tłuszczowych, było podjęcie badań dotyczących żmijowca zwyczajnego (*Echium vulgare* L.) i żmijowca babkowatego (*Echium plantagineum* L.). Gatunki te mają szeroki zasięg geograficzny i w stanie naturalnym rosną na nieużytkach i ekstensywnych pastwiskach. Na początku XXI wieku zainteresowano się ich uprawą ze względu na unikatowy skład kwasów tłuszczowych oleju (obecność rzadko spotykanych kwasów: γ -linolenowego (C18:3 ω 6) oraz stearidonowego (C18:4 ω 3)). Olej ten jest wykorzystywany w przemyśle farmaceutycznym, spożywczym (jako bioaktywny składnik żywności funkcjonalnej) oraz w kosmetycznym (komponent preparatów pielęgnujących skórę). Zapotrzebowanie na takie oleje oraz brak informacji dotyczących uprawy tych gatunków skłoniły mnie do podjęcia w latach 2000-2010 prac badawczych z zakresu ich agrotechniki oraz oceny jakościowej nasion. Na podstawie uzyskanych wyników wykazano, że nasiona obydwu gatunków uprawianych w warunkach krajowych są atrakcyjnym źródłem kwasów γ -linolenowego i stearidonowego, zaś plony nasion kształtują się na zadawalającym poziomie (około 1000 kg·ha⁻¹) (**II.D.12, II.D.16**). Pod ich uprawę można zalecać gleby średnio żyzne o obojętnym odczynie (**II.D.11, II.D.18**). Ponieważ bardziej ekonomiczna jest uprawa gatunku jednorocznego, dlatego moje dalsze badania skupiły się na agrotechnice żmijowca babkowatego. Stwierdzono, że w przypadku tego gatunku najkorzystniejszym terminem siewu nasion jest wczesna wiosna (kwiecień) (**II.D.14**), optymalne

zagęszczenie wynosić powinno 30-40 roślin na 1 m² (II.D.17), zaś zbierając nasiona w czasie gdy około 50% jest dojrzałych, uzyskuje się dobry plon nasion i tłuszczu o korzystnym składzie kwasów tłuszczowych (II.D.15). Dodatkowe nawożenie borem, magnezem i siarką przyczynia się do zwiększenia plonowania, a bor korzystnie oddziałuje także na zawartość tłuszczu w nasionach (II.D.30). Spośród preparatów stosowanych dolistnie (Asahi SL, Insol 5, Mikrosol U, Agrosol I R, Ekolist S) jedynie regulator wzrostu Asahi SL, wpłynął korzystnie na plony nasion (II.D.21). Prace z tego zakresu zostały opublikowane m.in. w Annales UMCS, Żywnienie Człowieka i Metabolizm, Acta Agrophysica, Fragmenta Agronomica, Herba Polonica, Acta Scientiarum Polonorum oraz prezentowane na konferencjach krajowych i międzynarodowych. Moje zainteresowanie kwasem stearidonowym było inspiracją do napisania pracy przeglądowej na temat jego oddziaływania na organizm ludzki i możliwości wykorzystywana w leczeniu i profilaktyce różnych chorób (II.A.4). Uzyskane wyniki badań obok wartości poznawczych w zakresie składu chemicznego nasion żmijowca, posłużyły do opracowania zaleceń agrotechnicznych dotyczących uprawy żmijowca babkowatego. Agrotechnika tego gatunku nie była dotychczas opisywana w piśmiennictwie krajowym i została po raz pierwszy przedstawiona przeze mnie w podręczniku „Uprawa ziół – poradnik dla plantatorów” (pod redakcją B. Kołodziej, 2010, Wyd. PWRiL Poznań).

Moje zainteresowania naukowe obejmowały także jeżówkę purpurową (*Echinacea purpurea* Moench). Podjęłam badania dotyczące oceny plonowania i składu chemicznego surowca w zależności od warunków glebowych i nawożenia mineralnego (II.D.4, II.D.6). Stwierdzono, że więcej fenolokwasów gromadzi się w częściach nadziemnych roślin, a w grupie tych związków dominują kwasy: kawowy, ferulowy i chlorogenowy. Wyższe plony biomasy (ziela i korzeni), uzyskano na pylastym materiale glebowym, zaś na uboższym w składniki pokarmowe materiale piaszczystym, surowiec zawierał więcej związków biologicznie czynnych. Nawożenie mineralne korzystnie wpływało na plony surowca tylko w nieznacznym stopniu modyfikując jego skład.

W latach 2006–2009 prowadziłam doświadczenia polowe z zakresu wpływu niektórych elementów agrotechniki na plonowanie i jakość kwiatostanów

nagietka lekarskiego (*Calendula officinalis* L.) jako surowca farmaceutycznego. W doświadczeniu z nawożeniem azotem na średnio zasobnej glebie pylastej najlepsze efekty uzyskano stosując dawkę 80kg N·ha⁻¹ (II.A.1, II.D.27). Badając różne obsady roślin okazało się, że w uprawie nagietka na kwiatostany, najkorzystniejsze jest zagęszczenie wynoszące około 40 roślin na m² (II.D.29). Wpływ na jakość surowca miało jedynie nawożenie azotowe, powodując obniżenie zawartości flawonoidów, zaś zwiększenie udziału olejku eterycznego.

W kolejnym doświadczeniu (II.A.2) porównywałam plenność 5 odmian nagietka lekarskiego oraz zawartość związków biologicznie czynnych w zależności od rodzaju surowca. Stwierdziłam, że odmiany różniły się plonem koszyczków kwiatowych (różnice między odmianami wynosiły ponad 800 w kg·ha⁻¹) oraz składem chemicznym surowca (różnice w zawartość olejku – 0,16 ml·100g⁻¹, zaś flawonoidów – 0,17%). Z porównania zawartości związków biologicznie czynnych w poszczególnych częściach koszyczka kwiatowego (tj. kwiatach języczkowych, rurkowych i osadnikach) wynika, że najwięcej olejku eterycznego gromadziły osadniki, a najmniej kwiaty języczkowe. Odwrotną zależność odnotowano natomiast w przypadku flawonoidów. Zatem można sądzić, że budowa koszyczka kwiatowego nagietka ma wpływ na jakość surowca.

Tymianek właściwy (*Thymus vulgaris* L.) jest jedną z głównych roślin zielarskich uprawianych na Lubelszczyźnie. Plantacje tymianku w Polsce są użytkowane przez 2–3 lata. W rejonach wschodniej Polski plantatorzy w obawie przed wymarzaniem, najczęściej zbierają tymianek w pierwszym roku uprawy (wrzesień – październik). Celem kolejnych moich badań było określenie optymalnego terminu zbioru ziela tymianku w uprawie jednorocznej (II.A.3). Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że najkorzystniejszy jest zbiór w połowie września, kiedy uzyskuje się zadawalające plony i dobrą jakość surowca. Z porównania dwu odmian tymianku ('Słoneczko' i 'Deutscher Winter') wynika, że w warunkach klimatycznych Polski wschodniej odmiana 'Słoneczko' plonuje stabilniej oraz charakteryzuje się większym udziałem tymolu w olejku eterycznym niż odmiana niemiecka.

Oprócz wyżej opisanych badań, brałam także udział w pracach innych zespołów badawczych zajmujących się roślinami zielarskimi. Były to badania m.in.

dotyczące agrotechniki kozłka lekarskiego (*Valeriana officinalis* L.), w których najwyższy plon (o zadowalającej zawartości kwasu walerenowego) uzyskano z jesiennego wysadzania rozsady (II.A.5). Ponadto, wykazano dodatnią korelację między zawartością olejku eterycznego i kwasu walerenowego, dlatego odmiany z wyższym udziałem olejkiem eterycznym mogą być bardziej przydatne do komercyjnej uprawy tego gatunku. We współpracy z Instytutem Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin oraz Katedrą Technologii Produkcji Roślinnej i Towaroznawstwa UP w Lublinie badałam różnorodność morfologiczną i genetyczną dziewięciu odmian mięty pieprzowej (*Mentha×piperita* L.) (II.A.6). Wyniki badań wskazały duże zróżnicowanie cech biometrycznych liści badanych odmian mięty. Zróżnicowanie testowanych odmian mięty pieprzowej zostało także potwierdzone na poziomie genetycznym.

W uprawie ziół w niewielkim stopniu zbadana jest problematyka dolistnego dokarmiania oraz zastosowania regulatorów wzrostu. Zagadnienie to jest szczególnie ważne w uprawie tych gatunków, których częścią użytkową (surowcem) jest masa wegetatywna. Dolistne dokarmianie oraz regulatory wzrostu mogą przyczynić się do zmniejszenia poziomu nawożenia stosowanego doglebowo oraz chemicznej ochrony roślin (niektóre preparaty wpływają na zmniejszenie podatności na choroby). Badania z tego zakresu prowadziłam z tymiankiem właściwym (*Thymus vulgaris* L.), majerankiem ogrodowym (*Origanum majorana* L.) oraz serdecznikiem pospolitym (*Leonurus cardiaca* L.). Okazało się, że zastosowanie preparatów dolistnych zwiększyło plony surowca tymianku średnio o 13%, spowodowało jednak nieznaczne obniżenie zawartości olejku w surowcu (II.D.23, II.D.24). W przypadku majeranku ogrodowego preparaty dolistne przyczyniły się do wzrostu plonu surowca o 5–16% (najbardziej plonotwórczym okazał się Fertileader Vital, zaś najmniej - Asahi SL), z jednoczesnym niewielkim zmniejszeniem zawartości olejku eterycznego w surowcu (II.D.36). W doświadczeniu z serdecznikiem zastosowane preparaty (Bio-algeen S90, Biotrissol T, Ekolist, Atonik) korzystnie wpływały zarówno na plony ziela, jak i nasion (II.D.13, II.D.28) oraz przyczyniły się do zwiększenia zawartości flawonoidów w surowcu (II.D.25). Przeprowadzone badania wskazują, że efektywność stosowanych preparatów dolistnych w uprawie roślin zielarskich jest uzależniona

od gatunku, a wybór środka powinien być dostosowany do potrzeb pokarmowych danej rośliny oraz warunków siedliskowych uprawy.

W przypadku gatunków, których surowcem jest ziele, ważnym czynnikiem wpływającym na jakość jest udział poszczególnych części roślin (liści, kwiatów, łodyg) w surowcu. W kolejnej pracy określano strukturę ziele 13 gatunków pochodzących z plantacji produkcyjnych (**II.D.33**). Okazało się, że udział poszczególnych frakcji w ziele tego samego gatunku wahał się w szerokich granicach, co świadczy o dużym wpływie na omawianą cechę zastosowanej agrotechniki (najsilniej na ten parametr wpływały – termin zbioru oraz dokarmianie dolistne).

Innym ważnym zagadnieniem dla przemysłu zielarskiego jest właściwe suszenie, pakowanie i przechowywanie surowca. Dlatego podjęto badania nad wpływem metody i temperatury suszenia na jakość ziele tymianku właściwego. Stwierdzono, że najkorzystniejsze jest suszenie konwekcyjne w temperaturze 35–40°C, które powoduje małe straty olejku i tymolu. Natomiast pod względem właściwości sensorycznych (barwa, zapach), które są istotne w przypadku przypraw, najkorzystniej na jakość ziele wpływało suszenie sublimacyjne oraz mikrofalami (**II.D.34**, **II.D.35**). Kolejne badania dotyczyły oddziaływania materiału opakowaniowego i czasu przechowywania na ubytki zawartości olejku eterycznego w ziele mięty pieprzowej, tymianku właściwego oraz majeranku ogrodowego (**II.D.32**). Spośród tych gatunków, po roku przechowywania surowca, największe straty w zawartości olejku stwierdzono u mięty pieprzowej (35%), zaś najmniejsze u majeranku ogrodowego (17%). Przechowywanie surowca na pryzmach (luzem) spowodowało największy spadek zawartości olejku, a najlepszym materiałem opakowaniowym (poza opakowaniami szklanymi) okazały się worki polietylenowe (LPDP), które jednak rzadko stosowane są w praktyce rolniczej. Powszechnie stosowane worki jutowe czy wielowarstwowe papierowe, niezbyt dobrze spełniają swoją funkcję i podczas przechowywania ziół przez okres 12 miesięcy dochodzi do strat zawartości substancji aktywnych przeciętnie o około 30%. Dlatego należy poszukiwać nowych, tanich materiałów opakowaniowych o lepszych właściwościach barierowych.

6. PODSUMOWANIE DOROBKU NAUKOWEGO

Szczegółowy wykaz opublikowanych prac naukowych oraz zestawienie bibliometryczne moich osiągnięć w pracy naukowo-badawczej zawiera załącznik

4. Mój łączny dorobek publikacyjny obejmuje 111 pozycji w tym:

- 49 oryginalnych prac twórczych (z czego w 24 pracach jestem wyłącznym autorem, a w 14 pierwszym autorem)
- 15 komunikatów naukowych na konferencje międzynarodowe
- 33 komunikaty naukowe na konferencje krajowe
- 11 rozdziałów w podręczniku
- 3 prace popularnonaukowe

Suma punktów za publikacje według wykazu czasopism punktowanych MNiSW zgodnie z rokiem opublikowania wynosi 374 (367 po uzyskaniu stopnia doktora). Suma punktów za publikacje według wykazu czasopism punktowanych MNiSW za rok 2016 wynosi 535 (508 po uzyskaniu stopnia doktora). Liczba publikacji w czasopismach naukowych posiadających Impact Factor – 8; sumaryczny Impact Factor publikacji wg listy Journal Citation Reports wynosi 7,137.

7. OSIĄGNIĘCIA ZWIĄZANE Z DZIAŁALNOŚCIĄ DYDAKTYCZNĄ

Ważnym elementem mojej pracy zawodowej jest realizowanie procesu dydaktycznego. Prowadziłam lub wciąż prowadzę wykłady z 9 przedmiotów oraz ćwiczenia z 15 przedmiotów (szczegółowy wykaz przedmiotów zawiera załącznik 4). Pod moim kierunkiem (w latach 2001–2017) 40 studentów wykonało prace magisterskie i 30 prace inżynierskie. Byli to studenci z kierunków: Rolnictwo, Agrobiznes, Agroturystyka, Towaroznawstwo, Technologia Żywności i Żywnienie Człowieka oraz Ochrona Środowiska. Od roku 2018 jestem promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim. Jestem także współautorem podręcznika „Uprawa ziół – poradnik dla plantatorów”.

Lublin, 23 kwietnia 2018r.

Beata Król