

## **Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na plony i jakość surowca arniki łąkowej (*Arnica chamissonis* Less.)**

W latach 2015-2019 przeprowadzono dwa doświadczenia polowe, których celem było określenie wpływu dwóch rodzajów gleby (piaszczystej i pylastej), nawożenia azotem (0, 30, 60, 90, 120 kg N·ha<sup>-1</sup>), rozstawy rzędów (tradycyjnej – rzędy pojedyncze co 40 cm i pasowej – z czterema rzędami co 40 cm na przemian z szeroką rozstawą co 80 cm) oraz terminu zbioru (A – faza żółtego pąka, B – początek kwitnienia, C – pełnia kwitnienia, D – koniec kwitnienia) na plonowanie oraz jakość surowca arniki łąkowej (*Arnica chamissonis* Less.). Zebrane w doświadczeniach polowych koszyczki kwiatowe po wysuszeniu poddano analizom chemicznym określając zawartość głównych grup związków czynnych. Dodatkowo porównano skład chemiczny i właściwości antyoksydacyjne ekstraktów wodnych otrzymanych z różnych części roślin arniki łąkowej (koszyczki kwiatowe, ziele, kłącze z korzeniami).

Stwierdzono, że zarówno warunki glebowe jak i nawożenie azotem miały istotny wpływ na plon surowca, a także zawartość i plon głównych substancji czynnych. Uprawa arniki łąkowej na glebie pylastej była korzystniejsza ze względu na większy plon koszyczków kwiatowych oraz zawartość laktonów seskwiterpenowych, flawonoidów i olejku eterycznego, a w konsekwencji także na plony tych metabolitów. Wysokie plony koszyczków kwiatowych uzyskano przy dawkach 60 i 90 kg N·ha<sup>-1</sup>. Zawartość laktonów seskwiterpenowych i olejku eterycznego wzrastała wraz ze wzrostem dawek azotu (do 120 kg N·ha<sup>-1</sup>). Najwyższą zawartością flawonoidów odznaczały się koszyczki kwiatowe pozyskane z roślin nawożonych dawką 60 kg N w przeliczeniu na hektar. Wysokie plony laktonów seskwiterpenowych i olejków eterycznych uzyskano przy dawkach 90-120 kg N·ha<sup>-1</sup>, natomiast plon flawonoidów przy nawożeniu 60-90 N·ha<sup>-1</sup>. Badane czynniki istotnie modyfikowały także skład chemiczny olejku eterycznego arniki łąkowej i wydajności głównych jego składników. Wyniki analizy ilościowej olejku wykazały obecność 75 związków, z czego największy udział w składzie miały  $\alpha$ -pinen, kumen, p-cymen, germakren D, spathulenol, dekanal, tlenek kariofilenu,  $\beta$ -pinen i aldehyd fenylooctowy. Olejek pozyskany z roślin uprawianych na glebie pylastej charakteryzował się większą zawartością  $\alpha$ -pinenu, kumenu, p-cymenu i germakrenu D oraz mniejszą spatulenolu i tlenku kariofilenu w porównaniu do olejku pochodzącego z roślin uprawianych na glebie piaszczystej. Korzystniejszy wpływ zarówno na liczbę jak i zawartość związków w olejku eterycznym wykazywała uprawa arniki na glebie pylastej po zastosowaniu azotu w dawce 60 i 90 kg·ha<sup>-1</sup>.

Przeprowadzone badania potwierdziły, że spośród czynników agrotechnicznych ważnymi elementami kształtującymi plonowanie i skład chemiczny surowca arniki łąkowej jest rozstawa rzędów oraz termin zbioru koszyczków kwiatowych. Największy plon surowca uzyskano w obiektach, gdzie rośliny uprawiano w tradycyjnym układzie rzędów, a zbiór koszyczków przeprowadzono pod koniec kwitnienia. Termin zbioru miał istotny wpływ na koncentrację i plon substancji czynnych. Zawartość laktonów seskwiterpenowych i ich wydajność systematycznie zwiększała się od fazy żółtego pąka do końca kwitnienia. Najwięcej flawonoidów i olejków eterycznych stwierdzono w koszyczkach zbieranych w pełni kwitnienia, wówczas też uzyskano najwyższe plony tych metabolitów. Najmniejszą zawartością wszystkich analizowanych substancji czynnych charakteryzowały się kwiatostany pozyskane w fazie żółtego pąka.

Ekstrakty wodne otrzymane z koszyczków kwiatowych, ziela oraz kłączy z korzeniami wykazywały działanie antyoksydacyjne. Uzyskane wyniki wskazują, że największą zawartość flawonoidów stwierdzono w wyciągach z koszyczków kwiatowych. Z kolei wyciągi z ziela zawierały najwięcej polifenoli oraz wykazywały największą zdolność do redukcji jonów  $Fe^{3+}$  oraz kationorodnika ABTS.

## **Influence of selected agrotechnical factors on yield and quality of raw material of meadow arnica (*Arnica chamissonis* Less.)**

In 2015-2019, two field experiments were carried out to determine the effect of two types of soil (sandy and silty), nitrogen fertilisation (0, 30, 60, 90, 120 kg N·ha<sup>-1</sup>), row spacing (traditional, i.e. single rows every 40 cm, and a belt system with four rows every 40 cm, alternating with an 80 cm wide spacing every 80 cm), and the harvest date (A – yellow bud phase, B – beginning of flowering, C – full flowering, D – end of flowering) on the yield and quality of the raw material of meadow arnica (*Arnica chamissonis* Less.). After drying, the flower heads collected in the field experiments were subjected to chemical analyses to determine the content of the main groups of active compounds. Additionally, the chemical composition and antioxidant properties of water extracts from different parts of arnica plants (flower heads, herb, rhizomes with roots) were compared.

It was found that both the soil conditions and nitrogen fertilisation had a significant impact on the raw material yield and the content and yield of the main active substances. The cultivation of arnica on the silty soil was more favourable, which was reflected in the higher yield of flower heads and the content of sesquiterpene lactones, flavonoids, and essential oil and, consequently, the yield of these metabolites. High flower head yields were achieved at the fertilisation doses of 60 and 90 kg N·ha<sup>-1</sup>. The content of sesquiterpene lactones and essential oil increased with the increasing nitrogen doses (up to 120 kg N·ha<sup>-1</sup>). The highest content of flavonoids was determined in flower heads of plants fertilised with a dose of 60 kg N per ha. High yields of sesquiterpene lactones and essential oils were obtained at doses of 90-120 kg N·ha<sup>-1</sup>, whereas the yield of flavonoids was high in the 60-90 N·ha<sup>-1</sup> fertilisation variant. The investigated factors also modified considerably the chemical composition of arnica essential oil and the yield of its main components. The results of the quantitative analysis of the oil showed the presence of 75 compounds, with the highest contents of  $\alpha$ -pinene, cumene, p-cymene, germacrene D, spathulenol, decanal, caryophyllene oxide,  $\beta$ -pinene, and phenylacetic aldehyde. The essential oil extracted from plants cultivated in the silty soil was characterised by higher content of  $\alpha$ -pinene, cumene, p-cymene, and germacrene D, and lower amounts of spatulenol and caryophyllene oxide than the oil from plants grown in the sandy soil. The cultivation of arnica on the silty soil fertilised with nitrogen at the dose of 60 and 90 kg·ha<sup>-1</sup> exerted a more favourable effect on both the number and content of essential oil compounds.

The present study confirmed that the row spacing and the date of harvesting flower heads were important agrotechnical determinants of the yield and chemical composition of the meadow arnica raw material. The highest yield of raw material was achieved in plots with the traditional row spacing and harvest of flower heads at the end of flowering. The harvest date had a significant impact on the concentration and yield of active substances. The content and yield of sesquiterpene lactones systematically increased from the yellow bud phase to the end of flowering. The highest amounts of flavonoids and essential oils and the highest yields of these metabolites were found in flower heads harvested in the full flowering phase. Inflorescences harvested in the yellow bud phase were characterised by the lowest content of all analysed active substances.

The water extracts obtained from flower heads, herb, and rhizomes with roots exhibited antioxidant activity. These results indicated the highest content of flavonoids in extracts from flower heads. In turn, the herb extracts contained the highest amounts of polyphenols and had the greatest ability to reduce  $\text{Fe}^{3+}$  ions and ABTS radical cation.