

*The effect of foliar fertilization with urea on the development of Rhopalosiphum padi L. in winter barley and winter wheat*Wpływ dolistnego nawożenia mocznikiem na rozwój *Rhopalosiphum padi* L. na jęczmieniu ozimym i pszenicy ozimej

DOI: 10.15199/62.2025.10.5

The effect of foliar N_2 fertilization in the form of urea on the development of bird cherry aphids (*Rhopalosiphum padi* L.) on winter barley and winter wheat was studied under controlled conditions. At the third leaf development stage, plants were sprayed with an aq. urea soln. at 3 concns.: 10, 20, and 40%, and aphids were introduced 3 days later. The application of urea significantly stimulated aphid population growth compared to control (unfertilized) plants. The greatest increase in aphid populations was obsd. with the 20% urea soln., reaching 43.75% on barley and 49.76% on wheat by day 7, which was significantly higher than in the control treatments. However, the 40% fertilizer soln. caused plant phytotoxicity symptoms and limited aphid development. The results indicate that foliar fertilization with N_2 in the form of urea, although beneficial for plants, may also promote the intensification of *R. padi* development, which should be taken into account in integrated plant protection systems.

Keywords: foliar fertilization, nitrogen, urea, crop pests, integrated plant protection

Zbadano wpływ dolistnego nawożenia azotem w formie mocznika na rozwój mszycy czerechowo-zbożowej (*Rhopalosiphum padi* L.) na jęczmieniu ozimym i pszenicy ozimej. Doświadczenie przeprowadzono w warunkach kontrolowanych. Wykazano, że aplikacja mocznika istotnie stymulowała wzrost liczebności populacji mszyc w porównaniu z roślinami kontrolnymi (nienawożonymi). Największą dynamikę rozwoju populacji mszyc obserwowano przy zastosowaniu 20-proc. roztworu mocznika, osiągającą w 7. dniu 43,75% w jęczmieniu i 49,76% w pszenicy, i była ona wyraźnie większa niż w obiektach kontrolnych. Natomiast 40-proc. roztwór nawozu powodował objawy fitotoksyczności roślin i ograniczał rozwój mszyc. Wyniki wskazują, że nalistne nawożenie azotem w postaci mocznika, choć korzystne dla roślin, może jednocześnie sprzyjać intensyfikacji rozwoju *R. padi*, co należy uwzględnić w integrowanych systemach ochrony roślin.

Słowa kluczowe: dolistne dokarmianie, azot, mocznik, szkodniki roślin, integrowana ochrona roślin

W technologii produkcji roślinnej dokarmianie dolistne stanowi uzupełnienie nawożenia podstawowego i jest szczególnie przydatne w intensywnych technologiach uprawy oraz w sytuacjach utrudnionego pobierania składników pokarmowych przez korzenie (np. przed spodziewaną suszą)^{1, 2}. Mocznik (rys. 1), stosowany w odpowiednim stężeniu, charakteryzuje się stosunkowo małą fitotoksycznością w porównaniu z innymi formami azotu, a dzięki właści-

wościom fizykochemicznym łatwo przenika przez kutykulę liścia. Jego efektywność zwiększa się dodatkowo poprzez zastosowanie adiuwantów³. Azot z mocznika jest udostępniany roślinom szybko i równomiernie, co ogranicza ryzyko nadmiernego gromadzenia azotanów zarówno w tkankach roślinnych, jak i w wodach gruntowych⁴. Straty azotu z gleby są niewielkie, a powstająca po hydrolizie forma amonowa sprzyja harmonijnemu wzrostowi i rozwojowi



Dr hab. Przemysław STRAŻYŃSKI (ORCID: 0000-0003-1766-2214), w roku 2000 ukończył studia na Wydziale Ogrodnictwa Akademii Rolniczej w Poznaniu (obecnie Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu). Stopień doktora nauk rolniczych w zakresie agronomii otrzymał w 2009 r., a stopień doktora habilitowanego w 2024 r. w Instytucie Ochrony Roślin – Państwowym Instytucie Badawczym w Poznaniu. Od 2002 r. pracuje w Instytucie Ochrony Roślin – PIB w Poznaniu, obecnie na stanowisku adiunkta w Zakładzie Entomologii i Agrofagów Zwierzęcych. Jest cenionym ekspertem w zakresie badań nad biologią mszyc i ich znaczeniem jako wektorów wirusów roślinnych. Specjalność – wpływ zmian klimatu oraz technologii uprawy na biologię szkodników roślin uprawnych (ze szczególnym uwzględnieniem mszyc w aspekcie transmisji wirusów), interakcje roślina-owad oraz analiza skutków rozporządzeń Komisji Europejskiej dla ochrony upraw rolniczych w Polsce, w tym w systemie Integrowanej Produkcji Roślin.



Dr inż. Monika JASKULSKA (ORCID: 0000-0001-6212-0479) w roku 2006 ukończyła studia na Wydziale Rolnictwa Akademii Rolniczej w Poznaniu (obecnie Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu). W 2019 r. uzyskała stopień doktora w dziedzinie nauk rolniczych, w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo. Pracuje na stanowisku adiunkta w Zakładzie Entomologii i Agrofagów Zwierzęcych Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego w Poznaniu. Od wielu lat zajmuje się problematyką praktycznych zagrożeń w rolnictwie, a także wpływem zmian klimatu na występowanie i szkodliwość agrofagów. Jest promotorem prac realizowanych na studiach podyplomowych. Jest uznanym ekspertem w zakresie stosowania moluskocydów, cenionym zarówno w środowisku naukowym, jak i w praktyce rolniczej. Specjalność – ochrona roślin oraz malakologia.

*** Adres do korespondencji:**

Zakład Entomologii i Agrofagów Zwierzęcych, Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Władysława Węgorka 20, 60-318 Poznań, tel.: (61) 864-90-84, e-mail: m.jaskulska@iiorpib.poznan.pl

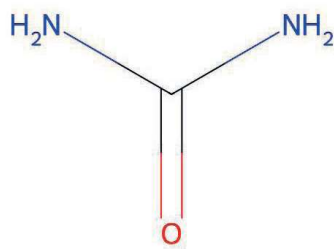


Fig. 1. Structure of the urea molecule $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

Rys. 1. Struktura cząsteczki mocznika $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

roślin, wspiera pobieranie fosforu oraz ogranicza nadmierne pobieranie potasu⁵⁻⁷).

Amonowa forma azotu wpływa korzystnie na rozwój systemu korzeniowego, zapewnia prawidłowy rozwój roślin od okresu wschodów, zwiększa ich odporność na stres środowiskowy i umożliwia uzyskanie wysokich plonów o dobrej wartości biologicznej, przy jednoczesnym utrzymaniu bezpiecznej zawartości szkodliwych azotanów w paszach⁸). Należy jednak podkreślić, że nieprawidłowa aplikacja (np. zbyt duże stężenia azotu bez adiuwantów) może prowadzić do fitotoksyczności objawiającej się „oparzeniem” liści (zjawisko to związane jest głównie z toksycznością amonową⁹). Dlatego konieczna jest precyzyjna optymalizacja warunków aplikacji, obejmująca dobór formy i stężenia azotu, zastosowanie adiuwantów oraz odpowiedni termin zabiegu. Znajomość tych zagadnień jest bardzo ważna, gdyż pozwala przewidzieć pojawienie się i ewentualną konieczność zwalczania chorób lub szkodników. Wpływ poszczególnych rodzajów nawozów na zdrowotność roślin nie jest jednoznaczny, gdyż mogą one stymulować rozwój niektórych agrofagów, jednocześnie hamując rozwój innych. Jak zauważył Southwood¹⁰, relacje między roślinami a owadami mają charakter złożony i ewolucyjnie uwarunkowany, co sprawia, że odpowiedź organizmów na czynniki środowiskowe, w tym praktyki nawożenia, jest trudna do przewidzenia. Z tych względów w literaturze dotyczącej nawożenia roślin często spotyka się wyniki wzajemnie sprzeczne^{11, 12}). Przykładem są badania¹³), które wykazały, że nawożenie azotem sprzyja wzrostowi populacji mszyc, ale równocześnie zwiększa efektywność ich naturalnych wrogów, co przy umiarkowanym poziomie nawożenia przekładało się na najwyższe plony rzepaku. Nawożenie może oddziaływać na układ agrofag-roślina na 3 sposoby: poprzez wpływ na roślinę żywicielską, na agrofaga lub równocześnie na oba te organizmy. Dodatkowo może wpływać na liczebność antagonistycznych mikroorganizmów oraz na liczebność drapieżnych i pasożytniczych stawonogów, dzięki czemu ich rola może się zwiększać lub zmniejszać, co będzie zmiennym czynnikiem w zapewnieniu zdrowotności roślin uprawnych¹⁴). Palti¹¹) wskazuje, że nawożenie może oddziaływać na wiele parametrów rośliny żywicielskiej, czyniąc ją mniej podatną na atak agrofagów. Do korzystnych efektów zalicza się m.in. zwiększenie wigoru roślin, pogrubienie kutykuli, poprawę lignifikacji

tkanek, stymulację tworzenia warstwy korkowej oraz fitoaleksyn, a także przyspieszenie tempa wzrostu.

Z drugiej strony nawożenie może również oddziaływać na parametry życiowe i infekcyjne agrofagów, zwiększając lub zmniejszając ich szkodliwość lub infekcyjność. Może to przejawiać się m.in. poprzez stymulację zasiedlania, ułatwienie penetracji tkanek, wzrost wirulencji i efektywności rozmnażania, a także przyspieszenie rozwoju agrofagów w stosunku do ich antagonistów. Może także oddziaływać przez bezpośredni, toksyczny wpływ nawozów na szkodniki¹⁴). Spośród gatunków mszyc zasiedlających zboża ozime w Polsce mszyca czeremchowo-zbożowa (*R. padi*) występuje najliczniej i ma największe znaczenie gospodarcze jako wektor wirusów.

Celem badań było określenie wpływu dolistnego nawożenia azotem w formie mocznika na rozwój mszycy czeremchowo-zbożowej (*R. padi*) zasiedlającej rośliny jęczmienia ozimego i pszenicy ozimej. Postawiono hipotezę, że nalistna aplikacja mocznika, zwiększając dostępność azotu w tkankach roślin, może sprzyjać wzrostowi dynamiki rozwoju populacji mszyc. Uzyskane wyniki umożliwiły sformułowanie praktycznych wniosków dotyczących wpływu nawożenia dolistnego mocznikiem na zdrowotność roślin uprawnych oraz ich podatność na agrofagi, co jest istotne w integrowanych systemach ochrony roślin.

Część doświadczalna

Obiekt badań

Materiał roślinny stanowiły rośliny jęczmienia ozimego (*Hordeum vulgare* L., odm. Jakubus) oraz pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L., odm. Owacja).

Metodyka badań

Badania przeprowadzono w kontrolowanych warunkach szklarniowych w Instytucie Ochrony Roślin – Państwowym Instytucie Badawczym w Poznaniu, co umożliwiło pełną kontrolę parametrów środowiskowych oraz eliminację wpływu czynników zewnętrznych. Doświadczenia zrealizowano w 2 seriach: pierwsze założono w październiku 2023 r., a kolejne po upływie 12 miesięcy (październik 2024 r.). Parametry klimatyczne w szklarni utrzymywano na stałym poziomie: temperatura powietrza $18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, wilgotność względna powietrza 60%, a fotoperiod 14/10 (dzień/noc). Tak zaplanowane warunki pozwoliły na prowadzenie badań w środowisku jednorodnym i powtarzalnym.

Materiał roślinny, jęczmień ozimy i pszenicę ozimą, wysiano do 0,5-L doniczek wypełnionych komercyjnym podłożem do hodowli roślin. W fazie siewek w każdej doniczce pozostawiono jedną roślinę, a pozostałe usunięto. W fazie rozwojowej trzeciego liścia (BBCH 13) rośliny opryskano wodnym roztworem mocznika w 3 stężeniach: 10, 20 i 40%, za pomocą opryskiwacza kabinowego firmy Aporo (Aporo sp. z o.o., Poznań, Polska), przy wydatku cieczy roboczej wynoszącym 200 L/ha, stosując dyszę typu

grubokroplistego przy ciśnieniu roboczym 2 bar. Kontrolę stanowiły rośliny nienawożone dolistnie.

Po 72 h od aplikacji dolistnej na rośliny wprowadzono organizm testowy w postaci osobników mszycy czeremchowo-zbożowej, które otrzymano ze stałej hodowli prowadzonej na jęczmieniu ozimym w warunkach izolowanych, zapewniających pełną kontrolę parametrów środowiskowych. Na każdej roślinie umieszczano po 3 bezskrzydłe dzieworódki w stadium rozwojowym L3. Dynamikę populacji mszycy określono na podstawie oceny liczebności żerujących na roślinach, w odstępach czasowych wynoszących 3, 5, 7 i 10 dni od momentu zasiedlenia roślin dla obiektów badanych i kontrolnych. Doświadczenia przeprowadzono dla każdej serii w 10 powtórzeniach dla każdego wariantu.

Uzyskane wyniki zostały poddane analizie statystycznej z wykorzystaniem dwuczynnikowej analizy wariancji (ANOVA), co pozwoliło na ocenę wpływu poszczególnych czynników oraz interakcji między nimi. Przed przeprowadzeniem analizy sprawdzono spełnienie podstawowych założeń testu. Ponieważ rozkład danych nie odpowiadał kryterium normalności, zastosowano transformację Freemana i Tukeya w celu dostosowania danych do wymagań analizy wariancji. Do określenia istotnych różnic pomiędzy średnimi wartościami w badanych obiektach doświadczalnych wykorzystano test *post hoc* Tukeya. Analizy prowadzono przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Wszystkie obliczenia wykonano w środowisku R Statistical Software v. 4.0.3¹⁵.

Wyniki badań i ich omówienie

W tabeli 1 przedstawiono wyniki dwuczynnikowej analizy wariancji dotyczącej dynamiki liczebności mszyc na jęczmieniu ozimym. Analiza wykazała, że zarówno zastosowane stężenia wodnego roztworu mocznika (czynnik A), jak i terminy obserwacji (czynnik B) miały istotny wpływ na liczebność mszyc czeremchowo-zbożowych (odpowiednio $F = 48,12$; $p < 0,001$ oraz $F = 4736,64$; $p < 0,001$). Dodatkowo odnotowano istotną interakcję pomiędzy czynnikami ($F = 4,54$; $p < 0,001$), co wskazuje, że znaczenie poszczególnych stężeń roztworu mocznika było zróżnicowane w zależności od dnia prowadzenia obserwacji.

Table 1. Two-way analysis of variance – aphid abundance on winter barley plants (factor A – urea concentration, factor B – observation day)

Tabela 1. Dwuczynnikowa analiza wariancji – liczebność mszyc na roślinach jęczmienia ozimego (czynnik A – stężenie mocznika, czynnik B – dzień obserwacji)

Zmienność	Df	SS	MS	F	p	
Stężenie mocznika (A)	3	26,87	8,96	48,12	< 0,001	***
Dzień obserwacji (B)	3	2645,16	881,72	4736,64	< 0,001	***
Interakcja (A × B)	9	7,61	0,85	4,54	$2,8 \cdot 10^{-5}$	***
Błąd	144	26,81	0,19	-	-	

Df – stopnie swobody, SS – suma kwadratów, MS – średni kwadrat, F – statystyka F, p – poziom istotności, ns – ($p \geq 0,05$); * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

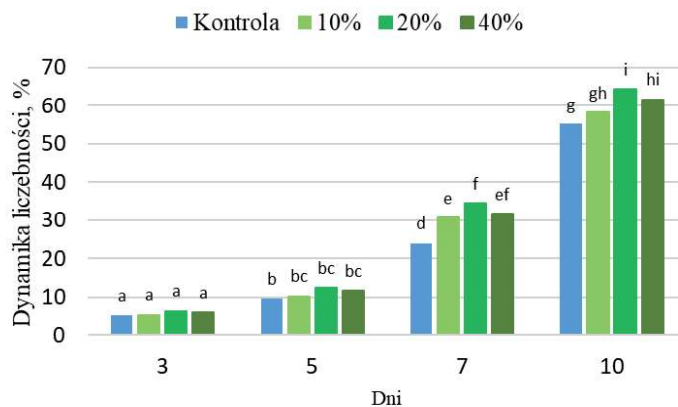


Fig. 2. Dynamics (%) of bird cherry-oat aphid (*R. padi*) population on winter barley plants depending on the concentration of aqueous urea solution (values followed by the same letters do not differ significantly at the 0.05 level – Tukey's post hoc test)

Rys. 2. Dynamika liczebności (%) mszyc *R. padi* na roślinach jęczmienia ozimego w zależności od stężenia wodnego roztworu mocznika (wartości oznaczone takimi samymi literami nie różnią się statystycznie na poziomie 0,05 – test *post hoc* Tukeya)

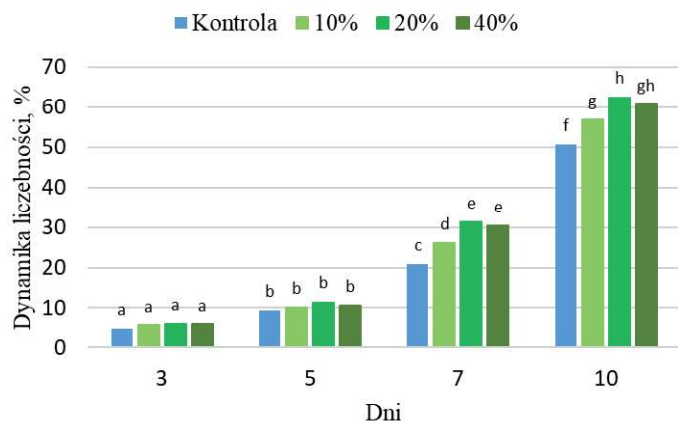


Fig. 3. Dynamics of bird cherry-oat aphid (*R. padi*) population on winter wheat plants depending on the concentration of aqueous urea solution (values followed by the same letters do not differ significantly at the 0.05 level – Tukey's post hoc test)

Rys. 3. Dynamika liczebności (%) mszyc *R. padi* na roślinach pszenicy ozimej w zależności od stężenia wodnego roztworu mocznika (wartości oznaczone takimi samymi literami nie różnią się statystycznie na poziomie 0,05 – test *post hoc* Tukeya)

Podobny przebieg zależności potwierdzono w doświadczeniu z pszenicą ozimą (tabela 2). Zarówno czynnik A, jak i czynnik B w sposób istotny kształtowały dynamikę populacji mszyc ($F = 57,09$; $p < 0,001$ oraz $F = 4395,28$; $p < 0,001$), a interakcja między nimi była również wysoce istotna ($F = 6,35$; $p < 0,001$). Stwierdzono, że wpływ dolistnej aplikacji mocznika był zróżnicowany w poszczególnych terminach oceny liczebności mszyc.

Ocenę liczebności mszyc rozpoczęto 3 dni po introdukcji owadów na rośliny, a następnie prowadzono je w odstępach, po 5, 7 i 10 dniach.

Table 2. Two-way analysis of variance – aphid abundance on winter wheat plants (factor A – urea concentration, factor B – observation day)

Tabela 2. Dwuczynnikowa analiza wariancji – liczebność mszyc na roślinach pszenicy ozimej (czynnik A – stężenie mocznika, czynnik B – dzień obserwacji)

Zmienneść	Df	SS	MS	F	p	
Stężenie mocznika (A)	3	33,06	11,02	57,09	< 0,001	***
Dzień obserwacji (B)	3	2545,09	848,36	4395,28	< 0,001	***
Interakcja (A × B)	9	11,03	1,23	6,35	$1,4 \cdot 10^{-7}$	***
Błąd	144	27,79	0,19	-	-	-

Df – stopnie swobody, SS – suma kwadratów, MS – średni kwadrat, F – statystyka F, p – poziom istotności, ns – ($p \geq 0,05$); * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

W każdym z analizowanych terminów, zarówno w obiektach kontrolnych, jak i poddanych działaniu mocznika, wykazano istotny wzrost liczebności populacji. Liczebność *R. padi* nie różniła się istotnie w 3. i 5. dniu obserwacji zarówno w przypadku roślin jęczmienia ozimego, jak i pszenicy ozimej (rys. 2 i 3). W przypadku obydwu gatunków zbóż zaobserwowano wyraźny wzrost dynamiki liczebności populacji mszyc po nalistnym zastosowaniu wodnego roztworu mocznika w każdym ze stężeń w stosunku do roślin kontrolnych w 7. i 10. dniu od aplikacji. Dla pszenicy ozimej w obu tych terminach różnice były istotne, podobnie jak dla jęczmienia ozimego w 7. dniu obserwacji. W 10. dniu obserwacji na roślinach jęczmienia wykazano istotne różnice pomiędzy obiektami kontrolnymi a obiektami, na których aplikowano 20- i 40-proc. roztwór mocznika.

Największy średni wzrost liczebności mszyc w każdym dniu obserwacji zanotowano dla 20-proc. stężenia wodnego roztworu mocznika (odpowiednio w jęczmieniu ozimym o 20,37% w 3. dniu, o 30,2% w 5. dniu, o 43,75% w 7. dniu i o 16,45% w 10. dniu, a w pszenicy ozimej o 25,53% w 3. dniu, o 22,58% w 5. dniu, o 49,76% w 7. dniu i o 23,32% w 10. dniu w stosunku do roślin kontrolnych). W przypadku jęczmienia ozimego i pszenicy ozimej, które traktowano 40-proc. roztworem mocznika, zaobserwowano nieznaczne, nieistotne zahamowanie rozwoju populacji mszyc w porównaniu z reakcją na zastosowanie roztworu 20-proc., szczególnie w 7. i 10. dniu obserwacji (rys. 2 i 3). Jednocześnie na tych roślinach pojawiły się początkowe objawy fitotoksyczności związane z zaburzeniem ich gospodarki wodnej, przejawiające się wędnięciem i chlorozą liści. Zjawisko to wskazuje, że duże stężenie mocznika może negatywnie wpływać na równowagę osmotyczną i procesy fizjologiczne roślin, ograniczając ich prawidłowy wzrost i rozwój.

Obfite nawożenie azotowe upraw zbożowych sprzyja nasileniu występowania wielu gatunków mszyc, co związane jest m.in. z wydłużeniem okresu wegetacji, a tym samym dłuższą dostępnością roślin żywicielskich¹⁶. Zaobserwowano zależność pomiędzy wyższą zawartością azotu w tkankach zbóż a liczebnością mszyc^{17–19}. Już w połowie XX. w. wykazano także, że intensywne nawożenie azotowe sprzyja rozprzestrzenianiu się chorób wirusowych przenoszonych przez owady, w tym mszyc²⁰. Zwiększone zagęszczenie roślin i ich silniejsze krzewienie, będące

konsekwencją obfitego nawożenia azotem, dodatkowo potęgują presję patogenów i szkodników. Jak wskazuje Mattson²¹, wyższa zawartość azotu w tkankach roślin zwiększa ich atrakcyjność dla roślinożerców, co sprzyja intensywniejszemu żerowaniu i większej presji fitofagów. Uzyskane w niniejszych badaniach wyniki potwierdzają te obserwacje, ponieważ dolistne nawożenie azotem w formie mocznika istotnie

zwiększało liczebność populacji *R. padi* zarówno na jęczmieniu ozimym, jak i na pszenicy ozimej. Najsilniejszy efekt stymulujący wystąpił przy stężeniu 20%, co przełożyło się na wyraźny wzrost dynamiki rozwoju mszyc w 7. i 10. dniu od aplikacji w porównaniu z obiektami kontrolnymi. Podobne zależności, wskazujące na dodatni wpływ azotu na płodność, przeżywalność i tempo dojrzewania mszyc, wykazali Aqueel i Leather²², Rostami i współpr.²³ oraz Schlickmann-Tank i współpr.²⁴

Z drugiej strony, przy najwyższym stężeniu mocznika (40%) stwierdzono ograniczenie wzrostu populacji mszyc, co wiązało się z wystąpieniem początkowych objawów fitotoksyczności roślin. Symptomami były zaburzenia gospodarki wodnej, objawiające się wędnięciem i chlorozą liści. Wynik ten wskazuje, że nadmierna koncentracja azotu może negatywnie wpływać na równowagę osmotyczną i procesy fizjologiczne roślin, zmniejszając ich atrakcyjność dla fitofagów. Podobne zależności odnotowali Barbour i współpr.²⁵, którzy wykazali, że intensywny reżim nawożenia MPK osłabia mechanizmy obronne pomidora (*Lycopersicon hirsutum*), m.in. poprzez zmniejszenie liczby trichomów gruczołowych i zawartości 2-tridekanonu, co czyniło rośliny bardziej podatnymi na żerowanie owadów. Wyniki te podkreślają, że zarówno zbyt małe, jak i nadmierne dawki azotu mogą destabilizować równowagę między rośliną a agrofagiem, wpływając na dynamikę populacji szkodników. W przypadku mszycy czeremchowo-zbożowej dotyczyło to zmian w dynamice rozwoju populacji oraz ograniczonego żerowania we floemie roślin gospodarzy. Podobne zjawisko może tłumaczyć obserwowane w innych badaniach ograniczenie rozwoju mszyc w warunkach stresu fizjologicznego roślin gospodarzy^{12, 26}.

Opisana reakcja mszyc na zróżnicowane dawki azotu potwierdza ich ściśle uzależnienie od zawartości tego pierwiastka we floemie roślin. Owady te wykazują silną odpowiedź na niedobory związków azotu w tkankach roślin żywicielskich²⁷, a większa zawartość azotu w roślinach powoduje zwiększoną płodność, przeżywalność i zdolność reprodukcyjną²⁸. W warunkach laboratoryjnych Dixon²⁹ potwierdził, że zwiększone zaopatrzenie pszenicy w azot powoduje wzrost gęstości populacji mszyc zbożowych, natomiast Simpson i Simpson³⁰ wskazali, że zmiany morfologiczne roślin żywicielskich wynikające z wysokiego

nawożenia mogą dodatkowo zwiększać ich atrakcyjność dla roślinożerców.

Podsumowanie i wnioski

Dolistne nawożenie mocznikiem wywiera istotny wpływ na rozwój *R. padi* zasiedlającej zboża ozime. We wszystkich wariantach doświadczenia, w których zastosowano wodny roztwór mocznika w stężeniu 10, 20 i 40% stwierdzono wyraźny wzrost dynamiki populacji mszyc w porównaniu z roślinami kontrolnymi, we wszystkich dniach obserwacji. Największy przyrost liczebności odnotowano po zastosowaniu stężenia 20%, natomiast użycie roztworu 40-proc. powodowało początkowe objawy fitotoksyczności związane z zaburzeniem gospodarki wodnej roślin, co powodowało ograniczenie rozwoju owadów. Wyniki badań wskazują, że choć dolistna aplikacja mocznika sprzyja wzrostowi i plonowaniu zbóż, może jednocześnie zwiększać presję owadów ssących, co należy uwzględniać przy planowaniu dawek nawożenia oraz w programach integrowanej ochrony roślin.

Otrzymano: 26-08-2025

Zrecenzowano: 09-09-2025

Zaakceptowano: 12-09-2025

Opublikowano: 20-10-2025

LITERATURA

- [1] M. Ferrari, A. Moscatelli, L. Mariani, *Agronomy* 2021, **11**, nr 3, 528, DOI: 10.3390/agronomy11030528.
- [2] X. Lv, G. Zhou, H. Gao, X. Liu, Y. Wang, *Front. Plant Sci.* 2021, **12**, 649, DOI: 10.3389/fpls.2021.649796.
- [3] V. Fernández, E. Gil-Pelegrín, T. Eichert, *Plant J.* 2021, **105**, nr 4, 870, DOI: 10.1111/tpj.15112.
- [4] J.M. Bremner, *Fertil. Res.* 1995, **42**, 321, DOI: 10.1007/BF00750524.
- [5] G.V. Subbarao, M. Rondon, O. Ito, T. Ishikawa, I.M. Rao, K. Nakahara, W.L. Berry, *Plant Soil.* 2007, **294**, nr 1–2, 5, DOI: 10.1007/s11104-006-9159-3.
- [6] C. Li, O.O. Aluko, S. Shi, Z. Mo, T. Nong, C. Shi, Z. Li, Q. Wang, H. Liu, *Front. Plant Sci.* 2023, **14**, 1152817, DOI: 10.3389/fpls.2023.1152817.
- [7] J. Guo, Y. Jia, H. Chen, *Sci. Rep.* 2019, **9**, 1248, DOI: 10.1038/s41598-018-37838-3.
- [8] F.M. del Amor, S. Molina, M.F. Espinosa, P. Varó, M.C. Gómez, *Acta Hort.* 2007, **761**, 403, DOI: 10.17660/ActaHortic.2007.761.55.
- [9] S.A.Q. de Castro, T. Kichey, D.P. Persson, J.K. Schjoerring, *Agronomy*. 2022, **12**, nr 6, 1405, DOI: 10.3390/agronomy12061405.
- [10] T.R.E. Southwood, *Symp. R. Entomol. Soc. Lond.* 1973, **6**, 3.
- [11] J. Palti, *Cultural practices and infectious crop diseases*, Springer Verlag, Berlin, 1981, 243, DOI: 10.1007/978-3-642-68266-7.
- [12] K.L. Ponder, J. Pritchard, R. Harrington, J. Bale, *Entomol. Exp. Appl.* 2000, **97**, nr 2, 203, DOI: 10.1046/j.1570-7458.2000.00731.x.
- [13] F. Fallaphour, R. Ghorbani, M. Nassiri-Mahallati, M. Hosseini, *J. Pest. Sci.* 2020, **93**, 251, DOI: 10.1007/s10340-019-01129-1.
- [14] J.J. Lipa, *Post. Nauk Roln.* 1992, **2**, 29.
- [15] R Core Team, *R: A Language and Environment for Statistical Computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020, <https://www.R-project.org/>.
- [16] W.H. Fuchs, F. Grossman, [w:] D.I. Arnon, W. Baumeister i in., *Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung*, 1972.
- [17] W.E. Riedell, *J. Plant Nutr.* 1989, **12**, 3, 317, DOI: 10.1080/01904168909363955.
- [18] C. Wang, B. Tian, Z. Yu, J. Ding, *Insects* 2020, **11**, 365, DOI: 10.3390/insects11060365.
- [19] L. Wang, F. Gao, G.V.P. Reddy, Z. Zhao, *J. Econ. Entomol.* 2020, **113**, 4, 2035, DOI: 10.1093/jeet/taaa112. PMID: 32474597.
- [20] F.C. Bawden, B. Kassanis, *Ann. Appl. Biol.* 1950, **37**, 46, DOI: 10.1111/j.1744-7348.1950.tb00949.x.
- [21] W.J. Mattson, *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 1980, **11**, 119, DOI: 10.1146/annurev.es.11.110180.001003.
- [22] M.A. Aqueel, S.R. Leather, *Crop Prot.* 2011, **30**, nr 2, 216, DOI: 10.1016/j.cropro.2010.09.013.
- [23] M. Rostami, A.A. Zamani, S. Goldasteh, R.V. Shoustari, K. Kheradmand, *J. Plant Prot. Res.* 2012, **52**, nr 1, 118, DOI: 10.2478/v10045-012-0019-2.
- [24] J.A. Schlickmann-Tank, O. Morales-Galván, J. Pineda-Pineda, G. Espinoza-Vázquez, M.T. Colinas-León, M. Vargaz-Hernández, *Agron. Colomb.* 2020, **38**, nr 3, 357, DOI: 10.15446/agron.colomb.v38n3.87308.
- [25] J.D. Barbour, R.R. Farrar, G.G. Kennedy, *Entomol. Exp. Appl.* 1991, **60**, nr 3, 289, DOI: 10.1111/j.1570-7458.1991.tb01549.x.
- [26] A.E. Douglas, *Ecol. Entomol.* 1993, **18**, nr 1, 31, DOI: 10.1111/j.1365-2311.1993.tb01076.x.
- [27] M. Khan, G. Port, *Entomol. Sci.* 2008, **11**, nr 2, 159, DOI: 10.1111/j.1479-8298.2008.00262.x.
- [28] C.S. Awmack, S.R. Leather, *Annu. Rev. Entomol.* 2002, **47**, 817, DOI: 10.1146/annurev.ento.47.091201.145300.
- [29] A.F.G. Dixon, *Agric. Zool. Rev.* 1987, **2**, 1.
- [30] S.J. Simpson, C.L. Simpson, *Insect-Plant Interactions* 1990, **2**, 111, DOI: 10.1201/9780203711736.

**chemik-czasopismo.pl**

Odkrywaj publikuj inspiruj

**CHEMIK**
czasopismo naukowo-techniczne science technical journal
nauka • technika • rynek science • technique • market
CZASOPISMO PEŁNE CHEMII

Chemia stosowana: badania stosowane, technika, technologia przemysłowa, kontrola procesów, zarządzanie: jakością, środowiskiem i bezpieczeństwem oraz zagadnienia organizacyjno-prawne.

**nauka**

**technika**

**rynek**

Decyzją Zarządu Głównego SITPChem, publikacja prac naukowych do końca 2024 r. jest dla autorów bezpłatna. Warunkiem przyjęcia pracy jest pozytywna ocena recenzentów (obowiązuje dwustopniowy proces recenzji).

"CHEMIK" Czasopismo Naukowo-Techniczne założone w 1948 roku. Wydawane od 2022 r. przez Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego i Politechnikę Wrocławską

