

WIESŁAW OLESZEK

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach*

## SAPONINY JAKO CZYNNIK DETERMINUJĄCY WARTOŚĆ PRZEDPLONOWĄ LUCERNY

W warunkach intensyfikacji nawożenia mineralnego bardzo ważnym zagadnieniem staje się stały dopływ substancji organicznej, która jest istotnym składnikiem gleby. Dopływ ten może być realizowany obok stosowania nawozów organicznych poprzez resztki poźniwne roślin uprawnych. Resztki te, zawierają szereg różnorodnych związków organicznych, które mogą mieć zróżnicowany allelopatyczny wpływ na mikroflorę glebową jak i na wzrost roślin następczych. W celu pełnego wykorzystania tej formy nawożenia organicznego niezbędne jest uściślenie zasad prawidłowej gospodarki resztkami poźniwnymi, między innymi poprzez poznanie ich składu chemicznego i mogących wynikać z niego następstw.

Do roślin wzbogacających glebę w substancję organiczną i poprawiających jej strukturę należą przede wszystkim wieloletnie rośliny motylkowe a w szczególności koniczyna czerwona i lucerna mieszańcowa. Zajmują one łącznie 6% ogólnej powierzchni zasiewów [34] i w zmianowaniu zajmują najczęściej miejsce przed ozimymi roślinami zbożowymi. Wartość przedplonowa tych stanowisk była przedmiotem licznych badań i kontrowersyjnych opinii. Jednym z czynników decydujących o tej wartości, dotychczas nie brany pod uwagę są fitotoksyny zawarte w resztkach poźniwnych i uwalniane do gleby w trakcie mineralizacji.

### *Wartość przedplonowa lucerny i koniczyny czerwonej*

Resztki poźniwne pozostające na polu po uprawie lucerny czy koniczyny czerwonej to przede wszystkim masa korzeniowa. Palowy system korzeniowy lucerny sięga od 3 do 5 m w głąb gleby. Jednakże, większość masy korzeniowej (70—95%) skupiona jest w warstwie ornej [7, 35, 42]. Według różnych autorów, ilość substancji organicznej pozostawianej przez lucernę w ornej warstwie gleby waha się w granicach od 5 do 10 t suchej masy na hektar [3, 10, 11, 35, 42]. W niektórych przypadkach, w szczególnie dobrych warunkach glebowo-wilgotnościowych, jak podaje

Suszenica [43], masa korzeniowa lucerny może wynosić 20 t/ha. Jest to więc podobna ilość substancji organicznej wprowadzona do gleby jak przy zastosowaniu 60—100 t/ha obornika.

System korzeniowy koniczyny czerwonej jest słabiej rozwinięty niż lucerny, jednakże podobnie jak u lucerny główna masa korzeni znajduje się w 40 cm górnej warstwie gleby. Masa korzeniowa 2-letniej koniczyny czerwonej jest nieco niższa niż lucerny i według różnych autorów waha się w granicach od 2,5 do 5 t/ha [3, 11, 18, 35, 41].

Ta duża masa korzeniowa lucerny i koniczyny sprawia, że są one nie-licznymi roślinami podnoszącymi zawartość próchnicy w glebie. Zawarte w tych korzeniach składniki mineralne według Pawłowskiego i Malickiego [29] powinny przy prawidłowych metodach uprawy całkowicie zaspokoić zapotrzebowanie zbóż zazwyczaj uprawianych w takich stanowiskach. Stosunek C/N w obu przypadkach jest optymalny, gwarantujący szybką mineralizację i dostępność uwolnionych składników dla rośliny następczej.

Oprócz wymienionych walorów należy jeszcze wymienić dodatnie działanie strukturotwórcze omawianych roślin [36]. Dzięki silnie rozwiniętemu systemowi korzeniowemu w wyniku penetracji gleby zachodzi proces spulchniania a wskutek znacznego pobierania wapnia z głębszych warstw gleby i transportu tego składnika do warstwy ornej powstają i utrwalają się agregaty glebowe [36, 44].

Przytoczone powyżej dane literaturowe wskazują na pewną przewagę stanowiska po lucernie nad stanowiskiem po koniczynie czerwonej. Jednakże doświadczenia polowe tego nie potwierdzają. W doświadczeniach Könnekego [cytat za 42], plony wielu roślin uprawnych, uprawianych w pierwszym roku po lucernie były zdecydowanie niższe niż plony tych roślin uprawianych po przedplonach tradycyjnych. Jedynie ziemniaki reagowały zwykłą plonu w tym stanowisku. Podobnie Batalin i in. [2] porównując wartość zielonego nawozu z poplonowych wsiewek roślin motylkowych stwierdzili wyraźnie korzystniejsze działanie zielonego nawozu koniczyny na rośliny następcze niż lucerny. Również Tucey i in. [48] w 15-letnich doświadczeniach stwierdzili, że stanowisko po 2—8-letniej lucernie (*Medicago truncatula*) było gorsze od stanowiska po roślinach niemotylkowych. Dane te nie korespondują z wynikami otrzymanymi przez Smierzchalskiego [45] i Roszaka [35]. W doświadczeniach polowych wykazano statystycznie lepsze plonowanie pszenicy w stanowiskach po lucernie niż po jej mieszankach z trawami lub po koniczynie i jej mieszankach. Jednakże Roszak wyraźnie podkreśla, że podstawowym warunkiem dobrego plonowania pszenicy w stanowiskach po roślinach motylkowych jest staranna uprawa przedsiewna oparta na podorywce z talerzowaniem poprzedzającej orki siewną. Zastosowanie orki razówki

stwarza niekorzystne stanowisko dla pszenicy ozimej wskutek słabego wymieszania z glebą substancji organicznej i w efekcie powolniejszego rozkładu resztek poźniwnych.

Podobne rozbieżności w ocenie wartości przedplonowej lucerny znane są w literaturze dotyczącej uprawy bawełny. Suszenica [43] stwierdza, że lucerna jest wyjątkowo dobrym przedplonem pod bawełnę. Natomiast Mishustin i Naumova [22] oraz Leshem i Levin [20] wskazywali na niekorzystny wpływ takiego następstwa, objawiający się znacznym spadkiem plonu w stosunku do obiektu kontrolnego, przy czym to niekorzystne oddziaływanie pogłębiało się wraz ze starzeniem się lucernika.

Tak duże rozbieżności w ocenie wartości przedplonowej lucerny mogą wywodzić się stąd, że cytowani autorzy stosowali różną metodykę badań jak również przeprowadzali je w różnych warunkach klimatyczno-glebowych. Na podstawie przedstawionych danych można jednak stwierdzić, że wartość lucerny jako przedplonu pod ozime rośliny zbożowe w warunkach polowych, szczególnie przy intensywnej uprawie, nie odpowiada tej jakiej należałoby się spodziewać na podstawie analizy chemicznej resztek poźniwnych w warunkach laboratoryjnych.

Wielu autorów upatruje przyczyn tego zjawiska w gospodarce wodnej lucerny. Według Jelinowskiej i Pietruszczyńskiego [32] lucerna charakteryzuje się wysokim współczynnikiem transpiracji, posiada dużą powierzchnię zbiorową liści oraz jest rośliną dającą kilka pokosów, czym nieco różni się od koniczyny czerwonej. Ponadto plonuje ona nieco wyżej i w konsekwencji wszystkie przedstawione czynniki sprawiają, że wyczerpuje ona silnie glebę z wody. Stwarza to w efekcie niekorzystne warunki wodne pod następczą ozimą rośliną zbożową. Jednak pogląd ten nie jest powszechny. Tucholska [47] badając zmiany wilgotnościowe gleb pod lucerną mieszańcową i koniczyną czerwoną, obserwowała mniejsze zużycie wody przez lucernę niż przez koniczynę w różnych poziomach glebowych. Niemniej przesuszenie gleby może być w określonych warunkach jednym z ważnych czynników determinujących wartości przedplonowe rozpatrywanych stanowisk. Nie jest to jednak z pewnością czynnik jedy-ny. Mishustin i Naumova [22] oraz Leshem i Levin [20] wskazywali na istnienie czynnika allelopatycznego wynikającego z obecności w lucernie toksycznych związków chemicznych.

### *Fitotoksyny lucerny*

Wzajemne oddziaływanie na siebie roślin należących do różnych gatunków, rosnących obok siebie lub po sobie w różnych zbiorowiskach naturalnych lub sztucznych obserwowano od dawna. Jednak dopiero

w 1937 r. Molish [23] wprowadził do nauki termin allelopatia, wywodząc go z dwóch słów greckich znaczących „wzajemną szkodliwość”. Termin ten został wprowadzony celem określenia biochemicznych interakcji między roślinami poprzez aktywne wydzielanie do środowiska lub uwalnianie wskutek rozkładu obumarłych części roślin związków organicznych mogących w sposób korzystny lub szkodliwy wpływać na wzrost innych roślin.

Wpływ wyciągów wodnych z lucerny na kiełkowanie i wzrost szeregu roślin uprawnych był przedmiotem licznych badań. Stachurska i in. [40] badając wpływ wyciągów wodnych z części nadziemnych i korzeni lucerny, koniczyny czerwonej i tymotki na wzrost siewek pomidorów, pszenicy i jęczmienia, stwierdziła wyraźne zahamowanie wzrostu siewek przez wyciągi z lucerny. Wykazała także, że wyciąg wodny z części nadziemnych lucerny stymulował wzrost siewek pomidorów a hamował wzrost pszenicy i jęczmienia. Natomiast wpływ wyciągów z korzeni lucerny był taki sam dla wszystkich testowanych roślin. Hamujący wpływ wyciągów z korzeni w stosunku do zbóż był dużo większy niż wpływ wyciągów z części nadziemnych a czynnik hamujący był termostabilny. Wyciąg z korzeni koniczyny czerwonej stymulował wzrost siewek testowanych roślin. Bastek i in. [1] badali wpływ wyciągów wodnych z nasion rzodkwi oleistej, lucerny, owsa i kukurydzy na kiełkowanie gorczycy. Stwierdzili oni silne hamowanie kiełkowania gorczycy przez wyciągi z nasion lucerny i rzodkwi, natomiast wyciągi z owsa i kukurydzy aktywności takiej nie wykazywały. Wpływ wyciągów wodnych z nasion lucerny na pszenicę ozimą był nieco słabszy niż na gorczycę jednak w obydwu przypadkach wschody były znacznie opóźnione. Lawrance i Kichler [19] stwierdzili, że korzenie lucerny zawierały rozpuszczalne w wodzie związki, które wykazywały w warunkach laboratoryjnych hamujący wpływ na wzrost szeregu traw i zbóż, w tym pszenicy ozimej. Podobne wpływy zaobserwował Kimber [17], stwierdzając toksyczne oddziaływanie wyciągów wodnych z części nadziemnych i korzeni lucerny na wzrost siewek kilku gatunków roślin, przy czym wpływ korzeni był znacznie silniejszy niż części nadziemnych. Wykazał on również że wyciągi z suszu zarówno części nadziemnych jak i korzeni poddanych procesowi rozkładu mikrobiologicznego zmniejszały swoją aktywność wraz z czasem inkubacji. Mishustin i Naumova [22] stwierdzili słabe kiełkowanie bawełny po namoczeniu w ekstraktach wodnych z korzeni lucerny, jak również z gleby pobranej spod lucerny. Kiełkowanie bawełny w glebie na której uprawiano wcześniej lucernę było również słabsze, przy czym było ono tym słabsze im starszy był lucernik z którego pobrano glebę. Podobne wyniki otrzymali Shany i in. [38], którzy wykazali, że na glebie, na której przez trzy kolejne lata uprawiano lucernę 25% nasion bawełny nie wy-

kiełkowało a 30% dodatki suszu części nadziemnych i korzeni lucerny do gleby powodowały znaczne obniżenie kiełkowania bawełny, przy czym dodatki korzeni wykazywały silniejszy wpływ niż dodatki części nadziemnych. Ream i in. [33] stosując przesącz pokoagulacyjny powstający przy produkcji koncentratów białkowych z lucerny jako nawóz w uprawie stokłosa, kukurydzy oraz mieszanki stokłosa z lucerną stwierdzili przy określonych dawkach przesączu spadek plonu i częściowe uszkodzenie traktowanych roślin. Wnioskowali oni, że odpowiedzialność za to ponoszą nieokreślone bliżej toksyny występujące w lucernie. Niektórzy z wyżej przytaczanych autorów sugerowali jednakże, że czynnikiem allelopatycznym są saponiny występujące w lucernie.

### *Saponiny jako czynnik allelopatyczny*

Saponiny są naturalnymi związkami swoistymi występującymi dość powszechnie w świecie roślinnym. W roślinach motylkowych a w szczególności w lucernie występują one głównie jako glikozydy trójterpenów pięciocyklicznych. Niektórym z nich, występującym w częściach nadziemnych lucerny poświęcono dużo uwagi ze względu na ich antyżywniowy charakter [5, 6, 15, 31]. Wykazano przy tym, że aktywność biologiczna saponin lucerny zależy głównie od ich budowy chemicznej i jest związana przede wszystkim z glikozydami kwasu medikagenowego.

Hamujące działanie tych związków na kiełkowanie i wzrost siewek roślin wyższych było przedmiotem kilku doniesień literaturowych. Marchaim i in. [24] stwierdzili inhibicyjny wpływ saponin z części nadziemnych i korzeni lucerny na kiełkowanie i wzrost bawełny. Jurzysta [14] stwierdził hamowanie kiełkowania i wzrostu siewek czterech roślin zbożowych: pszenicy, jęczmienia, owsa i żyta przez saponiny wyizolowane z nasion lucerny mieszańcowej i chmielowej.

Zarówno korzenie koniczyny czerwonej jak i lucerny mieszańcowej zawierają saponiny. Różnią się one jednak zasadniczo swoją budową i aktywnością biologiczną. Podczas gdy korzenie koniczyny czerwonej zawierają glikozydy sojasapogenu B nie wykazujące aktywności biologicznej w powszechnie stosowanych testach (wzrost grzyba *Trichoderma viride*, hemoliza, kiełkowanie pszenicy) [26], korzenie lucerny zawierają znaczne ilości wysokoaktywnych glikozydów kwasu medikagenowego [8, 25, 27, 37, 38]. Fakt ten obok szeregu innych czynników powinien być niewątpliwie brany pod uwagę przy ocenie wartości przedplonowej omawianych roślin.

Wyizolowana z korzeni lucerny frakcja glikozydów kwasu medikage-

nowego hamowała w testach laboratoryjnych wzrost siewek pszenicy. Przy 0,01% (około  $7 \times 10^{-5} M$ ) stężeniu tych związków w środowisku wzrostowym obserwowano 18% skrócenie części nadziemnych i 50% skrócenie systemu korzeniowego siewek. W wyższych stężeniach obszary merystematyczne korzeni siewek brązowiały a następnie cały system korzeniowy ulegał zniszczeniu. W tych warunkach obserwowano także obniżenie kiełkowania pszenicy.

Zawartość tych związków w korzeniach lucerny jest znaczna. Według niektórych autorów [31, 46] waha się ona w granicach 0,96—2% suchej masy. Dane te wydają się jednak zbyt niskie. Według naszych oznaczeń przeprowadzonych dwoma metodami biologicznymi, zawartość glikozydów kwasu medikagenowego w korzeniach lucerny odmiany Kleszczewska waha się w granicach 5—6% suchej masy [25]. Oznacza to, że zaorując 2—3-letni lucernik wprowadzamy do gleby około 500 kg/ha wysokoaktywnych allelozwiązków, które mogą wpływać bezpośrednio na wschody jak i na wzrost siewek pszenicy w tym stanowisku. Wpływ ten jest trudny do przewidzenia zważywszy na fakt, że równomierne rozprószanie masy korzeniowej a więc i allelozwiązków w całej objętości warstwy ornej gleby jest niemożliwe i lokalne stężenie uwolnionych w wyniku rozkładu korzeni saponin mogą znacznie przekraczać stężenia stosowane w doświadczeniach modelowych. Tym samym geometria natężenia oddziaływań allelopatycznych na powierzchni pola może być zupełnie przypadkowa co w konsekwencji może utrudniać osiągnięcie wyrównania zasiewu.

Jednak saponiny podobnie jak każda substancja organiczna wprowadzona do gleby są poddawane działaniu jej czynników biotycznych i abiotycznych, które bezpośrednio mogą modyfikować ich aktywność biologiczną. Należą do nich przede wszystkim wiązanie substancji w kompleksie sorpcyjnym gleby oraz rozkład mikrobiologiczny. Pierwszy z tych procesów badano w warunkach laboratoryjnych dokonując pomiaru pojemności sorpcyjnej czterech gleb o zróżnicowanym składzie mechanicznym w stosunku do saponin i wpływ tego zjawiska na warunki wzrostowe pszenicy. Wykazano, że piasek luźny, piasek słabogliniasty, piasek gliniasty mocny i glina ciężka sorbowały odpowiednio 0, 6, 24 i 78 mg tych związków w 100 mg gleby. Jednocześnie stwierdzono, że wzrost siewek w obecności 1% dodatków korzeni lucerny był najlepszy na glebie najcieńszej i znacznie pogarszał się na glebach lżejszych, co świadczy, że zasorbowane związki traciły swoją allelopatyczną aktywność. Tak więc sorbcja jest jednym z naturalnych mechanizmów detoksyfikacji. Drugi mechanizm wynika z warunków biotycznych gleby a w szczególności z aktywności zawartych w niej grzybów. W modelowym doświadczeniu [28] wykazano, że szybkość dezaktywacji saponin również uzależniona

była od gatunku gleby. W glebach średnich do których dodawano zmielone korzenie lucerny w dawce 1% masy, obserwowano zanik aktywności saponin po upływie 3—6 dni, podczas gdy w glebach lekkich aktywność ta utrzymywała się znacznie dłużej (10—14 dni). Należy jednak podkreślić, że omawiane doświadczenia modelowe zostały przeprowadzone w warunkach zbliżonych do optymalnych dla pełnej aktywności mikroorganizmów glebowych tzn. w temperaturze 20°C, wilgotności równej 60% polowej pojemności wodnej gleby jak również przy dokładnym zmieleniu substancji korzeniowej i równomiernym rozprowadzeniu jej w całej objętości gleby. Niemniej uzyskane wyniki sugerują jednoznacznie, że allelopatyczne oddziaływania saponin na pszenicę jest największe na glebach lekkich i maleje w przypadku gleb ciężkich.

Przedstawione powyżej dane doświadczalne dowodzą, że saponiny zawarte w korzeniach lucerny są liczącym się czynnikiem decydującym o wartości przedplonowej stanowisk po lucernie. Sugerują one również, że uprawa pszenicy ozimej w takim stanowisku, szczególnie na glebach lżejszych powinna być poprzedzona starannym przygotowaniem gleby, umożliwiającym szybką mineralizację masy korzeniowej i detoksyfikację allelozwiązków. Jest to wniosek w pełni zgodny ze spostrzeżeniami Roszaka [35] jakkolwiek wynikający z nieco odmiennych przesłanek.

#### LITERATURA

1. Bastek A. i in.: Zeszyty Nauk. WSR Wrocław, R XV, 46, 109, 1962.
2. Batalin M., Szałajda R., Urbanowski S.: Pam. Puł. 35, 37, 1968.
3. Bawolski S.: Pam. Puł. 51, 221, 1972.
4. Cerny W.: Zesz. Nauk. SGGW, R 11, 83, 1968.
5. Cheeke P.R., Kinzell J.M., Pedersen M.W.: J. Anim. Sci. 46, 476, 1977.
6. Cheeke P.R.: Can. J. Anim. Sci. 51, 621, 1971.
7. Dalkiewicz-Bańanowska H., Kipal Z., Szczygielski T.: Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 131, 285, 1973.
8. Gestetner B. i in.: J. Sci. Food Agric. 21, 502, 1970.
9. Guenzi W.D., Kehr W.R., McCalla T.M.: Agron. J. 56, 499, 1964.
10. Herse H.: Szczegółowa uprawa roślin. PWN W-wa, 1981.
11. Jabłoński B.: Ogólna uprawa roli i roślin. PWRiL W-wa, 1982.
12. Jelinowska A., Jelinowski S.: Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 20, 315, 1960.
13. Jelinowska A., Kac-Kacas M., Polecka-Nowakowska A.: Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 79, 243, 1967.
14. Jurzysta M.: Zesz. Nauk. UMK Toruń, 13, 253, 1970.
15. Jurzysta M.: Badania nad saponinami krajowych populacji lucerny mieszańcowej (*Medicago media* Pers.) Wyd. IUNG, R/1970), 1982
16. Kehr W.R., Watkins J.E., Odgen R.L.: Agron. J. 75, 435, 1983.
17. Kimber R.W.L.: Plant and Soil 38, 347, 1973.

18. Kluszcina E.B., Łarin A.F.: Zemledele, 10, 24, 1980.
19. Lawrence T., Kichler M.R.: Can. J. Plant Sci. 42, 308, 1962.
20. Leshem Y., Levin J.: Plant and Soil, 50, 323, 1978.
21. Marchaim U. i in.: Plant Cell Physiol. 16, 857, 1975.
22. Mishustin E.H., Naumova A.N.: Izv. Akad. Nauk CCCR, 6, 3, 1955.
23. Molish H.: Der Einfluss einer Pflanze auf die andere — Allelopathie. Fisher, Jena, 1937.
24. Nord E.C., Vanatta G.R.: Forest Sci. 6, 53, 1960.
25. Oleszek W., Jurzysta M.: Acta Soc. Bot. Pol. 55, 23, 1986.
26. Oleszek W., Jurzysta M.: Acta Soc. Bot. Pol. 55, 247, 1986.
27. Oleszek W., Jurzysta M., Górski P.: Am. Chem. Soc. Meeting Abstr. Chicago 1985.
28. Oleszek W., Jurzysta M.: Plant and Soil, 1986 (w druku).
29. Pawłowski F., Malicki F.: Nowe Rol. 17, 741, 1957.
30. Pedersen M.W.: Agron. J. 51, 516, 1965.
31. Pedersen M.W.: Crop Sci. 15, 541, 1975.
32. Pietruszczyński Z., Jelinowska A.: Rośliny wieloletnie motylkowe pastewne. Rozdz. I—IV w „Szczegółowa uprawa roślin” T II, PWiRL, W-wa, 1963.
33. Ream H.W., Smith D., Wagenbach R.: Agron. J. 69, 685, 1977.
34. Rocznik statystyczny 1985.
35. Roszak W.: Roczn. Nauk Roln. T. 91-A-3, 571, 1966.
36. Roszak W.: Roczn. Nauk Roln. T. 91-A-4, 683, 1966.
37. Shany S. i in.: J. Sci. Food Agric. 21, 508, 1970.
38. Shany S. i in.: J. Sci. Food Agric. 21, 131, 1970.
39. Simon W.: Post. Nauk Roln. (Recenzja) 6, 143, 1961.
40. Stachurska-Bac A., Szuwalska Z.: Zesz. Nauk. WSR Wrocław, Roln. XIX, 60, 164, 1965.
41. Starzycki S.: Koniczyny PWRiL W-wa, 1981.
42. Staszewski Z.: Lucerny PWRiL W-wa, 1975.
43. Suszenica B.A.: Chlopkovodstvo 4, 22, 1980.
44. Śmierzchalski L., Roszak W.: Zeszyty Nauk. SGGW, R 11, 111, 1968.
45. Śmierzchalski L.: Roczn. Nauk Roln. 87-A-1, 1, 1962.
46. Tencer Y. i in.: J. Sci. Food Agric. 20, 1149, 1972.
47. Tucholska H.: Roczn. Nauk Roln. 94-A-3, 381, 1968.
48. Tucheý C.L., Robson A.D.: Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 20, 280, 1980.