

Agrotechnika i mechanizacja

SKŁADNIKI POKARMOWE – ROLA W ROŚLINIE ZIEMNIAKA I OBJAWY ICH NIEDOBORU

NUTRIENTS – ROLE IN THE POTATO PLANT AND SYMPTOMS OF THEIR DEFICIENCY

dr inż. Jerzy Osowski ORCID: 0000-0002-4618-9991
IHAR-PIB Oddział w Boninie, Zakład Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka
e-mail: j.osowski@ihar.edu.pl

Streszczenie

Rośliny do prawidłowego rozwoju i przebiegu procesów życiowych potrzebują określonych składników pokarmowych. Ich prawidłowe zbilansowanie pozwala na uzyskanie wysokich plonów dobrej jakości. Braki składników pokarmowych obniżają ich wielkość i jakość. Niedobór składników pokarmowych wynika z występowania niekorzystnych warunków glebowo-klimatycznych (uprawa na glebach lekkich lub nadmiernie wilgotnych o niewłaściwym odczynie, gwałtowne opady i długotrwałe susze, wysokie temperatury, nawożenie nieuwzględniające potrzeb uprawianej odmiany i kierunku jej użytkowania). Objawy niedoboru są charakterystyczne dla każdego z pierwiastków. Wizualna ocena stanu odżywienia roślin daje producentowi informację o przyczynie braku określonych składników pokarmowych, która pozwala na ich szybkie uzupełnienie. Przedstawione w pracy najczęściej występujące objawy niedoboru pierwiastków mogą pomóc producentom w prawidłowym rozpoznawaniu ich przyczyn.

Słowa kluczowe: makroelementy, mikroelementy, objawy niedoboru, ziemniak

Abstract

Plants need specific nutrients for proper development and life processes — their right balance guarantee high yields of good quality. Conversely, deficiency of chemical elements reduces yield size and quality. The shortage of nutrients results from unfavorable soil and climatic conditions (cultivation on light or excessively humid soils with inappropriate pH, torrential rainfall, prolonged droughts, high temperatures, fertilization, disregarding the needs of the cultivar and the direction of its use). The symptoms of deficiency are characteristic for each particular element. Visual assessment of plants gives the producer information about the lack of certain nutrients, facilitating their quick replenishment. The most common symptoms of element deficiency presented in the paper may help producers correctly recognize their causes.

Keywords: deficiency symptoms, macronutrients, micronutrients, potato

Ziemniaki, tak jak inne rośliny uprawne, do prawidłowego rozwoju i wydania plonu potrzebują zarówno makroelementów, jak i mikroelementów. Niedobór składników pokarmowych powoduje zahamowanie rozwoju roślin i spowolnienie lub całkowite zatrzymanie procesów życiowych, czego konsekwencją jest obniżenie wielkości i jakości plonu (Stępień i in. 2009). Jednym z najważniejszych zabiegów agrotechnicznych, mających wpływ na wielkość plonu

oraz jego jakość, jest nawożenie (Trawczyński, Prokop 2016).

Ziemniaki ze względu na długi okres wegetacji (odmiany późne ponad 130 dni) oraz dużą masę plonu wymagają dobrego zaopatrzenia w składniki pokarmowe przez cały okres wegetacji. Do wydania 10 t bulw z 1 ha z odpowiednią masą łęcin potrzebują średnio: 45 kg azotu (N), 15 kg fosforu (P₂O₅), 55-65 kg potasu (K₂O), 6 kg wapnia (CaO), 6-8 kg magnezu (MgO), 6 kg siarki (S), 70 g

manganu (Mn), 65 g cynku (Zn), 25 g boru (B), 20 g miedzi (Cu) oraz 1 g molibdenu (Mo) (Rębarz 2018). Dostarczenie więc łatwo dostępnych składników pokarmowych jest istotnym elementem prawidłowego przebiegu procesów fizjologicznych, rozwoju roślin oraz uzyskiwania wysokiej jakości plonu bulw potomnych (Zarzecka 2006). Efektywność zastosowanego nawożenia zależy m.in. od warunków glebowych (kategorii agronomicznej, zawartości próchnicy, składników pokarmowych, odczynu), wilgotnościowo-termicznych w okresie wegetacji (opadów, temperatury powietrza) oraz rodzaju zastosowanych nawozów (Trawczyński, Prokop 2016).

Do grupy składników niezbędnych dla prawidłowego przebiegu procesów życiowych zalicza się 17 pierwiastków (Katyal, Datta 2004). Podzielone są one na organogenne (węgiel, wodór, tlen), makroelementy (azot, fosfor, potas, wapń, magnez) oraz mikroelementy (bor, miedź, molibden, mangan, cynk, żelazo, chlor, nikiel) (Grzyś 2004). Makroelementy pełnią w roślinie głównie funkcje budulcowe i pobierane są z gleby w

dużych ilościach, natomiast rola mikroelementów ogranicza się przede wszystkim do regulacji procesów biochemicznych. Niedobory makro- i mikroelementów zasadniczo wpływają na cechy jakości plonu oraz obniżają jego wielkość (Czuba 2000).

Celem pracy jest omówienie znaczenia składników pokarmowych dla rozwoju roślin, wielkości i jakości plonu oraz przedstawienie przyczyn i objawów najczęściej występujących niedoborów makro- i mikroelementów.

W sezonie wegetacyjnym na roślinach ziemniaka pojawiają się różnego rodzaju plamy, nekrozy czy przebarwienia, których przyczyną są różne czynniki biotyczne (infekcyjne – grzyby, organizmy grzybopodobne, bakterie, wirusy) oraz abiotyczne (nieinfekcyjne – temperatura, opady, susza, brak składników pokarmowych). Wśród tych licznych przyczyn zmniejszania się powierzchni asymilacyjnej roślin do często występujących, obok powodowanych przez choroby, zaliczyć można objawy niedoboru składników pokarmowych. Typy niedoborów przedstawia tabela 1.

Tabela 1

Typy niedoborów składników pokarmowych

Typ niedoboru	Rodzaj objawów	Liście	
		starsze	młodsze
Chlorozy	całkowite	N	Fe
	krawędziowe	K	–
	międzynerwowe	Mg	S, Zn, Mn
Nekrozy	krawędziowe	K	–
	międzynerwowe	Mg	Mn, Cu
Inne	przebarwienia	P	–
	zamieranie merystemów	Ca	B

Źródło: Grzebisz 2009

Azot (N) ze wszystkich składników pokarmowych ma największy wpływ na masę plonu, ale istotnie obniżać jego jakość może zarówno niedobór, jak i nadmiar (Grześkowiak 2013a). Zewnętrznym objawem braku tego makroelementu jest karłowacenie roślin oraz słabszy rozwój liści, na których widoczne są zmiany zabarwienia od intensywnie zielonych (prawidłowo odżywiona roślina – fot. 1), poprzez jasnozielone, do żółknięcia

(fot. 2 i 3). Przy silnych objawach niedoboru azotu liście mogą zamierać i opadać. Niedożywione rośliny mogą wykształcać mniej łodyg, czego konsekwencją jest mniej związanych bulw, ich zdrobnienie (mniej bulw frakcji handlowej), a także spadek zawartości skrobi w bulwach. Niedobór azotu może zwiększać podatność roślin na werciliozę oraz alternariozę ziemniaka.



Fot. 1. Prawidłowo odżywiona roślina ziemniaka (wszystkie zdjęcia autora)



Fot. 2. Azot – objawy niedoboru



Fot. 3. Azot – objawy niedoboru: liście jasnożółte do żółtych

Fosfor (P) zaliczany jest do pierwiastków najslabiej przemieszczających się w glebie. Rośliny pobierają fosfor, który znajduje się najbliżej korzeni i dlatego do jego pobierania jest konieczny dobrze rozwinięty system korzeniowy (Rębarz 2018). O jego dostępności decyduje rodzaj gleby, jej struktura, zasobność w składniki pokarmowe, pH gleby, temperatura gleby i powietrza (przyswajalność fosforu wzrasta wraz ze wzrostem temperatury) oraz długie okresy

suszy. W glebach bardzo kwaśnych – poniżej 4,5-5,0 – zmniejsza się przyswajalność fosforu, przechodzi on w związki nierozpuszczalne z toksycznym glinem i nie wykazuje wówczas działania nawozowego. W glebie o pH 5,0-6,8 fosfor jest najszybciej pobierany przez korzenie roślin (Grześkowiak 2013b).

Rośliny z objawami braku tego składnika charakteryzują się wolniejszym wzrostem, mniejszym pokrojem krzaka i wykazują tendencję do pionowego zeszywnienia. Ich łodygi są cieńsze, listki stają się matowe, a na ich brzegach pojawiają się fioletowo-rdzawe plamy (fot. 4 i 5). W miarę nasilania się objawów plamy powiększają swoją powierzchnię, a brzegi liści wywijają się do góry (fot. 6 i 7).



Fot. 4. Początkowe objawy braku fosforu



Fot. 5. Nasilanie się objawów braku fosforu



Fot. 6. Silne objawy braku fosforu



Fot. 7. Zwijanie się liści – objaw braku fosforu

Potas (K) należy do pierwiastków, na które rośliny ziemniaka mają największe zapotrzebowanie i jest ono w większości zaspokajane przez nawożenie doglebowe (Rębarz 2018). Niedobór tego składnika jest spowodowany niską zasobnością gleby, na której uprawiane są ziemniaki, niezbilansowanym nawożeniem mineralnym, niewłaściwym pH gleby (zbyt niskim $<5,5$ lub zbyt wysokim $>7,2$), suszą glebową, niską zawartością próchnicy i złą strukturą gleby (Poradnik sygnalizatora... 2016). Objawy niedoboru potasu są widoczne w pierwszej kolejności na starszych liściach, gdzie początkowo na ich brzegach obserwuje się chlorozy, żółtawe przebarwienia i brązowej barwy nekrozy (fot.

8 i 9). W miarę nasilania się objawów następuje zahamowanie rozwoju rośliny, boczne pędy są krótsze, a listki wyginają się, kędzierzawią i mają pomarszczoną powierzchnię (fot. 10 i 11). Silne niedobory potasu wpływają także na wzrost liczby bulw poniżej frakcji handlowej (fot. 12).

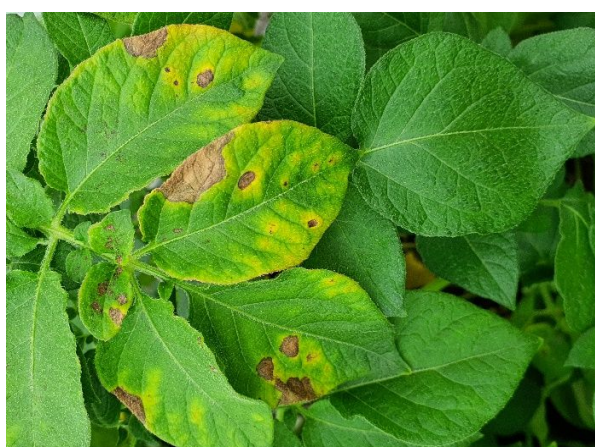
Pierwiastek ten odgrywa dużą rolę w procesach przemiany materii, zwiększa odporność na choroby i wpływa na trwałość przechowalniczą. W przypadku bulw polepsza akumulację skrobi, zmniejsza podatność na ciemnienie mięszu surowego i po ugotowaniu (fot. 13), a bulwy przeznaczone na frytki i chipsy uzyskują lepszą barwę po usmażeniu (Grzebisz 2011).



Fot. 8. Potas – początkowe objawy niedoboru



Fot. 9. Potas – krawędziowe chlorozy i nekrozy



Fot. 10. Potas – chlorozy i nekrozy na krawędzi liścia



Fot. 11. Potas – silne objawy niedoboru



Fot. 12. Potas – pogorszenie jakości bulw



Fot. 13. Potas – ciemnienie bulw

Magnez (Mg) – przyczyną jego niedoboru w roślinie jest niska zawartość pierwiastka w glebie, niska zawartość materii organicznej, niskie pH gleby, uprawa na glebach lekkich oraz o nadmiernej wilgotności, niewłaściwie zbilansowane nawożenie azotem i potasem, nadmierne wapnowanie gleb, długotrwałe

susze i gwałtowne opady (Poradnik sygnalizatora... 2016). Początkowym objawem niedoboru magnezu jest bladozielona barwa tkanki liścia (fot. 14). Objawem późniejszym, obserwowanym na starszych liściach, jest żółknięcie liści pomiędzy nerwami, podczas gdy nerwy pozostają zielone (fot. 15). Stop-

niowo pojawiają się brunatne nekrozy (fot. 16), które mogą się wykruszać (Rębarz 2018). Przy silnym porażeniu brunatne nekrozy mogą zajmować znaczną powierzchnię tkanki, a liście zwijają się na krawędziach i stają się łamliwe (fot. 17). Czasem objawy te mogą być mylnie rozpoznawane jako al-

ternarioza ziemniaka wywołwana przez grzyby z rodzaju *Alternaria*. Jednak w odróżnieniu od objawów niedoboru na nekrozach spowodowanych przez grzyby z rodzaju *Alternaria* widoczne są koncentrycznie układające się pierścienie.



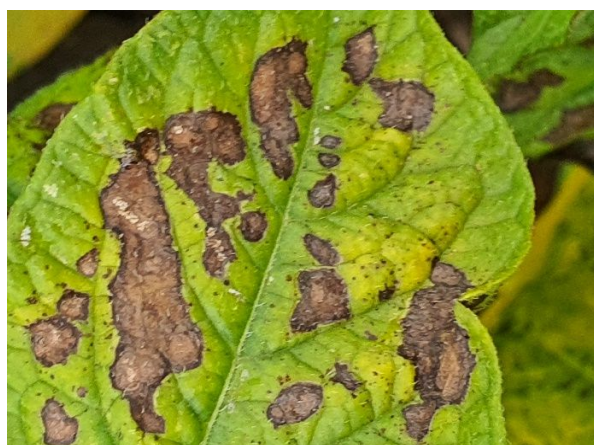
Fot. 14. Magnez – chloroza między nerwami i nekrozy



Fot. 15. Magnez – żółknięcie blaszki liściowej między nerwami



Fot. 16. Magnez – zaawansowane objawy niedoboru



Fot. 17. Magnez – silne objawy niedoboru

Mangan (Mn) – jego dostępność jest uzależniona od pH gleby, a objawy mogą wystąpić na glebach o wysokim pH (powyżej 6,5) i skłonnych do przesuszania, które zostały intensywnie zwapnowane (Poradnik sygnalizatora... 2016). Liście z objawami niedoboru mają płaski wygląd i sprawiają wrażenie zwiędłych (fot. 18). Między nerwami najmłodszych liści tworzą się jasne i żółte plamki. Rozpoczynają się one od podstawy i stopniowo obejmują całą ich powierzchnię.

Przy nasilających się objawach wzdłuż nerwów na liściu tworzą się liczne czarne plamy nekrotyczne (fot. 19-21). Wygląd tych objawów czasami może być mylnie rozpoznawany jako brunatna plamistość liści powodowana przez grzyb *Alternaria alternata*. Silne niedobory manganu mogą wpływać na redukcję plonu, powodować spadek zawartości skrobi i suchej masy oraz zwiększać podatność bulw na porażenie parchem zwykłym.



Fot. 18. Mangan – objawy braku na młodej roślinie



Fot. 19. Mangan – nekrozy wzdłuż nerwów



Fot. 20. Mangan – silne objawy niedoboru



Fot. 21. Mangan – bardzo silne objawy niedoboru

Bor (B) – występowaniu niedoborów tego pierwiastka sprzyja uprawa na lekkich glebach piaszczystych o niskim pH, skąd jest łatwo wymywany, niska zawartość materii organicznej, duża zawartość azotu, wapnia i potasu, zimna i wilgotna pogoda oraz okresy suszy (Poradnik sygnalizatora... 2016). Niedobór tego pierwiastka zauważyć można już po wschodach ziemniaków (fot. 22). Jego deficyt wpływa na zahamowanie wzrostu i rozwoju łodyg, przez co rośliny są niskie i mają wygląd przypominający rozetę (fot. 23) (Rębarz 2018). Słabo rozwinięty system korzeniowy nie sprzyja pobieraniu składników pokarmowych. Na liściach, które są pogrubione i pomarszczone, pojawia się chloroza. Liście stają się łamliwe, a ich krawędzie wywijają się do środka (fot. 24). Objawy braku

tego pierwiastka można także zauważyć na bulwach, które są szorstkie i spękane. Niedobór boru w glebie uważany jest także za jedną z przyczyn pustowatości bulw (fot. 25).

Cynk (Zn) – przyczyną jego niedoboru w roślinach ziemniaka są niekorzystne warunki meteorologiczne (nadmiar wilgoci, niskie temperatury), wysoka zawartość fosforu w glebie, wysokie pH. Objawy mogą występować pasowo. Na liściach początkowo pojawia się chloroza, później następuje żółknięcie oraz zahamowanie wzrostu na skutek skracania się międzywęźli (Rębarz 2018). Na młodych liściach występują objawy chlorozy, a brzegi blaszek zwijają się do środka, przypominając objawy wywołane przez wirus liściozwoju ziemniaka.

Składniki pokarmowe spełniają różne funkcje w przemianie materii u roślin i brak któregośkolwiek z nich powoduje charakterystyczne objawy. Ich występowanie może

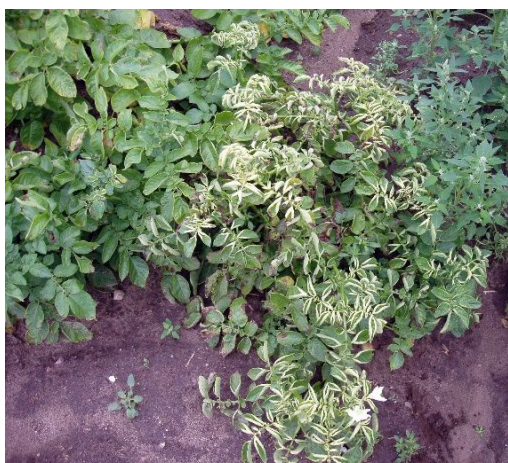
posłużyć do określenia, z którym z nich mamy do czynienia, i pomóc w uzupełnieniu jego niedoboru (tab. 2).



Fot. 22. Bor – objawy braku na młodej roślinie



Fot. 23. Bor – karłowatość stożków wzrostu



Fot. 24. Bor – zwiżanie się liści



Fot. 25. Bor – braki w glebie jako jedna z przyczyn pustowości bulw

Tabela 2

Rola pierwiastków w roślinie oraz objawy ich niedoboru

Składnik	Funkcja	Objawy
Azot (N)	synteza białek (wzrost i plon)	liście słabiej rozwinięte, barwy jasnozielonej do żółtej, słabszy rozwój roślin, przy dużym nasileniu nowe liście słabo rozwinięte, bardziej wyprostowane, ich brzegi zwiżają się do środka; mniejsza liczba łodyg i mniej zawiązanych bulw
Fosfor (P)	podział komórkowy i tworzenie struktur energetycznych; zwiększa liczbę bulw i poprawia wiele cech jakości	wolniejszy wzrost roślin, sztywne i cienkie łodygi, starsze liście wywijają się do góry, a na ich brzegach pojawiają się fioletowo-rdzawe plamy, które mogą

		objąć cały liść, zmienia on wtedy barwę na ciemnoczerwoną, a dolna strona może mieć barwę fioletowopurpurową; ostatecznie liście brązowieją i mogą opadać, na bulwach mogą pojawiać się rdzawe plamy
Potas (K)	transport cukrów, kontrola aparatów szparkowych, kofaktor (związek chemiczny potrzebny enzymom do katalizowania reakcji) wielu enzymów (np. odpowiedzialnych za przechowywanie bulw, produkcję melanin – zmniejsza ciemnienie miąższu), redukuje podatność na choroby	pierwsze objawy na wierzchołku i brzegach starszych liści, liście stają się jasnozielone, a następnie tworzy się brązowa nekroza; rośliny z niedoborem potasu są małe, o krzacastym pokroju; zdrobnienie bulw, które po ugotowaniu ciemnieją
Wapń (Ca)	główny budulec w ścianach komórkowych, stabilizuje błony i ogranicza ich przepuszczalność	zamieranie wierzchołków pędów, zahamowanie wzrostu roślin, zwijanie górnych liści na łodygach, na bulwach mogą się tworzyć brązowe nekrotyczne plamy
Siarka (S)	synteza niezbędnych aminokwasów cystyny i metioniny, zwiększa odporność roślin na choroby	chloroza liści początkowo młodszych, później również i starszych, utrata turgoru, czerwone zabarwienie nerwów liścia, nekrozy w centralnej części liścia
Magnez (Mg)	składnik chlorofilu, stymuluje pobieranie składników mineralnych, wpływa na zawartość witaminy C i skrobi	chloroza między nerwami, zabarwienie od jasnożółtego do żółtego, nekrozy pomiędzy nerwami, zwiędły pokrój roślin, obniżenie jakości i plonu bulw
Żelazo (Fe)	biosynteza chlorofilu, udział w procesach fotosyntetycznych, udział w wiązaniu azotu atmosferycznego	chloroza młodych liści, później żółknięcie, ciemnozielone zabarwienie nerwów liścia, przy silnym niedoborze chloroza starszych liści
Mangan (Mn)	niezbędny w procesie fotosyntezy, syntezy białek, pobieranie żelaza, ogranicza możliwość porażania roślin przez bakterie <i>Streptomyces scabies</i>	jasne i żółte plamki pomiędzy nerwami liścia; później tworzą się nekrozy, głównie między nerwami i wzdłuż nerwów
Bor (B)	składnik ścian komórkowych, udział w metabolizmie kwasów nukleinowych, we wzroście i rozwoju komórek, regulacja gospodarki węglowodanowej	zaburzony wzrost łodyg i korzeni, niskie rośliny o wyglądzie rozety, stożek wzrostu oraz końcówki pędów zamierają, liście łamliwe, ich krawędzie mogą się wywijać do góry
Cynk (Zn)	udział w syntezie chlorofilu, witamin B, C i P, przetwarzaniu kwasów organicznych	zahamowanie wzrostu, chloroza i żółknięcie liści, młode liście wywijają się do góry i mogą przypominać objawy liściozwoju
Miedź (Cu)	składnik enzymów fotosyntetycznych i biorących udział w syntezie chlorofilu, wpływa na metabolizm azotu i węglowodanów	młode liście zwisają jak zwiędnięte, blaszki liści między nerwami początkowo jaśniejsze, później jasnożółte do brunatnożółtych

Źródło: Haifa Pioneering Future 2016 i Rębarz 2018

Literatura**1. Crop Guide: Potato Nutritional Requirements**

<https://www.haifa-group.com/crop-guide/field-crops/crop-guide-potato/nutrients-growing-potatoes> [dostęp 25.07.2020]; **2. Czuba R. 2000.** Mikroelementy we współczesnych systemach nawożenia. – Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 471: 161-169; **3. Grzebisz W. 2009.** Nawożenie roślin uprawnych. T. 2. Nawozy i systemy nawożenia. PWRiL Warszawa: 375 s.; **4. Grzebisz W. 2011.** Potas – system nawożenia. Wyd. „Prodruck” Poznań: 29 s.; **5. Grześkowiak A. 2013a.** Efektywność nawożenia azotem. [W:] Vademecum nawożenia, czyli zbiór podstawowych, praktycznych informacji o nawożeniu. Grupa Azoty SA: 16-20; **6. Grześkowiak A. 2013b.** Efektywność nawożenia fosforem. [W:] Vademecum nawożenia, czyli zbiór podstawowych, praktycznych informacji o nawożeniu. Grupa Azoty SA: 20-25; **7. Grzyś E. 2004.** Rola i znaczenie mikroelementów w żywieniu roślin. – Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.

502: 89-99; **8. Katyal J. C., Datta S. P. 2004.** Role of micronutrients in ensuring optimum use of macronutrients. IFA Int. Symp. on Micronutrients. 23-25.01. 2004, New Delhi, India: 12 s.; **9. Poradnik sygnalizatora ochrony ziemniaka. 2016.** Opr. zbior. pod red. nauk. A. Wójtowicza i M. Mrówczyńskiego. IOR-PIB Poznań: 216 s.; **10. Rębarz K. 2018.** Ziemniak. Identyfikacja agrofagów oraz niedoborów. Agro Wydawnictwo Suchy Las: 272 s.; **11. Stępień W., Rutkowska B., Szulc W. 2009.** Wpływ stosowania różnych nawozów potasowych na plony i jakość roślin. – Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 538: 251-256; **12. Trawczyński C., Prokop W. 2016.** Plon i jakość bulw ziemniaka w zależności od zastosowanego nawożenia z wykorzystaniem doglebowych i dolistnych wieloskładnikowych preparatów nawozowych. – Polish J. Agron. 24: 23-29; **13. Zarzecka K. 2006.** Uprawa ziemniaka w Polsce warunkująca właściwą jakość plonu. – Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 511: 53-72

