

Effect of non-chemical and chemical protection on healthiness and yielding of horseradish

Wpływ niechemicznej i chemicznej ochrony na zdrowotność i plonowanie chrzanu

Katarzyna Glen

Summary

Applied protection methods modified the yield, the structure of horse radish root fraction and leaf infection by *Albugo candida*, *Alternaria* spp. and *Pyrenopeziza brassicae*.

In comparison with biological protection, chemical protection gave better yield forming effects. The value of the total yield of horse radish roots per hectare was on average higher by 1.23 t and the marketable yield by 1.24 t. Among the observed fungal diseases, blackleg (*Phoma lingam*) was the most intensified on horse radish leaves. Its average occurrence was 67.8% of plants at an average infection rate on the level of 5.6. During all vegetation seasons chemical protection proved to be more efficient in limiting horse radish leaves infection by *Alternaria* spp. and *A. candida*, whereas biological preparations produced a better effect in light leaf spot control.

Key words: horseradish, protection method, fungal diseases, yielding

Streszczenie

Zastosowane metody ochrony modyfikowały plon, strukturę frakcji korzeni chrzanu oraz porażenie liści przez *Albugo candida*, *Alternaria* spp. i *Cylindrosporium concentricum*. Ochrona chemiczna w porównaniu z biologiczną, dawała lepsze efekty plonotwórcze. Wartość plonu całkowitego korzeni chrzanu z hektara była wyższa średnio o 1,23 t, a plonu handlowego o 1,24 t. Spośród obserwowanych chorób grzybowych na liściach chrzanu w największym nasileniu występowała sucha zgnilizna kapustnych (*Phoma lingam*), którą średnio stwierdzano na 67,8% roślinach, przy średnim stopniu porażenia na poziomie 5,6. We wszystkich sezonach wegetacji ochrona chemiczna okazała się bardziej skuteczna w ograniczeniu porażenia liści chrzanu przez *Alternaria* spp. i *A. candida*, a preparaty biologiczne dawały najlepszy efekt w zwalczaniu cylindrosporiozy.

Słowa kluczowe: chrzan, metody ochrony, choroby grzybowe, plonowanie

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
Katedra Ochrony Środowiska Rolniczego
Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków
rrglen@cyf-kr.edu.pl

Wstęp / Introduction

Chrzan (*Armoracia rusticana* Gaertn) jest warzywem, którego powierzchnia upraw w Polsce wynosi 1900 ha, zalicza się więc do upraw małoobszarowych (Robak i Ostrowska 2006). Ponadto charakterystyczną cechą jest koncentracja ponad 90% plantacji chrzanu w obrębie trzech powiatów województwa łódzkiego. Największym światowym producentem i eksporterem chrzanu są Stany Zjednoczone, gdzie podobnie jak w naszym kraju, uprawa tego gatunku ma wymiar lokalny (ponad 50% ogólnej produkcji pochodzi ze stanu Illinois) (Babadoost 2012). We wszystkich rejonach uprawy plantacje tej rośliny podczas wegetacji narażone są na występowanie licznych chorób powodowanych przez wirusy, bakterie, fit plazmy i szczególnie grzyby (Hickman i Varma 1968; Fletcher i wsp. 1981; Macias 1997; Cucuzza i wsp. 1998; Babadoost i wsp. 2004; Gleń 2008, 2009). Patogeny w znaczący sposób wpływają na uzyskiwane plony korzeni oraz ich jakość, dlatego skuteczna ochrona jest priorytetem dla plantatorów. W tradycyjnej uprawie chrzanu, podczas wegetacji wykorzystywane są przede wszystkim fungicydy syntetyczne, natomiast preparaty biologiczne mają marginalny udział.

Intensywna ochrona chemiczna może być przyczyną pogorszenia jakości korzeni chrzanu. Zgodnie z wymaganiami Unii Europejskiej w surowcach przeznaczonych do przemysłu przetwórczego nie dopuszcza się pozostałości pestycydów. Komisja Europejska kwestionuje dopuszczenie do obrotu środków, których substancje aktywne uznane są za szkodliwe. Wzrasta zainteresowanie preparatami biologicznymi, a ich skuteczność w ochronie przed patogenami potwierdzają liczne badania przeprowadzone na różnych gatunkach roślin (Batur 2003; Solarska i Jończyk 2003; Lenc 2007; Sadowski i wsp. 2009).

Celem badań było porównanie zdrowotności oraz plonowania chrzanu chronionego w okresie wegetacji fungicydami syntetycznymi: Topsin M 500 SC, Penncozeb 80 WP, Amistar 250 SC, Tebu 250 EW, Dithane Neo Tec 75 WG oraz preparatem biologicznym Polyversum WP i preparatami zawierającymi substancje naturalne: Biosept 33 SL, Biochikol 020 PC, Bioczoz BR.

Materiały i metody / Materials and methods

Eksperyment polowy przeprowadzono w latach 2008–2010 w Siemkowicach, powiat pajęczański, województwo łódzkie. Gleba, na której założono doświadczenie należy do klasy bonitacyjnej IVb kompleksu przydatności rolniczej żyniego dobrego. Według analizy składu granulometrycznego warstwa orna gleby zawierała: 42% piasku, 33% pyłu i 25% części spławianych. Ponadto charakteryzowała się wysoką zawartościom fosforu i potasu oraz niską magnezu. Z kolei zasobność w próchnicę była niska i wynosiła 1,83%, a pH 5,48.

Jednoczynnikowe doświadczenie polowe założono w układzie bloków losowanych w trzech powtórzeniach. Badanym czynnikiem była metoda ochrony chrzanu przed chorobami. W ochronie chemicznej wykorzystano syntetyczne fungicydy – zastosowano pięć zabiegów: przed

sadzeniem moczone przez 15 minut sadzonki chrzanu w 0,8% roztworze preparatu – Topsin M 500 SC (tiofanat metylowy), z chwilą pojawienia się pierwszych symptomów chorób stosowano nalistną aplikację preparatami Penncozeb 80 WP (mankozeb) – 2 kg/ha, Amistar 250 SC (azoksystrobina) – 1 l/ha, Tebu 250 EW (tebukonazol) – 1,25 l/ha, Dithane Neo Tec 75 WG (mankozeb) – 3 kg/ha. Z kolei drugi rodzaj ochrony przeprowadzono z wykorzystaniem 0,05% cieczy użytkowej biopreparatu Polyversum WP (*Pythium oligandrum*) do zaprawienia korzeni, nalistną aplikację wykonano środkami ochrony roślin zawierającymi substancje naturalne: 2 × Biochikol 020 PC (chitozan) – 2% w fazie 4 i 6 liści, 2 × Biosept 33 SL (ekstrakt z nasion i miąższu grejfruta) – 0,2%, 2 × Bioczoz BR (miazga czosnkowa) – 4 kostki/l wody.

W pierwszej dekadzie kwietnia sadzonki chrzanu odmiany Alpo wysadzano w rozstawie 35 × 62,5 cm, wielkość jednego poletka wynosiła 20 m², a całkowita powierzchnia robocza 120 m². W każdym roku przedplonem dla chrzanu było pszenżyto. W obu kombinacjach chrzan uprawiano na pełnej dawce obornika wynoszącej 35 t/ha. Jesienią zastosowano nawożenie: Polidap NP – 100 kg P₂O₅/ha, sól potasową – 100 kg K₂O/ha. Z kolei wiosną przed sadzeniem wprowadzono nawozy mineralne siarczan potasu – 80 kg K₂O/ha, superfosfat magnezowy – 60 kg P₂O₅/ha oraz saletrę amonową borowaną – 100 kg N/ha.

Podczas wegetacji przeprowadzono ocenę nasilenia występowania chorób na 25 roślinach losowo wybranych z poletka. W fazie 6–8 liści rozety chrzanu oceniono procentowy udział roślin z objawami suchej zgnilizny kapustnych (*Phoma lingam*) oraz średni stopień porażenia w 9-stopniowej skali (1–9), według której 9 – oznacza rośliny zdrowe, a 1 – porażenie bardzo silne ponad 50% powierzchni blaszek liściowych ze zmianami chorobowymi, szczegółowy opis skali zamieszczony w pracy Gleń (2008). Z kolei w późniejszym okresie oceniono występowanie białej rdzy krzyżowych (*Albugo candida*), cylindrosporiozy (*Pyrenopeziza brassicae*) oraz czerni krzyżowych (*Alternaria* spp.).

Z porażonych liści chrzanu izolowano grzyby i identyfikowano je przy użyciu kluczy (Domsch i wsp. 1980; Ellis i Ellis 1985). Dominujący gatunek grzyba uznano za sprawcę choroby.

Po zbiorze wykonanym w III dekadzie października korzenie myto, a następnie określono: ich plon całkowity, procentowy udział frakcji korzeni w plonie oraz plon handlowy.

Uzyskane wyniki badań poddano dwuczynnikowej analizie wariancji, a istotność różnic testowano testem t-Studenta na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Warunki pogodowe panujące podczas wegetacji kształtują wielkość uzyskiwanych plonów oraz nasilenie występowania chorób infekcyjnych. Chrzan jest rośliną, która stosunkowo dobrze znosi spadki temperatury, ale gorzej toleruje niedobór wody. Obszar doświadczenia obejmuje lej kopalni Szczerców, który znacznie obniża poziom wód

gruntowych, w lata o małej ilości opadów dotkliwie pogłębia się deficyt wody. W badanych latach wyraźnie zaznaczyły się okresowe i nierównomierne zmiany rozkładu opadów atmosferycznych i w mniejszym stopniu temperatur. Najstabilniejsze warunki wilgotnościowo-temperaturowe na obszarze badań notowano w sezonie wegetacyjnym 2009 roku. Dobre uwilgotnienie gleby po obfitych marcowych opadach w 2009 r. korzystnie wpłynęło na wschody chrzanu. Intensywne opady atmosferyczne notowane w II i III dekadzie maja i czerwcu zapewniały optymalne uwilgotnienie gleby. Z kolei obfite deszcze w sierpniu i wrześniu na glebach przepuszczalnych sprzyjały przyrostom masy korzeniowej chrzanu. Niezależnie od zastosowanej ochrony w przeprowadzonych badaniach w 2009 roku całkowity plon korzeni był istotnie wyższy niż w pozostałych dwóch latach (tab. 1). Średnio uzyskiwano o 2,03 t z hektara mniej masy korzeniowej w 2008 roku i o 1,49 t w 2010 r. Ponadto w każdym roku uprawy uzyskiwano istotnie wyższy plon korzeni w kombinacji z zastosowaniem ochrony chemicznej.

Zastosowane preparaty nie miały istotnego wpływu na udział w plonie korzenia głównego, sadzonek najdłuższych (powyżej 35 cm) oraz na ilość odpadów (korzenie bardzo cienkie zaliczane do odrostów trzeciego rzędu) (tab. 2). Świerdzono istotne ich oddziaływanie na procentowy udział sadzonek o długości 20–35 cm i odrostów korzeniowych krótszych niż 20 cm kwalifikowanych jako plon handlowy. Zaprawienie sadzonek chrzanu preparatem Polyversum WP i późniejsza aplikacja nalistna: 2 × Biochikol 020 PC, 2 × Biosept 33 SL i 2 × Biocos BR

sprzyjało zwiększeniu udziału w plonie całkowitym sadzonek najkrótszych (20–25 cm) oraz średniej długości (25–30 cm). Z kolei pod wpływem preparatów chemicznych: Topsin M 500 SC, Penncozeb 80 WP, Amistar 250 SC, Tebu 250 EW, Dithane Neo Tec 75 WG notowano zwiększenie procentowego udziału sadzonek o długości 30–35 cm oraz frakcji korzeni poniżej 20 cm długości zaliczanych do plonu handlowego.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że sucha zgnilizna kapustnych w poszczególnych latach uprawy i każdej metodzie ochrony występowała w podobnym niezróżnicowanym statystycznie nasileniu (tab. 3). W dostępnej literaturze nie ma informacji o występowaniu tej choroby na chrzanie jednakże wiadomo, że często pojawia się na innych roślinach z rodziny Brassicaceae na terenie: Europy, Australii, USA i w Kanadzie, a jej pierwotnym źródłem zakażenia jest porażony materiał siewny (Fitt i wsp. 2006). Niezależnie od badanych czynników notowano średnio aż 67,81% udział roślin chrzanu z objawami tej choroby w średnim stopniu porażenia na poziomie 5,6 (tab. 3). Brak istotnych różnic w nasileniu suchej zgnilizny kapustnych między poszczególnymi sezonami wegetacji może wskazywać, że grzyb *P. lingam* zasiedlał sadzonki chrzanu. Natomiast zastosowane zaprawy nasienne niewystarczająco skutecznie chroniły roślinę przed tym patogenem. Potwierdzają to wcześniejsze badania autorki (Gleń 2009). Z kolei nasilenie bielika krzyżowych (*A. candida*), czerni krzyżowych (*Alternaria* spp.) i cylindrosporiozy (*P. brassicae*) na liściach chrzanu w poszczególnych latach było zróżnicowane

Tabela 1. Całkowity plon korzeni chrzanu w zależności od rodzaju stosowanych środków ochrony roślin [t/ha]

Table 1. Total root yield of horseradish depending on kind used plant protection preparation [t/ha]

Lata Years	Ochrona chemiczna Chemical protection	Ochrona bez chemicznych preparatów Protection without chemical preparations	Średnia Mean	NIR (0,05) LSD (0.05)
2008	8,76	7,52	8,14	0,62
2009	10,93	9,42	10,17	
2010	9,20	8,17	8,68	
Średnia – Mean	9,63	8,37	8,99	
NIR (0,05)–LSD (0.05)	1,03			

Tabela 2. Frakcje korzeni chrzanu [%] (średnie z lat)

Table 2. Fraction of root horseradish [%] (mean of the years)

Obiekty Treatments	Plon handlowy Yield trade		Sadzonki korzeniowe – Root cutting				Odpady Waste material
	korzeń główny tap root	< 20 cm	20–25 cm	25–30 cm	30–35 cm	> 35 cm	
Ochrona chemiczna Chemical protection	62,50	9,90	6,80	3,20	5,65	8,15	3,80
Ochrona bez chemicznych preparatów Protection without chemical preparations	60,90	7,30	10,20	5,80	4,20	7,50	4,10
Średnia – Mean	61,70	8,6	8,50	4,50	4,92	7,82	3,95
NIR (0,05)–LSD (0.05)	r.n.	1,55	2,32	1,21	0,65	r.n.	r.n.

r.n. – różnica nieistotna – not significant difference

Tabela 3. Wpływ różnych preparatów ochrony roślin na występowanie chorób chrzanu
Table 3. Influence of different plant protection preparations of the horseradish diseases occurrence

Wskaźniki występowania chorób Indexes of diseases occurrence	Lata Years	Ochrona chemiczna Chemical protection	Ochrona bez chemicznych preparatów Protection without chemical preparations	Średnia Mean
<i>Sucha zgnilizna kapustnych – Phoma lingam</i>				
% roślin porażonych Per cent of diseased plants	2008	67,70	64,92	66,30
	2009	58,80	63,40	61,10
	2010	77,00	75,05	76,02
Średnia – Mean		67,83	67,79	
NIR (0,05) – LSD (0.05)		r.n.*		r.n.**
Średni stopień porażenia Mean degree of infection	2008	5,40	5,57	5,48
	2009	6,10	5,90	6,00
	2010	5,15	5,49	5,32
Średnia – Mean		5,55	5,65	
NIR (0,05) – LSD (0.05)		r.n.		r.n.
<i>Bielik krzyżowych – Albugo candida</i>				
% roślin porażonych Per cent of diseased plants	2008	58,55	61,23	59,89
	2009	25,80	32,17	28,98
	2010	40,23	51,75	45,99
Średnia – Mean		41,52	48,38	
NIR (0,05) – LSD (0.05)		5,12		7,38
Średni stopień porażenia Mean degree of infection	2008	3,85	3,20	3,52
	2009	6,40	5,50	5,95
	2010	4,60	3,50	4,05
Średnia – Mean		4,95	4,06	
NIR (0,05) – LSD (0.05)		0,29		0,61
<i>Czerń krzyżowych – Alternaria spp.</i>				
% roślin porażonych Per cent of diseased plants	2008	22,8	35,3	29,05
	2009	15,40	27,14	21,27
	2010	30,13	35,60	32,86
Średnia – Mean		22,77	32,68	
NIR (0,05) – LSD (0.05)		3,28		5,83
Średni stopień porażenia Mean degree of infection	2008	7,33	6,04	6,68
	2009	7,80	6,70	7,25
	2010	6,10	4,90	5,50
Średnia – Mean		7,07	5,88	
NIR (0,05) – LSD (0.05)		0,60		0,48
<i>Cylindrosporioza – Pyrenopeziza brassicae</i>				
% roślin porażonych Per cent of diseased plants	2008	32,66	26,89	29,77
	2009	30,80	19,01	24,90
	2010	40,70	34,40	37,55
Średnia – Mean		34,72	26,76	
NIR (0,05) – LSD (0.05)		3,20		4,14
Średni stopień porażenia Mean degree of infection	2008	6,80	7,80	7,30
	2009	7,00	8,10	7,55
	2010	5,95	7,42	6,68
Średnia – Mean		6,58	7,77	
NIR (0,05) – LSD (0.05)		0,71		0,45

*różnica nieistotna między wartościami w wierszach – not significant difference between values in lines

**różnica nieistotna między wartościami w kolumnach – not significant difference between values in columns

(tab. 3). Na ogół w roku 2009, najbardziej sprzyjającym plonowaniu, notowano istotnie niższe wskaźniki porażenia dla tych chorób niż w 2008 i 2010 roku. W 2008 roku stwierdzono istotnie najsilniejsze porażenie liści chrzanu przez *A. candida*, wyrazem tego jest 59,89% udział roślin porażonych oraz średni stopień porażenia 3,5. Według Cucuzza i wsp. (1996) bielik krzyżowych jest powszechną chorobą chrzanu szczególnie silnie rozwijającą się w lata o niskiej temperaturze i wilgotnej pogodzie i długo utrzymującej się rosie na liściach. W 2008 roku, szczególnie w początkowych fazach wzrostu, kiedy rośliny są najbardziej wrażliwe na porażenie, warunki pogodowe sprzyjały wczesnym infekcjom chrzanu przez *A. candida*. W III dekadzie kwietnia i I oraz II maja 2008 roku notowano niskie temperatury nocą (a nawet majowe przymrozki) długo zalegające mgły, hamowały rozwój chrzanu, a nieznaczne ocieplenie podczas dnia sprzyjało rozwojowi zarodni pływkowych grzyba. W późniejszych okresach wegetacji do rozsiewania zarodników *A. candida* mogły również przyczynić się silne wiatry i towarzyszące im trąby powietrzne występujące okresowo w rejonie badań od lipca do września. Przy tak intensywnym nasileniu bielika krzyżowych w 2008 roku nie zaobserwowano istotnych różnic między kombinacjami ochronnymi. Z kolei w lata mniej sprzyjające metoda chemiczna dawała istotnie lepsze efekty ochronne niż biologiczna. Cylindrosporioza to kolejna choroba, która pojawia się epidemicznie na roślinach kapustowatych w Polsce zwłaszcza zaś na rzepaku (Karolewski 1999). Jednak brak jest doniesień o jej występowaniu na chrzanie. W obserwowanych sezonach wegetacji największe nasilenie cylin-

drosporiozy było w 2010 roku, który charakteryzował się największą ilością opadów atmosferycznych (tab. 3). Z kroplami deszczu przenoszone są zarodniki konidialne grzyba *P. brassicae*. Ochrona chrzanu z wykorzystaniem biopreparatu i preparatów zawierających substancje naturalne w porównaniu do ochrony chemicznej dawała lepsze efekty ochronne. Przy stosunkowo niewielkim nasileniu cylindrosporiozy (7,17) w analizowanych latach, średnio o 7,96% mniej roślin porażonych stwierdzano w kombinacji z zaprawionymi sadzonkami Polyversum WP i sześciokrotną aplikacją nalistną preparatów zawierających substancje naturalne (Biochikol 020 PC, Biosept 33 SL, Bioczoz BR). Z kolei ochrona chemiczna była bardziej skuteczna w ochronie liści chrzanu przed czernią krzyżowych (*Alternaria* spp.).

Wnioski / Conclusions

1. Zastosowane środki ochrony istotnie modyfikują plon, strukturę frakcji korzeni chrzanu oraz porażenie liści przez *A. candida*, *Alternaria* spp. i *P. brassicae*.
2. Ochrona chemiczna w porównaniu z niechemiczną daje lepsze efekty plonotwórcze. Wartość plonu całkowitego korzeni chrzanu z hektara przy takim samym udziale odpadów jest wyższa średnio o 1,23 t, a plonu handlowego o 1,24 t.
3. Ochrona chemiczna okazała się bardziej skuteczna w ograniczeniu porażenia liści chrzanu przez *Alternaria* spp. i *A. candida* a preparaty biologiczne dawały najlepszy efekt w zwalczaniu cylindrosporiozy.

Literatura / References

- Babadoost M. 2012. A surveillance of horseradish diseases in Illinois in 2000. Veg-fruit.cropsci.illinois.edu/.../Horseradish, dostęp: 05.03.2012.
- Babadoost M., Chen W., Bratsch A.D., Eastman C.E. 2004. *Verticillium longisporum* and *Fusarium solani*: two new species in the complex of internal discoloration of horseradish roots. Plant Pathol. 53: 669–676.
- Baturo A. 2003. Effect of chitosan on *Bipolaris sorokiniana* (Sacc. in Sorok.) shoemaker growth and spring barley infection. Bull. Pol. Ac., Biol. 51 (2): 95–100.
- Cucuzza J., Dodson J., Gabor B., Jiang J., Kao J., Randleas D., Stravato V., Watterson J. 1998. Choroby Warzyw Krzyżowych, Praktyczny Przewodnik i Atlas Chorób Warzyw Kapustnych. Wyd. Hortpress, Warszawa: 6–36.
- Domsch K.H., Gams W., Anderson T.H. 1980. Compendium of Soil Fungi. Academic Press, London 619 pp.
- Ellis M.B., Ellis J.P. 1985. Microfungi on Land Plants. An Identification Handbook. Macmillan Publishing Company, New York, 818 pp.
- Fitt B.D.L., Brun H., Barbetti M.J., Rimmer S.R. 2006. World-wide importance of phoma stem canker (*Leptosphaeria maculans* and *L. biglobosa*) on oilseed (*Brassica napus*). Eur. J. Plant Pathol. 114: 3–15.
- Fletcher J., Schultz G.A., Davis R.E., Eastman C.E., Goodman R.M. 1981. Brittle root disease of horseradish: Evidence for an etiological role of *Spiroplasma citri*. Phytopathology 71 (10): 1073–1080.
- Gleń K. 2008. Evaluation of foliar fertilizers for horseradish (*Armoracia rusticana* Gaernt) against fungal diseases. Ecol. Chem. Eng. A, 15 (45): 331–336.
- Gleń K. 2009. Wpływ nawożenia dolistnego na plonowanie oraz porażenie chrzanu (*Armoracia rusticana* Gaernt) przez *Verticillium dahliae* i *Phoma lingam*. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 49 (4): 2047–2051.
- Hickman A.J., Varma A. 1968. Viruses in horseradish. Plant Pathol. 17: 26–30.
- Karolewski Z. 1999. The occurrence of light leaf spot on winter oilseed rape in Western Poland in 1991–1996 and the characteristic of *Pyrenopeziza brassicae* isolates. Phytopathol. Pol. 18: 113–121.
- Lenc L. 2007. Skuteczność Bioseptu 33 SL w ograniczeniu alternariozy ziemniaka (*Alternaria* spp.) uprawianego w gospodarstwie ekologicznym. J. Res. Appl. Agric. Eng. 52 (3): 101–104.
- Macias W. 1997. Ważniejsze choroby chrzanu i ich zwalczanie. Nowości Warzywnicze 31: 27–36.
- Robak J., Ostrowska A. 2006. Najważniejsze zagrożenia chorobami małoobszarowych upraw warzyw i potencjalne możliwości ich zwalczania. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 46 (1): 114–120.
- Sadowski C., Lenc L., Łukanowski A. 2009. Aspekt fitopatologiczny uprawy cebuli nasiennej w gospodarstwie ekologicznym. J. Res. Appl. Agric. Eng. 54 (4): 80–83.
- Solarska E., Jończyk K. 2003. Ocena skuteczności działania preparatu Biosept 33 SL w pszenicy ozimej uprawianej w systemie ekologicznym. J. Res. Appl. Agric. Eng. 48 (3): 20–22.