

Ochrona

RIZOKTONIOZA ZIEMNIAKA – AGROTECHNICZNE METODY ZWALCZANIA

RHIZOCTONIA SOLANI – AGROTECHNICAL METHODS OF CONTROL

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

Rizoktonioza jest jedną z najważniejszych chorób roślin i bulw ziemniaka, która poprzez swoje formy chorobowe (gnicie kielków, próchnienie podstawy łodygi i ospowatość bulw) może powodować znaczne straty plonu i jego jakości. Zabiegi agrotechniczne zapobiegające występowaniu choroby to m.in. stosowanie zdrowego, wolnego od sklerot materiału sadzeniakowego, uprawa na glebach piaszczystych o odczynie lekko kwaśnym, szybko ogrzewających się i niemających tendencji do nadmiernego gromadzenia wilgoci, głębokie spulchnianie (orka na głębokość 35 cm), uprawa ziemniaków na tym samym polu co 4-5 lat, odpowiednie nawożenie NPK i Ca, staranne odchwaszczanie plantacji, nieopóźnianie zbioru po desykcji naci.

Słowa kluczowe: gnienie kielków, grzyb *Rhizoctonia solani*, metody agrotechniczne, ospowatość bulw, próchnienie podstawy łodygi, sklerocja

Abstract

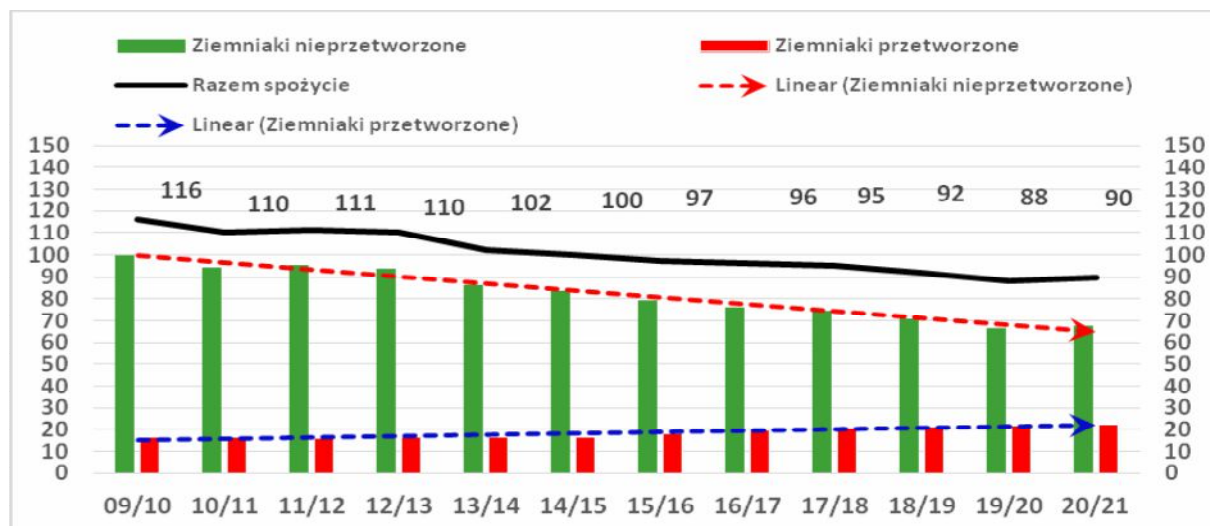
Rhizoctonia solani causes a group of the most important diseases of potato canopy and tubers, which due to its symptoms (sprout rot, stem canker, and black scurf on tubers), can cause significant losses of the yield and its quality. Agrotechnical treatments to prevent the occurrence of the disease include the use of healthy, sclerotic free seed material, cultivation on slightly acidic sandy soils, quickly heating up and not being prone to excessive moisture accumulation, deep loosening (plowing to a depth of 35 cm), cultivation of potatoes in the same field every 4-5 years, proper fertilization of NPK and Ca, careful weeding of plantations, not delaying harvest after desiccation of the tops.

Keywords: agrotechnical methods, black scurf, *Rhizoctonia solani* fungus, sclerotia, sprout rot, stem canker

Zmiany, jakie w ciągu ostatnich kilkadziesiąt lat obserwujemy w sektorze ziemniaczanym w Polsce, sprawiają, że roślina ta z ważnego źródła pożywienia dla zwierząt oraz ludzi stała się bardziej waznym, które nie jest już jednym z podstawowych produktów żywienia Polaków. Od wielu lat spada spożycie ziemniaków nieprzetworzonych a rośnie spożycie przetworów ziemniaczanych (rys. 1). Na tym tle wzrasta znaczenie chorób skórki, które występując na bulwach, obniżają ich jakość nie tylko jako materiału nasiennego, ale przede

wszystkim jako surowca do produkcji przetworów (frytki, chipsy, susze) oraz sprzedawanych jako myte i paczkowane (Osowski 2021).

Jedną z ważniejszych chorób skórki bulw ziemniaka to właśnie rizoktonioza, której sprawcą jest grzyb *Rhizoctonia solani* Kühn. Jest to anamorfa (postać rozwojowa rozmnażająca się bezpłciowo), która należy do rzędu *Cantharellales*, rodziny *Ceratobasidiaceae* i gatunku *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk (Tsrör 2010, Weber 2011).



Rys. 1. Spożycie ziemniaków na jednego mieszkańca (Dzwonkowski i in. 2021)

Choroba występuje powszechnie na plantacjach ziemniaka (Banville i in. 1996; Fiedorow i in. 2008; Johnson, Leach 2020), wpływając negatywnie zarówno na wielkość plonu, jak i jego jakość (Weber 2011) – tabela. 1. Jej sprawca ma bardzo wielu żywicieli – ok. 250 gatunków (Truter 2005).

Zwalczanie rizoktoniozy ziemniaka – ze względu na wiele źródeł infekcji (sadzeniak, gleba, pozostałości roślin, żywiele pośredni), czas uprawy ziemniaka obejmujący wiele etapów, złożony cykl zbioru i przechowywania oraz problemy z ochroną (zwłaszcza na plantacjach ekologicznych) – jest trudne i wymaga wykorzystania wszystkich dostępnych metod (Tsrer 2010).

Rizoktonioza jest traktowana jako zespół chorobowy, który występuje powszechnie na obszarach produkcji ziemniaka (Banville, Carling 2001), a jej rozprzestrzenianiu się sprzyjają porażone bulwy nasienne, tak jak w przypadku innych patogenów przenoszonych przez nasiona (Tsrer (Lahkim) i in. 1999). Za główne formy chorobowe powodowane przez *Rhizoctonia solani* na świecie uważa się próchnienie podstawy łodygi oraz ospowatość bulw (Virgen-Calleros 2000, Banville 1989, Tsrer 2010). W Polsce za trzecią formę uważane jest gnicie kielków (Lutomirska, Szutkowska 2000; Weber 2011). Choroba ma złożony cykl rozwoju, a jej rozprzestrzenianie ułatwiają liczne źródła infekcji (rys. 2).

Tabela 1

Straty plonu powodowane przez rizoktoniozę ziemniaka

Straty plonu (%)	Kraj	Literatura
15-20	Finlandia	Lehtonen (2009)
10-25	Indie	Sharma, Sohi (2015)
30	Wielka Brytania	Walker 2021
30	Kanada, Urugwaj, USA	Weinhold i in. (1982), Banville (1989), Carling i in. (1989), Read i in. (1989), Platt i in. (1993)
30	Izrael	Tsrer (2010)
34	Indie	Manoj i in. (2017)
15-20 obsady	Polska	Lutomirska, Szutkowska (2000)
50	Szwajcaria	Häni i in. (1998)

Źródło: opracowanie własne



Rys. 2. Rizoktonioza ziemniaka – rozwój choroby (oprac. własne)

Warunki sprzyjające rozwojowi rizoktoniozy

Rzeczywiście rozwój choroby jest uzależniony od wielu czynników, z których duże znaczenie mają temperatura powietrza i gleby, woda, typ gleby oraz jej pH. Optymalne pH waha się w granicach odczynu obojętnego do kwaśnego (Ritchie i in. 2006, 2009; Johnson, Leach 2020).

Za inny ważny czynnik mający wpływ na jej wystąpienie i nasilenie Jager i Velvis (1983) uważają rodzaj gleby. Sprzyjająca jest też uprawa ziemniaków na glebach cięższych i gliniastych. Przebieg choroby, jak oceniają Jager i inni (1991), na glebach piaszczystych o lekko kwaśnym odczynie jest łagodniejszy niż na gliniastych, co może mieć związek z występowaniem większej ilości antagonistów patogenu. Harris i inni (2003) uważają także, że czynnikiem mającym wpływ na rozwój choroby jest stan napowietrzenia gleby. Pogląd ten potwierdza Lutomska (2009), uważając, że gleby bardziej napowietrzone sprzyjają rozwojowi rizoktoniozy na bulwach.

Nasilenie objawów rizoktoniozy na bulwach jest uzależnione nie tylko od ilości inkulum, jaka znajduje się na bulwach i w glebie, ale także duże znaczenie ma lokalny

klimat, a choroba gwałtowniej rozwija się w chłodnych warunkach (Otrysko i in. 1985; Carling, Leiner 1990; Campion i in. 2003; Justesen i in. 2003). Lutomska i Jankowska (2013) wykazały, że osadzaniu się sklerocjów na bulwach sprzyjają okresy długotrwałego optymalnego nawilgotnienia gleby. Lootsma i Scholte (1997) natomiast – że na rozwój porażenia łodyg oraz tworzenie się i osadzanie sklerocjów duży wpływ ma wilgotność gleby. Według nich rizoktonioza ma ostrzejszy przebieg, kiedy gleba jest bardziej sucha (ok. 45% połowej pojemności wodnej) niż mokra (połowa pojemności wodna >75%). Jak uważa Agrios (2005), temperatura odgrywa ważną rolę we wzajemnych relacjach roślina – patogen: optymalna temperatura dla rozwoju roślin hamuje rozwój patogenu i odwrotnie – w temperaturach niskich rozwój roślin jest zahamowany, a wzrasta aktywność sprawcy choroby. Sneh i inni (1996) za optymalne temperatury dla roślin uważają 20-25°C, a dla patogenu 10-15°C.

Skuteczne zwalczanie rizoktoniozy ziemniaka wymaga zintegrowanego podejścia do ochrony, a także wiedzy o każdym z jej etapów. Zabiegi agrotechniczne oraz biologiczne metody zwalczania chorób powinny według zasad integrowanej ochrony roślin obo-

wiążących od 1 stycznia 2014 r. być wykorzystywane do ograniczania szkodliwości agrofagów w pierwszej kolejności. Jest to zgodne z poglądem Tsror (2010), która chociaż uważa stosowanie środków ochrony roślin za ważną metodę ochrony, to metody agrotechniczne w przypadku chorób przenoszonych przez bulwy i glebę uznaje za równie ważne narzędzie do ograniczania szkód.

Zdrowy materiał sadzeniakowy i odporne odmiany

O znaczeniu choroby decyduje nie tylko jej szkodliwość, ale także ilość i dostępność do źródeł infekcji. W przypadku rizoktoniozy – tak jak i innych chorób, które są rozprzestrzeniane przez bulwy lub nasiona – właśnie bulwy stanowią najważniejszy materiał infekcyjny, za pośrednictwem którego może być przenoszona na duże odległości (Slack 1993). Znaczenie zainfekowanych bulw jako głównego źródła infekcji podkreślają także m.in. Frank i Leach (1980), Powelson i inni

(1993), Tsror (Lahkim) i inni (1999) oraz Brierley i inni (2009). **Tak więc zdrowy, wolny od sklerot materiał sadzeniakowy jest jedną z podstawowych metod zapobiegania rizoktoniozie** (Tsror 2010). Według norm sadzeniaków obowiązujących w Polsce w partii przeznaczony do sadzenia nie może być więcej niż 5% bulw z objawami ospowatości, których wielkość nie przekracza 10% powierzchni bulwy (Dz. U. 2013, poz. 517 z późn. zm.). W innych krajach mogą obowiązywać inne wartości, np. w Nowej Zelandii dopuszcza się obecność 5% bulw z objawami ospowatości do 5% pokrycia powierzchni (Bienkowski 2012). Johnson i Leach (2020) stwierdzają, że jeśli na powierzchni umytych bulw widocznych jest więcej niż 20 sklerocjów, należy poważnie rozważyć użycie innych sadzeniaków (fot. 1 i 2). Według nich inokulum znajdujące się na bulwie jest najważniejszym źródłem choroby i hodowcy powinni używać tylko bulw bez sklerot.



Fot. 1. Objawy silnego porażenia bulw ospowatością (wszystkie zdjęcia autora)



Fot. 2. Porażenie poniżej 10% powierzchni skórki bulwy

W przypadku rizoktoniozy trudno mówić o odporności czy podatności odmian, ponieważ grzyb *R. solani* wytwarza jedynie na bulwach formy przetrwalnikowe (Pietkiewicz, Choroszewski 1983). Na podstawie badań przeprowadzonych w różnych krajach uważa się że mogą istnieć pewne różnice między odmianami w nasileniu występowania ospowatości na bulwach, ale nie ma odmian całkowicie odpornych (Chrzanowska 2002, Bains i in. 2002, Wróbel 2006).

Wybór stanowiska, rodzaj gleby, uprawa pola

Rodzaj gleby jest jednym z ważnych czynników mających wpływ nie tylko na wysokość plonów, ale także może ułatwiać lub utrudniać rozwój patogenów, przyczyniając się do zwiększenia lub ograniczenia możliwości rozwoju choroby i jej nasilenia. Jager i Velvis (1983) stwierdzają, że gleby cięższe – piassek gliniasty, glina piaszczysta czy glina – bardziej sprzyjają rozwojowi choroby w porównaniu z glebami piaszczystymi o odczynie lekko kwaśnym. Według Carlinga i Leine-

ra (1990) oraz Wnękowskiego i Błaszczaka (1997) gleby szybko ogrzewające się i niemające tendencji do nadmiernego gromadzenia wilgoci mniej sprzyjają rozwojowi rizoktoniozy na plantacjach ziemniaka. Spośród zabiegów agrotechnicznych Leach i inni (1993) dużą rolę w ograniczaniu ilości materiału infekcyjnego w glebie przypisują orce na głębokość 35 cm. Peters i inni (2004) wykazali, że głębokie spulchnianie w większym stopniu ogranicza porażenie podziemnych części łodyg oraz osadzanie się sklerot niż orka normalna. Według Otten i Gilligan (1998) grzyb *R. solani* jest najbardziej aktywny w glebie do głębokości 10 cm.

Sadzenie – termin, głębokość

Według Zarzyńskiej (2012) o terminie sadzenia powinna decydować przede wszystkim temperatura gleby na głębokości 10 cm. Optymalne terminy sadzenia w Polsce to okres od II dekady kwietnia do I dekady maja (rys. 3). Tylko w rejonie uprawy ziemniaków na wczesny zbiór jest to okres od II do III dekady marca (ziemniaki pod osłonami z włókniny lub folii).

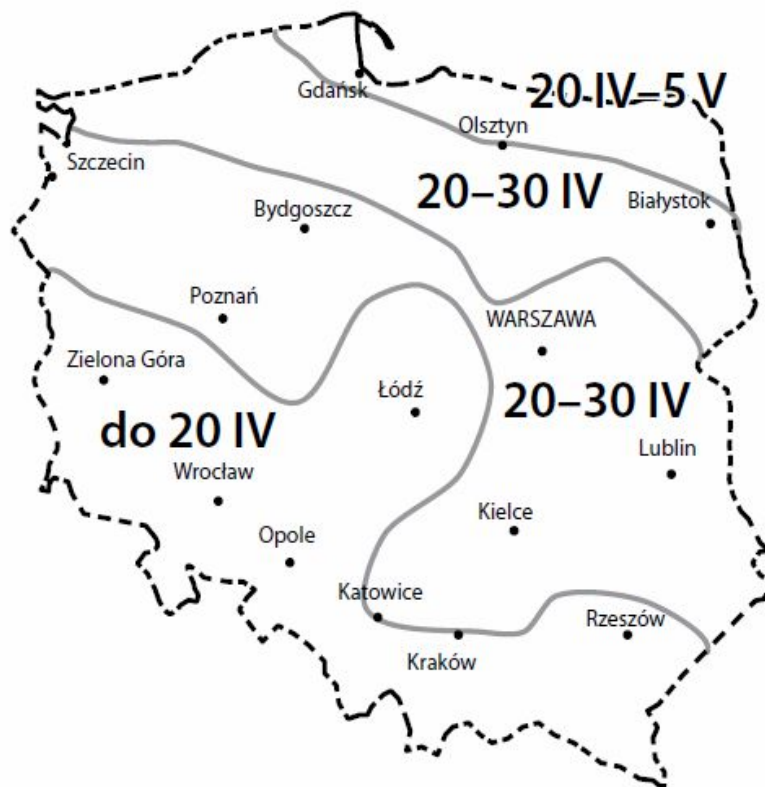
Rizoktoniozie sprzyja wilgotna i chłodna pogoda i gleby, które wolno się ogrzewają (Carling, Leiner 1990). Według Gruczka (2011) głębokość sadzenia powinna odpowiadać średnicy sadzeniaka powiększonej o 1-2 cm, mierzona od wyrównanej powierzchni przed sadzeniem. Podobne poglądy wyrażają Johnson i Leach (2020), stwierdzając, że przykrywanie bulw warstwą gleby większą niż dwa cale (1 cal = 2,54 cm) może przyczynić się do opóźnienia wschodów i zwiększenia ryzyka porażania się kielków i łodyg. Uważają też, że poziom odporności na infekcję wzrasta wraz z dostępem rozwijających się roślin do światła.

Za inne czynności skracające okres wschodów oraz zwiększające możliwość uzyskania odporności Banville i inni (1996) uznają także podkielkowanie lub pobudzanie bulw oraz – w przypadku niskich temperatur i wysokiej wilgotności gleby – opóźnienie terminu sadzenia. Według Lenca

(2006) podkielkowanie bulw jest zabiegiem korzystnym, mającym wpływ na ograniczenie rozwoju rizoktoniozy. Inny pogląd wyraża Wróbel (2003, 2006), uważając, że podkielkowanie bulw nie ma istotnego wpływu na ograniczenie osadzania się sklerot na bulwach. Infekcja roślin rozwijająca się na skutek opóźnienia wschodów i porażenia kielków i łodyg powoduje zmniejszenie liczby łodyg, liczby bulw i ich wielkości oraz pogorszenie jakości. Poprzez zmniejszanie liczby stolonów i skracanie ich długości często powoduje także zazielenienie bulw, które nie mogą rozwijać się wystarczająco głęboko w glebie (Hide, Horrocks 1994) – fot. 3 i 4.



Fot. 3 i 4. Rozwój bulw na porażonych łodygach i stolonach



Rys. 3. Optymalne terminy sadzenia ziemniaków w Polsce
(źródło: Zarzyńska 2012 za Roztropowicz 1997)

Płodozmian, zmianowanie, częstotliwość uprawy

Jednym z głównych źródeł materiału infekcyjnego, oprócz bulw, jest inokulum glebowe (Tsrer, Peretz-Alon 2005), dlatego częstotliwość uprawy ziemniaków na tym samym polu odgrywa dużą rolę w jego namnażaniu (Campion i in. 2003; Justesen i in. 2003; Kapsa i in. 2014; Johnson, Leach 2020). Honeycutt i inni (1996) podkreślają, że chociaż płodozmian jest ważnym elementem ograniczania możliwości infekcji, to jednak zbyt duża częstotliwość uprawy ziemniaków po sobie stwarza większe ryzyko wystąpienia choroby wskutek zbyt dużego nagromadzenia materiału infekcyjnego w glebie.

Według Kapsy i innych (2014) istotne jest właściwe ułożenie płodozmianu, tak aby udział ziemniaków nie przekraczał 20-25%, czyli ziemniak na to samo pole powinien przychodzić po 4-5-letniej przerwie. Zapobiegnie to kumulacji materiału infekcyjnego w glebie i zmniejszy ryzyko wystąpienia choroby. Jednak jak podkreślają Baker i Martinson (1970), udział w płodozmianie buraków cukrowych, brokułów czy niektórych roślin

strączkowych nie ograniczał choroby. Larkin i Honeycutt (2006) stwierdzają, że korzystny wpływ na ograniczanie porażenia rizoktoniozą ma uprawa przed ziemniakami rzepaku, jęczmienia lub kukurydzy. Larkin i Brewer (2020) uważają, że rolę płodozmianu – oprócz poprawiania warunków uprawy – jest także aktywacja organizmów antagonistycznych, które hamują rozwój patogenów i zwiększają ogólną liczbę populacji mikroorganizmów konkurujących z patogenami. Scholte i Lootsma (1998) podkreślają także rolę nawozów zielonych (gorczyca biała, rzepak pastewny, owies), które stymulując rozwój populacji organizmów glebowych, wpływają korzystnie na ograniczenie nasilenia rizoktoniozy.

Nawożenie i zwalczanie chwastów

Czynnikiem istotnym dla gromadzenia plonu jest dostarczenie roślinom odpowiedniej ilości składników pokarmowych. Scholte (1992) oraz Jeger i inni (1996) stwierdzają, że zbyt wysokie dawki fosforu i azotu mogą być czynnikiem sprzyjającym rozwojowi choroby. Według Baker i Martinson (1970) rozwojowi choroby może także sprzyjać niedobór pota-

su i wapnia, a Banville i inni (1996) stwierdzają, że podwyższenie ich zawartości wpływa korzystnie na ograniczenie choroby.

Ziemniak do prawidłowego rozwoju wymaga gleb starannie odchwaszczonych. Stąd zadaniem wiosennej uprawy jest nie tylko ograniczenie strat wody i niszczenie chwastów, ale także ważnym aspektem jest przyspieszenie ogrzewania się gleby co znacznie zmniejsza ryzyko infekcji bulw rizoktoniozą z populacji glebowej (Kapsa i in. 2014). Obecność chwastów zmienia warunki wilgotnościowe w łanie, co zwiększa ryzyko występowania chorób. A więc wyeliminowanie zachwaszczenia oznacza nie tylko usunięcie konkurencji w dostępie do składników pokarmowych, wody i światła (Urbanowicz 2012), ale i zmniejszenie ryzyka porażenia rizoktoniozą. El Bakali i inni (2000) wykazali, że do alternatywnych gospodarzy *R. solani* mogą należeć z chwastów: komosa biała *Chenopodium album*, dwurząd rokiettowaty *Diplotaxis eurocooides*, psianka czarna *Solanum nigrum* i sorgo alepskie *Sorghum halepense*. Jager i inni (1982) oraz Oshima i inni (1963) powiększyli ten zakres o kolejne chwasty: perz właściwy *Elytrichia repens*, dymnica pospolita *Fumaria officinalis*, rumianek pospolity *Matricaria recutita*, szarłat szorstki *Amaranthus retroflexus*, komosa *Chenopodium* spp. oraz portulaka pospolita *Portulaca oleracea*.

Przygotowanie do zbioru i zbiór

Według Dijst i innych (1986) sposób przygotowania plantacji do zbioru i jego zbiór mają wpływ na proces osadzania się sklerot na bulwach. Jak uważają Johnson i Leach (2020), akumulacja sklerocjów na bulwach inicjowana jest przez fizjologię; kiedy roślina zaczyna obumierać, grzyb zaczyna proces tworzenia sklerocji i ich osadzania na bulwach. Dijst (1990) stwierdza, że proces ten jest związany z wydzielaniem przez korzenie ziemniaka lotnych substancji, które uaktywniają się w momencie starzenia się roślin.

Desykcja i termin zbioru są także ważnymi elementami ograniczania rozwoju choroby. Opóźnianie terminu zbioru po desykcji naci sprzyja porażeniu się bulw sklerocjami. Gudmestad i inni (1979) oraz Johnson i Leach (2020) stwierdzają, że wydłużanie czasu między desykcją a zbiorem sprzyja osa-

dzaniu się sklerot na bulwach, a ich maksymalny rozwój następuje 3 do 4 tygodni po desykcji naci. Dijst (1985) stwierdza, że połączenie mechanicznego niszczenia naci z desykcją chemiczną jest zabiegiem skuteczniejszym w ograniczaniu osadzania się sklerot niż niszczenie wyłącznie mechaniczne.

Rizoktonioza ziemniaka jest chorobą złożoną (przybiera różne formy), która ze względu na liczne źródła infekcji (bulwy, gleba, resztki roślin, żywicieli pośredni) wymaga do skutecznego jej zwalczania wykorzystania wszystkich dostępnych metod zalecanych w integrowanej ochronie. Ważną rolę w tym systemie ochrony zajmują agrotechniczne sposoby i metody uprawy. Ich właściwe stosowanie dzięki stwarzaniu warunków korzystnych dla rozwoju roślin oraz stymulowaniu populacji organizmów glebowych ogranicza rozwój rizoktoniozy oraz zwiększa skuteczność metod biologicznych i chemicznych.

Literatura

1. **Agrios G. N. 2005.** Plant Pathology. Acad. Press INC, London;
2. **Bains P. S., Bennypaul H. S., Lynch L. D. R., Kawchuk L. M., Schaupmeyer C. A. 2002.** Rhizoctonia disease of potatoes (*Rhizoctonia solani*): Fungicidal efficacy and cultivar susceptibility. – Am. J. Potato Res. 79(2): 99-106;
3. **Baker R., Martinson C. A. 1970.** Epidemiology of diseases caused by *Rhizoctonia solani*. [In:] Parmeter J. R. Jr. (ed.) Biology and Pathology of *Rhizoctonia solani*. Univ. California Press, Berkeley: 172-188;
4. **Banville G. J. 1989.** Yield losses and damage to potato plants caused by *Rhizoctonia solani* Kühn. – Am. Potato J. 66: 821-834;
5. **Banville G. B., Carling D. E. 2001.** Rhizoctonia canker and black scurf. [In:] Stevenson W. R., Loria R., Franc G., Weingartner D.P. (eds.). Compendium of potato diseases. APS Press, St. Paul, MN: 36-37;
6. **Banville G. J., Carling D. E., Otrysko B. E. 1996.** Rhizoctonia disease on potato. [In:] Sneh B, Jabaji-Hare S, Neate S, Dijst G. (eds) Rhizoctonia Species: Taxonomy, Molecular Biology, Ecology, Pathology and Disease Control. Dordrecht, Netherlands, Kluwer Acad. Publ.: 321-330;
7. **Bienkowski D. 2012.** Biological control of Rhizoctonia diseases of potato <https://www.researchgate.net> > Bienkowski_PhD [dostęp 10.02.2022];
8. **Brierley J. L., Stewart J. A., Lees A. K. 2009.** Quantifying potato pathogen DNA in soil. – App. Soil Ecol. 41: 234-238;
9. **Campion C., Chatot C., Perraton B., Andrivon D. 2003.** Anasto-

- mosis groups pathogenicity and sensitivity to fungicides of *Rhizoctonia solani* isolates collected on potato crops in France. – Eur. J. Plant Pathol. 109: 983-992;
- 10. Carling D. E., Leiner R. H. 1990.** Effect of temperature on virulence of *Rhizoctonia solani* and other *Rhizoctonia* on potato. – Phytopathology 80: 930-934;
- 11. Carling D. E., Leiner R. H., Westphale P. C. 1989.** Symptoms, signs and yield reduction associated with *Rhizoctonia* disease of potato induced by tuber-borne inoculum of *Rhizoctonia solani* AG-3. – Am. Potato J. 66: 693-701;
- 12. Chrzanowska M. 2002.** Wykorzystanie odporności odmian na choroby w ekologicznej uprawie ziemniaka. – Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 489: 21-32;
- 13. Dijst G. 1985.** Investigations on the effect of haulm destruction and additional root cutting on black scurf on potatoes. – Neth. J. Plant Pathol. 91: 153-162;
- 14. Dijst G., Bouman A., Mulder A., Roosjen J. 1986.** Effect of haulm destruction supplemented by cutting off roots on the incidence of black scurf and skin damage, flexibility of harvest period and yield of seed potatoes in field experiments. – Neth. J. Plant Pathol. 92: 287-303;
- 15. Dzwonkowski W., Szczepaniak I., Zdziarska T. 2021.** Popyt na ziemniaki. [W:] W. Dzwonkowski (red. nauk.) Rynek Ziemniaka 48: 20-27;
- 16. El Bakali M. A., Martin M. P., Garcia F. F., Moret B. A., Nadal P. M. 2000.** First report of *Rhizoctonia solani* AG-3 on potato in Catalonia (NE Spain). – Plant Dis. 84: 806;
- 17. Fiedorow Z., Gołębiak B., Weber Z. 2008.** Choroby roślin rolniczych. Wyd. AR Poznań;
- 18. Frank J. A., Leach S. S. 1980.** Comparison of tuber-borne and soilborne inoculum in the *Rhizoctonia* disease of potato. – Phytopathology 70: 51-53;
- 19. Gruczek T. 2001.** Technologia produkcji ziemniaka jadalnego i dla przetwórstwa spożywczego przy szerokości międzyrzędzi 75 cm. Instr. wdroż. Inst. Ziemn. Oddz. Jadwisin: 68 s.;
- 20. Gudmestad N. C., Zink R. T., Huguelet J. E. 1979.** The effect of harvest date and tuber-borne sclerotia on the severity of *Rhizoctonia* disease of potato. – Am. Potato J. 45: 35-41;
- 21. Häni F., Popow G., Reinhard H., Schwarz A., Tanner K., Vorlet M. 1998.** Ochrona roślin rolniczych w uprawie integrowanej. PWRiL Warszawa: 115-147;
- 22. Harris K., Young I. M., Gilligan C. A., Otten W., Ritz K. 2003.** Effect of bulk density on the spatial organisation of the fungus *Rhizoctonia solani* in soil. FEMS Microbiol. Ecol. 44: 45-56;
- 23. Hide G. A., Horrocks J. K. 1994.** Influence of stem canker (*Rhizoctonia solani* Kühn) on tuber yield, tuber size, reducing sugars and crisp colour in cv Record. – Potato Res. 37: 43-49;
- 24. Honeycutt C. W., Clapham W. M., Leach S. S. 1996.** Crop rotation and N fertilization effects on growth, yield, and disease incidence in potato. – Am. Potato J. 73: 45-61;
- 25. Jager G., Hekman W., Deenen A. 1982.** The occurrence of *Rhizoctonia solani* on subterranean parts of wild plants in potato fields. – Neth. J. Plant Pathol. 88:155-161;
- 26. Jager G., Velvis H. 1983.** Suppression of *Rhizoctonia solani* in potato fields.1. Occurrence. – Neth. J. Plant Pathol. 89(1-2): 21-29;
- 27. Jager G., Velvis H., Lamers J. G., Mulder A., Roosjen J. 1991.** Control of *Rhizoctonia solani* in potato by biological, chemical and integrated measures. – Potato Res. 34: 269-284;
- 28. Jeger M. J., Hide G. A., van der Bogert P. H. J. F., Termorshuizen A. J., van Baarlen P. 1996.** Soilborne fungal pathogens of potato. – Potato Res. 39: 437-469;
- 29. Johnson S. B., Leach S. S. 2020.** *Rhizoctonia* disease on potatoes. Bulletin #2273. <https://extension.umaine.edu/publications/wp-content/uploads/sites/52/2020/06/2273-reviewed-2020.pdf> [dostęp 08.02.2022];
- 30. Justesen A. F., Yohalem D., Bay A., Nicolaisen M. 2003.** Genetic diversity in potato field populations of *Thanatephorus cucumeris* AG-3, revealed by ITS polymorphism and RAPD markers. – Mycol. Res. 107: 1323-1331;
- 31. Kapsa J., Mrówczyński M., Erlichowski T., Gawińska-Urbanowicz H., Matyssek K., Osowski J., Pawińska M., Urbanowicz J., Wróbel S. 2014.** Ochrona ziemniaka zgodna z zasadami integrowanej ochrony roślin. Cz. I. Niechemiczne metody ochrony. – Biul. IHAR 273: 129-143;
- 32. Larkin R. P., Brewer M. T. 2020.** Effects of crop rotation and biocontrol amendments on *Rhizoctonia* disease of potato and soil microbial. – Agriculture 10, 128: 1-20; doi 10.3390/agriculture10040128;
- 33. Larkin R. P., Honeycutt C. W. 2006.** Effects of different 3-year cropping systems on soil microbial communities and *Rhizoctonia* diseases on potato. – Phytopathology 98(1): 68-79;
- 34. Leach S. S., Porter G. A., Rourke R. V., Clapham W. M. 1993.** Effects of moldboard plowing, chisel plowing and rotation crops on the *Rhizoctonia* disease of white potato. – Am. Potato J. 70: 329-337;
- 35. Lehtonen M. J. 2009.** *Rhizoctonia solani* as a potato pathogen – variation of isolates in Finland and host response. www.tarkkelysperuna.info [dostęp 28.12.2021];
- 36. Lenc L. 2006.** Wpływ podkietkowania sadzeniaków na występowanie *Rhizoctonia solani* Kühn na kielkach i bulwach sześciu odmian ziemniaka uprawianego w systemie ekologicznym. – J. Res. Appl. Agric. Engin. 51(2): 104-107;
- 37. Lootsma M., Scholte K. 1997.** Effect of soil moisture on the suppression of *Rhizoctonia* stem canker on potato by the nematode *Aphelenchus avenae* and the springtail *Folsomia fimetaria*. – Plant Pathol. 46: 209-215;
- 38. Lutomirska B. 2009.** Wpływ zaprawiania sadzeniaków na występowanie ryzoktoniozy na glebach lekkich. – Ziemn. Pol. 1: 1-5;
- 39. Lutomirska B., Janowska J. 2013.** Ospowatość bulw zaawansowanych

- materiałów hodowlanych ziemniaka. – Prog. Plant Prot. 53(4): 789-795; **40. Lutomirska B., Szutkowska M. 2000.** Poradnik producentów ziemniaka. Sezon 2000/2001. IHAR Oddz. Jadwisin: 63-77; **41. Manoj K., Singh J. K., Sanjeev K., Anil K. 2017.** A Comprehensive Overview on Black Scurf of Potato. – Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci. 6(10): 4981-4994; **42. Oshima N., Livingston C. H., Harrison M. D. 1963.** Weeds as carriers of two potato pathogens in Colorado. – Plant Dis. Rep 47: 466-469; **43. Osowski J. 2021.** Fungicydy zarejestrowane do zaprawiania bulw ziemniaka i sposoby ich wykorzystania. – Ziemn. Pol. 1: 16-23; **44. Otrysko B. E., Banville G. J., Asselin A. 1985.** Appartenance au groupe anastomotique AG 3 et pouvoir pathogène d'isolats de *Rhizoctonia solani* obtenus de sclérotés provenant de la surface de tubercules de pomme de terre. – Phytoprotection 66: 17-21; **45. Otten W., Gilligan C. A. 1998.** Effect of physical conditions on the spatial and temporal dynamics of the soil-borne fungal pathogen *Rhizoctonia solani*. – New Phytologist 138: 629-637; **46. Peters R. D., Sturz A. V., Carter M. R., Sanderson J. B. 2004.** Influence of crop rotation and conservation tillage practices on the severity of soil-borne potato diseases in temperate humid agriculture. – Can. J. Soil Sci. 84(4): 397-402; **47. Pietkiewicz J., Choroszewski P. 1983.** Wstępna ocena reakcji odmian ziemniaka na niektóre choroby skórki bulw. – Biul. Inst. Ziemn. 29: 129-139; **48. Platt H. W., Canale F., Gimenez G. 1993.** Effects of tuber-borne inoculum of *Rhizoctonia solani* and fungicidal seed potato treatment of plant growth and *Rhizoctonia* disease in Canada and Uruguay. – Am. Potato J. 70: 553-559; **49. Powelson M. L., Johnson K. B., Rowe R. C. 1993.** Management of diseases caused by soil-borne pathogens. [In:] Rowe R. C. [Ed.] Potato Health Management. Am. Phytopathol. Soc. Press, St. Paul., MN, USA: 149-156; **50. Read P. J., Hide G. A., Firmager J. P., Hall S. M. 1989.** Growth and yield of potatoes affected by severity of stem canker (*Rhizoctonia solani*). – Potato Res. 32: 9-15; **51. Ritchie F., Bain R. A., McQuilken M. P. 2009.** Effect of nutrient status, temperature and pH on mycelial growth, sclerotial production of *Rhizoctonia solani* from potato. – J. Phytopathol. 91: 589-596; **52. Ritchie F., McQuilken M. P., Bain R. A. 2006.** Effect of water potential a mycelial growth, sclerotial production, and germination *Rhizoctonia solani* from potato. – Mycol. Res. 110: 725-733; **53. Roztropowicz S. 1997.** Ogólne zasady uprawy ziemniaków. [W:] Produkcja ziemniaków. Technologia – Ekonomia – Marketing. Pr. zbior. pod red. J. Chotkowskiego. Wyd. Wieś Jutra Warszawa; **54. Scholte K. 1992.** Effect of crop rotation on the incidence of soil-borne fungal diseases of potato. – Neth. J. Plant Pathol. 98 (suppl. 2): 93-101; **55. Sharma B. L., Sohi H. S. 1965.** Control of black scurf diseases of potato in Himachal Pradesh. Indian Potato J. 7: 12-17; **56. Scholte K. 1992.** Effect of crop rotation on the incidence of soil-borne fungal diseases of potato. – Neth. J. Plant Pathol. 98 (suppl. 2): 93-101; **57. Scholte K., Lootsma M. 1998.** Effect of farmyard manure and green manure crops on populations of mycophagous soil fauna and *Rhizoctonia* stem canker of potato. – Pedobiologia 42: 223-231; **58. Slack S.A. 1993.** Seed certification and seed improvement programs. [In:] Rowe R. C. (ed) Potato Health Management. St Paul, MN, APS Press: 61-65; **59. Sneh B., Jabaji-hare S., Neate S., Dijst G. 1996.** *Rhizoctonia* species: taxonomy, molecular, biology, ecology, pathology and disease control. Kluwer Acad. Publ. London; **60. Truter M. 2005.** Etiology and alternative control of potato rhizoctoniasis in South Africa <https://repository.up.ac.za/bitstream/handle/.../00dissertation.pdf> [dostęp 7.02.2022]; **61. Tsrer L. 2010.** Biology, epidemiology and management of *Rhizoctonia solani* on potato. – J. Phytopathol. 158: 649-658 doi: 10.1111/j.1439-0434.2010.01671.x; **62. Tsrer (Lahkim) L., Erlich O., Hazanovsky M. 1999.** The effect of *Colletotrichum coccodes* (Wallr.) on potato yield, tuber quality and stem colonization during spring and autumn. – Plant Dis. 83: 566-568; **63. Tsrer L., Peretz-Alon I. 2005.** The influence of the inoculum source of *Rhizoctonia solani* on development of black scurf on potato. – J. Phytopathol. 153(4): 240-244; **64. Urbanowicz J. 2012.** Występowanie chwastów w ziemniaku oraz metody ich zwalczania na terenie Polski w latach 2000-2011. – Biul. IHAR 265: 129-135; **65. Virgen-Calleros G., Olalde-Portugal V., Carling D. E. 2000** Anastomosis groups of *Rhizoctonia solani* on potato in Central Mexico and potential for biological and chemical control. – Am. J. Potato Res. 77: 219-224; **66. Walker A. 2021.** Cold spring increases *Rhizoctonia* threat for British potato crop. <https://ahdb.org.uk/news/cold-spring-increases-rhizoctonia-threat-for-british-potato-crop> [dostęp 7.02.2022]; **67. Weber Z. 2011.** Rizoktonioza ziemniaka. [W:] Fitopatologia. T. 2. Choroby roślin uprawnych. Red. nauk. S. Kryczyński, Z. Weber. PWRiL Poznań: 401-402; **68. Weinhold A. R., Bowman T., Hall D. H. 1982.** *Rhizoctonia* disease of potato: effect on yield and control by seed tuber treatment. – Plant Dis. 66: 815-818; **69. Wnękowski S., Błaszczak W. 1997.** Choroby ziemniaka. [W:] Ochrona roślin. Red. nauk. J. Kochman, W. Węgorzek. Plantpress Kraków: 505-535; **70. Wróbel S. 2003.** Porażenie bulw ziemniaka parchem zwykłym i rizoktoniozą w następstwie zabiegów stosowanych w nasiennictwie. – Biul. IHAR 228: 283-289; **71. Wróbel S. 2006.** Wpływ pod-

kielkowania sadzeniaków na plon oraz porażenie
bulw ospowatością i parchem zwykłym. – Acta Sci.
Pol. Agricultura 5(1): 93-101; **72. Zarzyńska K. 2012.**
Przygotowanie sadzeniaków i sadzenie w aspekcie

kształtowania optymalnej architektury łanu. [W:] Pro-
dukcja i rynek ziemniaka (red. J. Chotkowski). Wyd.
Wież Jutra: 198-204

