

Received: 13.11.2015 / Accepted: 27.01.2016

Effect of salicylic acid on winter wheat infestation by fungal diseases

Wpływ kwasu salicylowego na porażenie pszenicy ozimej przez patogeny grzybowe

Zenon Woźnica^{1*}, Zuzanna Sawinska¹, Robert Idziak¹, Krzysztof Heller²

Summary

A field experiment was carried out in 2011–2013 to evaluate the effect of foliar application of UPP-208 200 SL formulation containing salicylic acid (SA; 200 g/l) and surface acting agents on infestation of fungal diseases occurring in winter wheat. Wheat plants were treated with a single spray of UPP-208 200 SL at a growth stage of BBCH 26 or BBCH 32 and the split doses of 0.5, 1.0 and 2.0 l/ha applied at BBCH 26 and BBCH 32. Salicylic acid partially decreased wheat infestation by *Blumeria graminis*, *Mycosphaerella graminicola* and *Pyrenophora tritici-repentis*. However, the level of disease control varied according to the experimental year, salicylic acid application time and rate. Generally, the use of split applications of salicylic acid resulted in a better protection against wheat diseases than the use of single applications.

Key words: salicylic acid; winter wheat; fungal diseases

Streszczenie

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2011–2013 w celu zbadania możliwości wykorzystania formułacji UPP-208 200 SL zawierającej kwas salicylowy (200 g/l) i substancje powierzchniowo czynne do dolistnej ochrony pszenicy ozimej przed patogenami grzybowymi. Preparat UPP-208 200 SL stosowano jednorazowo w fazie wzrostu pszenicy BBCH 26 lub BBCH 32 oraz dwukrotnie (w dawkach dzielonych) w fazie BBCH 26, a następnie BBCH 32 w dawkach 0,5; 1,0 i 2,0 l/ha. Kwas salicylowy częściowo ograniczył porażenie pszenicy ozimej przez *Blumeria graminis*, *Mycosphaerella graminicola* oraz *Pyrenophora tritici-repentis* jednak jego działanie było niestabilne w poszczególnych latach oraz uzależnione od terminu stosowania i dawek kwasu salicylowego. Na ogół największy spadek porażenia pszenicy patogenami grzybowymi notowano po zastosowaniu kwasu salicylowego w dawkach dzielonych.

Słowa kluczowe: kwas salicylowy; pszenica ozima; patogeny grzybowe

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Katedra Agronomii

Dojazd 11, 60-632 Poznań

² Instytut Włókien Naturalnych i Roślin Zielarskich
Wojska Polskiego 71B, 60-630 Poznań

*corresponding author: woznica@up.poznan.pl

Wstęp / Introduction

Rośliny uprawne rosnące w zmiennych warunkach siedliska narażone są na stresy wywołane przez czynniki biotyczne (np. organizmy chorobotwórcze) i abiotyczne (np. ekstremalne temperatury powietrza, suszę lub nadmiar wody w glebie, jej zasolenie, fitotoksyczne oddziaływanie agrochemikaliów, itp.). Stresy te, w zależności od ich nasilenia oraz długości trwania, z reguły wpływają ujemnie na wzrost i rozwój roślin uprawnych, czego najczęstszym skutkiem jest obniżenie wysokości i jakości plonów. W literaturze spotyka się szereg doniesień na temat wykorzystywania przez rośliny poddane czynnikom stresowym nabytej odporności systemicznej (SAR – systemic acquired resistance). Z reguły towarzyszy jej zwiększenie zawartości endogennego kwasu salicylowego (SA – salicylic acid) w komórkach roślinnych. Stwierdzono, że kwas pełni funkcję sygnałową inicjującą odporność typu SAR (Durner i wsp. 1977; Metraux i wsp. 1990; Małamy i Klessig 1992).

Kwas salicylowy zaliczany jest do regulatorów wzrostu. Wykazano, że egzogenne podanie kwasu salicylowego (poprzez moczenie nasion lub zanurzanie roślin w roztworze tego kwasu, a także aplikację dolistną), wyraźnie zwiększało tolerancję roślin na biotyczne i abiotyczne czynniki stresowe (Kessman i wsp. 1994). Indukowany wpływ egzogenne kwasu salicylowego na zwiększenie tolerancji roślin uprawnych na czynniki stresowe (ISR – induced systemic resistance) po raz pierwszy stwierdzono w 1979 roku, wykazując między innymi, że aplikacja kwasu salicylowego lub kwasu acetylosalicylowego (aspiryny) doprowadziła do akumulacji białek PR (pathogenesis-related proteins), które skutecznie zapobiegły porażeniu roślin tytoniu przez wirusa mozaiki tytoniu (TMV – tobacco mosaic virus). Stwierdzono, że kwas salicylowy miał działanie pośrednie i odegrał rolę cząsteczki sygnałowej, indukującej wytworzenie białek PR odpowiedzialnych za odporność tytoniu na atak wirusa (White 1979). Podobne badania wykonali Rasmussen i wsp. (1991), stwierdzając znaczny wzrost odporności ogórka na *Pseudomonas syringae* po iniekcji egzogenne kwasu salicylowego do jego komórek. Wyniki te wskazały jednocześnie, że istnieje możliwość indukowania odporności roślin typu SAR poprzez wzbogacenie roślin w syntetyczny kwas salicylowy lub jego pochodne (np. kwas acetylosalicylowy) aplikowane zewnętrznie.

Możliwość dolistnego stosowania kwasu salicylowego w roślinach uprawnych w formie opryskiwania jest bardzo ograniczona jego niską rozpuszczalnością w wodzie (1,8 g/l), co powoduje, że pozostające w cieczy opryskowej kryształki tego związku utrudniają zarówno zabieg opryskiwania, jak i absorpcję substancji czynnej do komórek roślinnych. Możliwość stosowania kwasu salicylowego na rośliny uprawne w formie zabiegu dolistnego zapewnia natomiast w pełni rozpuszczalna w wodzie formacja tego związku (UPP-208 200 SL) opracowana w Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu (Woźnica i Heller 2014). Dotychczasowe badania (Woźnica i wsp. 2014) wykazały, że formacja ta, dzięki zawartym w niej

substancjom powierzchniowo czynnym, korzystnie wpływa na właściwości fizykochemiczne cieczy opryskowej, które decydują o zatrzymywaniu kropeł na powierzchni liści, odpowiednim ich zwilżeniu oraz absorpcji kwasu salicylowego do komórek roślinnych. Stwierdzono również, że zawarty w formacji kwas salicylowy wpłynął na dłuższe zachowanie zieloności liści pszenicy ozimej, a w latach uboższych w opady zapewnił uzyskanie większego plonu ziarna.

Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu dawek oraz terminów stosowania kwasu salicylowego w formacji UPP-208 200 SL na porażenie liści pszenicy ozimej przez wybrane patogeny grzybowe.

Materiały i metody / Materials and methods

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2011–2013 w Zakładzie Doświadczalno-Dydaktycznym Gorzyń, filia Brody, należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Warstwę orną pól, na których zakładano doświadczenie stanowił piasek gliniasty mocny, zalegający na glinie średniospiazycznej. Jej odczyn w zależności od lokalizacji doświadczenia w poszczególnych latach wahał się od 6,2–6,9 (pH w KCl), a zawartość węgla organicznego od 1,1–1,5%. Warstwa orna gleby cechowała się wysoką zasobnością w przyswajalny fosfor i potas. Doświadczenie założono metodą bloków losowanych w układzie niezależnym, w czterech powtórzeniach. Powierzchnia indywidualnych poletek doświadczalnych wynosiła 20 m² (2 m × 10 m). Pszenicę ozimą odmiany Sukces wysiewano w ilości 225 kg/ha w III dekadzie września w stanowisku po pszenicy ozimej (sezon wegetacyjny 2010/2011) lub po jęczmieniu jarym (sezony wegetacyjne 2011/2012 i 2012/2013). Nawożenie mineralne w ilości 60 kg P₂O₅ i 60 kg K₂O wykonano przedsięwzięciem, natomiast azot (w formie saletry amonowej) aplikowano w dwóch dawkach – bezpośrednio po rozpoczęciu wegetacji wiosennej (100 kg N/ha) oraz w fazie strzelania pszenicy w żdźbło (30 kg N/ha).

Preparat UPP-208 200 SL (formulacja zawierająca kwas salicylowy w ilości 200 g/l i substancje powierzchniowo czynne) stosowano dolistnie w dawkach 0,5; 1,0 i 2,0 l/ha jednorazowo w fazie pszenicy BBCH 26 lub BBCH 32 oraz w dawkach dzielonych w fazie BBCH 26, a następnie w fazie BBCH 32. Zabiegi opryskiwania wykonywano poletkowym opryskiwaczem taczkowym, zaopatrzone w 4 rozpylacze szczelinowe Lurmark 02 110 o wydatku cieczy roboczej 230 l/ha, przy ciśnieniu 0,3 MPa.

Stan zdrowotności pszenicy mierzony zainfekowaną powierzchnią liścia flagowego w procentach przez mączniaka prawdziwego zbóż i traw (*Blumeria graminis*), septoriozę paskowaną liści pszenicy (*Mycosphaerella graminicola*) i brunatną plamistość liści (*Pyrenophora tritici-repentis*) określono w oparciu o klucz graficzny EPPO PP 1/26(4) (European and Mediterranean Plant Protection Organization 2012) we wczesnej fazie rozwoju kłosa (BBCH 41–42) na 25 roślinach pobranych losowo z każdego poletka. Istotność zróżnicowania wyników oceniono na podstawie analizy wariancji i testu Tukeya przy poziomie istotności $p = 0,05$.

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

We wszystkich latach badań stwierdzono występowanie na pszenicy ozimej następujących chorób grzybowych: mączniak prawdziwy zbóż i traw (*B. graminis*), septorioza paskowana liści pszenicy (*M. graminicola*) i brunatna plamistość liści (*P. tritici-repentis*). Niezależnie od gatunku chorobotwórczego grzyba pszenica ozima była znacznie silniej porażona w latach 2012 i 2013 niż w 2011 roku (tab. 1–3).

Badana formuacja kwasu salicylowego UPP-208 200 SL wpłynęła na wyraźne, aczkolwiek nie zawsze statystycznie potwierdzone zmniejszenie porażenia pszenicy ozimej przez występujące patogeny grzybowe. Wpływ ten był uzależniony od roku, terminu wykonania zabiegu i zastosowanej dawki preparatu. W przypadku mączniaka prawdziwego zbóż i traw najsilniejszą, jednak niekompletną redukcję jego występowania po zastosowaniu kwasu salicylowego zawartego w badanej formułacji zanotowano w 2011 roku, w którym pszenica była w najmniejszym stopniu zainfekowana tym patogenem (tab. 1). Niezależnie od lat i terminu stosowania preparatu UPP-208 200 SL, ujawniła się wyraźna tendencja do silniejszego jego wpływu na ograniczenie porażenia pszenicy przez mączniaka prawdziwego zbóż i traw w miarę zwiększenia dawki z 0,5 do 2 l/ha. Wpływ sposobu stosowania preparatu UPP-208 200 SL (jedenrazowo lub metodą dawek dzielonych) na redukcję występowania badanego patogena był niewielki i w większości przypadków statystycznie nieudowodniony. Jedynie w 2011 roku preparat UPP-208 200 SL, zwłaszcza aplikowany w dawce 2 l/ha, wyraźnie silniej ograniczył występowanie mączniaka prawdziwego zbóż i traw, jeśli stosowano go w dwóch terminach (50% dawki w BBCH 26, a pozostałą część

w BBCH 32). Na wyraźny wzrost odporności jęczmienia traktowanego kwasem salicylowym, solą sodową tego kwasu oraz kwasem acetylosalicylowym 1–2 dni przed inokulacją zarodnikami mączniaka prawdziwego zbóż i traw wskazują również badania Waltersa i wsp. (1993). Autorzy ci wykazali jednocześnie, że o skuteczności zabiegu w dużym stopniu decyduje koncentracja aplikowanego kwasu salicylowego lub jego pochodnych. Spośród czterech koncentracji badanych związków (5, 10, 15 i 20 mM) najkorzystniejszy efekt ochrony wystąpił po zastosowaniu badanych związków w koncentracji 15 mM, a więc znacznie niższej niż w badaniach własnych.

Podobnie, jak w przypadku mączniaka prawdziwego zbóż i traw również porażenie pszenicy ozimej septoriozą paskowaną liści pszenicy było zróżnicowane w poszczególnych latach (tab. 2). W 2011 roku przy najsłabszym, nieprzekraczającym 4% porażeniu liści aplikacja kwasu salicylowego zawartego w formułacji UPP-208 200 SL w dawkach 1 i 2 l/ha w fazie strzelania pszenicy w żdźbło (BBCH 26) doprowadziła do całkowitego lub prawie całkowitego wyeliminowania tego patogena. Również zastosowanie najwyższej dawki badanego preparatu w dwóch terminach okazało się bardzo skuteczne. Wyraźnie słabszy wpływ kwasu salicylowego na zmniejszenie porażenia roślin przez septoriozę paskowaną liści pszenicy stwierdzono przy silniejszym porażeniu liści tym patogenem, co miało miejsce w latach 2012 i 2013. Jednak podobnie, jak w 2011 roku można zauważyć wyraźną tendencję do ograniczenia występowania septoriozy paskowanej liści pszenicy po zastosowaniu preparatu UPP-208 200 SL w dawce najwyższej (2 l/ha) w BBCH 26 lub metodą dawek dzielonych w terminie BBCH 26, a następnie BBCH 32.

Tabela 1. Wpływ kwasu salicylowego w formułacji UPP-208 200 SL na porażenie pszenicy ozimej przez mączniaka prawdziwego zbóż i traw (*Blumeria graminis*)

Table 1. Effect of salicylic acid in UPP-208 200 SL formulation on incidence of powdery mildew on winter wheat (*Blumeria graminis*)

Kombinacja Treatment	Dawka preparatu Product rate [l/ha]	Termin zabiegu Application time	Lata –Years			
			2011	2012	2013	średnio mean
			porażenie powierzchni liści – leaf area infected [%]			
Kontrola Untreated	–	–	6,3 ab	25,2 ab	20,3 ab	17,3 ab
UPP-208 200 SL	0,5	BBCH 26	4,3 abc	20,5 abcd	17,7 abc	14,2 bc
UPP-208 200 SL	1,0	BBCH 26	2,3 bc	20,3 abcd	17,1 abc	13,2 c
UPP-208 200 SL	2,0	BBCH 26	1,0 c	19,7 abcd	15,2 abc	12,0 cd
UPP-208 200 SL	0,5	BBCH 32	7,5 a	27,3 a	21,2 a	18,7 a
UPP-208 200 SL	1,0	BBCH 32	6,3 ab	26,1 bcd	20,5 ab	17,6 a
UPP-208 200 SL	2,0	BBCH 32	5,0 abc	25,1 abc	19,2 ab	16,4 ab
UPP-208 200 SL	0,25 + 0,25	BBCH 26 + BBCH 32	5,0 abc	17,9 bcd	15,1 abc	12,7 c
UPP-208 200 SL	0,5 + 0,5	BBCH 26 + BBCH 32	4,3 abc	17,1 cd	12,1 bc	11,2 cd
UPP-208 200 SL	1,0 + 1,0	BBCH 26 + BBCH 32	2,0 bc	15,0 d	10,3 c	9,1 d

Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Tukeya)

Means followed by the same letter are not significantly different at $p = 0.05$ (Tukey test)

Tabela 2. Wpływ kwasu salicylowego w formulacji UPP-208 200 SL na porażenie pszenicy ozimej przez septoriozę paskowaną liści pszenicy (*Mycosphaerella graminicola*)Table 2. Effect of salicylic acid in UPP-208 200 SL formulation on incidence of septoria tritici blotch on wheat (*Mycosphaerella graminicola*)

Kombinacja Treatment	Dawka preparatu Product rate [l/ha]	Termin zabiegu Application time	Lata – Years			
			2011	2012	2013	średnio mean
			porażenie powierzchni liści – leaf area infected [%]			
Kontrola Untreated	–	–	3,5 a	12,7 a	15,2 a	10,5 a
UPP-208 200 SL	0,5	BBCH 26	2,0 ab	12,0 a	15,1 a	9,7 ab
UPP-208 200 SL	1,0	BBCH 26	0,5 bc	10,3 a	12,5 a	7,8 bcd
UPP-208 200 SL	2,0	BBCH 26	0,0 c	9,5 a	10,1 a	6,5 d
UPP-208 200 SL	0,5	BBCH 32	2,8 a	12,8 a	15,8 a	10,5 a
UPP-208 200 SL	1,0	BBCH 32	3,5 a	12,5 a	15,1 a	10,4 a
UPP-208 200 SL	2,0	BBCH 32	2,8 a	12,8 a	10,2 a	8,6 abc
UPP-208 200 SL	0,25 + 0,25	BBCH 26 + BBCH 32	2,8 a	12,3 a	12,7 a	9,3 abc
UPP-208 200 SL	0,5 + 0,5	BBCH 26 + BBCH 32	2,0 ab	10,2 a	10,5 a	7,6 cd
UPP-208 200 SL	1,0 + 1,0	BBCH 26 + BBCH 32	0,5 bc	10,5 a	8,1 a	6,4 d

Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Tukeya)
Means followed by the same letter are not significantly different at $p = 0.05$ (Tukey test)

Tabela 3. Wpływ kwasu salicylowego w formulacji UPP-208 200 SL na porażenie pszenicy ozimej przez brunatną plamistość liści (*Pyrenophora tritici-repentis*)Table 3. Effect of salicylic acid in UPP-208 200 SL formulation on incidence of tan spot on wheat (*Pyrenophora tritici-repentis*)

Kombinacja Treatment	Dawka preparatu Formulation rate [l/ha]	Termin zabiegu Application time	Lata – Years			
			2011	2012	2013	średnio mean
			porażenie powierzchni liści – leaf area infected [%]			
Kontrola Untreated	–	–	4,3 a	5,7 a	7,3 a	5,8 a
UPP-208 200 SL	0,5	BBCH 26	1,5 a	5,2 a	7,1 a	4,6 bc
UPP-208 200 SL	1,0	BBCH 26	1,8 a	5,2 a	7,2 a	4,7 abc
UPP-208 200 SL	2,0	BBCH 26	1,0 a	4,3 a	5,9 a	3,7 c
UPP-208 200 SL	0,5	BBCH 32	3,0 a	5,2 a	6,5 a	4,9 abc
UPP-208 200 SL	1,0	BBCH 32	2,8 a	5,8 a	5,9 a	4,8 abc
UPP-208 200 SL	2,0	BBCH 32	3,0 a	5,1 a	5,5 a	4,5 bc
UPP-208 200 SL	0,25 + 0,25	BBCH 26 + BBCH 32	2,0 a	4,7 a	6,2 a	4,3 bc
UPP-208 200 SL	0,5 + 0,5	BBCH 26 + BBCH 32	2,0 a	4,3 a	5,7 a	4,0 bc
UPP-208 200 SL	1,0 + 1,0	BBCH 26 + BBCH 32	2,3 a	4,1 a	5,5 a	4,0 bc

Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ (test Tukeya)
Means followed by the same letter are not significantly different at $p = 0.05$ (Tukey test)

Porażenie pszenicy ozimej przez brunatną plamistość liści na obiektach kontrolnych było niewielkie i wynosiło w kolejnych latach badań odpowiednio 4,3; 5,7 i 7,3% (tab. 3). Preparat UPP-208 200 SL w każdym roku badań, a zwłaszcza w 2011 roku wykazał wyraźną tendencję do ograniczenia tego patogena. Niezależnie od terminu i sposobu stosowania badanego preparatu tendencja ta ujawniła się najwyraźniej na obiektach traktowanych najwyższą

jego dawką (2 l/ha). Stwierdzone różnice między obiektami nie były jednak statystycznie istotne.

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że rośliny pszenicy ozimej traktowane kwasem salicylowym zawartym w formulacji UPP-208 200 SL wykazują zwiększoną odporność na groźne patogeny występujące w tej roślinie – mączniaka prawdziwego zbóż i traw, septoriozę paskowaną liści pszenicy i brunatną plamistość liści. Są one

zatem zgodne z licznymi doniesieniami, które wskazują na ochronny wpływ aplikowanego zewnętrznie (egzogenego) kwasu salicylowego w stosunku do patogenów grzybowych występujących w zbożach (Wiśniewska i Chełkowski 1999; Jayaraj i wsp. 2004) oraz innych roślinach uprawnych (Mills i Wood 1984; Poole i McLeod 1994; Reglinski i wsp. 1997). Pomimo, że uzyskany w badaniach własnych efekt ochronnego działania kwasu salicylowego w preparacie UPP-208 200 SL był tylko częściowy, można przypuszczać, że badana formacja może być cennym uzupełnieniem licznych fungicydów stosowanych w ochronie zbóż, przyczyniając się do poprawy stabilności ich działania w zmiennych warunkach siedliskowych, a nawet umożliwić redukcję dawek. Nie należy wykluczać, że uzupełniający wpływ UPP-208 200 SL na poprawienie działania fungicydów syntetycznych, mógłby wynikać również z jego silnego oddziaływania na poprawienie istotnych dla działania biologicznego właściwości fizyko-chemicznych cieczy opryskowej, jak: dynamiczne i statyczne napięcie powierzchniowe i stopień zwilżenia liści (Woźnica

ca i wsp. 2014). Właściwości te, podobnie jak w przypadku innych agrochemikaliów stosowanych dolistnie decydują o ilości zatrzymanych kropeł opryskowych na chronionych roślinach oraz o absorpcji substancji czynnych do komórek roślinnych (Woźnica i Skrzypczak 1998).

Wnioski / Conclusions

1. Preparat UPP-208 200 SL zawierający kwas salicylowy stosowany dolistnie częściowo zmniejszył wrażliwość pszenicy ozimej na mączniaka prawdziwego zbóż i traw, septoriozę paskowaną liści pszenicy oraz na brunatną plamistość liści.
2. Działanie badanego preparatu było niestabilne w poszczególnych latach. Na ogół największy spadek porażenia pszenicy patogenami grzybowymi notowano po jego zastosowaniu w dawce 2 l/ha w dwóch terminach (50% dawki w fazie rozwoju pszenicy BBCH 26, a pozostała część w BBCH 32).

Literatura / References

- Durner J., Shah J., Klessig D.F. 1977. Salicylic acid and disease resistance in plant. *Trends in Plant Science* 2 (7): 266–274.
- European and Mediterranean Plant Protection Organization 2012. Foliar and ear diseases on cereals. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 42 (3): 419–425.
- Jayaraj J., Muthukrishnan S., Liang G.H., Velazhahan R. 2004. Jasmonic acid and salicylic acid induce accumulation of β -1,3-glucanase and thaumatin-like proteins in wheat and enhance resistance against *Stagonospora nodorum*. *Biologia Plantarum* 48 (3): 425–430.
- Kessman H., Staub T., Hofman C., Maetzke T., Herzog J., Ward E., Uknes S., Ryals J. 1994. Induction of systemic acquired resistance in plants by chemicals. *Annual Review of Phytopathology* 32: 439–454.
- Malamy J., Klessig D.F. 1992. Salicylic acid and plant disease resistance. *The Plant Journal* 2 (5): 643–654.
- Mettraux J.P., Signer H., Ryals J., Ward E., Wyss-Benz M., Gaudin J., Raschdorf K., Schmid W., Blum W., Inverardi B. 1990. Increase in salicylic acid at the onset of systemic acquired resistance in cucumber. *Science* 250 (4983): 1004–1006.
- Mills P.R., Wood R.K.S. 1984. The effects of polyacrylic acid, acetylsalicylic acid and salicylic acid on resistance of cucumber to *Colletotrichum lagenarium*. *Journal of Phytopathology* 111 (3–4): 209–216.
- Poole P.R., McLeod L.C. 1994. Development of resistance to picking wound entry *Botrytis cinerea* storage roots in kiwifruit. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 22: 387–392.
- Rasmussen J.B., Hammerschmidt R., Zook M.N. 1991. Systemic induction of salicylic acid accumulation in cucumber after inoculation with *Pseudomonas syringae* pv *syringae*. *Plant Physiology* 97 (4): 1342–1347.
- Reglinski T., Poole P.R., Whitaker G., Hoyte S.M. 1997. Induced resistance against *Sclerotinia sclerotiorum* in kiwifruit leaves. *Plant Pathology* 46 (5): 716–721.
- Walters D.R., Mitchell A.F., Hampson J., McPherson A. 1993. The induction of systemic resistance in barley to powdery mildew infection using salicylates and various phenolic acids. *Annals of Applied Biology* 122 (3): 451–456.
- White R.F. 1979. Acetylsalicylic acid (aspirin) induces resistance to tobacco mosaic virus in tobacco. *Virology* 99 (2): 410–412.
- Wiśniewska H., Chełkowski J. 1999. Influence of exogenous salicylic acid on *Fusarium* seedlings blight reduction in barley. *Acta Physiologiae Plantarum* 21 (1): 63–66.
- Woźnica Z., Heller K. 2014. Płynny biostymulator zwiększający odporność roślin uprawnych na warunki stresowe. Zgłoszenie patentowe (Urząd Patentowy RP, P 409229).
- Woźnica Z., Idziak R., Sawinska Z., Sobiech Ł. 2014. Wpływ kwasu salicylowego na wzrost i plonowanie pszenicy ozimej. *Przemysł Chemiczny* 93 (4): 510–513.
- Woźnica Z., Skrzypczak G. 1998. Adjuvants for foliar applied herbicides. *Annals of Warsaw Agricultural University – SGGW, Agriculture* 32: 33–42.