

**OCENA SKUTECZNOŚCI PODGRZEWANIA
POWIETRZA CIĄGNIKOWYM URZĄDZENIEM
GRZEWCZYM PODCZAS WIOSENNYCH
PRZYMROZKÓW W SADZIE JABŁONIOWYM**

**Efficiency of air heating trailed machine for protection against
spring frost in apple orchard**

Jacek Rabcewicz, Paweł Białkowski,
Paweł Konopacki

Instytut Ogrodnictwa
ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice
e-mail: Jacek.Rabcewicz@inhort.pl

ABSTRACT

The aim of research was evaluation of efficiency of air heating trailed machine for protection against spring frost in apple orchard with frost pocket. During the occurrence of night frost the machine was trailed along tree rows and the warmed air is distributed across the rows. The generated heat caused fluctuations of air temperature in the tree rows at the distance of 25 m from the machine. At the distance of 15 m, during the night frost $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ and at the height of 1 m the heat pulses of $1.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ were observed. The mean and minimal air temperatures at the protected area were slightly higher (up to $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$) than at non-protected area.

The spring night frosts observed during evaluation period were not sufficiently severe to cause the frostbite of buds and blossom. The influence of use of air heating trailed machine on reduction of blossom frost damages was not proved. The air heating increased, however, the number of primordia and apple crop in the season 2011.

Key words: orchard, apple tree blossom, spring frost, blossom frost damages, air heating

WSTĘP

Występujące podczas kwitnienia sadów wiosenne przymrozki, mogą być przyczyną poważnych strat w sadach i na plantacjach owoców. Odporność gatunków na spadek temperatury poniżej $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, zależy m.in. od kondycji gatunków drzew i krzewów oraz fazy rozwojowej pąków kwiatowych. Ulegają one uszkodzeniom: w fazie zielonego pąka przy tempe-

raturze $-3,9^{\circ}\text{C}$, w fazie różowego pąka przy $-2,7^{\circ}\text{C}$, a w fazie kwitnienia przy $-2,9^{\circ}\text{C}$ (Hołubowicz, 2001). Ujemne temperatury, mogą w tym okresie powodować zniszczenie 10-90% kwiatów (Kruczyńska i in. 2001, Treder 2005). Najczęstszymi rodzajami przymrozków zagrażającym uprawom w Polsce centralnej są przymrozki adwekcyjne spowodowane napływem zimnego powietrza z północy kontynentu. Ochrona przed nimi jest trudna, a straty, które powodują, dotyczą dużych obszarów kraju. Towarzyszą im często występujące lokalnie, w zależności od miejscowych warunków terenowych, przymrozki radiacyjne, wywołane nocnym wypromieniowaniem ciepła przez glebę i rośliny. Niebezpieczne dla sadów zastoiska mrozowe powstają zazwyczaj w miejscach niżej położonych, w które nocą sphywa cięższe, zimne powietrze.

Wykorzystywanym w praktyce sposobem ograniczania strat przymrozkowych w sadach jest mieszanie oraz ogrzewanie powietrza. Pierwsza metoda jest efektywna przy występowaniu zjawiska tzw. inwersji, kiedy ponad warstwą zimnego powietrza przy gruncie zalega powietrze cieplejsze. Jeśli warstwy te zostaną wymieszane, temperatura przy gruncie może wzrosnąć od 1 do 3°C . Do mieszania powietrza używa się m.in. stacjonarnych, obracających się na osi poziomej śmigieł (Fizjologia... 1984, red. Jankiewicz). Mają one długość ok. 2,5-3,0 m i są umieszczane na obrzeżach sadu na podporach o wysokości kilkunastu metrów. Innym sposobem mieszania powietrza jest zastosowanie wentylatorów ssąco-tłoczących o pionowych osiach obrotu. Wentylatory zasysają zimne, ciężkie powietrze zalegające bezpośrednio nad powierzchnią gleby i wynoszą je w obszar cieplejszego powietrza zalegającego wyżej. Do ogrzewania powietrza stosowane są także specjalne piece na koks i brykiety. Aby metoda była skuteczna, na 1 hektarze należy rozmieścić 200÷400 źródeł ciepła, co wiąże się z ponoszeniem wysokich kosztów (Kołodziejczak i Mika 1984). Bardziej wydajne źródła ciepła, np. piece zasilane olejem napędowym, zużywają w ciągu godziny do 4 l paliwa, a ich wymagana liczba to 85-100 sztuk na hektar (Fizjologia... 1984, red. Jankiewicz). Negatywnym czynnikiem zastosowania dużej liczby źródeł ciepła jest znaczne zaangażowanie pracy ludzkiej i poważne utrudnienia organizacyjne. Poprawienie efektywności ochrony przez jednoczesne podgrzewanie i mieszanie powietrza próbowano stosować w praktyce, ustawiając stacjonarne źródła ciepła w sąsiedztwie wentylatorów o dużej wydajności. Pod koniec lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku opracowano mobilne urządzenie rozpraszające ogrzane powietrze. Obserwowana w USA obiecująca skuteczność metody wywołała duże zaintere-

sowanie producentów owoców w krajach UE. Urządzenie to poddane badaniom także w Polsce. W warunkach przymrozków adwekcyjnych nie zdołano udowodnić jego skuteczności (Rabcewicz i Treder 2006; 2008). W latach 2008-2011 oceniono działanie urządzenia grzewczego pod kątem dynamiki zmian temperatury powietrza w wyniku podgrzewania oraz skuteczności biologicznej w warunkach sadu posadzonego na stanowisku z zagłębieniami terenu.

MATERIAŁ I METODY

Celem badań było określenie skuteczności zastosowania ciągnikowego urządzenia podgrzewającego powietrze w zapobieganiu uszkodzeń przymrozkowych kwiatów jabłoni w sadzie z zastoiskiem mrozowym. Zaczepiana do ciągnika maszyna jest zbudowana z wentylatora o wydajności maksymalnej 225 tys. m³ oraz palnika zasilanego czystym propanem z 6 butli o pojemności 30-33 kg każda. Napędzany wałem odbioru mocy (WOM) ciągnika wentylator zasysa zimne powietrze tunelem, w którego części wlotowej zamontowano okrągły palnik. Dwustopniowa przekładnia umożliwia uzyskanie dwóch prędkości obrotów wentylatora. Ogrzane do temperatury 100 °C powietrze jest rozprowadzane równoległe do powierzchni gruntu dwoma wylotami, umieszczonymi na różnych wysokościach po obydwóch stronach maszyny. Temperaturę powietrza na wylocie wentylatorów zmienia się, regulując ciśnienie gazu zasilającego palnik. Podczas pracy maszyna przejeżdża wzdłuż międzyrzędzi sadu z prędkością nie większą niż 8 km h⁻¹. Zaleca się, by zabiegi rozpoczynać zanim temperatura powietrza spadnie poniżej zera. Odległość pomiędzy kolejnymi przejazdami zależy od wartości spadków temperatury i powinna być dobierana indywidualnie dla poszczególnych kwater. Przeciętnie wynosi ok. 60 m.

W latach 2008-2009 wykonano obserwacje w sadzie w Białej Rawskiej, w kwaterze z drzewami odmian Jonagored i Lobo, a w latach 2010-2012 w kwaterze z odmianą Cortland. W obydwu kwaterach drzewa rosły w rozstawie 4 x 1,25 m, a długość rzędów wynosiła 320 m.

W okresie badań obserwowano kilka nocnych przymrozków. Podczas każdego z nich, z wyjątkiem 7 V 2012, przeprowadzono zabiegi urządzeniem podgrzewającym – tab. 1.

Tabela 1. Daty wystąpienia przymrozków i terminy zabiegów w okresie badań – Record of spring frost dates, phenological phases and temperatures during evaluation period

Sezon Season	Data Date	Faza rozwoju pąka Phenological phase	Temperatura minimalna na wysokości – Minimal temperature at 1 m [°C]
2009	15.05	kwitnienie – blossom	-1,5
2010	21.04	zielony pąk – green bud	-1,7
	24.04	zielony pąk – green bud	-2,2
2011	4.05	różowy pąk – pink bud	-1,5
	6.05	różowy pąk – pink bud	-1,9
2012	7.05	różowy pąk – pink bud	-1,0
	18.05	kwitnienie – blossom	-1,9

Odległość między kolejnymi przejazdami maszyny wynosiła 40-50 m, prędkość jazdy od 5 do 7 km h⁻¹. Cykl pracy (czas powrotu do miejsca startu), w zależności od warunków zabiegu, zmieniał się w zakresie 7-8 minut. Temperaturę powietrza na wylocie wentylatora sprawdzano termometrem ręcznym, co 3-4 cykle obrotu maszyny i korygowano regulatorem dopływu gazu w celu utrzymania zakładanych 90-100 °C.

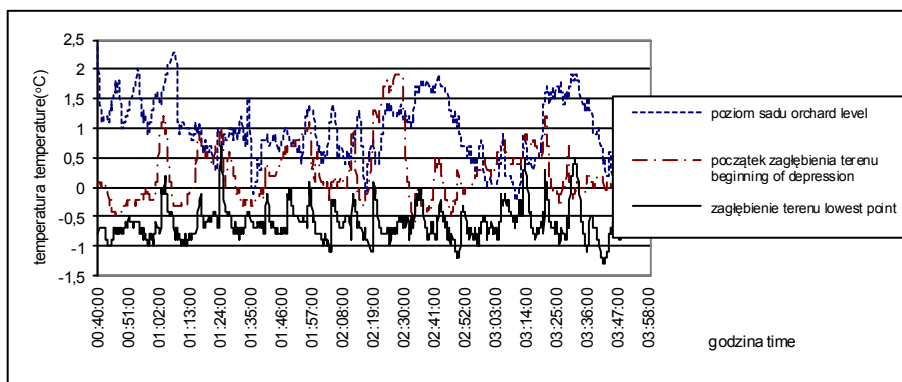
Dynamikę zmian temperatury rejestrowano w koronach drzew oddalonych o 10, 15 oraz 20 m od maszyny, na dwóch wysokościach: 1 i 2 m nad powierzchnią gruntu. Kontrolę stanowiły wartości rejestrowane w odległości 40 m od źródła ciepła. Do rejestracji temperatury zastosowano trzykanałowe rejestratory Testo 177-T3 z dwoma sondami zewnętrznymi (termistory NTC) o średnicy 3 mm i dokładności pomiaru 0,2 °C. Na podstawie przebiegów temperatury, w okresie jej spadków poniżej zera stopni, dla wybranych odcinków czasu wyznaczono średnie oraz temperatury minimalne.

Uszkodzenia mrozowe pąków kwiatowych oceniano 2-3 dni po obserwowanym przymroźku. Ocenę wykonano na dwóch rzędach oddalonych o 10 i 20 m od urządzenia. Na trzech długościach rzędów wyznaczono poletka po 3 drzewa, z każdego drzewa zebrano po 50 kwiatów i oceniono pod kątem uszkodzenia słupka oraz zalążni. Liczbę zawiązaných zawiązków określono po opadzie „czerwcowym”. Liczono wszystkie zawiązane owoce na 10 drzewach wybranych losowo z trzech odcinków rzędów, leżących w różnych odległościach od trasy przejazdu urzą-

dzenia grzewczego. Wyznaczone średnie porównano, wykorzystując analizę wariancji.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Wiosenne przymrozki obserwowane w kolejnych latach badań miały charakter adwekcyjno-radiacyjny. Spadki temperatury do $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, w żadnym z sezonów nie były wystarczająco duże, by według danych dostępnych w literaturze powodować przemarznięcia paków kwiatowych oraz kwiatów. Obserwowano różnice między temperaturami powietrza w obniżeniu terenu (zastoisko mrozowe) oraz wyżej położonych częściach kwater, w niektórych wypadkach ujemne temperatury rejestrowano wyłącznie w najniższej położonej części sadu – rys. 1.



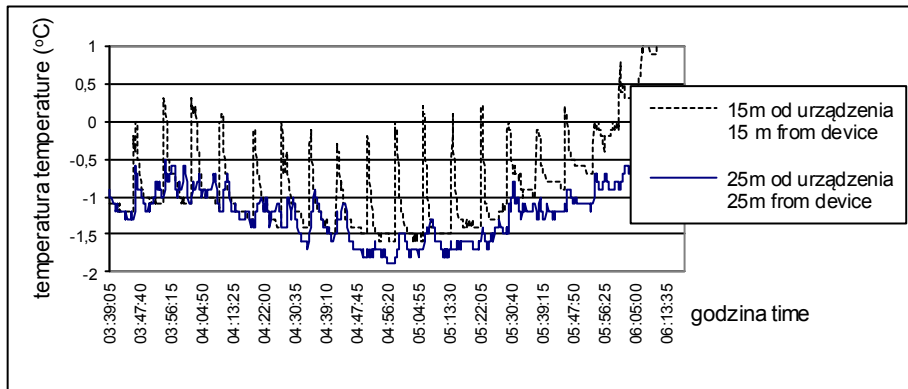
Rysunek 1. Różnice temperatury powietrza na różnych poziomach sadu; Biała Rawska, 21 IV 2010 – Temperature differences between the level of orchard ground (dotted line), beginning of ground immersion of a frost pocket (dashed-dotted line), and middle of ground immersion (solid line) at Biała Rawska on 21.04.2010

Zróznicowanie temperatury powietrza dotyczyło także wysokości korony drzew – cieplejsze powietrze występowało w wyższych partiach korony. Różnice między wartościami temperatury na 2 i 1 m dochodziły do $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Wzrost temperatury w chronionych kwaterach

Impulsy ciepła wytwarzane przez pracujące urządzenie grzewcze pozwalały na okresowe wzrosty temperatury powietrza w rzędach sadu oddalonych do 25 m od miejsca przejazdu. Wartość wzrostów zależała

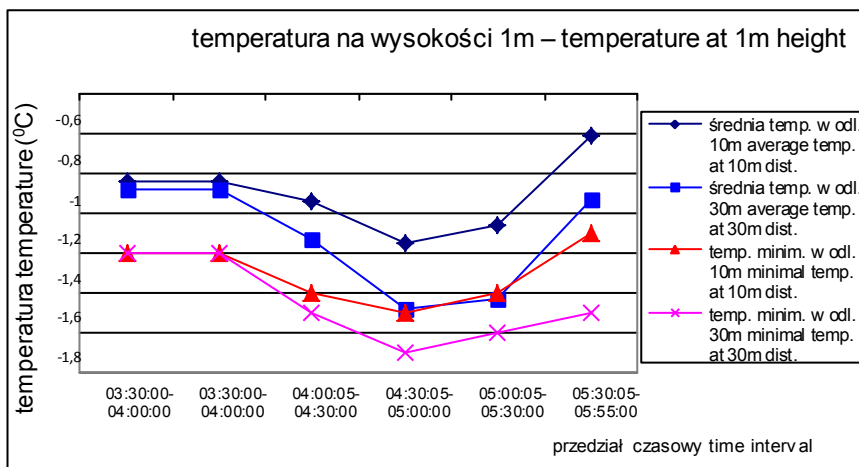
od aktualnej temperatury otoczenia oraz odległości od maszyny. W odległości do 15 m, przy spadkach temperatury do $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, na wysokości 1 m obserwowano impulsy o wartości $1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. W odległości 25 m wynosiły one ok. $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ – rys. 2.



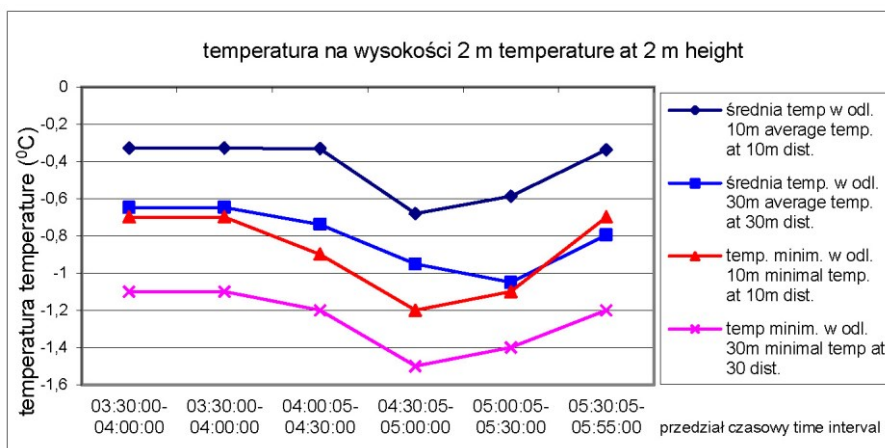
Rysunek 2. Dynamika zmian temperatury w wyniku podgrzewania powietrza; Biała Rawska, 6 V 2011 – Dynamics of temperature changes as the effect of air heating at the distances of 15 m (dotted line) and 25 m (solid line) from the machine; Biała Rawska, 6.05.2011

Kilkuminutowe wzrosty temperatury przekładały się tylko nieznacznie na podwyższenie średniej temperatury powietrza w chronionych kwaterach. Wyznaczone dla przedziałów czasowych różnice między średnimi oraz minimalnymi temperaturami w rzędach oddalonych o 10 i 30 m od przejeżdżającego urządzenia wynosiły kilka dziesiątych stopnia Celsjusza. Mniej wyraźne były na wysokości 1 m (rys. 3), znacznie większe obserwowano na wysokości 2 m (rys. 4).

Nie potwierdzono informacji producenta urządzenia, według których zastosowanie maszyny wyraźnie, o ponad $2\text{ }^{\circ}\text{C}$, podnosi średnią temperaturę powietrza w chronionych sadach. Wyniki są zgodne z rezultatami wcześniejszych badań prowadzonych w innych obiektach sadowniczych (Rabcewicz i Treder 2006; 2008), w których zastosowanie urządzenia pozwalało podwyższyć średnią temperaturę tylko o kilka dziesiątych stopnia Celsjusza.

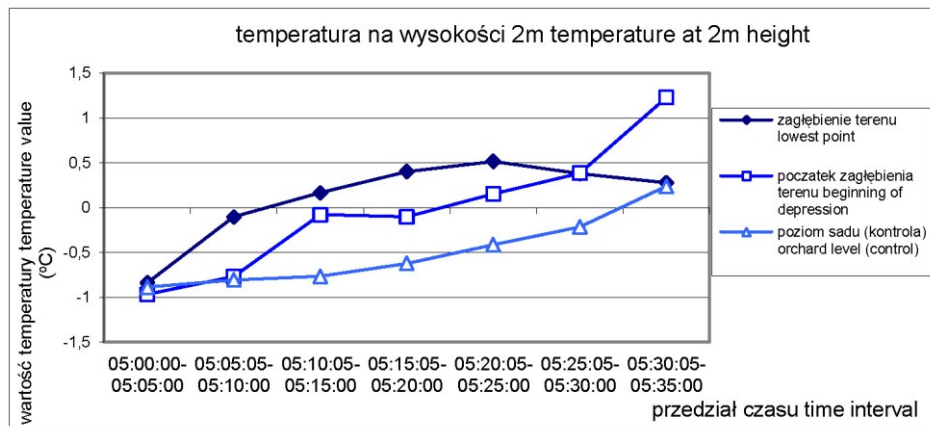


Rysunek 3. Różnice między średnimi i minimalnymi wartościami temperatur na wysokości 1 m w różnych odległościach od urządzenia grzewczego; Biała Rawska 6.05.2011) – Differences between mean and minimal temperatures at 1 m height at distances 10 m and 30 m from the heating machine; Biała Rawska, 6.05.2011



Rysunek 4. Różnice między średnimi i minimalnymi wartościami temperatur na wysokości 2 m w różnych odległościach od urządzenia grzewczego; Biała Rawska, 6.05.2011 – Differences between mean and minimal temperatures at 2 m height at distances 10 m and 30 m from the heating machine; Biała Rawska, 6.05.2011

W warunkach niewielkich, przymrozków radiacyjnych (do wartości $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$) podgrzewanie powietrza pozwoliło na szybsze podniesienie temperatury w zastoisku mrozowym w stosunku do reszty sadu – rys. 5.



Rysunek 5. Wpływ podgrzewania powietrza na wzrost temperatury powietrza w zastoisku mrozowym; Biała Rawska, 18.05.2012 – The effect of air heating on temperature increase in a frost pocket. Open triangle markers represent the measurements at ground level (control), open square markers represent the measurements at beginning of ground immersion, solid diamond markers represent the measurements in the middle of ground immersion; Biała Rawska, 18.05.2012

Efekty biologiczne

Obserwowane w okresie badań przymrozki wiosenne nie były wystarczająco silne, by spowodować przemarznienia pąków oraz kwiatów jabłoni. Określone przez Hołubowicza (2001) wartości temperatur ujemnych, uszkadzających pąki w różnych fazach rozwoju, są niższe od temperatur minimalnych rejestrowanych w sadzie, w którym prowadzono ochronę. Stąd nie wykazano wpływu działania urządzenia na liczbę uszkodzonych przez przymrozek kwiatów. W sezonie 2009 nieznacznie mniej uszkodzeń obserwowano w rzędzie położonym bliżej przejeżdżającego urządzenia, jednak średnie, z powodu dużej zmienności wyników, nie różniły się statystycznie. Jedyną przesłanką świadczącą o skuteczności metody, są wyniki z sezonu 2011, podczas którego w fazie różowego pąka jabłoni wystąpiły temperatury ujemne dochodzące do $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Liczba zawiązanych owoców w rzędach znajdujących się w bliżej (10 i 15 m)

trasy przejazdu urządzenia była wyższa niż w rzędach oddalonych o ponad 20 i 30 m (tab. 2). Dla dwóch odcinków kwatery różnice udowodniono statystycznie.

Tabela 2. Wpływ odległości od trasy przejazdu urządzenia grzewczego na ilość zawiązanych owoców oraz plonowanie drzew jabłoni odmiany Cortland; Biała Rawska, 2011 – The influence of distance from heating machine on the number of primordia and ‘Cortland’ apple crop; at Biała Rawska location in 2011

Powtórzenie Replication	Odległość od urządzenia grzew- czego Distance from heating machine	Średnia liczba zawiązanych owoców Average number of primordia	Plon Yield
	[m]	[szt./drzewo]	[kg/drzewo]
1	10	72,0 b*	14,02 b
	15	23,7 a	4,62 a
	30	17,0 a	3,32 a
2	15	23,4 b	4,80 b
	20	9,6 a	1,97 a
	30	12,9 a	2,64 a
3	10	7,1 a	1,57 a
	15	6,1 a	1,35 a

*Wartości w obrębie zmiennej oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie, analiza wariancji, test t Duncana, $\alpha = 0,05$. Means followed by the same letter are not significantly different (ANOVA, Duncan Multiple Range Test, $\alpha = 0.05$)

WNIOSKI

1. Najwyższe cykliczne wzrosty temperatury spowodowane działaniem urządzenia grzewczego obserwowano w odległości 10 m od trasy przejazdu ciągnika. Maksymalne wartości na wysokości 2 m dochodziły do 1,7 °C.
2. Średnia i minimalna temperatura w ogrzewanym obszarze były wyższe o kilka dziesiątych stopnia Celsjusza w stosunku do rzędów nie chronionych.
3. W warunkach nieznacznych spadków temperatury (do -1 °C) możliwe jest podgrzanie temperatury w zastoiskach mrozowych do wartości dodatnich.
4. Nie udowodniono wpływu ogrzewania powietrza na ograniczenie przemarznięć kwiatów jabłoni spowodowanych przymrozkiem.

Ogrzewanie powietrza pozytywnie wpłynęło na liczbę zawiązanych owoców oraz plonowanie jabłoni w sezonie 2011.

LITERATURA

- Fizjologia roślin sadowniczych 1984. Pr. zbiorowa pod red. L.S Jankiewicza, PWN, Warszawa.
- Hołubowicz T. 2001. Nowe kierunki w ochronie roślin sadowniczych przed przymrozkami. VI Ogólnopol. Spotkanie Sadowników w Grójcu. Grójec 17-18 stycznia 2001, Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa, Skierniewice: 23-29.
- Kołodziejczak P., Mika A. 1984. Występowanie przymrozków w sadach ZD ISK Brzezna oraz próby przeciwdziałania im w latach 1975-1980. Pr. Inst. Sadow. Kwiac. Ser. A 25: 7-24.
- Kruczyńska D., Czynczyk A., Omiecińska B. 2001. Wpływ przymrozków wiosennych na pąki kwiatowe odmian jabłoni w Polsce centralnej w latach 1999-2000. Mat. XII Ogólnokrajowego Seminarium Sekcji "Mrozoodporność", 17-18 maja 2001, AR Poznań: 130-134.
- Rabczewicz J., Treder W. 2006. Influence of tractor pulled air-heating device on the temperature in tree canopy. The X Prof. Kanafojski Intern. Symp. Warsaw University of Technology, 18-19 September, Płock: 201-204.
- Rabczewicz J., Treder W. 2008. Wpływ podgrzewania powietrza na ograniczenie uszkodzeń przymrozkowych kwiatów jabłoni. Zesz. Nauk. Inst. Sadow. Kwiac. 16: 213-221.