

Piotr Tobała, Czesław Muśnicki, Helena Szmyt  
Akademia Rolnicza w Poznaniu, Katedra Uprawy Roli i Roślin

## **Efektywność etefonu w skracaniu słonecznika oleistego w zależności od niektórych elementów pogody**

### **Ethephon efficiency in oilseed sunflower shortening depending on some weather elements**

Zmienne w latach wyniki skrócenia roślin słonecznika za pomocą etefonu skłoniły do zbadania wpływu warunków pogodowych na jego efektywność. Analizy wskazały na temperaturę powietrza w okresie 28 dni od zastosowania jako element najsilniej określający skuteczność etefonu. Najlepsze efekty zapewniała temperatura 20–21°C, natomiast temperatury wyższe, a zwłaszcza niższe, wyraźnie ograniczały siłę działania retardacyjnego. Największą wrażliwość na etefon słonecznik wykazywał przy około 45% zaawansowaniu we wzroście, co fenologicznie odpowiadało wczesnym stadiom pąkowania. Stosowanie późniejsze, na bardziej wyrośnięty słonecznik, dawało gorsze efekty. Efektywność stosowania etefonu jeszcze przed pąkowaniem słonecznika była z reguły ograniczona niską w tym czasie temperaturą.

Changing over years results of sunflower plants shortening by use of ethephon inclined to study the effect of weather conditions on ethephon efficiency. The analysis indicated air temperature as a weather element the strongest in determining ethephon efficiency. The best results were obtained at temperature 20–21°C, whereas higher temperature, and especially lower ones distinctly limited the power of retardant activity. Sunflower was the most sensitive to ethephon at about 45% of advancement in growth that corresponded to early stages of budding. Later application on higher plants gave worse results. Efficiency of ethephon application before sunflower budding was usually decreased due to low temperature at that time.

### **Wstęp**

Etefon jest substancją chemiczną o wielorakim wpływie na rośliny, szeroko wykorzystywaną w uprawie wielu roślin — głównie ogrodniczych i sadowniczych (Jankiewicz 1997). W rolnictwie etefon najczęściej wykorzystywany jest do skracania zbóż w celu zapobieżenia ich wyleganiu. We Francji znajduje ponadto zastosowanie w ograniczaniu nadmiernej wysokości roślin słonecznika oleistego (CETIOM 1995). Wyniki badań przeprowadzonych w Polsce (Muśnicki i in. 1996, Tobała, Muśnicki 1998) potwierdziły dużą kompetencję słonecznika w stosunku do

etefonu. Wyniki tych badań wykazały, że efekty skrócenia roślin zależały nie tylko od dawki i terminu stosowania etefonu, lecz podlegały również dużej zmienności w latach. Celem niniejszej pracy było określenie pogodowych uwarunkowań skuteczności etefonu w ograniczaniu wysokości słonecznika oleistego.

## Material, metody i wyniki

---

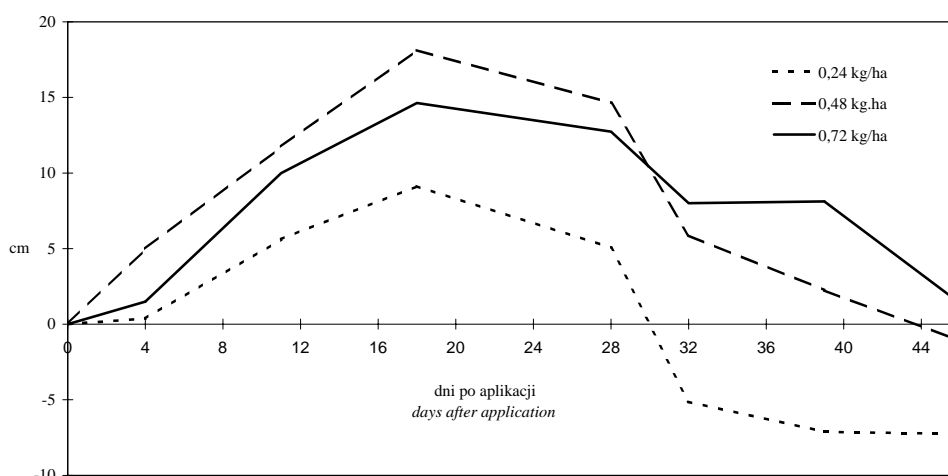
Doświadczenia polowe przeprowadzono w latach 1995–1997 w Stacji Doświadczalnej Przybroda na czarnych ziemiach właściwych i glebach brunatnych przynależnych do klas bonitacyjnych IIIa lub IIIb i kompleksów rolniczych — zbożowo–pastewnego mocnego lub pszennego dobrego. Nośnikiem etefonu był Cerone 480 SL, który aplikowano na słonecznik opryskiwaczem ręcznym zaopatrzone w rozpylacz drobnokroplisty przy ciśnieniu roboczym 280–300 kPa. W roku 1995 etefon zastosowano w dwóch terminach — na początku pąkowania (stadium gwiazdki) i w pełni pąkowania słonecznika (średnica pąka kwiatostanowego 2 cm), w dawkach — 0,48; 0,72 i 0,96 kg/ha. Natomiast w latach 1996 i 1997 etefon zastosowano w dawkach 0,24; 0,48 i 0,72 kg/ha z jednoczesnym poszerzeniem terminów stosowania o stadium wcześniejsze — 6–7 par liści słonecznika. Schematy doświadczeń obejmowały ponadto obiekt kontrolny bez stosowania etefonu. W roku 1996, z powodu warunków pogodowych skrajnie niekorzystnych dla aplikacji, ostatni termin wykonano nieco później — przy średnicy pąka 5–8 cm. Badania wykonano na wysokiej, mieszańcowej odmianie Frankasol. Wysokość roślin mierzono w około 7-dniowych odstępach w okresie intensywnego wzrostu, począwszy od terminu pierwszej aplikacji aż do stabilizacji wysokości roślin w pełni kwitnienia oraz po osiągnięciu dojrzałości technicznej. Dane meteorologiczne — średnią dobową temperaturę powietrza, opady i wilgotność względną powietrza — zebrano w Stacji Doświadczalnej Przybroda. W analizach posłużono się rachunkiem regresji wielokrotnej krzywoliniowej.

Skrócenie roślin zmieniało się nie tylko w zależności od terminu stosowania i dawki etefonu, lecz podlegało ponadto dużej fluktuacji w kolejnych latach badań (tab. 1). W latach 1995 i 1997 wszystkie sposoby stosowania etefonu spowodowały wyraźne skrócenie roślin. W 1996 roku efekty były natomiast słabe, a na niektórych kombinacjach nie stwierdzono finalnego skrócenia roślin. Analiza dynamiki wzrostu słonecznika w trakcie wegetacji wykazała, że również w tym roku, podobnie jak w pozostałych, etefon hamował wzrost słonecznika. Jednak po około 4 tygodniach jego działanie ustało, a rośliny częściowo, całkowicie lub nawet w nadmiarze zrekompensowały wcześniejsze skrócenie (rys. 1). Z porównania maksymalnych, tj. zanotowanych w całym okresie wegetacji i końcowych skróceń wynika, że zjawisko to wystąpiło tylko w 1996 roku, natomiast w pozostałych 2 latach maksymalne skrócenie uległo stabilizacji (tab. 2).

Tabela 1

Wysokość roślin słonecznika (cm) na obiekcie kontrolnym oraz rozmiar skrócenia roślin (cm) w zależności od terminu stosowania, dawki etefonu i roku badań  
*Height of sunflower plants (cm) on check and dimension of plant shortening (cm) depending on term of application, dose of ethephon and year of study*

Termin stosowania etefonu <i>Term of ethephon application</i>	Dawka etefonu <i>Dose of ethephon [kg/ha]</i>	Lata badań — <i>Years of study</i>		
		1995	1996	1997
Kontrola — <i>Check</i>	-	180	164	175
6–7 para liści <i>6–7<sup>th</sup> pair of leaves</i>	0,24	—	-1	21
	0,48	—	5	24
	0,72	—	9	31
Początek pąkowania <i>Beginning of budding</i>	0,24	—	-1	29
	0,48	30	8	31
	0,72	34	19	39
	0,96	37	—	—
Pełnia pąkowania <i>Full budding</i>	0,24	—	2	21
	0,48	28	7	35
	0,72	37	4	43
	0,96	35	—	—



Rys. 1. Dynamika skrócenia słonecznika przez etefon zastosowany w różnych dawkach w stadium 6–7 par liści w 1996 roku — *Dynamics of sunflower shortening by ethephon applied in different doses at 6–7th pair of leaves*

Tabela 2

Różnica między maksymalnym a końcowym skróceniem roślin (cm) w zależności od terminu stosowania, dawki etefonu i roku badań — *Difference between maximal and final shortening of plants (cm) depending on term of application, dose of ethephon and year of study*

Termin stosowania etefonu <i>Term of ethephon application</i>	Dawka etefonu <i>Dose of ethephon [kg/ha]</i>	Lata badań — <i>Years of study</i>		
		1995	1996	1997
Kontrola — <i>Check</i>	-	180	164	175
6-7 para liści <i>6-7<sup>th</sup> pair of leaves</i>	0,24	—	10	1
	0,48	—	13	0
	0,72	—	5	0
Początek pąkowania <i>Beginning of budding</i>	0,24	—	7	0
	0,48	0	5	0
	0,72	0	0	4
	0,96	0	—	—
Pełnia pąkowania <i>Full budding</i>	0,24	—	0	1
	0,48	2	2	0
	0,72	0	4	0
	0,96	0	—	—

Jak sugeruje rysunek 1, przyczyn tego zjawiska należało szukać w układzie warunków meteorologicznych w okresie 28 dni od zastosowania etefonu. W rozwiązaniu zadania posłużono się rachunkiem regresji wielokrotnej krzywoliniowej, przyjmując za zmienne niezależne: termin stosowania etefonu, jego dawkę oraz dostępne parametry charakteryzujące pogodę we wspomnianym okresie, tj. średnią dobową temperaturę powietrza, sumę opadów atmosferycznych oraz względną wilgotność powietrza (tab. 3). Terminy stosowania etefonu przetransponowano na wartości liczbowe, wyrażając je jako stopień (%) realizacji końcowej wysokości obiektu kontrolnego w momencie aplikacji. Ograniczona do 24 liczba zanotowanych zdarzeń, a także silne i istotne korelacje między parami elementów pogody, uniemożliwiły jednoczesne włączenie ich do modelu matematycznego. Zmusiło to do selektywnego analizowania kolejnych modeli i wyboru najlepiej wyjaśniającego zmienność uzyskanych wyników. W tabeli 4 zamieszczono wynik tych analiz. Mimo wysokiego współczynnika determinacji  $R^2$  równego 0,954, wyprowadzony algorytm nie daje się ekstrapolować poza zakres zmienności zanotowany w doświadczeniach. Choć nie wszystkie zmienne występujące w przedstawionym modelu są w sensie formalnym istotne, to ich obecność uznano za uzasadnioną analizami statystycznymi pojedynczych doświadczeń lub względami przyrodniczymi.

Tabela 3

Warunki pogodowe 28-dniowych okresów po zastosowaniu etefonu oraz stopień zaawansowania roślin we wzroście podczas aplikacji — *Weather conditions during 28-days periods after ethephon application and degree of plant growth advancement at application*

Termin stosowania etefonu <i>Term of ethephon application</i>	Lata badań — <i>Years of study</i>		
	1995	1996	1997
Średnia temperatura dobową w °C — <i>Average daily temperature in °C</i>			
6–7 para liści — <i>6–7<sup>th</sup> pair of leaves</i>	—	16,1	18,9
Początek pąkowania — <i>Beginning of budding</i>	21,8	16,4	19,3
Pełnia pąkowania — <i>Full budding</i>	22,8	18,3	19,5
Opady w mm — <i>Precipitation in mm</i>			
6–7 para liści — <i>6–7<sup>th</sup> pair of leaves</i>	—	150	111
Początek pąkowania — <i>Beginning of budding</i>	16	157	115
Pełnia pąkowania — <i>Full budding</i>	16	92	96
Wilgotność względna powietrza w % — <i>Relative air humidity in %</i>			
6–7 para liści — <i>6–7<sup>th</sup> pair of leaves</i>	—	73	64
Początek pąkowania — <i>Beginning of budding</i>	50	73	64
Pełnia pąkowania — <i>Full budding</i>	47	69	63
Zaawansowanie roślin we wzroście w % — <i>Plant growth advancement in %</i>			
6–7 para liści — <i>6–7<sup>th</sup> pair of leaves</i>	—	29	27
Początek pąkowania — <i>Beginning of budding</i>	28	43	31
Pełnia pąkowania — <i>Full budding</i>	55	77	58

Ograniczony formalnie zakres wnioskowania daje mimo wszystko możliwość oceny wagi poszczególnych czynników, a zwłaszcza wyjaśnia zależności między fazą rozwojową a temperaturą powietrza w kształtowaniu retardacyjnej efektywności etefonu. Wpływ tych zmiennych na wielkość skrócenia roślin przedstawiono na rysunku 2 w oparciu o wartości wyprowadzone z algorytmu po ustaleniu dawki etefonu na poziomie 0,72 kg/ha. Temperatura powietrza okazała się czynnikiem najbardziej istotnym i zdecydowanie najsilniej wpływającym na efektywność etefonu. Optimum termiczne działania etefonu na słonecznik leżało w granicach 20–21°C i ulegało lekkiemu wzrostowi wraz z zaawansowaniem roślin w rozwoju (rys. 2). Największą wrażliwość na etefon słonecznik wykazywał przy ok. 45% zaawansowaniu roślin we wzroście, co odpowiadało wczesnym stadiom pąkowania. Późniejsza aplikacja, z racji większego zaawansowania roślin we wzroście, stwarzała mniejsze możliwości ograniczenia wzrostu roślin. Natomiast wcześniejsze stosowanie stwarzało ryzyko ustania działania etefonu przed zakończeniem

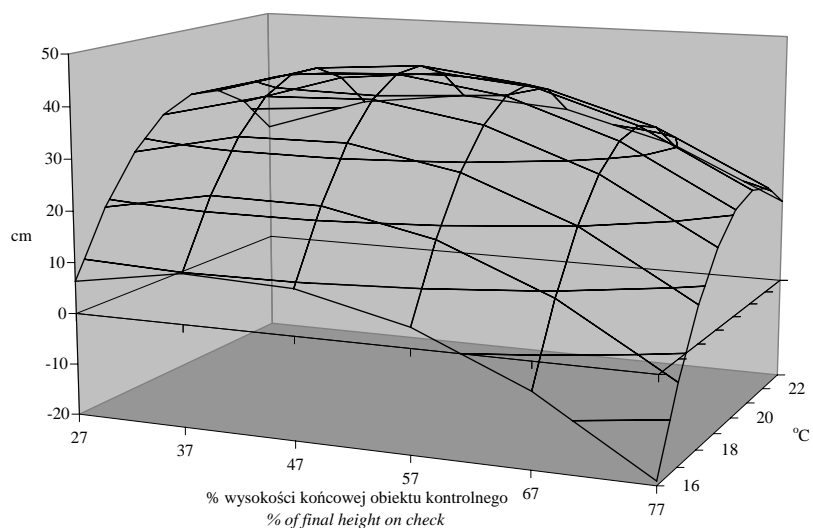
wzrostu roślin i zniwelowanie ich dotychczasowego skrócenia. Ponadto, wczesna aplikacja — jeszcze przed pąkowaniem słonecznika, przypadła z reguły w okresie chłodniejszym, co tym bardziej zmniejszało retardacyjne działanie etefonu. Można zatem stwierdzić, że wybór optymalnego terminu stosowania etefonu sprowadza się do ustalenia kompromisu między wzrastającą z upływem czasu temperaturą powietrza, a malejącymi w miarę zwiększania się wysokości roślin możliwościami ich skrócenia.

Tabela 4

Charakterystyki statystyczne modelu efektywności skracania słonecznika Frankasol przez etefon — *Statistical characteristics of efficiency model of Frankasol sunflower shortening by ethephon*

Zmienna <i>Variable *</i>	Znormalizowany cząstkowy współczynnik regresji <i>Standardized partial regression coefficient</i>	Współczynnik regresji wielokrotnej <i>Multiple regression coefficient</i>	t(16)	Poziom istotności testu cząstkowego <i>Significance level of partial test</i>
Stała – <i>Constant</i>	–	–668,159	–9,65	0,000
X1	1,160	0,943	1,04	0,313
X1 <sup>2</sup>	–2,650	–0,021	–5,76	0,000
X2	0,732	45,941	2,71	0,015
X2 <sup>2</sup>	–0,383	–21,273	–1,39	0,183
X3	10,189	64,949	9,00	0,000
X3 <sup>2</sup>	–9,938	–1,631	–8,09	0,000
X1 x X3	1,211	0,049	1,35	0,197

- \* — X1 — stopień zaawansowania roślin we wzroście przy aplikacji (%)  
*degree of plant growth advancement at application (%)*  
 X2 — dawka etefonu (kg/ha) — *dose of ethephon (kg/ha)*  
 X3 — średnia temperatura dobowa 28-dniowego okresu po aplikacji (°C)  
*average daily temperature during 28 days period after application (°C)*



Rys. 2. Wpływ wysokości roślin przy aplikacji etefonu i temperatury powietrza w ciągu dalszych 28 dni na skrócenie słonecznika — *Effect of plant height at ethephon application and air temperature during following 28 days on sunflower shortening*

## Wnioski

1. Elementem pogody najsilniej determinującym skuteczność etefonu w skracaniu słonecznika była temperatura powietrza.
2. Efektywność etefonu wzrastała do temperatury 20–21°C, a powyżej tego zakresu ponownie zaczynała maleć.
3. Wczesne stosowanie etefonu, jeszcze przed pąkowaniem słonecznika, zwiększa ryzyko ograniczenia jego efektywności przez chłody.

## Literatura

- CETIOM 1995. Le tournesol en 95. Paris
- Jankiewicz L. S. 1997. Regulatory wzrostu i rozwoju roślin. Właściwości i działanie. 1. Wyd. Nauk. PWN: 120.
- Muśnicki Cz. W., Tobała P., Jodłowski M. 1996. Możliwości ograniczenia nadmiernego wzrostu roślin słonecznika za pomocą środków chemicznych. *Rośliny Oleiste*, XVII (2): 305-310.
- Tobała P., Muśnicki Cz. 1998. Wpływ etefonu na wzrost, rozwój i plonowanie słonecznika oleistego. *Prog. In Plant Prot./Post. w Ochr. Rośl.* 38 (2); (w druku).