

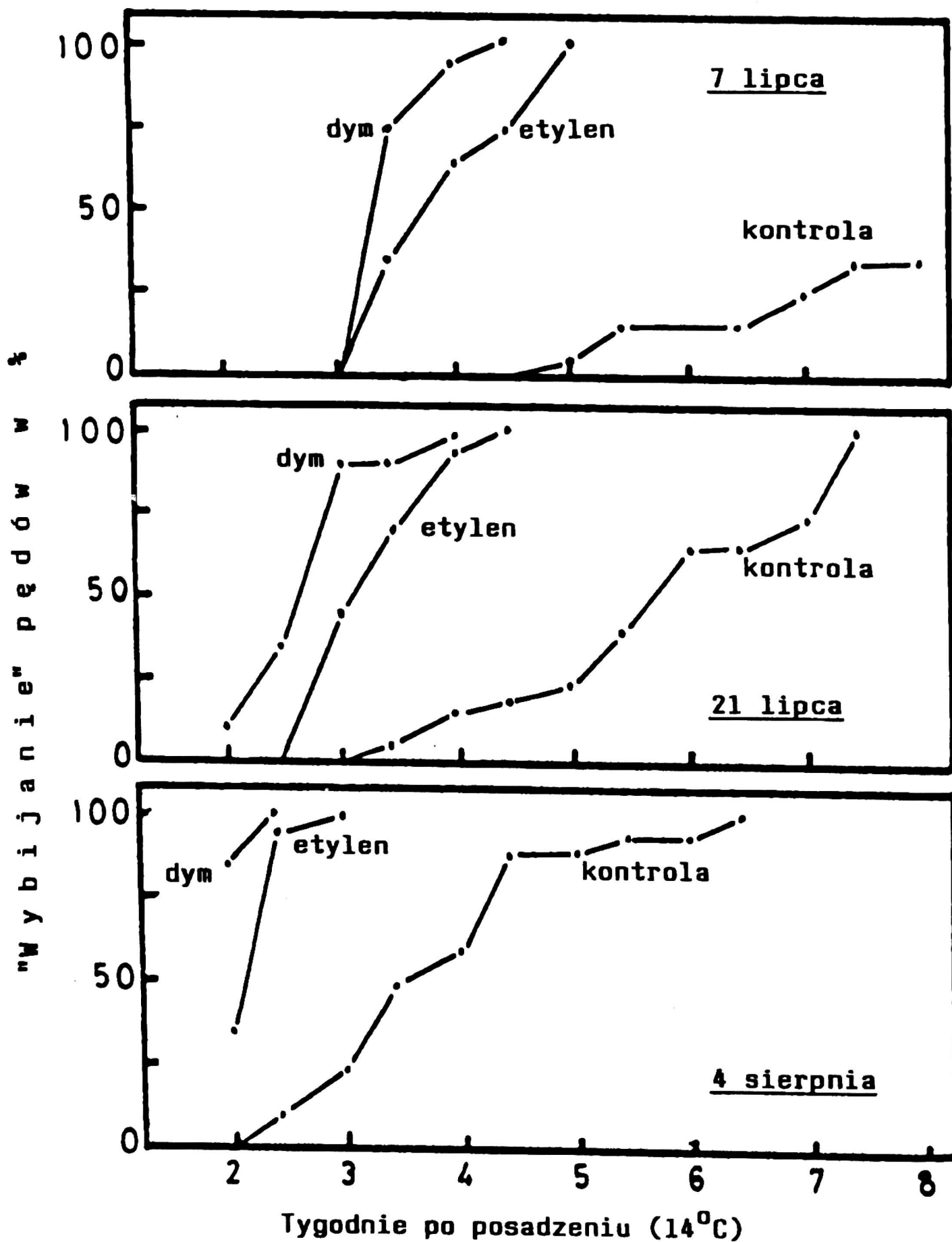
*Ludwika Kawa-Miszczak, Elżbieta Węgrzynowicz-Lesiak, Marian Saniewski
Instytut Sadownictwa i Kwiaciarstwa w Skierniewicach*

Pozytywny wpływ etylenu na wzrost i rozwój ozdobnych roślin cebulowych i bulwiastych

Składnikiem atmosfery, który wywiera największy wpływ na wzrost i rozwój ozdobnych roślin cebulowych, jest etylen. Wpływ etylenu jest różnorodny i w dużym stopniu uzależniony od gatunku rośliny i czasu aplikacji [12, 18, 29]. Etylen powoduje wiele zaburzeń fizjologicznych w roślinach cebulowych i bulwiastych: gumozy, zniekształcenia i zamieranie kwiatów, zniekształcenia liści, nekrozy, zahamowanie wzrostu korzeni i wzrostu elongacyjnego łodygi. Zagadnienia te zostały przedstawione w pracach przeglądowych m.in. Kamerbeeka i De Munka [29] oraz Saniewskiego [40]. Jednakże etylen może mieć również pozytywny wpływ na wzrost i rozwój roślin cebulowych i bulwiastych. Etylen jest używany do przyspieszania kwitnienia irysów cebulowych, narcyzów i *Triteleia* oraz do przerywania spoczynku bulw frezji i mieczyków. Tak więc, etylen może być z korzyścią stosowany do celów praktycznych lub też muszą być podjęte działania w celu uniknięcia jego akumulacji podczas przechowywania cebul, transportu i wzrostu.

Dalie (*Dahlia*)

U dalii tuberyzacja indukowana jest w warunkach krótkiego dnia. Kwas abscysynowy (ABA) zwiększa, natomiast kwas giberelinowy (GA) hamuje tuberyzację zarówno przy traktowaniu całych roślin, jak i sadzonek pędowych [2, 3]. Traktowanie etefonem zwiększa tuberyzację przy traktowaniu całych roślin dalii, ale hamuje przy rozmnażaniu przez sadzonki pędowe. Wydzielanie endogennego etylenu jest najwyższe między drugim i trzecim tygodniem po rozpoczęciu krótkiego dnia (jeden tydzień przed początkiem tuberyzacji) i następnie obniża się do niskiego poziomu, takiego jak u roślin rosnących w warunkach długiego dnia [2]. Halevy i Biran [13] sugerują, że GA i ABA bezpośrednio kontrolują tuberyzację przez określanie miejsca akumulacji asymilatów. Etylen może mieć różny wpływ w zależności od stadium rozwoju rośliny, stymulując inicjację tuberyzacji, ale hamując późniejsze stadia powiększania się bulw.



Rysunek 1. Wpływ dymu i etylenu na "wybijanie" pędów z bulw frezji sadzonych w różnych terminach [45]

Frezje (*Freesia*)

Po wykopaniu, bulwy frezji pozostają w stanie spoczynku przez co najmniej trzy miesiące. Spoczynek bulw ustępuje w 25–30°C po 10 lub więcej tygodniach przechowywania. W celu przyspieszenia kwitnienia frezji ważne jest skrócenie okresu przechowywania bulw w wysokiej temperaturze.

W Japonii na skalę przemysłową używa się dymu do przerywania spoczynku bulw frezji. Uyemura i Imanishi [45] podają, że w prowadzonych badaniach stosowali dym z dymiącego drewna i świeżej słomy traw, głównie z rodzaju *Eragrostis* (miłka) i *Pennisetum* (rosplenica). Przerwanie spoczynku można spowodować, traktując bulwy etylenem lub tlenkiem węgla, gazowymi składnikami dymu [23, 35, 36, 45, 46]. Moczenie bulw w cyjanamidzie wapnia lub benzyloadeninie (BA) przyspiesza "wybijanie" pędów z bulw [34, 36], ale było mniej efektywne niż traktowanie dymem lub etylenem [45, 47]. Obserwowano przy tym, że korzystny wpływ etylenu na "wybijanie" pędów z bulw był nieco słabszy niż wpływ dymu (rys. 1) [45]. Uyemura i Imanishi [46] uważają, że różnice w przerywaniu spoczynku pod wpływem dymu i etylenu były spowodowane różnym czasem faktycznego oddziaływania etylenu na bulwy. Badając skład gazów zawartych w dymie w czasie traktowania bulw, Uyemura i Imanishi [45] stwierdzili, że etylen był obecny w dymie przez 5–6 godzin. Natomiast czystym etylenem traktowano bulwy przez 23 godziny. Uyemura i Imanishi [46] wykazali, że traktowanie bulw etylenem o stężeniu 10 µl/l powietrza przez 5 godzin było wystarczające do osiągnięcia maksymalnego efektu zarówno przy traktowaniu bulw w systemie zamkniętym, jak i przy ciągłym przepływie. Przy ciągłym przepływie korzystny wpływ etylenu był obniżany lub nawet znoszony, jeżeli czas traktowania wydłużano od 5 do 48 godzin. W systemie zamkniętym wydłużenie czasu traktowania powodowało podobny wpływ jak przy traktowaniu przez 5 godzin.

Traktowanie etylenem powodowało zwiększenie liczby pędów w przeliczeniu na bulwę i w konsekwencji obniżenie jakości kwiatów [1, 21, 23]. Uyemura i Imanishi [47] uważają, że ABA może odgrywać ważną rolę w rozwoju bulw. Wzrost tempa produkcji endogennego etylenu, wyraźnie występujący przed ustąpieniem spoczynku bulw, poprzedza obniżenie się poziomu wolnego ABA. Wzrost produkcji endogennego etylenu może być czynnikiem inicjującym przerywanie spoczynku bulw frezji.

Irysy (*Iris x hollandica*)

Minimalna wielkość cebul, z których wyrosną kwitnące rośliny, wynosi 8–9 cm obwodu dla odmian o dużych cebulach jak 'Wedgwood', 'Ideal', 'Professor Blaauw' ('Blue Ribbon'), 'Blue Magic', i 5–6 cm dla odmian o małych cebulach, jak 'White Excelsior', 'White Superior', 'H.C. van Vliet', 'Sapphire Beauty' [8]. Dla mniejszych

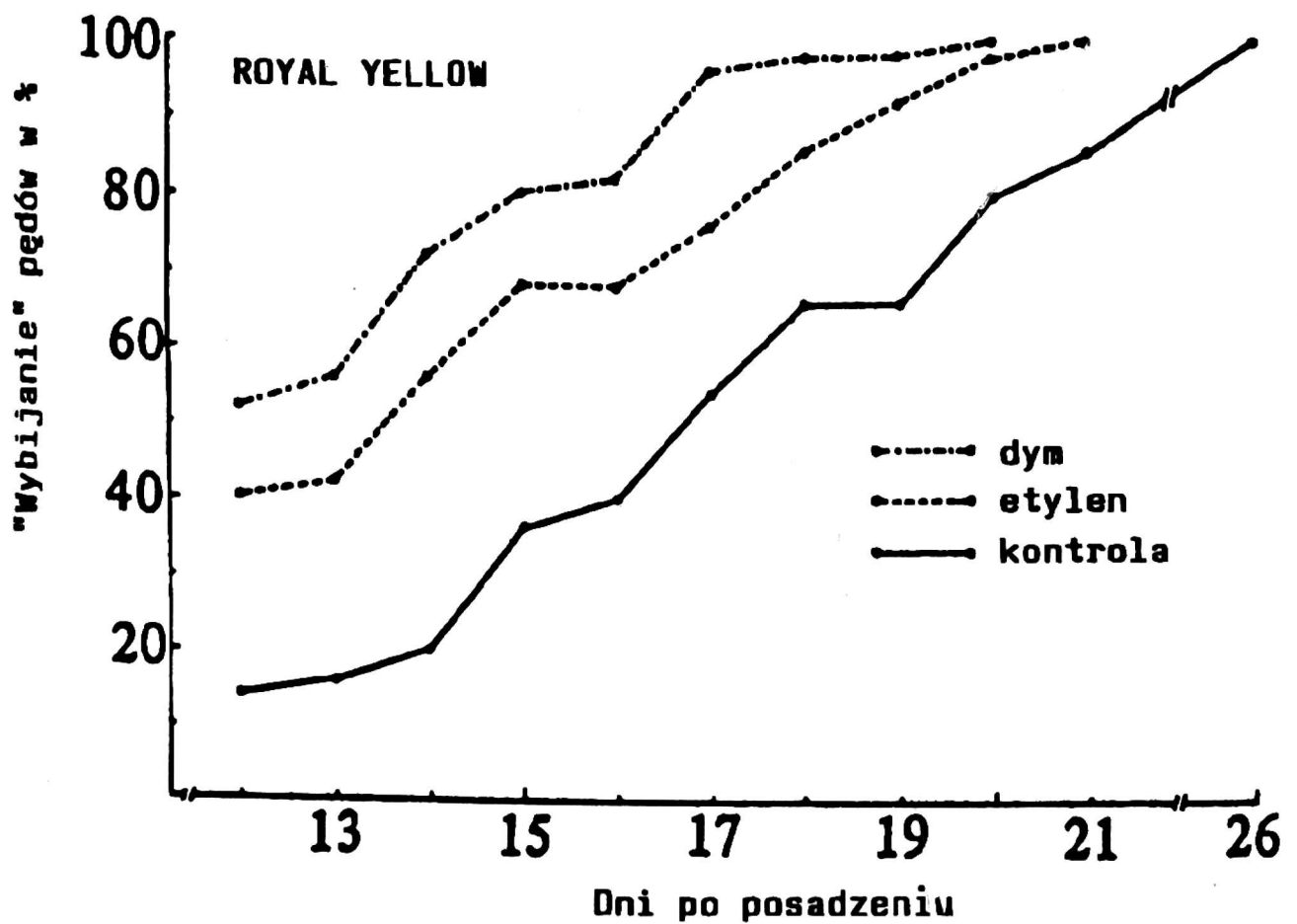
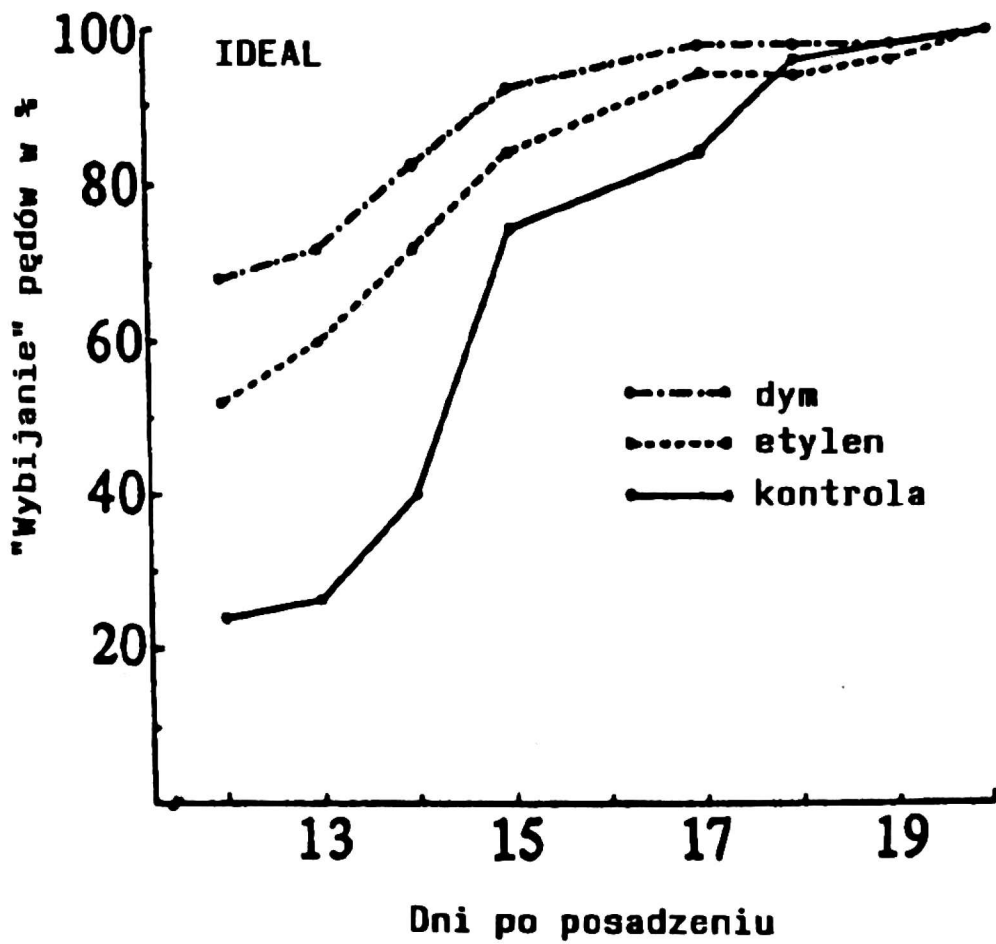
cebule procent kwitnących roślin obniża się i poniżej krytycznego minimum cebule produkują tylko rośliny wegetatywne [37]. W cebulach o odpowiedniej wielkości, po zakończeniu procesu dojrzewania i uformowaniu więcej niż trzech zawiązków liści w wysokiej temperaturze (25–30°C), następuje indukcja różnicowania się kwiatu w stosunkowo niskiej temperaturze (9–13°C) [9, 28]. Okres wymaganego traktowania cebul wysoką temperaturą może być częściowo zastąpiony przez poddanie cebul działaniu etylenu w formie gazowej [5, 41] lub moczeniu cebul w roztworze etefonu [33, 44].

Przy pędzeniu irysów poważnym problemem jest występowanie trzyliściowych, nie kwitnących roślin. Durieux i Kamerbeek [10] wykazali, że występowanie trzyliściowych roślin w czasie pędzenia irysów odmian 'Wedgwood' i 'Ideal' może być znacznie obniżone, jeżeli cebule są wykopywane kilka tygodni przed normalnym czasem wykopywania i są traktowane, przed standardowym pędzeniem, temperaturą 30°C przez 10 dni. Wcześniejszy zbiór cebul prowadzi jednak do obniżenia plonów. Opryskiwanie rosnących roślin roztworem etefonu (2 g substancji aktywnej na litr wody) również obniża późniejsze występowanie trzyliściowych roślin, nie wpływając jednak na plony, jako że cebule mogą być wykopywane w normalnym terminie. Najlepsze rezultaty osiągnęto opryskując rośliny 4 tygodnie przed wykopywaniem cebul [10]. W celu ograniczenia występowania trzyliściowych roślin w Japonii zwyczajowo cebule poddaje się działaniu dymu przed traktowaniem ich niską temperaturą. Imanishi i Fortanier [22] wykazali, że traktowanie przechowywanych cebul odmian 'Ideal' i 'Royal Yellow' dymem lub etylenem (50 ppm przez 4 dni) zmniejszało występowanie nie kwitnących, trzyliściowych roślin (tab. 1) i powodowało wcześniejsze wyrastanie pędów z cebul ("wybijanie" pędów) (rys. 2). Rośliny z cebul traktowanych dymem lub etylenem kwitły 6–7 ('Ideal') lub 3–4 ('Royal Yellow') dni wcześniej niż kontrolne. Stwierdzono, że korzystny wpływ etylenu był nieco słabszy niż dymu.

W czasie pędzenia irysów obserwuje się często zamieranie już wykształconych pąków kwiatowych, a tym samym zmniejszenie procentu kwitnących roślin. Traktowanie tylko przez 3 godziny dużych cebul, powyżej rozmiaru krytycznego, etylenem o stężeniu 10 µl/l zwiększa procent kwitnących roślin do blisko 100% [43]. Kamerbeek i in. [30] opryskiwali irysy roztworem etrelu (4 ml/l) na polu, przed zasychaniem

Tabela 1. Wpływ dymu i etylenu na kwitnienie cebul irysów odm. 'Ideal' (wielkość cebul 6–7 g) [22]

Kombinacja	% roślin		Termin kwitnienia	Długość pędu kwiatowego [cm]
	3-liściowych	kwitnących		
Kontrola	94,1	5,9	13 III	45
Etylen	37,0	62,5	9 III	41
Dym	0,0	100,0	7 III	45



Rysunek 2. Wpływ dymu i etylenu na "wybijanie" pędów z cebul irysów odm. 'Ideal' i 'Royal Yellow' [22]

Tabela 2. Wpływ etrelu na wzrost i rozwój irysów odm. 'Ideal' [30]

Rodzaj traktowania	Wielkość cebul [cm]	% roślin		
		z normalnymi kwiatami	z obumarłymi kwiatami	3-liściowych
Etreł	>10	97	2	1
Kontrola		63	29	8
Etreł	9–10	87	11	2
Kontrola		18	53	29
Etreł	8–9	44	48	8
Kontrola		3	30	67

roślin. Po wykopaniu cebule traktowali wysoką temperaturą, przygotowując je do wczesnego pędzenia w szklarni. Wykazali, że traktowanie etrelem (jako źródłem etylenu) w znacznym stopniu zapobiegało zamieraniu kwiatów i zmniejszało występowanie trzyliściowych roślin (tab. 2). W cebulach o obwodzie 8–9 cm liczba roślin z obumarłymi kwiatami była wyższa w roślinach traktowanych niż w kontroli; przy znacznym jednak zmniejszeniu ilości roślin trzyliściowych – ogólna liczba kwitnących roślin była wyższa.

Niezwykłe interesujący jest wpływ dymu i etylenu na wzrost i rozwój małych cebul irysów (tab. 1) [22, 24, 26]. Imanishi i in. [24] stwierdzili, że już po 1 godzinie traktowania cebul o obwodzie 7 cm etylenem (10 $\mu\text{l/l}$ – w ciągłym przepływie) trzykrotnie zwiększał się procent kwitnących roślin w porównaniu do kontroli. Po 24 godzinach traktowania etylenem liczba kwitnących roślin wzrastała z 4 do 84%. Niewielki procent kwitnących roślin obserwowano również po 24 godzinach traktowania etylenem cebul o obwodzie 6 cm. Tak więc, traktowanie etylenem indukuje kwitnienie w cebulach, które inaczej pozostają wegetatywne.

Traktowanie cebul irysów etylenem zwiększa oddychanie [31]. Imanishi i in. [24] stwierdzili, że tempo oddychania cebul wzrasta gwałtownie podczas traktowania i stopniowo zmniejsza się po usunięciu etylenu. Tydzień po traktowaniu oddychanie cebul traktowanych etylenem przez 24 godziny pozostaje wyższe niż kontrolnych. Stymulacja oddychania jest skorelowana z wpływem traktowania na indukcję kwitnienia.

Mieczyki (*Gladiolus*)

Po wykopaniu, bulwy mieczyków przechodzą stan spoczynku. Spoczynek bulw ustępuje szybciej w niskiej (<10°C) niż w wysokiej (>20°C) temperaturze. Długość traktowania niską temperaturą zależy od odmiany i dojrzałości fizjologicznej bulw w czasie zbiorów, ogólnie wynosi 4–8 tygodni [4].

Możliwość wykorzystania etrelu i etefonu (jako źródeł etylenu) do przerywania spoczynku bulw mieczyków badali Halevy i in. [14], Simchon i in. [42], Ginzburg [11].

Halevy i in. [14] stwierdzili, że moczenie bulw przez 30 minut w roztworze etrelu o stężeniu 1000 ppm powodowało wcześniejsze wypuszczanie pędów z bulw, które były przechowywane w wysokiej temperaturze lub przez krótki okres w 5°C. Etreł powodował podział bulw (na dwie lub więcej małych bulw) i zwiększał liczbę pędów kwiatowych na bulwę, opóźniał kwitnienie i w niewielkim stopniu obniżał wysokość roślin. Wielkość zbieranych bulw była mniejsza, ale ogólny ich plon był znacznie zwiększony.

Simchon i in. [42] obserwowali zwiększenie liczby bulw porażonych przez *Fusarium oxysporum* f. sp. *gladioli* po traktowaniu etefonem. Jednakże, przy łącznym potraktowaniu etefonem i fungicydem, etefon znacznie zwiększał skuteczność stosowanych fungicydów poprzez zwiększenie ich penetracji do bulw, a tym samym zwiększał zdrowotność bulw.

Ginzburg [11] wykazał, że etefon przyspieszał wzrost spoczynkowych bulw mieczyków i hamował wzrost bulw nie będących w stanie spoczynku. Wzrost bulw był dodatkowo obniżony przez CO₂ i zmniejszone ciśnienie atmosferyczne.

Narcyzy (*Narcissus tazetta*)

W Japonii tradycyjnie wykorzystuje się dym do przyspieszania kwitnienia narcyzów.

Imanishi [20] badał wpływ dymu na kwitnienie odmiany 'Grand Soleil d'Or'. Cebule były traktowane tradycyjnymi metodami w okresie przechowywania. Przez 10 kolejnych dni, po kilka godzin dziennie, cebule poddawano działaniu dymu z dymiącego drewna i świeżych liści, w temperaturze pokojowej. Rośliny z traktowanych cebul kwitły 1–2 tygodnie wcześniej niż rośliny z cebul kontrolnych (tab. 3).

Tabela 3. Wpływ dymu na kwitnienie narcyzów w zależności od masy cebul; w nawiasach podano termin kwitnienia [20]

Masa cebul [g]	% roślin kwitnących	
	kontrola	dym
10–15	0	13 (11 III)
15–20	0	85 (15 III)
20–25	27 (20 III)	100 (13 III)
25–30	13 (28 III)	100 (13 III)
30–35	67 (25 III)	
35–40	67 (23 III)	
40–45	93 (23 III)	
45–50	100 (18 III)	

Ponadto znacznie wzrastał procent kwitnących roślin w wypadku małych cebul. W kontroli tylko rośliny z największych cebul (45–50 g) kwitły w 100%, podczas gdy w wypadku traktowanych cebul 100% kwitnienia obserwowano już dla cebul o znacznie mniejszej masie (20–25 g). Po traktowaniu dymem, niewielki procent kwitnących roślin obserwowano nawet w przypadku bardzo małych cebul (10–15 g). W porównaniu do kontroli, w traktowanych cebulach następowała wcześniejsza inicjacja i szybszy rozwój kwiatów. Optymalna temperatura przechowywania cebul wynosiła 25°C. W doświadczeniach, w których cebule poddawano działaniu dymu przez 2, 4, 6 lub 8 dni, wykazano, że wszystkie rośliny z cebul traktowanych dymem kwitły wcześniej i w znacznie większym procencie niż kontrolne. Po 4 dniach traktowania dymem następowało wcześniejsze kwitnienie roślin niż po 2, 6 i 8 dniach. Również traktowanie cebul etylenem (10 µl/l) przez 4 dni, 3 godziny w ciągu każdego dnia, powodowało wcześniejsze kwitnienie roślin i obserwowane efekty były podobne jak przy traktowaniu dymem [20]. W późniejszych badaniach Imanishi i Yue [27] wykazali, że poddanie małych cebul (20–30 g) działaniu etylenu przez 1–3 godziny (w lipcu, po zbiorach) było wystarczające do indukcji kwitnienia. Ten korzystny wpływ był osłabiony przy traktowaniu dłuższym niż 18 godzin i był znoszony po 48 godzinach traktowania. Maksymalny wpływ etylenu obserwowano przy stężeniu 0,75 µl/l lub wyższym (1 lub 10 µl/l). Korzystny wpływ etylenu był wzmagany przez wysoką temperaturę (20–30°) podczas traktowania. Etylen miał także korzystny wpływ na kwitnienie małych cebul przechowywanych do 10 miesięcy w 1°C od początku lipca. W tym wypadku cebule przechowywane w niskiej temperaturze muszą być przed traktowaniem etylenem poddane działaniu 30°C przez 3–7 dni (przez 6 godzin w 30°C na początku grudnia) [27].

Triteleia (Brodiaea)

Z rodzaju *Triteleia* tylko jeden gatunek *T. laxa* Benth. uprawiany jest na skalę przemysłową na kwiat cięty. Podobnie jak u innych roślin cebulowych i bulwiastych, kwitnienie uzależnione jest od wielkości wysadzanych bulw. Wraz ze wzrostem wielkości bulw od 0,1 do 1,0 g znacznie zwiększa się procent kwitnących roślin i jakość kwiatów [16]. Dla bulw powyżej 1,0 g (1–5 g) wartości te nie zmieniają się. Podobną zależność obserwowano mierząc wielkość merystemów wierzchołkowych. Tak więc, minimalna wielkość handlowa bulw *T. laxa* wynosi 1,0 g.

Potraktowanie spoczynkowych bulw *T. laxa* etylenem o stężeniu 20 ppm przez 7 dni indukowało wcześniejszy wzrost i kwitnienie [17]. Rośliny z bulw traktowanych etylenem rozpoczynały wzrost 26 dni wcześniej i kwitły 43 dni wcześniej niż rośliny z bulw nie traktowanych. Najbardziej interesujący jest wpływ etylenu na kwitnienie roślin z małych bulw, poniżej wielkości handlowej. Dla bulw ważących 0,9 g traktowanie etylenem zwiększa kwitnienie z 20 do 70%. Ponadto etylen znacznie zwiększał

liczbę kwiatów w kwiatostanie, niezależnie od wielkości bulw. Badając wpływ etylenu na poziom wydzielanego przez bulwy CO₂, Han i in. [17] wykazali, że tempo oddychania pod wpływem etylenu wzrastało gwałtownie i było 5–7 razy większe niż w kontroli. Po usunięciu etylenu oddychanie obniżało się, ale nadal pozostawało wyższe niż w kontroli. Nie stwierdzono wpływu etylenu na zawartość węglowodanów w bulwach. Wykazano natomiast, że kwitnienie i liczba kwiatów w kwiatostanie były bezpośrednio związane z wielkością merystemu wierzchołkowego. Badania z wykorzystaniem mikroskopu elektronowego (SEM) wykazały, że etylen wpływał na przyspieszenie wzrostu merystemu wierzchołkowego [17]. Dzięki szybkiemu wzrostowi merystemów w małych bulwach traktowanych etylenem ich pąki wierzchołkowe były porównywalne do pąków z dużych bulw kontrolnych. Nie obserwowano różnic w wielkości komórek, co sugeruje, że szybkie powiększanie się merystemów wierzchołkowych w bulwach traktowanych etylenem może być rezultatem stymulacji podziałów komórkowych.

Przy produkcji bulw *T. laxa* stosuje się również uprawę bulw z nasion. Aby uzyskać maksymalne kiełkowanie, konieczne jest poddanie nasion działaniu niskiej temperatury (3°C) przez minimum 8 tygodni. Wcześniejsze moczenie nasion w roztworze etefonu (1000 mg/l) przez 20 godzin pozwala skrócić okres wymaganego chłodzenia nasion [15].

Tulipany (*Tulipa*)

Wyniki wielu badań i obserwacji wskazują, że etylen pochodzący z cebul zainfekowanych *Fusarium oxysporum* f.sp. *tulipae* lub po potraktowaniu cebul etrelem, etefonem czy etylenem w formie gazowej ma ujemny wpływ na wzrost i rozwój tulipanów [m.in. 6, 7, 29, 40]. Ostatnio ukazały się doniesienia, że również w wypadku tulipanów etylen może mieć pozytywny wpływ na wzrost i kwitnienie.

Imanishi i in. [25] badali wpływ wysokiej temperatury i etylenu na wzrost i kwitnienie tulipanów odmian 'Kees Nelis' i 'Gander'. Cebule, bezpośrednio po wykopaniu (przed inicjacją pąka kwiatowego), przetrzymywano w 34°C przez 1 tydzień i traktowano etylenem o stężeniu 10 µl/l powietrza przez 8 godzin. Następnie cebule przechowywano przez 3 tygodnie w 15°C i przez 8 tygodni w 5°C, po czym wysadzano do szklarni. Rośliny z cebul traktowanych wysoką temperaturą i etylenem zakwitły w większym procencie i o kilka dni wcześniej niż rośliny z cebul nie traktowanych. Ponadto etylen stymulował inicjację pąków kwiatowych w małych cebulach odmiany 'Gander' (tab. 4) [25].

Kawa i in. [32] stwierdzili, że nacinanie łusek częściowo przechłodzonych cebul tulipanów odmian 'Oxford' i 'Apeldoorn' przyspieszało wzrost i kwitnienie. Stymulacja wzrostu i kwitnienia skorelowana była ze zwiększoną produkcją etylenu przez nacinane cebule.

Tabela 4. Wpływ wysokiej temperatury i/lub etylenu stosowanych bezpośrednio po wykopaniu cebul na kwitnienie tulipanów odm. Gander w zależności od wielkości cebul [25]

Wielkość cebul [cm]	Traktowanie		% roślin		Liczba dni do kwitnienia
	34°C	etylen	z wytworzonym pąkiem	kwitnących	
9	—	—	100	100	50a
	+	—	100	100	47b
	+	+	100	100	46b
8	—	—	100	80	51a
	+	—	100	100	49b
	+	+	100	100	48b
7	—	—	20	15	58b
	+	—	30	30	50c
	+	+	90	90	54b

Pozytywny wpływ etylenu na wzrost i rozwój tulipanów został stosunkowo słabo poznany i wymaga dalszych badań.

Podsumowanie

Wpływ etylenu na wzrost i rozwój roślin cebulowych i bulwiastych może być obserwowany bezpośrednio po traktowaniu lub w czasie późniejszych stadiów rozwojowych. Korzystne lub szkodliwe oddziaływanie jest uzależnione od stężenia etylenu, długości traktowania, stadium rozwoju rośliny, temperatury w czasie traktowania, warunków w okresie przechowywania cebul i bulw oraz w czasie wzrostu roślin po traktowaniu. Ponadto wpływ etylenu zależy nie tylko od rodzaju rośliny, ale również od użytej odmiany.

Korzystny wpływ etylenu na przełamywanie spoczynku bulw i "wybijanie" pędów ziemniaka [39] związany jest ze zwiększeniem oddychania [38] i mobilizacją węglowodanów [19]. Podobnie, zwiększenie oddychania pod wpływem etylenu stwierdzono u irysów [24, 31], *Triteleia* [17] i frezji [36]. W dotychczasowych badaniach nie uzyskano jednoznacznych wyników potwierdzających związek stymulacji kwitnienia pod wpływem etylenu ze zmianami w zawartości węglowodanów [17, 24].

Szczegółowe poznanie mechanizmu przełamywania spoczynku i stymulacji kwitnienia roślin cebulowych i bulwiastych pod wpływem etylenu wymaga dalszych badań.

Literatura

- [1] Berghoef J., Melcherts J., Mourits J.W.F., Zevenbergen A.P., 1986. Effect of temperature on initiation and development of Freesia flowers. *Acta Hort.* 177: 636.
- [2] Biran I., Gur I., Halevy A.H., 1972. The relationship between exogenous growth inhibitors and endogenous levels of ethylene, and tuberization of Dahlias. *Physiol. Plant.* 27: 226–230.
- [3] Biran I., Leshem B., Gur I., Halevy A.H., 1974. Further studies on the relationship between growth regulator and tuberization of Dahlias. *Physiol. Plant.* 31: 23–28.
- [4] Cohat J., 1993. Gladiolus. W: De Hertogh A.A., Le Nard M. (eds), *The Physiology of Flower Bulbs*. Elsevier, Amsterdam-London-New York-Tokyo, 297–320.
- [5] De Munk W.J., Duineveld Th.L.J. 1986. The role of ethylene in the flowering response of bulbous plants. *Biol. Plant.* (Praha) 28: 85–90.
- [6] De Munk W.J., Hoogeterp P. 1975. Flower-bud blasting in tulip. *Acta Hort.* 47: 149–155.
- [7] De Munk W.J., Saniewski M. 1989. Gummosis in tulips under the influence of ethephon. *Scientia Hort.* 40: 153–162.
- [8] De Munk W.J., Schipper J. 1993. Iris – bulbous and rhizomatous. W: De Hertogh A.A., Le Nard M. (eds), *The Physiology of Flower Bulbs*. Elsevier, Amsterdam-London-New York-Tokyo, 349–379.
- [9] Doss R.P., Christian J.K. 1979. Relationship between bulb size, apex size, and flowering in bulbous Iris cv. Ideal. *Physiol. Plant.* 54: 215–218.
- [10] Durieux A.J.B., Kamerbeek G.A. 1974. The prevention of "three-leaved plants" in the forcing of Iris x hollandica by early heat treatment of stored bulbs or by ethephon field spraying. *Scientia Hort.* 2: 101–104.
- [11] Ginzburg C. 1974. Studies on the role of ethylene in gladiolus cormel germination. *Plant Sci. Lett.* 2: 133–138.
- [12] Halevy A.H. 1990. Recent advances in control of flowering and growth habit of geophytes. *Acta Hort.* 266: 35–42.
- [13] Halevy A.H., Biran I. 1975. Hormonal regulation of tuberization in Dahlia. *Acta Hort.* 47: 319–329.
- [14] Halevy A.H., Shilo R., Simchon S. 1970. Effect of 2-chloroethanephosphonic acid (Ethrel) on health, dormancy, and flower and corm yield of gladioli. *J. Hort. Sci.* 45: 427–434.
- [15] Han S.S. 1993. Chilling, ethephon, and photoperiod affect cormel production of brodiaea. *HortScience* 28: 1095–1097.
- [16] Han S., Halevy A.H. 1993. Tritoleia. W: De Hertogh A.A., Le Nard M. (eds), *The Physiology of Flower Bulbs*. Elsevier, Amsterdam-London-New York-Tokyo, 611–616.
- [17] Han S.S., Halevy A.H., Sachs R.M., Reid M.S. 1990. Enhancement of growth and flowering of Tritoleia laxa by ethylene. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 115: 482–486.
- [18] Hanks G.R. 1979. Potential uses of plant growth regulators in bulbous ornamentals. *News Bulletin, British Plant Growth Regulator Group* 3: 5–16.
- [19] Huelin F.E., Barker J. 1939. The effect of ethylene on the respiration and carbohydrate metabolism of potatoes. *New Phytol.* 28: 85–104.
- [20] Imanishi H. 1983. Effects of exposure of bulbs to smoke and ethylene on flowering of Narcissus tazetta 'Grand Soleil d'Or'. *Scientia Hort.* 21: 173–180.
- [21] Imanishi H., Berghoef J. 1986. Some factors affecting dormancy-breaking by ethylene in freesia corms. *Acta Hort.* 177: 637–640.
- [22] Imanishi H., Fortanier E.J. 1982. Effects of exposure of bulbs to ethylene and smoke on flowering of Dutch iris. *Bull. Univ. Osaka Pref.*, Ser. B 34: 1–5.
- [23] Imanishi H., Fortanier E.J. 1983. Effects of exposing freesia corms to ethylene or to smoke on dormancy-breaking and flowering. *Scientia Hort.* 18: 381–389.
- [24] Imanishi H., Halevy A.H., Kofranek A.M., Han S., Reid M.S. 1994. Respiratory and carbohydrate changes during ethylene-mediated flower induction in Dutch iris. *Scientia Hort.* 59: 275–284.

- [25] Imanishi H., Ueno N., Koike Y., Hamatani S., Doi M. 1992. Effects of ethylene applied before flower-bud initiation on flowering of tulips. *Acta Hort.* 325: 55–60.
- [26] Imanishi H., Yue D. 1986. Effects of duration of exposure to ethylene on flowering of Dutch iris. *Acta Hort.* 177: 141–145.
- [27] Imanishi H., Yue D. 1987. Effects of ethylene exposure on flowering of *Narcissus tazetta* 'Grand Soleil d'Or'. *Acta Hort.* 201: 29–35.
- [28] Kamerbeek G.A. 1965. Temperature treatment of Dutch iris bulbs in relation to the development. Report 1st International Symposium on Iris. Florence, 1963, 459–475.
- [29] Kamerbeek G.A., De Munk W.J. 1976. A review of ethylene effects in bulbous plants. *Scientia Hort.* 4: 101–115.
- [30] Kamerbeek G.A., Durieux A.J.B., Schipper J.A. 1980. An analysis of the influence of ethrel on flowering of iris 'Ideal': an associated morphogenetic physiological approach. *Acta Hort.* 109: 235–240.
- [31] Kamerbeek G.A., Verlind A.L. 1972. Characteristic stimulation by ethylene of respiration in Dutch iris bulbs. *Physiol. Plant.* 27: 5–8.
- [32] Kawa L., Le Nard M., De Hertogh A.A. 1993. The effects of scale wounding of tulip bulbs on ethylene evolution, plant growth and flowering. *Scientia Hort.* 53: 347–359.
- [33] Le Nard M. 1983. Utilisation du trempage des bulbes dans une solution d'éthéphon pour améliorer la floraison précoce de l'iris. *P.H.M. Revue Horticole* 239: 27–33.
- [34] Masuda M., Asahira T. 1978. Changes in endogenous cytokinin-like substances and growth inhibitors in freesia corms during high-temperature treatment for breaking dormancy. *Scientia Hort.* 8: 371–382.
- [35] Masuda M., Asahira T. 1980. Effect of ethylene on breaking dormancy of freesia corms. *Scientia Hort.* 13: 85–92.
- [36] Masuda M., Asahira T. 1981. Effect of various gaseous compounds and respiratory inhibitors on breaking dormancy of freesia corms. *Scientia Hort.* 15: 373–381.
- [37] Rees A.R. 1985. Iris. W: Halevy A.H. (ed), *Handbook of Flowering*. Vol. I. CRC Press, Boca Raton, FL, 282–287.
- [38] Reid M.S., Pratt H.K. 1972. Effects of ethylene on potato tuber respiration. *Plant Physiol.* 49: 252–255.
- [39] Rylski I., Rappaport L., Pratt H.K. 1974. Dual effects of ethylene on potato dormancy and sprout growth. *Plant Physiol.* 53: 658–662.
- [40] Saniewski M. 1980. Rola etylenu we wzroście i rozwoju tulipanów. *Postępy Nauk Rolniczych* 1: 37–48.
- [41] Schipper J.A. 1982. A smoke treatment inducing flower formation in iris bulbs. *Neth. J. Agr. Sci.* 29: 173–177.
- [42] Simchon S., Silberstein Y., Halevy A.H., Henis Y. 1972. The mode of action of ethephon in increasing health of gladiolus corms. *J. Hort. Sci.* 47: 369–374.
- [43] Stuart N.W., Asen S., Gould C.J. 1966. Accelerated flowering of bulbous iris after exposure to ethylene. *HortScience* 1: 19–20.
- [44] Swart A., Schipper J.A. 1982. Accelerated flower initiation and flowering of Dutch Iris after postharvest treatment with ethephon. *HortScience* 17: 905–906.
- [45] Uyemura S., Imanishi H. 1983. Effects of gaseous compounds in smoke on dormancy release in freesia corms. *Scientia Hort.* 20: 91–99.
- [46] Uyemura S., Imanishi H. 1984. Effects of duration of exposure to ethylene on dormancy release in freesia corms. *Scientia Hort.* 22: 383–390.
- [47] Uyemura S., Imanishi H. 1987. Changes in abscisic acid levels during dormancy release in freesia corms. *Plant Growth Regulation* 5: 97–103.

The positive effect of ethylene on ornamental bulbous and tuberous plants growth and development

Summary

Ethylene is the atmosphere component that has the greatest effects on bulb growth and development. The effects of ethylene are numerous and very dependent on the species and time of its application. Exposing bulbs and corms to ethylene activity can cause many physiological disorders. However, ethylene has been shown to be effective when applied to breaking dormancy, promoting flower initiation, and accelerating sprouting and flowering of freesia, gladiolus, Dutch iris, narcissus, brodiaea (*Triteleia*), and tulip. Therefore, ethylene can display either an advantageous activity and can be positively used for practical purposes or precautions must be taken to avoid its accumulation during bulb storage, transport, and growth.

This article reviews the positive effects of ethylene, smoke (which contains ethylene as a component), and ethephon (which degrades to ethylene) on some flower bulbs.