

Regulacja pozbiorczej trwałości gatunków uprawianych na zieleń ciętą

Ewa Skutnik, Aleksandra Łukaszewska

*Katedra Roślin Ozdobnych, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa
e-mail: skutnik@alpha.sggw.waw.pl*

Słowa kluczowe: trwałość, pożywki, zieleń ciętą, starzenie, benzyloadenina, kwas giberelinowy

Wstęp

W ostatnich latach na rynku kwaciarskim obserwuje się systematyczny wzrost zapotrzebowania na kwiaty i zieleń ciętą. Zwiększające się wymagania estetyczne konsumentów stymulują rozwój produkcji i hodowli. Wprowadzane są nowe odmiany roślin o ciekawych, oryginalnych barwach, charakteryzujące się większą odpornością i trwałością. Bukiety i wiązanek stają się coraz bardziej atrakcyjne, przy czym wzrasta znaczenie zieleni ciętej. Jej asortyment poszerza się o coraz to nowe, wcześniej niestosowane gatunki.

Terminem zieleń ciętą określane są powszechnie te gatunki roślin, które służą jako „zielony” dodatek, wypełnienie lub tło w kompozycjach kwiatowych z żywych, ciętych kwiatów. Do najczęściej stosowanych w bukietarstwie ciętych pędów i liści należą: szparag Sprengera (*Asparagus densiflorus* Jessop ‘Sprengerii’ syn. *A. sprengeri* Regel.), szparag pierzasty (*Asparagus setaceus* syn. *A. plumosus* Bak.), nefrolepis wysoki (*Nephrolepis exaltata* L. Schot.), nefrolepis sercolistny (*Nephrolepis cordifolia* L. Presl), cantedeskia etiopska (*Zantedeschia aethiopica* L. Spreng.), cantedeskia Elliota (*Zantedeschia elliottiana* Engel). Grupę tę uzupełniają wciąż nowe gatunki szparagów, m.in. szparag Meyera (*Asparagus densiflorus* Jessop ‘Meyerii’), *Asparagus viridis*, szparag sierpowaty (*Asparagus falcatus* L.), czy paproci, adiantum delikatne (*Adiantum tenerum* Sw.), adiantum klinowate (*Adiantum raddianum* Presl), orliczka kreteńska (*Pteris cretica* L.), *Rumohra adiantiformis* Forst, paprotnik sierpowaty (*Cyrtomium falcatum* L. Presl, syn. *Polystichum falcatum* L. Diesl). Coraz częściej spotyka się takie oryginalne gatunki, jak dzwonki irlandzkie (*Molucella la-*

evis L.) czy koper ogrodowy (*Anethum graveolens*), znany u nas jedynie ze swych właściwości smakowych. Dużą popularnością cieszy się również gipsówka wiechowata (*Gypsophyla paniculata* L.), liczne gatunki zatrwanów (*Limonium* Mill.) i liście bylin, szczególnie te o dużych, efektownych blaszkach.

Zieleń, stanowiąca organiczną całość z kwiatami, powinna co najmniej tak długo jak one zachowywać wartości dekoracyjne. Ich utrata polega przede wszystkim na przedwczesnym żółknięciu i opadaniu liści czy gałęziaków oraz więdnieniu i zasychaniu, szczególnie szybko następującym, np. u *adiantum*. Obserwuje się jednak olbrzymie zróżnicowanie między gatunkami, a nawet odmianami w trwałości po zbiorze, jak również w możliwości ich przechowywania.

Holendrzy podzielili gatunki uprawiane na zieleń ciętą na trzy grupy ze względu na ich przydatność do przechowywania. Do pierwszej grupy należą gatunki paproci z rodzaju: *Cyrtomium*, *Ruscus* i *Polystichum*, które przechowywać można ponad 3 tygodnie. Drugą grupę stanowią: *Asparagus densiflorus* 'Meyerii', *Asparagus setaceus* i *Pteris cretica*. Gatunki te można przechowywać 2–3 tygodnie. Grupa trzecia obejmuje gatunki dające się przechowywać 10–14 dni, np. *Asparagus virgatus* Baker oraz *Nephrolepis exaltata* i jego odmiany.

Wartość dekoracyjna ciętych liści i pędów

Objawy utraty dekoracyjności przez zieleń ciętą są różnorodne. Uzależnione to jest od gatunku, a nawet odmiany, warunków zewnętrznych, a także od sposobu traktowania roślin po ścięciu. Niektóre substancje chemiczne opóźniają starzenie jednego gatunku, mogą przyspieszać utratę dekoracyjności innych.

Poprawę dekoracyjności i trwałości gatunków uprawianych na zieleń ciętą uzyskuje się przez zastosowanie różnych związków chemicznych. Najbardziej powszechne w użyciu są pożywki, które dodaje się do wody w wazonie. Skład ich ustala się na podstawie wyników licznych badań nad procesami zachodzącymi w starzejących się liściach i pędach, które mimo odcięcia od rośliny matecznej, pozostają nadal organizmami żywymi. Należy jednak pamiętać, że każda roślina ma inne wymagania, inaczej też przebiega proces starzenia w kwiatach, a inaczej w liściach. Dlatego też standardowe pożywki, stosowane do przedłużenia dekoracyjności kwiatów, często skracają trwałość zielonych elementów bukietów. Jest to prawdopodobnie spowodowane gromadzeniem się nadmiernych ilości cukrów w liściach i ich desykcją wskutek odciągania wody z komórek.

Więdnięcie występuje głównie u roślin, które w naturalnych warunkach wymagają dużej ilości wody i wysokiej wilgotności powietrza, szczególnie u paproci, np. *Adiantum raddianum* [44] czy *Rumohra adiantiformis* [20,22].

Najczęstszym objawem utraty dekoracyjności zieleni ciętej po zbiorze jest żółknięcie, spowodowane rozkładem chlorofilu [3, 12, 13]. Typowe jest także zasych-

chanie, zwłaszcza dla roślin o cienkiej blaszce liściowej, złożonej z kilku do kilkunastu warstw komórek. Zasychać mogą zarówno całe liście czy pędy (*Eucalyptus cinerei* L., *Areca lutescens*), jak i jedynie ich wierzchołki lub brzegi (funkia babkowata — *Hosta plantaginea* Aschers., funkia Siebolda — *Hosta sieboldiana* Engl.) [3]. Opadanie dotyczy gatunków, które mają liście złożone, np. *Nephrolepis exaltata*, *Nephrolepis cordifolia*, lub gałęziaki, np. *Asparagus densiflorus 'Sprengerii'* [23]. Załamywanie występuje często u roślin o długich liściach, np. zwartnica (*Hippeastrum × hybridum* hort), a zwiżanie blaszki liściowej można zaobserwować zwykle jednocześnie z zasychaniem, np. u funkii babkowej, miodunki pstrej (*Pulmonaria saccharata* Mill.).

Istotnym czynnikiem wpływającym na trwałość i dekoracyjność ciętych pędów i liści jest stan fizjologiczny rośliny matecznej w momencie cięcia, który jest wynikiem warunków uprawy. Szacuje się, że optymalne warunki uprawy w 30% decydują o dobrej jakości roślin po zbiorze [27].

Większość roślin, z których pozyskiwane są liście i pędy na zieleń ciętą, wywodzi się głównie z niskich piętropikalnych dżungli i wymaga niskiej intensywności światła. Ponadto niektóre z nich mają zdolność adaptacji do różnej intensywności światła. Jest ona wynikiem zmian fizjologicznych w liściach bądź wytworzenia się nowych liści [32].

Zasadnicze znaczenie ma rodzaj dekoracyjnego organu. Liście, zwłaszcza mięsiste lub skórzaste, starzeją się wolniej niż kwiaty czy kwiatostany. Szczególnie trwałe są gałęziaki, czyli zmodyfikowane pędy boczne, przypominające i pełniące funkcje liści właściwych u gatunku ruszczyka (*Ruscus hypoglossum* L.). W środowisku suchym są one mniej narażone na utratę wody w wyniku transpiracji [23].

Zdrowe, dojrzałe liście i pędy powinny być ścinane wcześniej rano, ze względu na dobry turgor, lub przed wieczorem, ze względu na nagromadzenie w tkankach asymilatów i substancji zapasowych, i natychmiast po zbiorze umieszczane w pojemnikach z wodą lub roztworem kondycjonującym [3].

Dla wielu gatunków uprawianych na zieleń ciętą określono najlepszą fazę zbioru, zapewniającą najdłuższą trwałość. Na przykład liście paproci zbiera się, gdy są w pełni wyrosnięte i dobrze wykształcone (*Nephrolepis* sp., *Adiantum* sp., *Pteris* sp., *Codium variegatum* Juss, *Diffenbachia* Schott, *Dracena* L.) [32].

Bilans wodny ciętych liści i pędów

Proces starzenia jest końcową fazą ontogenezy i ściśle wiąże się z zahamowaniem procesów wzrostowych. Zasadnicze znaczenie ma zwiększenie aktywności katabolicznej i osłabienie procesów syntezy. Uaktywniają się enzymy hydrolityczne, których aktywność przyspieszana jest przez warunki stresowe wynikające z zakłócenia bilansu wodnego [11]. Odcięcie pędu czy liścia od rośliny matecznej wywołuje zakłócenia w gospodarce wodnej, będące wynikiem zachwiania równowagi między ilością wody po-

branej a wytranspirowanej. Na skutek przewagi transpiracji nad pobieraniem wody następuje spadek turgoru w tkankach ciętej rośliny i jej wędnięcie [31]. Przeciętnie transpiracja kutykularna wynosi mniej niż 10% transpiracji całkowitej, ponad 90% stanowi transpiracja szparkowa [38]. U niektórych grup roślin, np. u paproci, kutykula jest słabo rozwinięta i kutykularne ubytki wody są wtedy znaczne [36].

Jednym z pierwszych symptomów utraty dekoracyjności przez cięte pędy jest spadek świeżej masy, będący wynikiem ujemnego bilansu wodnego wskutek przewagi transpiracji nad pobieraniem wody. Pędy *Asparagus falcatus* umieszczone w wodzie destylowanej cechują się wyższą intensywnością jej pobierania i wyższą transpiracją niż pędy znajdujące się w pożywce (8HQC + 2% S), czego skutkiem jest szybszy spadek świeżej masy w kombinacji kontrolnej [35].

W trakcie doświadczeń przeprowadzonych przez autorkę potwierdzone zostały doniesienia o korzystnym oddziaływaniu cytokinin na pobieranie wody przez zieleni ciętą [25]. W przypadku ciętych liści *Hosta plantaginea*, kondycjonowanych i moczonych w roztworach regulatorów wzrostu (w kwasie giberelinowym — GA₃ i benzyloadenie — BA), największą intensywność pobierania wody wykazują liście moczony w roztworze benzyloadeniny o stężeniu 1 mol · dm⁻³. Liście z tej kombinacji charakteryzują się także najbardziej intensywną transpiracją. Ze wszystkich kombinacji (H₂O, BA 1 mol · dm⁻⁶, BA 0,5 mol · dm⁻⁶, GA₃ 1 mol · dm⁻⁶, GA₃ 0,5 mol · dm⁻⁶) największy spadek świeżej masy następuje w liściach funkii stojących w wodzie destylowanej (kombinacja kontrolna). Regulatory wzrostu powodują spowolnienie tego procesu, najwolniej przebiega on w liściach funkii moczonych w roztworze benzyloadeniny (BA 1 mol · dm⁻³), co skorelowane jest z przedłużoną ich trwałością [35].

Ważnym czynnikiem stymulującym transpirację jest światło powodujące otwieranie się szparek, co reguluje wymianę gazową między rośliną a otoczeniem. U wielu roślin zdolność szparek do dyfuzji pary wodnej spada z wiekiem liści i w miarę ich starzenia się. Całkowite zamknięcie aparatów szparkowych można uzyskać, zanurzając liście w roztworach charakteryzujących się wysokimi stężeniami cukrów. W 1M manitolu czy sacharozie ich zamykanie następuje tak samo szybko na świetle, jak i w ciemności [42].

U gatunków rosnących na świetle szparki zazwyczaj częściowo zamykają się przed południem, po czym mogą pozostać zamknięte lub powtórnie otworzyć się znów po południu. Ograniczenie transpiracji poprzez zamykanie aparatów szparkowych stymulowane jest przez sacharozę, a także glukozę w połączeniu z cytrynianem 8-hydroksychinoliny (8HQC) lub siarczanem 8-hydroksychinoliny (8HQS) [4]. Wpływ sacharozy na transpirację jest znaczny, więc mimo równoczesnego hamowania przez ten związek pobierania wody, bilans wodny jest dodatni i obserwuje się wzrost świeżej masy kwiatów oraz zwiększenie się ich trwałości [19].

Otwieranie szparek regulowane jest także przez hormony roślinne, co zostało stwierdzone u wielu gatunków roślin [24, 29]. Cytokiny stymulują otwieranie się aparatów szparkowych, regulując intensywność wymiany gazowej w liściach, a po-

średnio również fotosyntezę [5, 41]. Zamykanie się aparatów szparkowych i zmniejszenie intensywności transpiracji pod wpływem kwasu abscysynowego obserwowano u róż [9]. Thimann [42] w swych kompleksowych badaniach nad starzeniem się liści stwierdził istnienie wysokiej korelacji między stopniem rozwarcia szparek a utrzymaniem wysokiego poziomu chlorofilu i białek w blaszkach liściowych.

Ujemny bilans wodny, odzwierciedlający się spadkiem świeżej masy ściętych liści i pędów, może być spowodowany rozwojem mikroorganizmów blokujących system naczyń przewodzących pędu lub działających pośrednio przez wydzielanie toksycznych metabolitów, enzymów lub etylenu [1, 49]. Naczynia są także blokowane w warunkach sterylnych [19] w wyniku reakcji pędu na zranienie, czyli tzw. blokady fizjologicznej. Jest to proces enzymatyczny o charakterze oksydacyjnym, hamowany przez dwunitrofenol, azydek sodu i niskie pH. Przerwanie ciągu wody w naczyniach przez pęcherzyki powietrza stanowi również istotną przyczynę zmniejszenia się ilości pobranej wody i także związane jest ze złożoną budową elementów naczyniowych. Cięcie powodujące kompleksową reakcję zranienia przyczynia się do syntezy etylenu i uaktywniania peroksydazy i fenyloalaninoamoniakolizy — enzymów biorących udział w biosyntezie lignin i innych substancji, które odkładają się w ścianach komórkowych lub w świetle naczyń, hamując swobodny przepływ wody [7]. Na enzymatyczny charakter powstawania blokady wskazują również badania Mayaka i in. [21], którzy stwierdzili uaktywnianie się celulazy w pędach ciętych róż i przyspieszenie więdnienia kwiatów po dodaniu enzymu do wody, co świadczyłoby, że naczynia zostają zatykane wskutek gromadzenia się w nich produktów reakcji.

Użycie mikroskopu elektronowego pozwala stwierdzić bardzo intensywny rozwój grzybów i bakterii na powierzchni cięcia, nawet gdy ich populacja w wazonie pozostaje na niskim poziomie. Tak liczna obecność mikroflory wskazywałaby na jej bezpośredni udział w powstawaniu blokady. Stosowanie związków grzybo- i bakterioobójczych, ograniczających rozwój mikroflory, bezpośrednio oddziałuje na pobieranie wody, pozwalając dłużej utrzymać dodatni bilans wodny, a tym samym trwałość roślin [17]. Szczególnie skuteczne działanie wykazują tu estry 8-hydroksychinoliny, które nie tylko zapobiegają powstawaniu blokady zarówno przy pH 4, jak i 6, ale także mogą modyfikować procesy enzymatyczne dzięki chelatującym właściwościom w stosunku do jonów metali. Wpływ estrów 8-hydroksychinoliny na bilans wodny ciętych kwiatów przejawia się również w ich oddziaływaniu na transpirację poprzez regulację otwarcia szparek.

Najnowsze badania wskazują, że wydzielanie przez cięte kwiaty i liście związków, które zatykałyby naczynia, nie jest głównym mechanizmem działania mikroorganizmów. Istnieje hipoteza, że szkodliwość rozwijających się w wazonie bakterii jest związana z wydzielaniem przez nie etylenu, tym bardziej że kompleks STS (tiosiarczan srebra) o słabych właściwościach bakterioobójczych, ale zabezpieczający kwiaty przed działaniem etylenu, skutecznie chroni cięte goździki zainokulowane szczepem bakterii produkujących etylen [49].

Badania przeprowadzone przez Fujino i in. [6] na paproci *Adiantum raddianum* pozwoliły przypuszczać, że bakterie są głównym sprawcą niedrożności naczyń. W więdnących roślinach bakterie pokrywały większą część naczyń na powierzchni cięcia, a wewnątrz ksylenu stwierdzono obecność bezpostaciowej substancji, produkowanej prawdopodobnie przez bakterie, która miała zasadniczy wpływ na więdnienie paproci [44].

Dystrybucja mikroorganizmów w wiązkach przewodzących *Adiantum raddianum*, którego pędy umieszczono w wodzie na dwa dni, miała podobny przebieg jak w łodygach ciętych róż, które stały w wodzie przez taki sam czas [45]. Bakterie są większe od porów w membranach, ale — występując pojedynczo — nie stanowią przeszkody dla wody, ponieważ mogą zostać przez nią ominięte, gdy przylegają do membran. Tylko jeśli bakterie połączą się, mogą uformować nieprzepuszczalną warstwę i spowodować poważne zakłócenia w przewodzeniu wody [37]. Wydzielają one także toksyczne substancje, takie jak metabolity, enzymy i etylen [23]. W skład ich wydzielin wchodzi głównie polisacharydy zawierające różne monomery [37], a także w mniejszej ilości takie składniki, jak lipopolisacharydy [47], lipidy, białka, DNA i RNA [28]. Stwierdzono, że molekuly pochodzące z wydzieliny bakteryjnej, takie jak dekstrany, blokowały transport wody w naczyniach lucerny [43].

Obserwacje pod mikroskopem elektronowym nie wykazały obecności bakterii ani na powierzchni cięcia, ani wewnątrz ksylenu, gdy do wody dodawane były substancje bakteriobójcze [45]. Obecność sacharozy przy braku substancji bakteriobójczych sprzyja rozwojowi mikroorganizmów. W doświadczeniu z *Nephrolepis exaltata* i *Ruscus hypoglossum* wykryto liczne kolonie grzybów, takie jak *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus*, *Penicilium* sp., *Cladosporium herbarum*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* oraz drożdżaki. Trwałość pędów w kombinacjach, które zawierały substancje grzybobójcze, była znacznie dłuższa [23].

Mechanizm oddziaływania mikroflory na kwiaty i zieleń ciętą nie został jeszcze wyjaśniony. Nie wszystkie mikroorganizmy są jednakowo szkodliwe, na przykład z 25 gatunków bakterii wyizolowanych z wody, w której trzymano goździki, tylko 3 skracały ich trwałość. Niektóre bakterie wykazują działanie specyficzne, inne oddziałują na różne gatunki kwiatów i zieleni. Co więcej, w obrębie gatunku (np. *Pseudomonas solanacearum*) istnieją szczepy identyczne pod wieloma względami, a w różny sposób oddziałujące na kwiaty [49].

W celu wyeliminowania blokady systemu naczyniowego przez organizmy bakteryjne i grzybowe u ciętych kwiatów stosuje się różne substancje chemiczne, takie jak: azotan srebra, chlorek kobaltu, azydek sodu, cytrynian i siarczan 9-hydroksychinolini, a także preparaty oparte na związkach chloru [8].

W doświadczeniach autorki substancje, takie jak: azydek sodu (NaN_3), chlorek kobaltu (CoCl_2) czy azotan srebra (AgNO_3), zastosowane na cięte liście cyklamena perskiego (*Cyclamen persicum* Mill.) i cantedeskii etiopskiej (*Zantedeschia aethiopica*), nie tylko nie przedłużają trwałości, lecz ją wręcz obniżają. Podobnie azotan sre-

bra zastosowany w roztworze, w którym umieszczono cięte pędy *Eucalyptus cinerei*, powoduje pewne obniżenie ich dekoracyjności w porównaniu z pędami wstawionymi do wody destylowanej [35].

Najczęściej stosowana pożywka do przedłużania trwałości kwiatów ciętych, w skład której wchodzi cytrynian lub siarczan 8-hydroksychinoliny (8HQC lub 8HQS) z dodatkiem cukru [27], posiada właściwości bakterio- i grzybobójcze, działa hamująco na transpirację oraz dostarcza substratu oddechowego. W doświadczeniach przeprowadzonych przez autorkę pożywka ta sprawdziła się tylko w wypadku gatunków *Pteris cretica*, *Areca lutescens*, *Asparagus falcatus* i *Asparagus viridis*. Dla większości przebadanych gatunków zastosowana pożywka (tab. 1) nie tylko nie wpłynęła na przedłużenie trwałości, lecz wręcz obniżyła ją w porównaniu z kombinacją kontrolną (woda destylowana).

Stosowanie związków grzybo- i bakteriobójczych, ograniczających rozwój mikroflory, bezpośrednio oddziałuje na pobieranie wody, co jest szczególnie ważne w wypadku liści i ulistnionych pędów, które charakteryzują się największym stosunkiem powierzchni do objętości oraz najslabszym zabezpieczeniem przed utratą wody, a więc odznaczają się największą transpiracją spośród organów roślinnych.

Tabela 1. Wpływ standardowej pożywki (8HQC + 2% S) na trwałość liści i pędów wybranych gatunków roślin [35]

Gatunek	H ₂ O	8HQC + 2%S	Wpływ pożywki
<i>Molucella laevis</i> z liśćmi/bez liści	20/20	10/17	–
<i>Hosta plantaginea</i>	10	6	–
<i>Hypericum calycinum</i>	50	35	–
<i>Paeonia lactiflora</i>	21	14	–
<i>Pulmonaria saccharata</i>	5	4	–
<i>Adiantum tenerum</i>	15	3	–
<i>Adiantum hispidulum</i>	15	13	–
<i>Pteris cretica</i>	13	20	+
<i>Nephrolepis exaltata</i>	23	22	0
<i>Nephrolepis cordifolia</i>	16	18	0
<i>Areca lutescens</i>	10	13	+
<i>Asparagus densiflorus</i> 'Sprengerei'	16	15	0
<i>Asparagus falcatus</i>	16	25	+
<i>Asparagus setaceus</i>	38	24	–
<i>Asparagus viridis</i>	25	38	+
<i>Cyclamen persicum</i>	41	29	–
<i>Eucalyptus cinerei</i>	15	16	0
<i>Hippeastrum</i> × <i>hybridum</i>	10	10	0
<i>Zantedeschia aethiopica</i>	17	8	–

Wykorzystanie hormonów roślinnych do przedłużania trwałości zieleni ciętej

Istotną rolę w procesie starzenia się roślin lub odciętych ich organów (liści, kwiatów, owoców), jak również w innych procesach rozwoju ontogenetycznego, pełnią endogenne hormony roślinne [10]. Wśród nich ważną rolę odgrywają cytokininy. Ich rola polega na stymulacji podziałów komórkowych oraz opóźnieniu procesu starzenia. Można to obserwować na krążkach wyciętych z blaszki liściowej i trzymanyh w ciemności. Tkanka liściowa potraktowana roztworem kinetyny o wiele dłużej zachowuje zieloną barwę w porównaniu z tkanką bez regulatora wzrostu, która bardzo szybko w tych warunkach żółknie [40]. Zaobserwowane opóźnienie procesów starzenia polega na hamowaniu rozpadu białek i chlorofilu, przy czym szczególnie wyraźnie jest widoczne u liści lub ich fragmentów odciętych od rośliny macierzystej, szczególnie u tych, które charakteryzują się niskim poziomem endogennych cytokinin. W liściach występują głównie takie cytokininy, jak zeatyna, rybozyd zeatyny i ich pochodne [46]. Boss i Van Staden [2] wykazali, że skuteczność działania cytokinin dostarczanych egzogenicznie zależy od rodzaju hormonu, jego stężenia oraz sposobu zastosowania.

W przeprowadzonym doświadczeniu z liśćmi *Hosta plantaginea* [35] użyto cztery rodzaje cytokinin — naturalne (zeatyna, izopentyloadenina) i syntetyczne (kinetyna i benzyloadenina) — w dwóch stężeniach zaaplikowane w formie 4-godzinnej kondycjonowania. Trwałość liści została znacznie przedłużona, prawie 4-krotnie, po zastosowaniu BA w stężeniu $0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-6}$, dobre efekty odnotowano także po kondycjonowaniu liści w zeatynie ($0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-6}$). Zeatyna jest najczęściej występującą w roślinach cytokininą endogenną. Izopentyloadenina i kinetyna, zaaplikowane w stężeniu $0,02 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-6}$, nie wpłynęły na przedłużenie okresu dekoracyjności ciętych liści funkii (tab. 2).

W doświadczeniach przeprowadzonych na liściach *Hosta plantaginea* i *Hosta sieboldiana* benzyloadenina zastosowana na stałe w roztworze lub podana w formie kondycjonowania i moczenia istotnie przedłużała trwałość ciętych liści. Jednak najlepsze efekty w przedłużaniu trwałości zaobserwowano po zastosowaniu BA ($1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-6}$) w formie moczenia, dzięki czemu trwałość liści *Hosta plantaginea* wzrosła 10-krotnie, a w wypadku liści młodych, zbieranych w czerwcu, nawet 15-krotnie (tab. 3). Dla ciętych liści *Hosta sieboldiana* uzyskano podobny (10-krotny) wzrost trwałości. Moczenie liści okazało się jedyną skuteczną metodą aplikacji również w odniesieniu do *Zantedeschia albomaculata* Baill., gdzie zastosowanie BA w stężeniu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-6}$ spowodowało 6-krotny wzrost ich trwałości, podczas gdy kondycjonowanie nie dało efektu [35].

Wykazano pozytywny wpływ benzyloadeniny zastosowanej na cięte pędy *Asparagus denisiflorus* 'Sprengerei'. Tu rodzaj aplikacji nie wpływał na skuteczność cytokininy i potraktowanie ciętych pędów szparaga roztworem BA zarówno w formie kondycjonowania ($0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-6}$), jak i moczenia ($1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-6}$) ponad 2-krotnie

Tabela 2. Wpływ regulatorów wzrostu zastosowanych w formie kondycjonowania na trwałość liści *Hosta plantaginea* [35]

Kondycjonowanie 4 h → H ₂ O [mol · dm ⁻⁶]	Trwałość [dni]
H ₂ O	10,3
GA ₃ 0,025	18,3
GA ₃ 0,13	20,3
BA 0,004	13,0
BA 0,02	37,8
Kinetyna 0,02	12,2
Zeatina 0,02	17,3
2iP 0,02	11,2
8HQC + 2%S	6,0

Tabela 3. Wpływ regulatorów wzrostu (zastosowanych w formie kondycjonowania i moczenia) na trwałość liści *Hosta plantaginea* ciętych w różnych terminach [35]

Traktowanie [mol · dm ⁻⁶]	Trwałość [dni]				
	czerwiec	lipiec	sierpień	wrzesień	październik
H ₂ O	8,0	14,8	13,3	13,0	4,0
BA 0,1; 6 godz. → H ₂ O	12,2	32,7	34,0	31,0	4,2
BA 0,5; 6 godz. → H ₂ O	43,0	43,5	42,8	28,0	5,5
GA ₃ 0,25; 6 godz. → H ₂ O	20,8	23,0	16,7	22,3	13,5
GA ₃ 0,5; 6 godz. → H ₂ O	24,8	22,3	18,7	21,2	15,2
BA 1; moczone → H ₂ O	123,2	75,7	60,8	43,2	22,3
GA ₃ 1; moczone → H ₂ O	22,5	22,0	20,0	20,8	13,5

przedłużyło ich trwałość [35]. Cytokina nie zawsze działała korzystnie, np. BA (0,1 mol · dm⁻⁶), zastosowana w formie kondycjonowania na cięte pędy *Hypericum calycinum* L. i *Eucalyptus cinerei*, spowodowała obniżenie trwałości w stosunku do kombinacji kontrolnych [35].

Gibereliny, druga grupa związków powstrzymujących starzenie, dostarczane egzogennie zapobiegają żółknięciu liści lilii [26] i alstremerii [13], zwiększają trwałość liści i barwnych przykwiatków poinsecji oraz przedłużają żywotność lewkonii [18]. Znanych jest wiele endogennych giberelin o różnej aktywności, np. u *Alstremeria × hybrida* GA₄ uczestniczyła efektywniej w opóźnianiu procesów starzenia niż GA₁ i GA₃. W badaniach na tym samym gatunku stwierdzono, że egzogennie podane gibereliny ulegają przemianom w tkankach roślinnych, np. po zaaplikowaniu GA₉ w komórkach znajdowano w wysokim stężeniu GA₄ i GA₃₄, natomiast po zaaplikowaniu GA₄ odnotowano podwyższony poziom GA₃₄ [14].

W toku przeprowadzonych badań [35] stwierdzono korzystny wpływ GA_3 na trwałość liści *Hosta plantaginea* i *Zantedeschia aethiopica*, zastosowanej zarówno w formie moczenia ($1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-6}$), jak również 4- i 24-godzinne kondycjonowania ($0,25 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-6}$). Pozytywną reakcję na ten hormon odnotowano także dla gatunku *Hippeastrum × hybridum*. Giberelina zastosowana w formie 4-godzinne kondycjonowania ($0,25 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-6}$) przedłużyła trwałość ciętych liści 10-krotnie (tab. 4).

Tabela 4. Wpływ 4- i 24-godzinne kondycjonowania kwasem giberelinowym na trwałość liści *Hippeastrum × hybridum* [35]

Traktowanie [$\text{mol} \cdot \text{dm}^{-6}$]	Trwałość [dni]	
	4 godz.	24 godz.
H ₂ O — kontrola	8,2	8,2
GA ₃ 0,25	67,0	52,2
GA ₃ 1,25	84,0	56,0

Mało jest danych dotyczących zmian zawartości endogennych auksyn w starzejących się kwiatach i liściach oraz niewyjaśniona pozostaje ich rola. W niskich stężeniach związki te przyspieszają starzenie się goździków [34], natomiast w wysokich — powstrzymują starzenie i produkcję etylenu [33].

Ze starzeniem się roślin skorelowany jest wzrost poziomu kwasu abscysynowego (ABA) w ich tkankach. W dużych ilościach występuje w organach starzejących się, a także znajdujących w warunkach stresowych (podczas stresu osmotycznego i pokarmowego), zatem też w ściętych liściach [15]. Zastosowanie egzogenne ABA z reguły przyspiesza więdnienie i wywołuje zjawiska symptomatyczne dla procesów starzenia się, takie jak spadek poziomu białek, wzrost aktywności rybonukleazy, zmiany zabarwienia [10]. ABA powoduje ponadto spadek poziomu auksyn w ogonku liściowym, co przyspiesza między innymi proces starzenia się liścia i jego wcześniejsze opadanie. Wpływa także na rozkład enzymów uczestniczących w reakcjach świetlnych [16], czego następstwem, łącznie z obniżoną zawartością chlorofilu, jest osłabiona intensywność fotosyntezy [39]. Kwas abscysynowy spowalnia również proces oddychania, szczególnie u liści młodych, hamuje transport jonów przez błony oraz indukuje zamykanie aparatów szparkowych [30].

Podsumowanie

Uzyskane wyniki [35] pozwalają stwierdzić, że istnieją rośliny o dużych potencjalnych możliwościach uprawy z przeznaczeniem na zieleń ciętą. Duża trwałość pozbiorcza gatunków o skórzastych liściach czy gałęziakach, takich jak *Ruscus hypoglossum*, *Asparagus falcatus* czy *Eucalyptus cinerei*, które można wykorzystywać na-

wet kilkakrotnie w układach z kwiatami ciętymi, skłonić może ogrodników do zwiększenia ich produkcji. Dodatkową zaletą dla producentów chcących poszerzyć asortyment zielonych dodatków do bukietów będzie również pozytywna reakcja niektórych roślin (*Pteris cretica*, *Asparagus falcatus*, *Asparagus viridis*) na pożywki stosowane do ciętych kwiatów lub możliwość przedłużenia okresu dekoracyjności dzięki stosowaniu pewnych prostych zabiegów czy substancji chemicznych.

Do takich należy moczenie pędów i liści (*Zantedeschia aethiopica*, *Zantedeschia ellotiana*, *Hosta plantaginea*, *Molucella laevis*) lub kondycjonowanie ich w roztworach regulatorów wzrostu przez producenta, przed wysłaniem na giełdę lub do konkretnego odbiorcy. Koszt jednostkowy jest w obu wypadkach minimalny, a samo wykonanie roztworów i ich zastosowanie — stosunkowo proste.

Wyniki pracy świadczą jednak również o tym, że reakcja odciętych liści czy pędów różnych gatunków — nawet w obrębie jednego rodzaju — jest bardzo zróżnicowana i każde zalecenie dla praktyki musi być poprzedzone badaniami laboratoryjnymi. Badania te powinny być prowadzone na takim materiale, jaki ma zastosowanie w bukiciarstwie, gdyż przenoszenie wyników badań nad starzeniem się odciętych liści „modelowych” gatunków — często wykonywane na krążkach wyciętych z blaszek liściowych — jest zawodne. Wyniki takie stanowić powinny tylko punkt wyjścia dla badań nad regulacją starzenia się ciętych elementów zieleni.

Literatura

- [1] Accati Garibaldi E., Abbattista I., Mayak S. 1981. The role of bacteria metabolism in affecting water uptake by carnation flowers. *Acta Hort.* 113: 137–142.
- [2] Boss A., Van Staden J. 1989. Cytokinins in cut carnation flowers. Effect of cytokinin type, concentration and mode of application of flower longevity. *J. Plant Physiol.* 135: 155–159.
- [3] Broschat T.K., Donselman H. 1987. Potential of 57 species of tropical ornamental plants for cut foliage use. *HortScience* 22: 911–913.
- [4] De Stigter H.C.M. 1981. Water-balance aspects of cut and intact 'Sonia' rose petals and effects of glucose, 8HQS and aluminium sulfate. *Acta Hort.* 113: 97–107.
- [5] Faquhar G.D., Sharkey T.D. 1982. Stomatal conductance and photosynthesis. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 33: 317–345.
- [6] Fujino D.W., Reid M.S. 1983. Factor affecting the vase life of fronds of maidenhair fern. *Scientia Hort.* 21: 181–188.
- [7] Gilman K.F., Steponkus P.L. 1972. Vascular blockage in cut roses. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97: 662–667.
- [8] Goszczyńska D., Nowak J. 1980. The effect of sucrose, silver salts and 8-hydroxyquinoline sulphate on the quality and vase-life of dry stored carnations. *Prace Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarnictwa w Skierniewicach, Seria B — Rośliny Ozdobne* 5: 65–71.
- [9] Halevy A.H., Mayak S. 1975. Interrelationship of several phytohormones in the regulation of rose petal senescence. *Acta Hort.* 41: 103–116.

- [10] Halevy A.H., Mayak S. 1981. Senescence and postharvest physiology of cut flowers. Cz. I, *Hort Rev.* 1: 204–239; cz.II *Hort. Rev.* 3: 51–143.
- [11] Halevy A.H., Mayak S. 1981. Senescence and postharvest physiology of cut flowers. *Hort. Rev.* 3: 39–143.
- [12] Healy W., Lang D. 1989. Postharvest handling of *Alstroemeria*. *HortScience* 24(4): 641–643.
- [13] Hickleton P.R. 1991. GA₃ and benzyloaminopurine delay leaf yellowing in cut *Alstroemeria* stems. *HortScience* 26: 1198–1199.
- [14] Kappers I.F., Jordi W., Tsesmetzis N., Mass F.M., Plas L.H.W. van der. 1998. GA₄ does not require conversion into GA₁ to delay senescence of *Alstromeria hybrida* leaves. *Journal of Plant Growth Regulation* 17(2): 89–93.
- [15] Kopcewicz J., Lewak S. 1998. Podstawy fizjologii roślin. PWN.
- [16] Kusnetsov V., Hermann R.G., Kulaeva O.N., Oelmuller R. 1998. Cytokinin stimulates and abscisic acid inhibits greening of etiolated *Lupinus luteus* cotyledons by affecting the expression of the light-sensitive protochlorophyllide oxidoreductase. *Molecular and General Genetics* 259(1): 21–28.
- [17] Łukaszewska A.J. 1987. Trwałość materiału kwiaciarskiego. Fizjologiczne aspekty trwałości materiału kwiaciarskiego w trakcie jego przechowywania i transportu. Wyd. SGGW-AR.
- [18] Łukaszewska A., Wróbel A. 1998. Próby regulacji trwałości ciętych kwiatów lwiej paszczy. Najnowsze metody przedłużania trwałości ciętych kwiatów. Konferencja naukowa 24 X 1998 r.: 31–32.
- [19] Marousky F.J. 1971. Inhibition of vascular blockage and increased moisture retention in cut roses induced by pH, 8-hydroxyquinoline citrate and sucrose. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96(1): 38–41.
- [20] Mathur D.D., Stamps R.H., Conover C.A. 1983. Response of *Rumohra adiantiformis* to water application level and nitrogen form. *HortScience* 18(5): 759–760.
- [21] Mayak S., Halevy A.H. 1974. The action of kinetin in improving the water balance and delaying senescence processes of cut rose flowers. *Physiol. Plant.* 32: 330–336.
- [22] Nell T.A., Barrett J.E., Stamps R.H. 1983. Water relation and frond curl of cut leatherleaf fern. *J. Amer. Hort. Science* 108: 516–519.
- [23] Nooh A.E., El-Kiey T., Khattab M. 1986. Studies on the keeping quality of cut green *Ruscus hypoglossum* and *Nephrolepis exaltata*. *Acta Hort.* 181: 223–229.
- [24] Nordin A. 1976. Effects of water stress and abscisic acid on transpiration regulation in wheat. *Physiol. Plant.* 38: 233–239.
- [25] Nowak J. 1985. Evaluation of different chemical treatments for vase-life prolongation and cold storage of *Asparagus sprengeri*. *Prace Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarstwa w Skierniewicach* ser. B 10:127–131.
- [26] Nowak J., Mynett K. 1985. The effect of growth regulators on post-harvest characteristics of cut liliu 'Prima' inflorescens. *Acta Hort.* 167: 109–116.
- [27] Nowak J., Rudnicki R.M. 1988. Przedłużenie trwałości kwiatów ciętych. PWRiL.
- [28] Pier G.B., Sidberry H.F., Zolomyi S., Sadoff J.C. 1978. Isolation and characterisation of high-molecular weight polysaccharide from slime of *Pseudomonas aeruginosa*. *Infect. Immun.* 22: 908–918.
- [29] Rashke K. 1975. Stomatal action. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 26: 309–340.

- [30] Reid M.S. 1985. Ethylene and abscission. *HortScience* 20: 45–50.
- [31] Rudnicki R.M., Nowak J. 1977. Metody przedłużania żywotności i przechowywania kwiatów ciętych. *Post. Nauk Rol.* 1: 53–68.
- [32] Rudnicki R.M., Nowak J. 1992. Jak przedłużyć trwałość kwiatów ciętych i roślin doniczkowych. PHU Mutual Benefit Skierniewice.
- [33] Sacalis J.N., Nichols R. 1980. Effects of 2,4-D uptake on petal senescence in cut carnation flowers. *HortScience* 15: 499–500.
- [34] Sacalis J.N. 1986. Research on isolated carnation petals. *Acta Hort.* 181: 113–127.
- [35] Skutnik E. 1998. Regulacja pozbiorczej trwałości wybranych gatunków uprawianych na zieleń ciętą. Praca doktorska SGGW, Warszawa.
- [36] Stevens R.A., Martin E.S. 1977. New structure associated with stomatal complex of the *Polypodium vulgare*. *Nature* 265(5592): 331–334.
- [37] Sutherland J.W. 1977. Bacterial exopolysaccharides — their nature and production. Surface carbohydrates of the Prokaryotic cell. Academic Press, NY: 27–96.
- [38] Szwejkowska A. 1997. Fizjologia roślin. Wydawnictwo Naukowe UAM.
- [39] Thimann K.V. 1977. Hormone action in the whole life of plants. The University of Massachusetts Press: 249–251, 357–377.
- [40] Thimann K.V., Satler S.O. 1979. Relation between leaf senescence in light. *Botany* 76(5): 2295–2298.
- [41] Thimann K.V., Satler S.O., Trippi V. 1982. Further extension of the syndrome of leaf senescence. W: „Plant Growth Substances 1982” (P.F. Wareing red.), Academic Press, London: 539–548.
- [42] Thimann K.V. 1987. Plant Senescence: A proposed integration of the constituent processes. Proceedings of the X' Annual Symposium in Plant Physiology, 8–10.01.1987, University of California: 1–20.
- [43] Van Alfen N.K., McMillan B.D., Turner V., Hess W.M. 1983. Role of pit membranes in macromolecule-induced wilt of plants. *Plant Physiol.* : 1020–1023.
- [44] Van Doorn W.G., Clerkx A., Boekestein A. 1991. Bacteria as a cause of vascular occlusion in cut fronds of *Adiantum raddianum*: scanning electron microscope study. *Scientia Hort.* 48: 299–309.
- [45] Van Doorn W.G., De Stigter H.C.M., De Witte Y., Boekestein A. 1991. Microorganisms at the cut surface and in xylem vessels of rose stems: a scanning microscope study. *Appl. Bacteriol.* 70: 34–39.
- [46] Van Staden J., Davey J.E. 1976. Cytokinin translocation in xylem sap of herbaceous plants. *Z. Phlancenphysiol.* 99: 19–26.
- [47] Wilkinson S.G. 1977. Composition and structure of bacterial lipopolisaccharides. Surface Carbohydrates of the Prokaryotic Cell. Academic Press, NY: 97–174.
- [48] Wingler A., Schaewen A. Von, Leegood R.C., Lea P.J., Quick W.P. 1998. Regulation of leaf senescence by cytokinin, sugars and light. Effect on NADH-dependent hydroxypyruvate reductase. *Plant Physiology* 116(1): 329–335.
- [49] Zagory D., Reid M. 1986. Evaluation of the role of vase microorganisms in the postharvest life of cut flowers. *Acta Hort.* 181: 207–217.

Control of postharvest longevity of the florists' green

Key words: florists' green, longevity, preservatives, senescence, benzyladenine, gibberellic acid

Summary

Plant species grown for florists' green are gaining importance as the foliage component becomes an increasingly important part of cut flower arrangements. Not only new plants are being tested but also the researchers are seeking treatments to improve their keeping qualities. Senescence of cut leaves is distinct from the senescence of cut flowers and commercial preservatives used to prolong the vase life of cut flowers may not always be suitable for cut foliage.

Senescence is strongly modulated by plant hormones and we have shown the considerable benefits of applying them to cut leaves and shoots in increasing their postharvest life. Our results prove that in order to elaborate a method aiming at increasing the postharvest quality of cut leaves, it is necessary to test their response to different growth regulators, their concentrations and application methods. For example, in case of *Hosta* sp. a pulse treatment or a brief postharvest dip in a solution of the synthetic cytokinin BA can increase the vase life of leaves 5–10 times as compared to the water controls, while Ga_3 considerably extends the display life of cut leaves of *Zantedeschia aethiopica*.