

MARIAN SANIEWSKI

## KWAS JASMONOWY I JEGO ESTER METYLOWY — REGULATORY WZROSTU I ROZWOJU ROŚLIN?

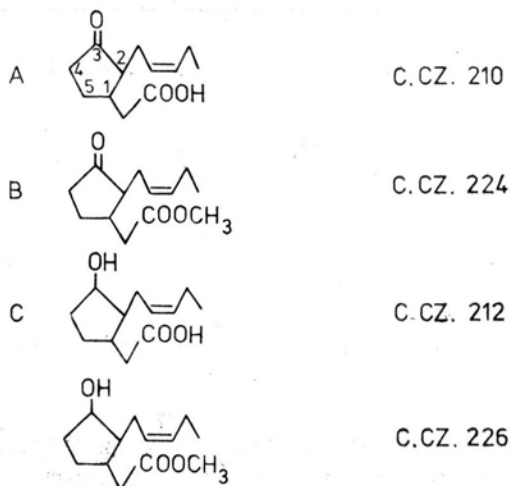
W latach 1980—1981 opublikowano kilka prac o aktywności fizjologicznej kwasu jasmonowego (JA) i jego estru metylowego (JA-Me) w procesach wzrostowych i starzenia się roślin [14, 15, 16, 17, 18, 19, 20].

Należy tu podkreślić, że związki te zostały wykryte w roślinach i opisane o wiele lat wcześniej niż stwierdzono ich aktywność fizjologiczną [1, 2, 6]. Historia badań nad dotychczas znanymi hormonami roślinnymi, auksynami, giberelinami, cytokininami i kwasem absycynowym rozpoczynała się od pewnych obserwacji morfologicznych działania tych związków, a w następstwie izolowano i zidentyfikowano te hormony.

Wyniki dotychczasowych badań zachęcają do zwrócenia większej uwagi na rolę kwasu jasmonowego i jego estru metylowego we wzroście i rozwoju roślin.

### Występowanie kwasu jasmonowego i jego estru metylowego oraz ich pochodnych w roślinach

Występowanie kwasu jasmonowego, jego estru metylowego i ich pochodnych (ryc. 1) wykazano w różnych grupach systematycznych roślin wyższych, jak również i grzybów (tab. I). Ester metylowy kwasu jasmonowego wykryty został po raz pierwszy w 1962 roku przez Demole i wsp. [6] w oleju *Jasminum grandiflorum* L., a w roku 1967 Crabalona [2] stwierdził jego występowanie w oleju *Rosmarinus officinalis* L. W roku 1971 Aldridge i wsp. [1] wykazali występowanie kwasu jasmonowego w filtratach grzyba *Lasiodiplodia theobromae*. Badania przeprowadzone w latach 1980—1981 doprowadziły do wykrycia tych związków w wielu innych roślinach (tab. I) [4, 16, 19]. Związki tego typu występują w roślinach w bardzo małych ilościach (tab. II).



Ryc. 1. Budowa kwasu jasmonowego (A) i jego estru metylowego (B), kwasu kukurbinowego (C) i jego estru metylowego (D), związków naturalnie występujących w roślinach [17]

TABELA I

Występowanie kwasu jasmonowego i jego strukturalnych analogów w świecie roślinnym

| Kwas jasmonowy i jego pochodne                               | Gatunek rośliny (organ), w której stwierdzono występowanie                                      | Literatura |
|--|---|------------|
| Kwas (—)-jasmonowy (ang. jasmonic acid)                      | niedojrzałe nasiona <i>Phaseolus vulgaris</i> L.  | [19]       |
| -, -   | niedojrzałe nasiona <i>Dolichos lablab</i> L.   | [19]       |
| -, -   | świeże liście i galasy wywołane przez owady <i>Castanea crenata</i> Sieb. et Zucc.              | [19]       |
| -, -   | perikarpium <i>Vicia faba</i> L. (maksymalny poziom w stadium intensywnego wzrostu perikarpium) | [4]        |
| Prawdopodobnie kwas jasmonowy                                | okwiat <i>Vicia faba</i> L.   | [5]        |
| Kwas jasmonowy   | filtraty grzyba <i>Lasiodiplodia theobromae</i>   | [1]        |
| Ester metylowy kwasu (—)-jasmonowego (ang. methyl jasmonate) | olej <i>Jasminum grandiflorum</i> L.  | [6]        |
| -, -   | olej <i>Rosmarinus officinalis</i> L.   | [2]        |
| -, -   | liście i łodygi <i>Artemisia absinthium</i> L.  | [15]       |
| Kwas 5'-hydroksyjasmonowy i jego lakton                      | olej <i>Jasminum grandiflorum</i> L.  | [7]        |
| N-jasmonylo-izoleucyna i N-dihydrojasmonylo-izoleucyna       | fermentacyjna pożywka <i>Gibberella fujikuroi</i>   | [3]        |
| Kwas kukurbinowy (ang. cucurbitic acid)                      | nasiona <i>Cucurbita pepo</i> L.  | [8, 10]    |

TABELA II

Zawartość kwasu jasmonowego i jego estru metylowego w tkankach roślinnych

| Kwas jasmonowy lub jego ester metylowy | Gatunek rośliny (organ), w której stwierdzono występowanie | Ilość tkanki pobranej do ekstrakcji i oczyszczenia | Ilość otrzymanego kwasu jasmonowego lub jego estru | Literatura |
|--|--|--|--|------------|
| Kwas (—)-jasmonowy                     | niedojrzałe nasiona <i>Phaseolus vulgaris</i> L.           | 13,5 kg  | 9,5 mg   | [19]       |
| „„                                     | niedojrzałe nasiona <i>Dolichos lablab</i> L.              | 1,3 kg   | 0,1 mg   | [19]       |
| „„                                     | świeże liście <i>Castanea crenata</i> Sieb. et Zucc.       | 12,5 kg  | 0,5 mg   | [19]       |
| „„                                     | galasy <i>Castanea crenata</i> Sieb. et Zucc.              | 30,0 kg  | 1,0 mg   | [19]       |
| „„                                     | perikarpium <i>Vicia faba</i> L.                           | 53,0 kg  | 200,0 mg   | [4]        |
| Ester metylowy kwasu (—)-jasmonowego   | liście i łodygi <i>Artemisia absinthium</i> L.             | 9,7 kg   | 1,0 mg   | [15]       |

### Wpływ estru metylowego kwasu jasmonowego i kwasu jasmonowego na kiełkowanie nasion i pyłku

JA-Me zastosowany w stężeniu 10 mg/l hamuje kiełkowanie nasion owsa w ponad 80% [14]. Kwas (—)-jasmonowy w stężeniu 10 i 100 mg/l powoduje istotne hamowanie kiełkowania nasion sałaty przy świetle białym o natężeniu 2800 luksów w temperaturze 25°C po 45 godzinach moczenia, ale nie wykazuje takiego działania po upływie 135 godzin [19].

Kwas (±)-jasmonowy, począwszy od stężenia 10 mg/l hamuje kiełkowanie ziaren pyłku *Camellia sinensis* L., a w stężeniu 100 mg/l powoduje całkowite za-

TABELA III

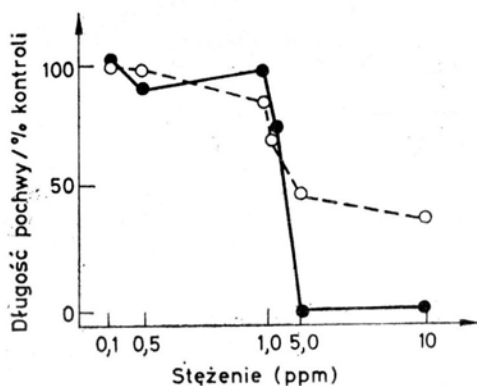
Wpływ kwasu (±)-jasmonowego na kiełkowanie pyłku *Camellia sinensis* [19]

| Stężenie kwasu (±)-jasmonowego w mg/l | Kiełkowanie (%) |
|---------------------------------------|-----------------|
| 0                                     | 79,0±1,5        |
| 10                                    | 75,0±3,0        |
| 20                                    | 55,5±3,5        |
| 50                                    | 5,0±1,0         |
| 100                                   | 0               |

hamowanie kiełkowania pyłku tego gatunku (tab. III). Jednakże kiełkowanie ziaren pyłku *C. sinensis* w dużym stopniu zostaje przywrócone, po przeniesieniu ich do pożywki pozbawionej kwasu jasmonowego [19].

### Wpływ kwasu jasmonowego i jego estru metylowego oraz innych pochodnych na wzrost wydłużeniowy różnych organów roślin jednoliściennych i dwuliściennych

Kwas (—)-jasmonowy poczynając od stężenia 1 mg/l, stosowany w kulturze wodnej, hamuje wydłużanie pochwy 2 liścia siewek ryżu cv. Honenwase, ale jest mniej aktywny niż ( $\pm$ )-ABA (ryc. 2). Kwas (—)-jasmonowy hamuje również wydłużanie pochwy 2 liścia siewek ryżu przy podaniu go metodą mikro-kropłową (tab. IV) [19].



Ryc. 2. Wpływ kwasu (—)-jasmonowego (0—0) i ( $\pm$ )-ABA (0—0) na wydłużanie pochwy drugiego liścia siewek ryżu (cv. Honenwase), przy zastosowaniu metody kultury wodnej. Długość pochwy w kontroli wynosiła 32,6 mm [19]

W teście z karłowymi siewkami ryżu cv. Tan-ginbozu, stosując metodę kultury wodnej, wykazano, że kwas (—)-jasmonowy częściowo odwraca stymulujący wpływ  $GA_3$  na wydłużanie pochwy 2 liścia [19]. Należy też dodać, że aktywność kwasu (—)-jasmonowego w teście wzrostu pochwy 2 liścia siewek ryżu jest wyższa niż jego formy (+) i ( $\pm$ ), a formy ( $\pm$ ) pośrednia między formą (+) i formą (—) [20].

Z kolei aktywność estru metylowego kwasu ( $\pm$ )-jasmonowego w tym samym teście jest trochę wyższa niż kwasu ( $\pm$ )-jasmonowego, a aktywność kwasu ( $\pm$ )-dihydrojasmonowego podobna do aktywności kwasu ( $\pm$ )-jasmonowego [18].

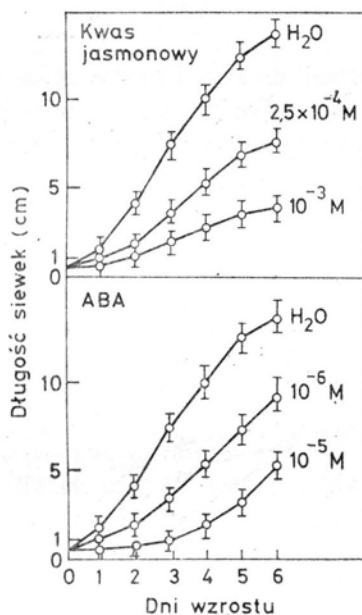
Kwas (—)-jasmonowy, zastosowany w stężeniach od 0,1—10,0 mg/l nie wpływał na reakcję koleoptyle owsa zarówno w teście skrzywieniowym i w teście wydłużeniowym, indukowanych przez IAA [19].

Kwas (—)-jasmonowy, wyizolowany z perikarpium *Vicia faba* L., hamuje wzrost siewek pszenicy (*Triticum aestivum* L. cv. Hatri), ale jego działanie jest dużo słabsze niż ABA (ryc. 3), a z kolei ester metylowy kwasu jasmonowego ma słabsze

TABELA IV

Wpływ kwasu (—)-jasmonowego na wydłużanie pochwy 2-go liścia siewek ryżu (cv. Honenwase) przy zastosowaniu metody mikro-kropłowej [19]

| Stężenie kwasu (—)-jasmonowego (mg/roślinę) | Długość pochwy drugiego liścia (mm) |
|---|-------------------------------------|
| 0   | 40,8±1,9                            |
| 0,01  | 41,0±0,9                            |
| 0,05  | 34,8±1,9                            |
| 0,10  | 35,2±1,7                            |
| 0,50  | 23,6±1,5                            |
| 1,00  | 22,4±0,7                            |
| 5,00  | 13,2±0,7                            |



Ryc. 3. Wzrost siewek pszenicy pod wpływem ABA i kwasu jasmonego. Siewki były trzymane w testowanych roztworach (1 ml/5 roślin) przez 6 dni przy świetle białym fluorescencyjnym przy 24°C [4]

działanie niż kwas jasmonowy w tym teście [4]. Kwas jasmonowy, w przeciwieństwie do ABA, nie hamuje wzrostu drugiego liścia u siewek pszenicy [4].

Kwas (—)-jasmonowy wykazuje działanie hamujące wzrost hypocotyła i korzeni siewek sałaty (tab. V), jak również wywołuje hamujący wpływ na wzrost hypocotyła sałaty stymulowany przez GA<sub>3</sub> [19].

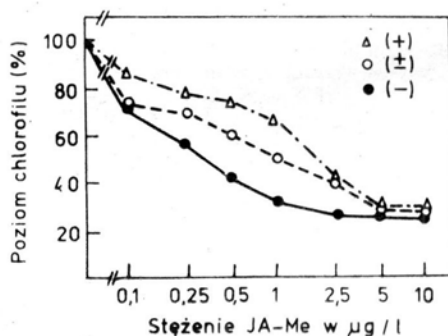
Również kwas kukurbinowy, jego ester metylowy i glikozyd wykazują inhibitoryczne działanie w testach na wzrost koleoptyle owsa i siewek ryżu [9, 10].

Wpływ kwasu (—)-jasmonowego na wzrost siewek sałaty cv. Great Lakes No. 366 [19]

| Stężenie kwasu (—)-jasmonowego mg/l | Hypokotyl (mm) | Korzenie (mm) |
|-------------------------------------|----------------|---------------|
| 0                                   | 2,9±0,25       | 12,6±0,51     |
| 0,01                                | 3,0±0,22       | 11,0±1,05     |
| 0,03                                | 2,9±0,10       | 11,0±0,55     |
| 0,10                                | 3,0±0,16       | 11,2±1,07     |
| 1,00                                | 2,6±0,19       | 8,2±0,49      |
| 10,00                               | 2,2±0,12       | 6,4±0,51      |

### Wpływ estru metylowego kwasu jasmonowego i kwasu jasmonowego na starzenie się tkanek

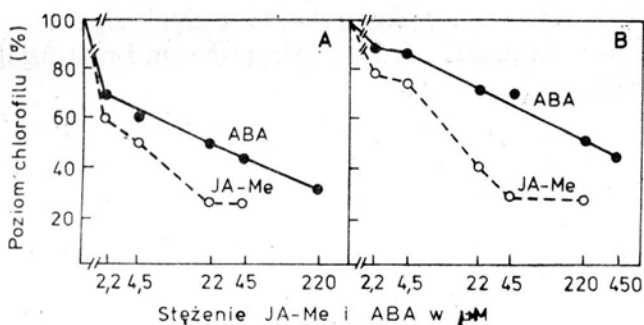
Ueda i Kato [15] wykazali po raz pierwszy, że ester metylowy kwasu (—)-jasmonowego wyizolowany z liści łądyg *Artemisia absinthium* zastosowany w stężeniu 0,1 i 1,0  $\mu\text{g/l}$ , posiada własności przyspieszające starzenie się liści owsa odm. Victory przetrzymywanych w ciemności (degradacja chlorofilu), silniejsze niż kwas abscy-synowy. Hamujący wpływ kinetyny w stężeniu 2  $\mu\text{g/l}$  na rozpad chlorofilu w tym teście był całkowicie znoszony przez ester metylowy kwasu jasmonowego w stężeniu 2,5  $\mu\text{g/l}$  [17].



Ryc. 4. Wpływ estru metylowego kwasu (—), (+)- i (±)-jasmonowego na starzenie się segmentów liści owsa w obecności 2  $\mu\text{g/ml}$  kinetyny po 4 dniach traktowania. Poziom chlorofilu jest przedstawiony jako procent wartości przy traktowaniu 2  $\mu\text{g/ml}$  kinetyny [17]

Ester metylowy kwasu (—)-jasmonowego posiada silniejsze własności przyspieszające starzenie się liści owsa niż jego forma (+) lub (±). Aktywność estru metylowego kwasu (±)-jasmonowego była w przybliżeniu pośrednią między formą (+) i formą (—) (ryc. 4), a ester metylowy kwasu jasmonowego wykazuje silniejszą aktywność niż kwas jasmonowy (17).

Z kolei Ueda i Kato [16] stwierdzili, że ester metylowy kwasu jasmonowego przyspiesza starzenie się liści owsa również na świetle, a stężenie  $45 \mu\text{M}$  całkowicie eliminuje hamujący wpływ światła na starzenie. Aktywność JA-Me jest dużo wyższa niż kwasu absycynowego, zwłaszcza na świetle (ryc. 5) [16].



Ryc. 5. Wpływ JA-Me i ABA na starzenie się segmentów liści owsa. Zawartość chlorofilu była mierzona po 4 dniach inkubacji. Poziom chlorofilu jest wyrażony jako procent wartości traktowania  $10 \mu\text{M}$  kinetyny (A) lub jako procent wartości kontroli trzymanej na świetle (B). A (na lewo) — w obecności  $10 \mu\text{M}$  kinetyny w ciemności, B (na prawo) — na świetle o natężeniu 5.000 luksów [16]

Również Thimann i Satler [14] wykazali, że ester metylowy kwasu jasmonowego przyspiesza starzenie liści owsa i *Tropeolum*, zarówno na świetle i w ciemności oraz powoduje zamykanie aparatów szparkowych na świetle. W liściach owsa szybkość oddychania po 24 godzinach traktowania JA-Me zwiększa się 2-krotnie [14].

### Perspektywy badań nad rolą kwasu jasmonowego i jego estru metylowego w roślinach

Na podstawie obecności kwasu jasmonowego, jego estru metylowego i innych pochodnych w różnych roślinach oraz stwierdzenia wysokiej ich aktywności fizjologicznej w testach wzrostowych i w testach na starzenie się, autorzy cytowanych prac w tym przeglądzie [16, 19] sugerują, że tego typu substancje mogą być uważane za naturalne regulatory wzrostu i rozwoju roślin. Kwas jasmonowy i jego pochodne mają podobną budowę do prostaglandyn [12, 13], związków występujących również w roślinach, jednak o nie znanym bliżej dotąd działaniu fizjologicznym w roślinach. Nie wiadomo także jaki może być związek między kwasem jasmonowym i jego pochodnymi a prostaglandynami zarówno co do dróg biosyntezy, jak i fizjologicznego działania w roślinach tych związków.

Brak jest dotychczas danych o wpływie kwasu jasmonowego lub jego estru metylowego na odpadanie liści czy innych organów. Dörffling i wsp. [8] stwierdzili w starzejących się ogonkach liściowych *Coleus rehneltianus* Berger, *Phaseolus vulgaris* L. cv. Saxa, *Acer pseudoplatanus* L. i szypułkach młodych opadających owoców *Malus domestica* Borkh. cv. Golden Delicious (początek lipca) obecność 3 związków odpowiedzialnych za przyspieszenie odpadania; dwa z tych czynników

zostały zidentyfikowane jako ABA i ksantoksyna. Można postawić pytanie czy pozostały niezidentyfikowany związek jest kwasem jasmonowym czy jego estrem metylowym?

Interesującym wydaje się też pytanie, czy mechanizm działania estru metylowego kwasu jasmonowego na starzenie się liści jest taki sam jaki wywołuje kwas abscy-synowy (ABA), i czy JA-Me może kontrolować starzenie się roślin nienaruszonych. Wreszcie jaka istnieje zależność między występowaniem i rolą fizjologiczną JA-Me a ABA i etylenem?

Nasuują się też inne pytania, np. o rolę kwasu jasmonowego i jego estru metylowego w spoczynku nasion i innych organów spoczynkowych, miejsce biosyntezy i drogi transportu tych związków w roślinach.

#### LITERATURA

- [1] Aldridge D. C., Galt S., Giles D., Turner W. D., 1971. Metabolites of *Lasiodiplodia theobromae*. J. Chem. Soc., (C), 1623—1627.
- [2] Crabalona L., 1967. Presence of levorotatory methyl jasmonate, methyl cis-2-(2-penten-1-y)-3-oxo-cyclopentenyl acetate, in the essential oil of Tunisian rosemary. C. R. Acad. Sci., Paris, Ser. C., 264, 2074—2076.
- [3] Cross B. E., Webster G. B. R., 1970. New metabolites of *Gibberella fujikuroi*. Part XV. N-jasmonoyl- and N-dihydrojasmonoyl-isoleucin. J. Chem. Soc. (C), 1839—1842.
- [4] Dathe W., Ronsch H., Preiss A., Schade W., Sembdner G., Schreiber K., 1981. Endogenous plant hormones of the broad bean, *Vicia faba* L. (—)jasmonic acid, a plant growth inhibitor in pericarp. Planta, 153, 530—535.
- [5] Dathe W., Sembdner G., 1980. Endogenous plant hormones of the broad bean, *Vicia faba* L. II. Gibberellins and plant growth inhibitors in floral organs during their development. Biochem. Physiol. Pflanzen., 175, 599—610.
- [6] Demole E., Ledrer E., Mercier D., 1962. Isolement et détermination de la structure du jasmonate de méthyle, constituant odorant caractéristique de l'essence de jasmin. Helv. Chim. Acta, 45, 675—685.
- [7] Demole E., Willhalm B., Stoll M., 1964. Propriétés et structure de la cetolactone C<sub>12</sub>H<sub>16</sub>O<sub>3</sub> de l'essence de Jasmin (*Jasminum grandiflorum* L.). Helv. Chim. Acta, 47, 1152—1159.
- [8] Dörffling K., Böttger M., Martin D., Schmidt V., Borowski D., 1978. Physiology and chemistry of substances accelerating abscission in senescent petioles and fruit stalks. Physiol. Plant., 43, 292—296.
- [9] Fukui H., Koshimizu K., Usuda S., Yamazaki Y., 1977a. Isolation of plant growth regulators from seeds of *Cucurbita pepo* L. Agric. Biol. Chem., 41, 175—180.
- [10] Fukui H., Koshimizu K., Yamazaki Y., Usuda S., 1977 b. Structures of plant growth inhibitors in seeds of *Cucurbita pepo* L. Agric. Biol. Chem., 41, 189—194.
- [11] Hill R. K., Edwards A. G., 1965. The absolute configuration of methyl jasmonate. Tetrahedron, 21, 1501—1507.
- [12] Saniewski M., 1979. Questions about occurrence and possible roles of prostaglandins in the plant kingdom. Acta Hort., 91, 73—81.
- [13] Saniewski M., 1980. Prostaglandyny — nowa grupa regulatorów wzrostu i rozwoju roślin. Wiad. Bot., 24, 85—92.
- [14] Thimann K. V., Satler S. O., 1981. Effects of methyl jasmonate on leaf senescence. Plant Physiol. (Supplement), 47, 68.
- [15] Ueda J., Kato J., 1980. Isolation and identification of a senescence-promoting substances from wormwood (*Artemisia absinthium* L.). Plant Physiol., 66, 246—249.



- [16] Ueda J., Kato J., 1981. Promotive effect of methyl jasmonate on oat leaf senescence in the light. *Z. Pflanzenphysiol.*, 103, 357—359.
- [17] Ueda J., Kato J., Yamane H., Takahashi N., 1981. Inhibitory effect of methyl jasmonate and its related compounds on kinetin-induced retardation of oat leaf senescence. *Physiol. Plant.*, 52, 305—309.
- [18] Yamane H., Sugawara J., Suzuki Y., Shimamura E., Takahashi N., 1980. Synthesis of jasmonic acid related compounds and their structure-activity relationships on the growth of rice seedlings. *Agric. Biol. Chem.*, 44, 2857—2864.
- [19] Yamane H., Takagi H., Abe H., Yokota T., Takahashi N., 1981 a. Identification of jasmonic acid in three species of higher plants and its biological activities. *Plant Cell Physiol.*, 22, 689—697.
- [20] Yamane H., Takahashi N., Ueda J., Kato J., 1981 b. Resolution of ( $\pm$ )-methyl jasmonate by high performance liquid chromatography and the inhibitory effect of ( $\pm$ )-enantiomer on the growth of rice seedlings. *Agric. Biol. Chem.*, 45, 1709—1711.

Doc. dr hab. MARIAN SANIEWSKI  
Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa,  
Zakład Fizjologii Roślin,  
ul. Pomologiczna 18,  
96-100 Skierniewice