Wpływ regulatorów wzrostu na zdrowotność, wzrost i wybijanie sałaty w pędy kwiatostanowe

JAN BORKOWSKI

Zakład Biologii, Instytut Warzywnictwa ul. 22 Lipca 1/3 96-100 Skierniewice

(Otrzymano dn. 14.06.1985)

J. Borkowski (*Department of Biology, Research Institute of Vegetable Crops, 22 Lipca 1/3, 96-100 Skierniewice, Poland*) Acta Agrobotanica 41 (2): 257-284, 1988.

The effect of growth regulators on the healthiness, growth and sprouting of inflorescence shoot of lettuce

Abstract

Investigations were carried out under greenhouse conditions on lettuce cv. Ilanka. Seeds were sown in January 1982 and 1984. Lettuce was cultivated to middle of June up to full flowering time. It was found that the preparation fenoprop (2,4,5-trichlorofenoxypionic acid as a dimethylamine salt) in concentrations of 10, 20 and 50 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ significantly decreased latex tipburn symptoms. Fenoprop increased the healthiness of the plants because treated plants were also less attacked by grey mould *Botritis* sp. Fenoprop also inhibited head formation in lettuce, but the weight of these plants was never smaller than control ones. Sometimes the weight of plants treated with fenoprop was significantly higher than of the control plants. Lettuce plants without heads had bolted earlier. Only the concentration of 100 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ of fenoprop retarded plant growth. The effect of K-NAA (potassium salt of α -naphthaleneacetic acid) on lettuce was weaker than the effect of fenoprop. After K-NAA treatment at a concentration of 25 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, lettuce plants formed normal heads but latex tipburn symptoms were retarded.

WSTĘP

Zamieranie liści zwijających główkę (ang. latex tipburn, tipburn) jest najgroźniejszym zaburzeniem fizjologicznym sałaty, co podają Tibbitts i in. (1965), Olson i in. (1967), Borkowski (1981). Liczni badacze (Tibbitts i Ramo Rao, 1968; Thibodeau i Minotti, 1969; Cox i in., 1976; Misaghii i Grogan, 1978a; Collier i Tibbitts, 1982; Collier i Huntington, 1983; Yanagi i Bullock, 1983; Borkowski i Bereśniewicz 1985) stwierdzili, że im szybciej rośnie sałata, tym jest ona bardziej wrażliwa na zamieranie liści, a takie czynniki jak długi dzień, wysoka temperatura,

intensywne nasłonecznienie, zwiększenie stężenia CO_2 i niedobór wapnia przyspieszają rozwój tego zaburzenia fizjologicznego.

Collier (1976) sugerował, że zamieranie liści zwijających główkę związane jest z wysokim poziomem endogennych regulatorów wzrostu (IAA). Shear (1975) doniósł o korzystnym działaniu kwasu naftylooctowego (NAA) przy zapobieganiu zaburzeń fizjologicznych u jabłek. W wyniku kilkuletnich badań stwierdzono, że NAA hamuje zamieranie liści zwijających główkę (Borkowski, 1981; Borkowski i in., 1984; Borkowski i Bereśniewicz, 1985). Fenoprop korzystnie wpływa na jabłka hamując występowanie gorzkiej plamistości podskórnej (Stahly i Benson, 1976). Był on stosowany także w Skierniewicach przez autora niniejszej pracy (wyniki nie publikowane) na rośliny pomidorów w stężeniu $50 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ powodując u nich skracanie się liści i pędów oraz masowe pojawianie się korzeni przybyszowych. Są to objawy podobne do tych, jakie powoduje opryskiwanie roztworem NAA, z tym że występowały one w większym natężeniu. Przypuszczano, że fenoprop (2,4,5-TP) może okazać skuteczne działanie przy zapobieganiu zaburzeniom fizjologicznym.

MATERIAŁ I METODY

Nasiona sałaty odmiany Ilanka wysiano 29 XII 1981, a 29 I 1982 rozsadę wysadzono do doniczek o pojemności 1 litra w substrat torfowy o pH 5,5, który zawierał w przeliczeniu na jeden litr następujące ilości składników pokarmowych: 350 mg N- NO_3 , 140 mg P, 370 mg K, 2320 mg Ca i 186 mg Mg. 25 III 1982, gdy rozpoczęło się zwijanie główek, rośliny opryskano regulatorami wzrostu w stężeniach przeliczonych na czysty związek (tab. 1). W doświadczeniu tym stosowano sól potasową kwasu alfa naftylooctowego (K-NAA) w postaci preparatu handlowego Pomonit R-10, który zawiera 10% substancji czynnej. Do porównania wzięto fenoprop (kwas alfa 2,4,5-trójfenoksypropionowy) nierozpuszczalny w wodzie, produkcji firmy Sigma Chemical Company. Przygotowano z kwasu tego sól dwumetyloaminową w roztworze wodnym zawierającym 10% substancji aktywnej.

W trakcie wzrostu roślin wykonywano szczegółowe obserwacje zamierania liści zwijających główkę wg van Andela (1966) w skali 0-4; rośliny całkowicie zdrowe otrzymywały 0 punktów, rośliny z całkowicie zagniętymi liśćmi zwijającymi główkę otrzymywały 4 punkty. W każdym obiekcie robiono obserwacje na 12 roślinach (tab. 1).

Zbiory główek przeprowadzono 6 IV 1982 zbierając plon z 6 główek, a dalsze 6 główek pozostawiono w każdym obiekcie do wybicia w pędy kwiatostanowe. U roślin, które pozostawiono mierzono wysokość i wykonano obserwacje terminu zakwitania. Sałatę wybijającą w kwiatostany nawieziono

Table 1 - Tabela 1

Wpływ regulatorów wzrostu na zdrowotność, plon i wysokość pędów kwiatostanowych sałaty odm. Ilanka (rok 1982)

The effect of growth regulators on the healthiness, yield and height of shoots of cv. Ilanka lettuce in 1982

Stężenie regulatorów wzrostu Concentration of growth regulators	Zamieranie liści zwijających główkę w skali 0-4 ^a Rating for latex tipburn (0-4) ^a					Masa główki Weight of lettuce head (g)	Wysokość pędów kwiatostanowych w cm Height of bolted shoots in cm				
	29	2	5	13	22	6	13	22	6	13	1
	III	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	V	V	VI
Kontrola - control	0,33	1,07	1,33	1,60	1,80	80,7	4,9	5,9	8,8	20,7	59,1
K-NAA 50 mg·dm ⁻³	0,03*	0,10**	0,13**	0,87*	0,93*	88,7	5,5	6,9	10,5	23,6	56,9
Fenoprop 10 mg·dm ⁻³	0,10	0,43**	0,60**	1,00	1,47	102,0	7,3	7,8	15,2	30,1	56,8
Fenoprop 20 mg·dm ⁻³	0**	0,03**	0,10**	0,40**	0,40**	90,7	7,1	8,3	17,1	32,0	58,1
NIR przy $\alpha = 0,05$						8,3	0,8	0,8	2,9	5,1	różnice nie istotne
LSD at $\alpha = 0.05$											insignificant differences

* i ** Różnice istotne w porównaniu do roślin kontrolnych przy $\alpha = 0,05$ lub $0,01$ z użyciem testu χ^2 .* and ** Differences are significant in comparison to control plants according to the χ^2 test LSD at $\alpha = 0.05$ or 0.01 respectively.^a Skala zdrowotności: 0 - rośliny zdrowe, 4 - rośliny bardzo chore.^a Degree of the healthiness of plants: 0 - healthy plants, 4 - heavily injured.

21 IV 1982 fosforanem amonu w ilości 2 g na doniczkę, 5 V 1982 — saletrą amonową po 1 g na doniczkę. 13 V 1982 rośliny przesadzono do 5-litrowych wazonów w substrat torfowy. Doświadczenie w szklarni zakończono w połowie czerwca, gdy temperatura w szklarni w południe dochodziła do 35°C, a nasiona zaczęły dojrzewać.

W roku 1984 powtórzono doświadczenie w tym samym układzie i z tą samą odmianą sałaty, którą wysiano w szklarni o 4 tygodnie później. Doświadczenie zakończono także w czerwcu.

W obu doświadczeniach istotność różnicy odnośnie do wysokości i masy główek sałaty określono testem t Studenta.

WYNIKI

W kilka dni po opryskiwaniu sałaty stwierdzono, że na roślinach kontrolnych wystąpiło istotnie więcej objawów zamierania liści zwijających główkę niż w pozostałych kombinacjach (tab. 1).

Tylko między roślinami kontrolnymi a obiektem opryskanym fenopropem w stężeniu $10 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ różnice w zamieraniu liści zwijających główkę nie zawsze były istotne. Największą zdrowotność sałaty uzyskano przy opryskiwaniu roślin fenopropem w stężeniu $20 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. W obiekcie tym jeszcze po 4 tygodniach po opryskiwaniu sałata była istotnie zdrowsza niż w kontroli, chociaż już zaczęła wybijać w pędy kwiatostanowe. Stwierdzono, że przy opryskiwaniu sałaty fenopropem nie zawiązywała ona główek (rys. 1), a mimo to przeciętna masa części nadziemnej była istotnie wyższa niż w kontroli. Plon był najwyższy przy zastosowaniu fenopropu w stężeniu $10 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, przy czym różnice były istotne w stosunku do pozostałych obiektów. Zwiększenie masy części nadziemnej można tłumaczyć zgrubieniem ogonków liściowych oraz głębi pod wpływem zastosowanego preparatu. Należy dodać, że na roślinach kontrolnych tak mocno występowały objawy zamierania liści zwijających główkę, że przed kwitnieniem kilka roślin zgniło całkowicie, natomiast rośliny opryskiwane fenopropem w stężeniu $20 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ były do końca doświadczenia zdrowe. Fenoprop przyspieszał wybijanie w pędy kwiatostanowe i rośliny opryskiwane tym preparatem były zawsze wyższe niż w kontroli. Dopiero w pełni kwitnienia różnice między obiektami zanikały (tab. 1). Fenoprop w stężeniu $20 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ przyspieszał także istotnie kwitnienie i zawiązywanie nasion (tab. 2). Natomiast K-NAA nie hamował wiązania główek u sałaty, znacznie słabiej niż fenoprop przyspieszał wybijanie w pędy kwiatostanowe, ale także istotnie zwiększył zdrowotność roślin. Obserwacje wykonane w roku 1982 wykazały, że K-NAA nie zwiększał zdrowotności roślin, jeżeli w kilka godzin po opryskaniu sałatę podlano obficie wodą. Stwierdzono, że opryskiwanie K-NAA jest wtedy skuteczne, jeżeli rośliny po zabiegu nie są podlewane przez dobę.

K-NAA nie przyspieszał kwitnienia ani zawiązywania nasion (tab. 2).

Rys. 1. Wpływ fenopropu w stężeniu $100 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ na wzrost i rozwój sałaty
Traktowanie wykonano 6 IV 1982 w początkowej fazie związania się główki. Zdjęcia wykonano w dniu zbioru sałaty 2 V 1982. A — Sałata kontrolna z zawiązaną główką. B — Sałata opryskana fenopropem nie zawiązała główki. C — Główka i głąb sałaty kontrolnej w przekroju podłużnym.
D — Głąb i rozeta liściowa sałaty opryskanej fenopropem w przekroju podłużnym.

Fig. 1. The effect of fenoprop at $100 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ on the growth and development of lettuce
Treatment was carried out on April 6 at the initial phase of head formation. A — control lettuce with formed head. B — fenoprop treated lettuce which did not form a head. C — A cross-section through the head and stump of a control lettuce head. D — A cross-section through the stump and leaves of a fenoprop treated lettuce plant

Tabela 2 — Table 2

Wpływ regulatorów wzrostu na kwitnienie oraz liczbę koszyczków z nasionami sałaty odm. Ilanka (rok 1982)
 The effect of growth regulators on flowering and number of capitulum with seeds of cv. Ilanka lettuce in 1982

Stężenie regulatorów wzrostu Concentration of growth regulators	Liczba kwiatostanów na jednej roślinie Number of inflorescences on one plant					Koszyczki z nasionami na jednej roślinie Capitulum with seeds on one plant
	19 V	21 V	24 V	26 V	29 V	7 VI
Kontrola — control	0	0,07	0,13	0,33	1,93	0,20
K-NAA 50 mg·dm ⁻³	0	0	0	0,07	1,60	0
Fenoprop 10 mg·dm ⁻³	0,80	1,73	3,60*	6,87*	15,20**	6,67*
Fenoprop 20 mg·dm ⁻³	1,27*	2,60*	4,13**	6,20*	12,53**	6,13*

* i ** Różnice istotne w porównaniu do roślin kontrolnych przy $\alpha = 0,05$ i $0,01$ z użyciem testu χ^2 .

* and ** Differences are significant in comparison to control plants according to the χ^2 test, LSD at $\alpha = 0,05$ or $0,01$, respectively.

Tabela 3 — Table 3

Wpływ regulatorów wzrostu na wzrost, plon i kwitnienie sałaty odm. Ilanka (rok 1984)
 The influence of growth regulators on the growth, yield and flowering of lettuce cv. Ilanka in 1984

Stężenie regulatorów wzrostu Concentration of growth regulators	Średnica roślin w cm Diameter of plants in cm	Masa główki w g Weight of heads (g)	Wysokość roślin w cm Height of plants (cm)		Liczba kwiatów na jednej roślinie Number of inflorescences on one plant	
	10 IV	2 V	11 V	25 V	3 VI	6 VI
Kontrola — control	27,0	137	13,1	53,9	3,1	10,8
Fenoprop 12,5 mg·dm ⁻³	28,0	153	15,6	61,4	3,0	10,4
Fenoprop 25,0 mg·dm ⁻³	29,2	143	21,3	66,4	3,5	11,3
Fenoprop 50,0 mg·dm ⁻³	27,1	107	18,3	58,0	0,2*	3,8
Fenoprop 100,0 mg·dm ⁻³	27,4	95	17,8	55,2	3,6	8,0
K-NAA 25,0 mg·dm ⁻³	28,2	150	16,3	54,4	3,1	11,7
K-NAA 50,0 mg·dm ⁻³	28,3	155	13,5	46,6	4,1	11,5
NIR przy $\alpha = 0,05$	różnice nie istotne		3,6	7,8		
LSD at $\alpha = 0.05$	n.s.					

* Różnice istotne w porównaniu do roślin kontrolnych przy $\alpha = 0,05$ z użyciem testu χ^2 .

* Differences are significant in comparison to control according to the χ^2 test, LSD at $\alpha = 0.05$.

W roku 1984, podobnie jak w roku 1982, już w trzy dni po opryskaniu pod wpływem fenopropu zaczęły grubić ogonki liściowe.

Fenoprop w stężeniu 12,5 oraz 25 mg · dm⁻³ powodował wydłużanie się liści i w rezultacie średnica roślin była trochę większa niż w kontroli (tab. 3). W roku 1984 zamieranie liści zwijających główkę nie wystąpiło. Fenoprop w stężeniu 100 mg · dm⁻³ obniżył istotnie plon główek (tab. 3), ale przyspieszył wybijanie w pędy kwiatostanowe. Lepsze wybijanie w pędy kwiatostanowe otrzymano na skutek zastosowania fenopropu w stężeniu 25 i 50 mg · dm⁻³. Przy obserwacjach wykonanych 25 V 1984 zdecydowanie najlepsze wyniki w wybijaniu w pędy kwiatostanowe stwierdzono przy użyciu fenopropu w stężeniach 25 mg · dm⁻³, ale nie łączyło się to z przyspieszeniem kwitnienia. Opryskiwanie roztworem K-NAA nieznacznie zwiększyło plon główek, ale nie miało wyraźnego wpływu na wybijanie w pędy kwiatostanowe (tab. 3).

DYSKUSJA

Wykazano, że fenoprop zwiększa zdrowotność roślin. Powoduje także zahamowanie zwijania się główek, czemu jednak nie towarzyszy wydłużenie się międzywęzli ani jaśniejsze zabarwienie liści, co wykazali u sałaty traktowanej gibereliną Harrington (1960) i Wasilewska (1975). Według Wasilewskiej (1975) stosowanie gibereliny przyspieszało kwitnienie sałaty, niekiedy nawet o 13 dni, w zależności od odmiany i roku, oraz zwiększało plon nasion.

W przeprowadzonych doświadczeniach fenoprop przyspieszał kwitnienie co najmniej o 7 dni w roku 1982 (tab. 2). Natomiast nie stwierdzono przyspieszania kwitnienia w roku 1984 (tab. 3). Należy przypuszczać, że proces zamierania liści zwijających główkę oraz proces zwijania główek wiążą się z poziomem endogennych auksyn w roślinie, a także z zawartością kwasu chlorogenowego, który według Colliera (1976) reguluje poziom aktywności IAA.

Collier i Tibbitts (1982) ułożyli schemat uwzględniający różne czynniki wpływające na zamieranie liści zwijających główkę. Jednym z tych czynników jest wapń. Jego niedobór wpływa istotnie na występowanie tego zaburzenia fizjologicznego, co wykazali Thibodeau i Minotii (1969), Misaghi i Grogan (1978b) Collier i in. (1983), Yanagi i in. (1983), Borkowski i Bereśniewicz (1985).

Mishagi i Grogan (1978a, b) wykazali, że zamieranie liści zwijających główkę sałaty występuje w ciągu kilku dni, jeżeli temperaturę pomieszczenia podnieść do 30°C. W tych warunkach zwiększało się oddychanie roślin, a towarzyszyła temu zwiększająca się zawartość cytrynianów, izo-cytrynianów, bursztynianów, kwasu fumarowego i rozpuszczalnych aminokwasów. Prawdopodobnie te związki wiążą wapń powodując jego niedobór w młodych liściach; natomiast wysoki poziom auksyn sprzyja transportowi wapnia (Bangerth, 1976, 1979). Prawdopodobnie zawartość wapnia w liściach sałaty, które nie zawiązały główek, była większa (Barta i Tibbitts, 1986).

Jest rzeczą interesującą, że w uprawie w szklarni stężenie $100 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ fenopropu okazało się za wysokie, gdyż hamowało istotnie wzrost części nadziemnej (tab. 3). Obserwacje wykonane w polu w roku 1984 wykazały natomiast, że stężenie $125 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ było za niskie, to znaczy tylko opóźniło zwijanie się główek u sałaty odmiana Bauczeńska. Prawdopodobnie rośliny w polu mają grubszą kutikulę i są wystawione na większą intensywność światła, a w związku z tym stężenie regulatorów wzrostu skuteczne w polu musi być niekiedy 3 razy większe niż w szklarni, żeby otrzymać podobny efekt. Takie wnioski nasuwają się na podstawie wyników prac Bukovaca (1973).

Na podstawie otrzymanych wyników wcześniejszych badań można wyciągnąć wniosek, że NAA będzie miało zastosowanie w produkcji sałaty konsumpcyjnej, gdyż ma małą toksyczność i szybko się rozkłada. Jak podają Borkowski i in. (1984) zawartość pozostałości NAA w liściach sałaty już dwa dni po opryskaniu roztworem tego związku wynosi poniżej $0,3 \text{ mg}$ na 1 kg świeżej masy liści i jest on trudno wykrywalny w sałacie za pomocą metody spektrofotometrycznej. Natomiast fenoprop może mieć zastosowanie przy produkcji nasion późnych odmian sałaty o dużych główkach, ponieważ polepsza zdrowotność sałaty. Polega to na zmniejszeniu występowania zamierania liści zwijających główkę, a przez to na zmniejszenie infekcji, gdyż na martwej tkance w warunkach dużej wilgotności łatwo rozwija się szara pleśń (*Botritis* sp.).

STRESZCZENIE

Sałatę odmiany Ilanka traktowano regulatorami wzrostu. Nasiona wysiewano w szklarni w styczniu w latach 1982 i 1984. Doświadczenie prowadzono do połowy czerwca, to jest do pełni kwitnienia.

Stwierdzono, że preparat fenoprop (kwas 2,4,5-trójfenoksypropionowy stosowany w postaci soli z dwumetyloaminą) w stężeniach 10 , 20 , $50 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ istotnie zmniejszał występowanie objawów zamierania liści zwijających główkę. Dzięki temu zwiększała się zdrowotność roślin, gdyż zdrowsze rośliny były mniej atakowane przez szarą pleśń. Fenoprop hamował także zawiązywanie główek u sałaty, lecz masa części nadziemnej tych roślin nigdy nie była mniejsza niż roślin kontrolnych, a czasem była istotnie większa niż kontrolnych. Rośliny sałaty nie zawiązując główek szybciej wybijały w pędy kwiatostanowe. Tylko fenoprop w stężeniu $100 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ hamował wzrost roślin. Wpływ K-NAA (sól potasowa kwasu α -naftylooctowego) na zamieranie liści zwijających główkę u sałaty był mniejszy niż fenopropu. Po potraktowaniu roślin roztworem K-NAA w stężeniu $25 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ sałata wytwarzała naturalnie wykształcone główki, ale występowanie objawów zamierania liści zwijających główkę było opóźnione w stosunku do kontroli.

LITERATURA

- Andel van O. M., 1966. Mode of action L-treo- β -phenylserine as a chemotherapeutant of cucumber scab. *Nature* 211: 326-327.
- Bangerth F., 1976. A role for auxin and auxin transport inhibitors on the Ca content of artificially induced parthenocarpic fruits. *Physiol. Plant.* 37: 191-194.

- Bangerth F., 1979. Calcium-related physiological disorders of plants. *Ann. Rev. Phytopathol.* 7: 97-112.
- Barta D. J., Tibbitts T. W., 1986. Effects of artificial endousure of young lettuce leaves on tipburn incidence and leaf calcium concentration. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 111(3): 413-416.
- Borkowski J., 1981. Wpływ kwasu α -naftylooctowego na występowanie chorób fizjologicznych u sałaty. *Ogrodnictwo*. 18(1): 14-15.
- Borkowski J., Bereśniewicz A., 1985. Wpływ wapnowania popiołem z węgla brunatnego na występowanie chorób fizjologicznych sałaty. *Biul. Warzyw. Inst. Warz.* 28: 9-26.
- Borkowski J., Ostrzycka J., Gląps T., 1984. Wpływ kwasu α -naftylooctowego na zamieranie liści zwijających główkę sałaty uprawianej w szklarni oraz pozostałości NAA w liściach. *Symposium Naukowe z okazji XX-lecia Instytutu Warzywnictwa, X-lecia Szklarniowego Zakładu Doświadczalnego, Skierniewice*: 237-238.
- Bukovac M. J., 1973. Foliar penetration of plant growth substances. 3-rd Symposium on Accumulation and Translocation of Nutrients and Regulators in Plant Organisms. Warszawa, Jabłonna, Brzezna, Kraków (Poland) May 14-18: 13-15.
- Collier G. F., 1976. Physiological considerations of lettuce tipburn. *An. Rep.* 27: 44. National Research Station. Wellsbourne Warwick.
- Collier G. F., Huntington Valerie C., 1983. The relationship between leaf growth, calcium accumulation and distribution, and tipburn development in field-grown butterhead lettuce. *Scientia Hort.* 21: 123-128.
- Collier G. F., Tibbitts T. W., 1982. Tipburn of lettuce. *Hort. Rev.* 2: 49-67.
- Cox E. F., McKee J. M. T., Dearman A. S., 1976. The effect of growth rate on tipburn occurrence in lettuce. *J. Hort. Sci.* 51: 297-309.
- Harrington J. F., 1960. The use of gibberellic acid to induce bolting and increase seed yield to tight-heading lettuce. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 75: 476-479.
- Misaghi J. J., Grogan R. S., 1978a. Effect of temperature on tipburn development in head lettuce. *Phytopathology* 68: 1738-1743.
- Misaghi J. J., Grogan R. S., 1978b. Physiological basis for tipburn development in head lettuce. *Phytopathology* 68: 1744-1753.
- Olson K. C., Tibbitts T. W., Struckmeyer E. B., 1967. Morphology and significance of laticifer rupture in lettuce tipburn. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 91: 377-385.
- Shear C. B., 1975. Calcium related disorders of fruits and vegetables. *Hort. Science* 10: 361-365.
- Stahly H. A., Benson N. R., 1976. Calcium levels of 'Golden Delicious' apples as influenced by calcium sprays, 2,3,5-triiodobenzoic acid and other plant growth regulator sprays. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101: 120-122.
- Thibodeau P. O., Minotti P. L., 1969. Influence of calcium on the development of lettuce tipburn. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 94: 372-373.
- Tibbitts T. W., Struckmeyer E. B., Ramo Rao R., 1965. Tipburn of lettuce as related to release of latex. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 86: 462-467.
- Tibbitts T. W., Ramo Rao R., 1968. Light intensity and duration in the development of lettuce tipburn. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 93: 454-461.
- Wasilewska J., 1975. Przyspieszenie dojrzewania nasion późnych odmian sałaty masłowej przy pomocy gibereliny. *Biul. Warz. Inst. Warz.* 18: 179-196.
- Yanagi A. A., Bullock R. M., 1983. Factors involved in the development of tipburn in crisphead lettuce in Hawaii. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108: 234-237.