

Received: 17.04.2019 / Accepted: 24.06.2019

The effect of stimulating biomass growth of everbearing strawberry variety San Andreas[®] by the foliage application of a product containing zinc

Efekt stymulowania przyrostu biomasy truskawki powtarzającej odmiany San Andreas[®] poprzez nalistną aplikację preparatu zawierającego cynk

Michał Kopec^{1*}, Krzysztof Gondek¹, Monika Mierzwa-Hersztek¹, Tomasz Zaleski², Stanisław Bogdał³, Monika Bieniasz⁴, Jan Błaszczuk⁴, Elżbieta Kaczmarczyk⁴, Jarosław Knaga⁵, Bogusława Łapczyńska-Kordon⁶, Jacek Nawrocki⁷, Michał Pniak⁸

Summary

The introduction of everbearing strawberry varieties or cultivation technology under a roof are a modern challenge for science and practice. In addition to nutrients, biostimulants that influence the yield and quality of strawberry fruit need a special attention. The study analysed the additional application of zinc in the form of ammonium acetate in the cultivation of San Andreas[®] strawberries. In the cultivation of everbearing strawberries an increase of root mass was recorded at the end of growing season. The foliage application of product containing zinc increased the content of elements in leaves by fruiting. Due to foliage treatment, the yields obtained at the initial fruiting period were higher however, the total yield indicated that in strawberry fertigation systems, it is more important to balance the zinc in the fertilization than to use biostimulants as foliage application.

Key words: strawberry varieties repeating, zinc, biomass growth, yielding

Streszczenie

Wprowadzenie odmian truskawki powtarzającej plonowanie lub technologii upraw pod zadaszeniem stanowią współczesne wyzwanie dla nauki i praktyki. Obok składników pokarmowych zwraca się uwagę na biostymulatory pozwalające wpływać na plon i jakość owoców truskawki. W pracy badano poza nawożeniem kropelkowym dodatkową nalistną aplikację cynku w formie octanu amonu w uprawie truskawki San Andreas[®]. W uprawie truskawki powtarzającej owocowanie uzyskano zwiększenie masy korzeni w końcowym okresie wegetacji. Zastosowany zabieg opryskiwania na liście truskawki zwiększał w nich zawartość pierwiastków przed owocowaniem. W wyniku zabiegu opryskiwania uzyskano w początkowym okresie owocowania większe plony, jednak sumaryczny plon wskazuje, że w systemach fertygacji truskawki ważniejsze jest zbilansowanie cynku w pożywce, niż stosowanie biostymulatorów w aplikacji nalistnej.

Słowa kluczowe: truskawka powtarzająca owocowanie, cynk, przyrost biomasy, plon

¹ Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Al. Mickiewicza 21, 30-120 Kraków

² Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Instytut Gleboznawstwa i Agrofizyki, Zakład Gleboznawstwa i Ochrony Gleb
Al. Mickiewicza 21, 30-120 Kraków

³ Stanflex-Polski Instytut Truskawki Sp. z o.o., Petrażyckiego 20/1, 30-399 Kraków

⁴ Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Katedra Sadownictwa i Pszczelnictwa, Al. 29 Listopada 54, 31-425 Kraków

⁵ Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Katedra Energetyki i Automatyzacji Procesów Rolniczych
Balicka 116b, 30-149 Kraków

⁶ Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki, Balicka 120, 30-149 Kraków

⁷ Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Katedra Ochrony Roślin, Al. 29 Listopada 54, 31-425 Kraków

⁸ BIOCONT Polska, Al. 29 listopada 56a, 31-425 Kraków

*corresponding author: m.kopec@ur.krakow.pl

Wstęp / Introduction

Ankietowa ocena preferencji spożycia przez dzieci owoców (jabłka, pomarańcze, mandarynki, banany, truskawki, arbuzy) wskazała, że truskawki należą do grupy trzech najchętniej spożywanych owoców. Wśród ankietowanych 88% wskazało truskawki, a tylko 4% wyraziło negatywną odpowiedź (Bielaszka i wsp. 2014). Truskawka, mimo właściwości alergizujących, może stanowić istotny element w diecie człowieka również między innymi ze względu na antyoksydanty czy mikroelementy (Rochalska i wsp. 2011; Skoczylas i wsp. 2014; Zdrojewicz i wsp. 2017). Przeprowadzone badania wskazują jednak na istotne różnice w składzie chemicznym owoców truskawek (Jurgiel-Małecka i wsp. 2017). W uprawie glebowej czynnikami powodującymi zmienność składu chemicznego jest odmiana, nawożenie, odczyn gleby, ale również warunki meteorologiczne. Koszański i wsp. (2006) wymienili deficyt wodny podczas wegetacji roślin, zwłaszcza na glebach lekkich jako podstawę procesów biochemicznych odpowiedzialnych nie tylko za wzrost, rozwój czy plonowanie, ale także za jakość plonów (Lepaja i wsp. 2015). Intensyfikacja uprawy prowadzi do stosowania szeregu preparatów np. o działaniu biostymulującym, które wpływając na rozwój rośliny zmieniają jej skład chemiczny (Rochalska i wsp. 2011). Również wprowadzenie odmian powtarzających lub technologii upraw pod zadaszeniem (Laugale i wsp. 2016), czy opartych na fertygacji, są modyfikacjami, które stanowią współczesne wyzwanie dla nauki i praktyki. Verma i wsp. (2018) potwierdzili ostatnio, że cynk, bor i żelazo odgrywają ważną rolę we wzroście, procesie kwitnienia i owocowania wpływając również na jakość truskawek gruntowych. Stwierdzono, że nalistne odżywianie mikroskładnikami odgrywa bardzo ważną rolę w poprawie plonowania, produktywności i jakości owoców.

Uważa się, że preparaty na bazie amonowego octanu cynku mają działanie biostymulujące i są przeznaczone głównie do stosowania nalistnego. Rolą fizjologiczną preparatów ma być aktywowanie wytwarzania auksyn przez rośliny. Preparaty intensyfikują podziały komórkowe i indukują tworzenie korzeni przybyszowych oraz bocznych, a także włośników. W warunkach uprawy polowej zaleca się ich stosowanie po wschodach roślin, ale również w okresie późniejszym, w sytuacjach uszkodzeń systemu korzeniowego (m.in. przemarznięcie, uszkodzenie przez szkodniki). Korzyści zastosowania preparatów opierają się na formie cynku (amonowy octan cynku) oraz substancjach wspomagających przyswajanie składników pokarmowych i stymulujących rozwój systemu korzeniowego. Do grupy tych substancji zalicza się na przykład antyoksydanty i witaminy, np. B1. W wyniku zastosowania preparatów powinno się osiągnąć bardziej dynamiczny rozwój masy korzeniowej, a następnie lepszą kondycję roślin we wczesnej fazie wegetacji oraz zwiększenie tolerancji roślin na stres

związany z niską temperaturą gleby i niedoborem wody (Świstowska i Kozak 2004; Filipczak i wsp. 2016).

Autorzy tej publikacji stawiają hipotezę, że wpływ dozażnego dokarmiania cynkiem truskawki powtarzającej owocowanie w zabiegach nalistnych, uprawianej w systemach rynnowych pod daszkami w podłożu bezglebowym (inertnym) jest ograniczony, a dobrze zbilansowana pożywka rekompensuje poniesione nakłady na nawożenie nalistne.

Materiały i metody / Materials and methods

Badania przeprowadzono w gospodarstwie produkcyjnym zlokalizowanym w miejscu o współrzędnych geograficznych 50°02'11"N i 19°81'19"E. Uprawę truskawki powtarzającej owocowanie, prowadzono w nowoczesnych systemach rynnowych pod daszkami, na bazie podłoża bezglebowego, w matach z podłożem kokosowym w białej folii o wymiarach 200 mm × 100 mm × 1000 mm. Rośliny zostały wysadzone 13.06.2018 r. po wcześniejszej fazie buforowania mat saletrą wapniową (pH = 5,5; m; EC = 3,5 mS/cm). Zabiegi technologiczne były prowadzone tak, jak na plantacji produkcyjnej. Wysadzono truskawkę (*Fragaria × ananassa* Duch) odmiany San Andreas®. W fazie 3–5 liści truskawki (BBCH 13–15) zastosowano pierwsze opryskiwanie preparatem zawierającym amonowy octan cynku w dawce 1 dm³/ha, co odpowiadało stężeniu robocznemu 3,33 cm³/dm³. Zabieg wykonano trzykrotnie: 29.06, 17.07 i 26.07.2018 r. (między 26 a 30 tygodniem roku). Doświadczenie wykonano w czterech powtórzeniach dla każdego obiektu. Powtórzenie stanowiła mata z podłożem, do której wysadzono osiem roślin. Uprawa produkcyjna miała charakter jednoroczny, to znaczy po okresie wegetacji uprawę zlikwidowano ze względu na ryzyko jej nieprzezwimowania i zagrożenie ze strony patogenów.

Przewodność elektrolityczna zastosowanego roztworu do aplikacji nalistnej wynosiła 1,86 mS/cm, a pH 6,57. Zastosowany roztwór charakteryzowało następujące stężenie pierwiastków [mg/dm³]: Zn – 273,7 oraz B – 0,193, Ca – 85,56, Cu – 0,0055, Fe – 0,551, K – 11,12, Mg – 13,14, Mn – 4,54, Na – 53,60, P – 0,223, Mo – 0,0045, S – 29,50. Między zabiegami usunięto jednorazowo kwiaty i systematycznie rozłogi roślin. Do 29.07.2018 r. nie dokonywano pomiarów biometrycznych roślin. W dniach 30.07 i 13.08.2018 r. zmierzono podstawę szerokości dwóch dolnych liści. Zbiory truskawki wykonywano w miarę potrzeb warunkowanych ich dojrzałością. Łącznie, do 13 listopada 2018 r. wykonano 19 zbiorów owoców, określając masę owoców z dokładnością do 0,1 g oraz ich ilość.

Do analiz chemicznych pobrano także: owoce 3-krotnie, liście 4-krotnie, podłoże i korzenie na zakończenie eksperymentu. Stosunek suchej masy części nadziemnej do ko-

rzeni w końcowym okresie wegetacji uznano za wskaźnik efektywności zabiegów.

W trakcie wegetacji do fertygacji zużyto nawozy w dawce na mb (matę): saletra wapniowa – 156,8 g, saletra amonowa – 3,587 g, saletra magnezowa – 34,97, chelat żelaza DTPA 7% Fe – 2,130 g, chelat żelaza EDDHA 6% Fe – 2,461, fosforan monopotasowy – 22,51 g, saletra potasowa – 34,26 g, siarczan magnezu – 17,70 g, siarczan manganu – 0,760 g, chelat manganu EDTA 13% – 1,875 g, siarczan cynku – 0,334 g, siarczan miedzi – 0,067 g, boraks (tetraboran sodu) – 0,103 g, molibdenian sodu – 0,021 g, kwas azotowy – 86,92 g.

Rok 2018 w miejscu eksperymentu był rokiem suchym i gorącym, maksymalne temperatury mierzone pod rynną osiągały wartość 44°C przy średniej wartości na początku sierpnia wynoszącej 26°C. Średnie wartości wilgotności powietrza zwiększały się z upływem czasu i późną jesienią przekraczały 90% (rys. 1).

W celu oznaczenia ilościowego pierwiastków popielnych oznaczono suchą masę materiału (sm), zmielone w młynku laboratoryjnym próbki pędów i korzeni, podłoża oraz rozdrobnione owoce zostały spopielone w piecu muflowym w temperaturze 450°C. Po rozтворzeniu popiołu w HNO₃ próbki przeniesiono do kolbek, a końcową objętość próbki doprowadzono do 50 ml przez dodanie wody destylowanej. Zawartość badanych pierwiastków w uzyskanych roztworach oznaczono metodą ICP-OES (Kaya i Ashraf 2018). W roztworach podłoża w stosunku 1 : 10 oznaczono potencjometrycznie pH i konduktywność (EC). Ogólne formy

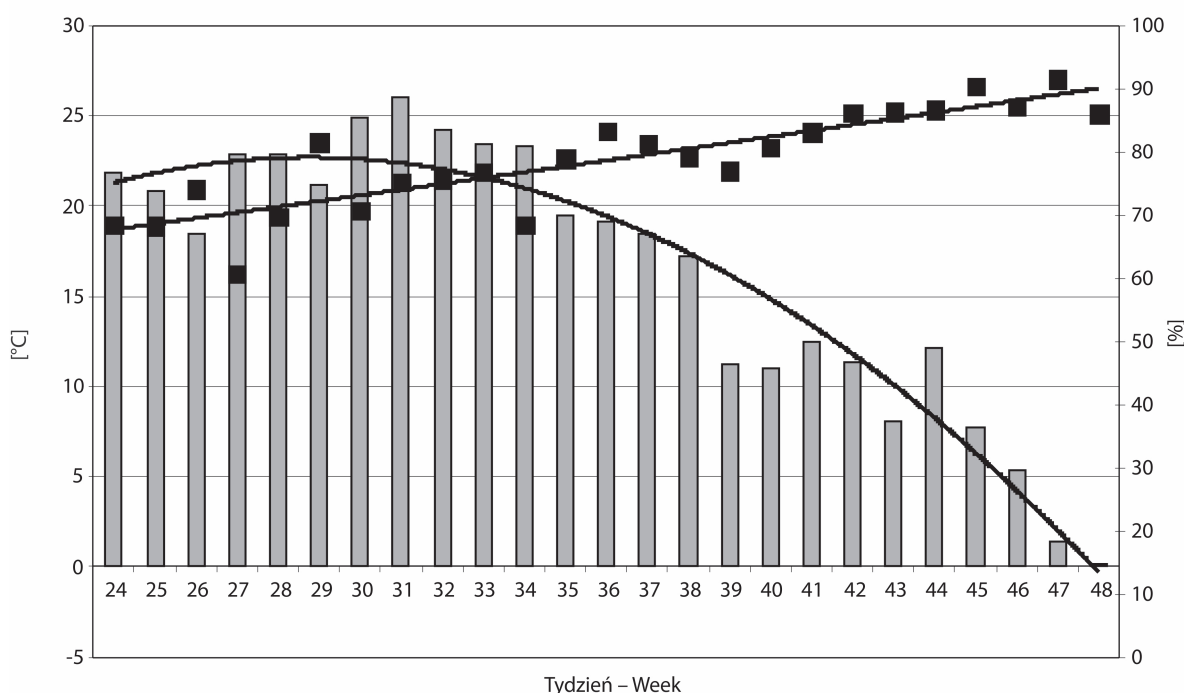
węgla, azotu i siarki w podłożu oznaczono z użyciem Vario MAX Cube z czujnikiem przewodności cieplnej.

Różnice między obiektami oceniano stosując jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA, test Duncana, $p \leq 0,05$). Zmienność określono przez obliczenie wartości odchylenia standardowego (\pm SD) i współczynnika zmienności (%V). Wszystkie analizy statystyczne przeprowadzono przy użyciu oprogramowania STATISTICA PL 12.5 (StatSoft Inc.).

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Reakcja roślin na zastosowane zabiegi opryskiwania spowodowała istotne zmniejszenie przyrostu części nadziemnej (tab. 1). Pomiar podstawy liścia wykonany w 31. tygodniu roku (1.08.2018 r.) rozpoczęcia zbiorów wskazywał, że liście były mniejsze o 22% w odniesieniu do liści z obiektu kontrolnego. Pomiar powtórzony dwa tygodnie później potwierdził nadal istotne różnice, które w porównaniu do kontroli wynosiły już tylko 6%. W wyniku oznaczenia suchej masy liści i korzeni na koniec okresu wegetacji stwierdzono zmianę zależności występującej wcześniej. W obiekcie z opryskiwaniem amonowym octanem cynku w stosunku do kontroli, masa części nadziemnej w listopadzie była większa o 13,8%, a korzeni o 8,2%.

Zebrane plony świeżych owoców różniły się pomiędzy obiektem kontrolnym i obiektem, w którym zastosowano



Rys. 1. Trendy temperatury (°C – lewa oś, słupki) i wilgotności powietrza (% – prawa oś, punkty); pomiar pod matą na wysokości około 1 m nad gruntem

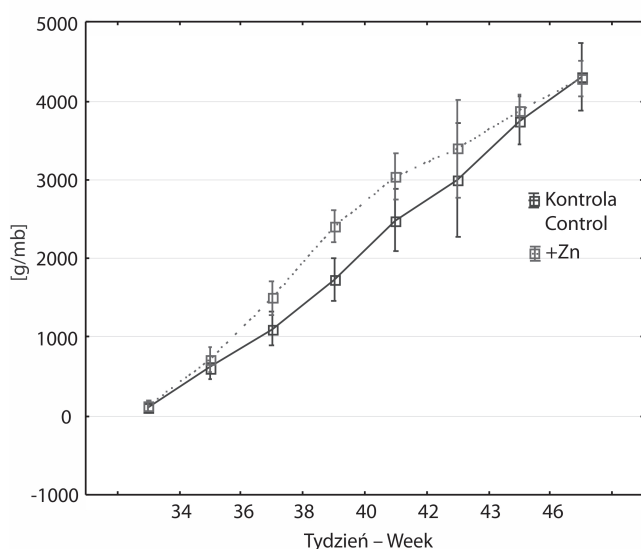
Fig. 1. Trends temperature (°C – left axis, bars) and air humidity (% – right axis, points); measurement under the mat at the height of about 1 m above the ground

Tabela 1. Parametry biometryczne truskawki odmiany San Andreas®
Table 1. Biometric parameters of the San Andreas® strawberry

Oznaczenie – Assessment	Data – Date	Kontrola – Control	+Zn*
Szerokość podstawy liści [cm] Width of the base of the leaves [cm]	01.08.2018	18,16b**	14,16a
Szerokość podstawy liści [cm] Width of the base of the leaves [cm]	13.08.2018	19,98b	18,74a
Masa części nadziemnej [g sm/1 mb] Mass of the aboveground part [g dw/1 cm]	05.11.2018	472,5a	538,0b
Masa korzeni [g sm/1 mb] Mass of roots [g dw/1 cm]	05.11.2018	79,0a	85,5b
Sucha masa części nadziemnej : sucha masa korzeni Dry mass of aboveground part : dry mass of roots	05.11.2018	5,98	6,29

* +Zn – obiekt z opryskiwaniem octanem cynku – object with zinc acetate application

** grupy jednorodne – homogeneous groups



Rys. 2. Plon świeżej masy owoców truskawki w g/mb maty w kolejnych tygodniach roku

Fig. 2. The yield of fresh strawberry fruit mass in g/cm mats in the following weeks of the year

amonowy octan cynku (rys. 2). Zróznicowanie nastąpiło w 5–6 tygodniu zbiorów i zwiększało się uzyskując w 8–9 tygodniu zbiorów największą różnicę, tj. 689–696 g/mb. Od 14 tygodnia nie stwierdzano różnic w plonie truskawki pomiędzy obiektami. Według Singh i wsp. (2015) nalistna aplikacja żelaza i cynku (0,2% FeSO₄ i 0,3% ZnSO₄) skracała dni do pierwszego kwitnienia i dojrzewania jagód. Autorzy tej publikacji tłumaczą to faktem, że cynk bierze udział w biosyntezie kwasu indoliloctowego – hormonu roślinnego IAA i odgrywa istotną rolę w syntezie kwasów nukleinowych i białek. Nalistny zabieg opryskiwania żelazem również zmniejszył liczbę dni w fazie kwitnienia i ograniczył rozwój owoców. Jest to efekt wpływu żelaza na dużą liczbę enzymów

i degradację chlorofilu. Podobny efekt mógł mieć miejsce w przypadku omawianego doświadczenia.

Liście charakteryzowały się na ogół większą popielnością i zawartością pierwiastków niż owoce (tab. 2, 3). Skład chemiczny liści i owoców ulegał dużym zmianom w okresie wegetacji, tak w kontroli, jak i w obiekcie z opryskiwaniem octanem cynku. Współczynniki zmienności dla większości pierwiastków wskazują, że zmienność ta była większa w przypadku liści niż owoców. Zawartość cynku w liściach zwiększyła się kilkukrotnie, po czym pod koniec wegetacji zmniejszyła się do poziomu z początku wegetacji. W obiekcie z opryskiwaniem octanem cynku zawartość cynku w liściach była zazwyczaj większa niż w kontroli, ale w owocach zawartość cynku była podobna w obu obiektach.

W przypadku analizowanego pierwiastka wykazano, że jego zawartość w liściach kształtowała się od 12,07 do 52,67 mg Zn/kg, a w owocach od 5,84 do 16,65 mg Zn/kg. Za optymalny zakres zawartości cynku w liściach truskawki według Trejo-Téllez i Gómez-Merino (2014) przyjmuje się wartości od 30 do 50 mg Zn/kg.

Zmienność wprowadzonej dawki cynku z pożywką w trakcie fertygacji (rys. 3) wynikała przede wszystkim z warunków termicznych (rys. 1). Warunki termiczne musiały transpirację i liczbę zabiegów nawadniających. Przy stałej koncentracji pierwiastka jego dawka w okresie 31–35 tygodnia roku była największa. W odniesieniu do zawartości tego pierwiastka w liściach stwierdzono największą zawartość cynku kilka tygodni później. Jego największą zawartość w tej części rośliny oznaczono w 37. tygodniu roku (tab. 2).

Z przebadanych przez López-Herrera i wsp. (2018) koncentracji cynku w pożywce wszystkie do 2,6 g/dm³ poprawiły parametry truskawki odmiany Albion. Jednak przy dawkach Zn pomiędzy 0,490 a 0,981 g/dm³ w pożywce otrzymano najlepszą skumulowaną biomasa, plon i jakość

Tabela 2. Skład chemiczny liści truskawki w okresie wegetacji
Table 2. Chemical composition of strawberry leaves during the growing season

Oznaczenie Assessment	Jednostka Unit	17.07/ 29 tydz. – week		24.08/ 34 tydz. – week		14.09/ 37 tydz. – week		15.10/ 42 tydz. – week		05.11/ 45 tydz. – week		V%	
		kont.*	+Zn**	kont.	+Zn	kont.	+Zn	kont.	+Zn	kont.	+Zn	kont.	+Zn
sm	[g/kg]	287	279	290	272	298	309	196	152	267	278	16	24
ash	[g/kg]	89,7	98,0	85,2	90,5	92,6	91,1	62,4	78,3	88,9	99,5	15	9
N	[g/kg]	35,9	39,5	30,6	31,3	28,7	35,7	22,6	26,8	26,4	29,5	17	22
S	[g/kg]	2,19	2,12	1,50	1,66	1,63	2,35	0,97	1,08	1,30	0,44	30	51
B	[mg/kg]	30,8	40,5	38,9	41,0	84,7	93,2	23,5	23,6	23,5	27,5	64	62
Ca	[g/kg]	7,95	13,5	11,0	12,2	29,6	29,9	6,98	8,67	6,75	8,35	78	61
Cu	[mg/kg]	2,15	2,55	4,79	4,67	6,40	8,03	1,99	3,00	1,84	1,66	60	63
Fe	[mg/kg]	89,3	83,1	175,6	154,7	292,4	269,1	95,8	128,6	138,8	93,5	52	51
K	[g/kg]	9,01	18,01	23,47	25,84	33,18	48,59	12,39	12,05	9,95	9,86	59	68
Mg	[g/kg]	2,90	4,03	3,85	4,10	9,51	8,56	2,32	1,99	1,94	2,12	76	64
Mn	[mg/kg]	178,7	182,9	257,7	291,2	473,6	435,8	142,2	128,3	142,8	111,3	58	59
Mo	[mg/kg]	0,403	0,349	0,336	0,224	0,809	0,589	0,255	0,155	0,207	0,135	60	64
Na	[g/kg]	0,026	0,041	0,086	0,088	0,110	0,154	0,049	0,086	0,093	0,164	47	48
P	[g/kg]	2,11	3,09	5,63	5,78	5,83	7,79	1,89	1,88	1,39	1,71	64	65
Zn	[mg/kg]	15,12	19,43	37,09	47,60	45,64	52,67	14,11	13,99	12,07	12,56	62	66

* kont. – obiekt kontrolny – control object

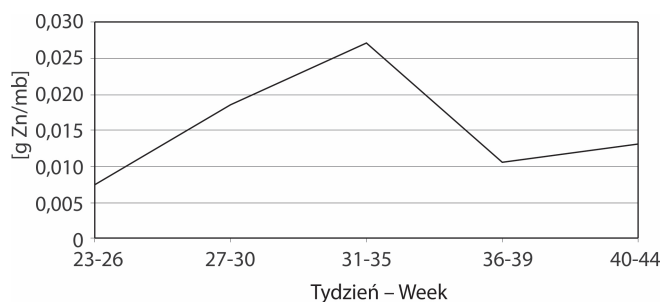
** +Zn – obiekt z opryskiwaniem octanem cynku – object with zinc acetate application

Tabela 3. Skład chemiczny owoców truskawki w okresie wegetacji
Table 3. Chemical composition of strawberry fruits during the growing season

Oznaczenie Assessment	Jednostka Unit	24.08/ 34 tydz. – week		14.09/ 37 tydz. – week		15.10/ 42 tydz. – week		05.11/ 45 tydz. – week		V%	
		kont.*	+Zn**	kont.	+Zn	kont.	+Zn	kont.	+Zn	kont.	+Zn
sm	[g/kg]	75,3	78,67	98,84	95,59	95,72	79,12	103,02	97,05	13	12
ash	[g/kg]	113,3	104,3	53,0	65,9	32,6	37,5	48,8	49,6	57	45
N	[g/kg]	10,54	10,65	10,75	10,82	10,56	11,28	12,47	13,61	8	12
S	[g/kg]	0,68	0,71	0,74	0,78	0,31	0,26	0,68	0,68	33	39
B	[mg/kg]	12,58	13,51	7,72	7,08	5,52	5,09	5,09	5,28	44	51
Ca	[g/kg]	2,03	2,14	1,15	1,56	0,85	1,00	0,74	0,74	49	46
Cu	[mg/kg]	2,551	2,844	1,650	0,989	0,982	0,839	0,617	0,489	59	82
Fe	[mg/kg]	31,44	29,89	25,66	43,22	79,54	29,67	14,00	37,51	77	19
K	[g/kg]	19,76	21,65	13,64	13,86	11,44	12,93	10,36	11,17	30	31
Mg	[g/kg]	1,64	1,71	1,19	1,25	0,98	1,02	0,86	0,85	29	31
Mn	[mg/kg]	53,16	52,60	38,94	34,34	28,07	32,12	21,89	20,26	39	38
Mo	[mg/kg]	0,313	0,328	0,197	0,106	0,127	0,144	0,101	0,078	51	69
Na	[g/kg]	0,134	0,163	0,120	0,149	0,159	0,198	0,158	0,216	13	17
P	[g/kg]	2,90	2,91	1,86	2,03	1,60	1,78	1,44	1,77	34	25
Zn	[mg/kg]	12,06	13,17	10,10	9,79	13,65	9,55	6,19	5,84	33	31

* kont. – obiekt kontrolny – control object

** +Zn – obiekt z opryskiwaniem octanem cynku – object with zinc acetate application



Rys. 3. Dawka cynku wprowadzona z pożywką w poszczególnych miesiącach (od 23 do 44 tygodnia roku)

Fig. 3. The dose of zinc introduced with the nutrient in individual months (from 23 to 44 weeks of the year)

owoców, dlatego proponuje się wykorzystanie tego zakresu stężeń do pokrycia zapotrzebowania na Zn w sadzonkach truskawek, a tym samym poprawi to efektywność zabiegu.

W omawianym eksperymencie od 26.07.2018 r. do 9.10.2018 r. wykonano 15 oznaczeń koncentracji Zn w pożywce, a średnie stężenie wynosiło 0,484 g dm³ (SD = 0,242 g/dm³).

Oprócz nawożenia, na zawartość cynku w roślinach mógł mieć wpływ poziom mineralizacji i przemian w podłożu kokosowym. Czynniki wpływających na przemiany, dostępność i interakcje cynku z innymi pierwiastkami jest wiele. Między różnymi formami pierwiastków może dochodzić do relacji buforujących i ograniczających zdolności pobierania tego pierwiastka przez rośliny. Trejo-Téllez i Gómez-Merino (2014) stwierdzili, że na zawartość Zn w liściach truskawek pozytywnie wpłynęła dawka zastosowanego P, ale nie dawka stosowanego Zn. Z drugiej strony Ouellette i wsp. (2017) stwierdzili, że truskawka ma odpowiednie mechanizmy uwarunkowane genetycznie do absorpcji innego pierwiastka, tj. krzemu z fertygacji substratu torfowego. Pozwoliło to na zmniejszenie podatności roślin na porażenie *Podosphaera aphanis* i zwiększyło plon handlowy owoców. Zwiększenie zawartości krzemu w roślinach wymaga łatwo dostępnych form tego pierwiastka w podłożu. Mikiciuk i Mikiciuk (2010) donoszą jednak o efekcie zmniejszenia zawartości cynku w liściach truskawki w wyniku zastosowania hydrożelu.

Wcześniejsze badania (Pokhrel i wsp. 2015) wykazały również, że stężenia składników pokarmowych stosowanych nawozów nie są jedynym wyznacznikiem poboru makro- i mikroelementów przez część nadziemną i owoce truskawki, ponieważ właściwości gleby, takie jak pH, EC i aktywność drobnoustrojów, w dużym stopniu

determinują pobieranie składników pokarmowych. Wartości wymienionych właściwości w trakcie wegetacji ulegają bardzo dynamicznym zmianom, w tym warunkowanym rozwojem roślin i stosowanymi zabiegami. Na interakcje pierwiastków, w tym Fe, Ca, Mg i Zn w warunkach stresu pokarmowego (niedoboru żelaza) zwracają uwagę w swoich badaniach także Kaya i Ashraf (2018). W warunkach uprawy glebowej truskawki, Araujo i wsp. (2016) donoszą o trudnościach zmian jakości, właściwości funkcjonalnych i chemicznych owoców truskawek w wyniku nawożenia nalistnego. W badaniach tych autorów, aplikacja mikroelementów w nawożeniu nalistnym nie wpływała na zmienność plonów i jakość roślin. Z kolei ostatnie doniesienia Ahmadi i wsp. (2018) wskazują na pozytywne działanie nawożenia nalistnego w formie siarczanu cynku. Zwiększanie zawartości pierwiastków w biomacie jest uwarunkowane krzywą produkcji, która przy większych zawartościach pierwiastka ulega zahamowaniu lub wykazuje tendencję malejącą (Schwarz i wsp. 2018). Dobór dawki składnika, w tym cynku, jest podyktowany reakcją roślin, interakcjami pomiędzy pierwiastkami, ale również zawartością składników w wodzie używanej do fertygacji.

Wyniki te pośrednio potwierdzają, że standardowe nawożenie kropelkowe ma największy wpływ na zmiany składu chemicznego roślin. Może to zmniejszyć stosowanie nakładów i zwiększyć opłacalność produkcji. W systemach fertygacji truskawki ważniejsze jest zbilansowanie pożywki, niż stosowanie biostymulatorów w aplikacji nalistnej w celu zwiększenia zawartości pierwiastka w biomacie roślin.

Wnioski / Conclusions

Stosowanie przed kwitnieniem w uprawie truskawki powtarzającej owocowanie opryskiwania amonowym octanem cynku, mimo zwiększania masy korzeni mierzonych w końcowym okresie wegetacji i na ogół tendencji do większej zawartości pierwiastków w liściach, nie różnicuje sumarycznego plonu owoców.

Badania finansowane w ramach projektu nr RPMP.01.02.01-12-0430/16 pt. Opracowanie optymalnego, innowacyjnego modelu uprawy truskawki powtarzającej owocowanie, uprawianej w nowoczesnych systemach rynnowych pod daszkami, na bazie podłoża bezglebowego.

Badania finansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Literatura / References

- Ahmadi E., Honnabyraiah M.K., Alur A.S., Adiga J.D., Rao V. 2018. Influence of integrated nutrient management on vegetative growth and reproductive parameters of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) C. V. "Sabrina" under polyhouse. *International Journal of Pure & Applied Bioscience* 6 (2): 272–276. DOI: 10.18782/2320-7051.5364.
- Araujo V.F., Vignolo G.K., Perin E.C., de Brum Piana C.F., Silveira C.A.P., Medeiros C.A.B. 2016. Foliar fertilization with gradual release of shale-based nutrients in strawberry and its effect on yield and compounds with functional potential. *Científica* 44 (3): 338–345. DOI: 10.15361/1984-5529.2016v44n3p338-345.
- Bielaszka A., Grochowska-Niedworok E., Kiciak A., Szczepańska E., Kardas M., Całyniuk B., Zima-Dańczyk A. 2014. Preferencje żywieniowe dzieci w wieku 7–10 lat. [Nutrition preferences of children ages 7–10]. *Annales Academiae Medicae Silesiensis* 68 (4): 187–191.
- Filipczyk J., Żurawicz E., Sas Paszt L. 2016. Wpływ wybranych biostymulatorów na wzrost i plonowanie roślin truskawki 'Elkat'. [Influence of selected biostimulants on the growth and yielding of 'Elkat' strawberry plants]. *Zeszyty Naukowe Instytutu Ogrodnictwa* 24: 43–58.
- Jurgiel-Malecka G., Gibczyńska M., Siwek H., Buchwał A. 2017. Comparison of fruits chemical composition of selected cultivars wild strawberry (*Fragaria vesca* L.). *European Journal of Horticultural Science* 82 (4): 204–210. DOI: 10.17660/eJHS.2017/82.4.6.
- Kaya C., Ashraf M. 2018. The mechanism of hydrogen sulfide mitigation of iron deficiency-induced chlorosis in strawberry (*Fragaria × ananassa*) plants. *Protoplasma* 256 (2): 371–382. DOI: 10.1007/s00709-018-1298-x.
- Koszański Z., Rumaszk-Rudnicka E., Podsiadło C. 2006. Wpływ nawadniania kroplowego i nawożenia mineralnego na jakość owoców truskawki. [Influence of drip irrigation and mineral fertilization on the quality of strawberry fruit]. *Journal of Elementology* 11 (1): 21–27.
- Laugale V., Dane S., Lepse L., Strautina S., Kalnina I. 2016. Influence of low tunnels on strawberry production time and yield. *Acta Horticulturae* 1156: 573–578. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1156.85.
- Lepaja K., Lepaja L., Kullaj E., Krasniqi N., Shehaj M. 2015. Effect of partial rootzone drying (PRD) on fruit quality and nutrient contents of 'Albion' strawberry. *Proceedings. 50th Croatian and 10th International Symposium on Agriculture, Opatija, Croatia*: 600–604.
- López-Herrera A., Castillo-González A.M., Trejo-Téllez L.I., Avitia-García E., Valdez-Aguilar L.A. 2018. Respuesta de fresa cv. Albión a dosis crecientes de zinc. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9 (8): 1591–1601. DOI: 10.29312/remexca.v9i8.1716.
- Mikić G., Mikić M. 2010. Effect of polymer supersorbent added to medium on the content of mineral elements in strawberry leaves and fruit. [Wpływ supersorbentu polimerowego dodawanego do podłoża na zawartość mikroelementów w liściach i owocach truskawki]. *Journal of Elementology* 15 (2): 313–319.
- Ouellette S., Goyette M.-H., Labbé C., Laur J., Gaudreau L., Gosselin A., Dorais M., Deshmukh R.K., Bélanger R.R. 2017. Silicon transporters and effects of silicon amendments in strawberry under high tunnel and field conditions. *Frontiers in Plant Science* 8: 949. DOI: 10.3389/fpls.2017.00949.
- Pokhrel B., Laursen K.H., Petersen K.K. 2015. Yield, quality, and nutrient concentrations of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch. cv. 'Sonata') grown with different organic fertilizer strategies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63 (23): 5578–5586. DOI: 10.1021/acs.jafc.5b01366.
- Rochalska M., Orzeszko-Rywka A., Czaplak K. 2011. The content of nutritive substances in strawberries according to cropping system. [Zawartość substancji odżywczych w truskawkach w zależności od systemu uprawy]. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 56 (4): 84–86.
- Singh M., Jamwal M., Sharma N., Kumar R., Wali V.K. 2015. Response of iron and zinc on vegetative and reproductive growth of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) cv. Chandler. *Bangladesh Journal of Botany* 44 (2): 337–340. DOI: 10.3329/bjb.v44i2.38527.
- Skoczylas Ł., Liszka-Skoczylas M., Żmudziński D., Rudnik D. 2014. Biofortyfikacja roślin uprawnych jako metoda walki z deficytem składników mineralnych w diecie człowieka. Składniki bioaktywne surowców i produktów roślinnych. *Materiały XIII Konferencji Naukowej z cyklu Żywność XXI wieku „Żywność a składniki bioaktywne”*. Oddział Małopolski Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności, Kraków, 24–25.09.2018.
- Schwarz K., Vilela-Resende J.T., Pierozan-Junior C., Tauffer-de Paula J., Baier J.E., de Souza-Silva M.L., Brendler-Oliveira F. 2018. Yield and nutrition of greenhouse-grown strawberries (*Fragaria × ananassa* (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier. cv. Camarosa) as affected by potassium fertilization. *Acta Agronómica* 67 (1): 114–119. DOI: 10.15446/acag.v67n1.59553.
- Świstowska A., Kozak D. 2004. Wpływ auksyn na ukorzenianie mikrosadzonek i adaptacje roślin *Columnea hirta* Klotzsch et Hanst. Cz. I. W kulturze in vitro. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus* 3 (2): 239–248.
- Trejo-Téllez L.I., Gómez-Merino F.C. 2014. Nutrient management in strawberry: Effects on yield, quality and plant health. Chapter 11. s. 239–267. W: *Strawberries: Cultivation, antioxidant properties and health benefits* (N. Malone, red.), 1st edition. Nova Science Publishers, Inc. ISBN 978-1-63321-524-5.
- Verma S., Bairwa R.K., Dimri T., Rana D.K., Dotaniya C.K. 2018. Influence of different concentrations of zinc, boron and iron on yield characters of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) cv. Chandler under valley condition of Garhwal Himalaya. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7 (2): 3881–3884.
- Zdrojewicz Z., Bieszczad N., Gąsior P., Rogoza A. 2017. Jedz truskawki – będziesz zdrowszy. [Eating strawberries – you will be healthier]. *Medycyna Rodzinna* 1: 48–52.