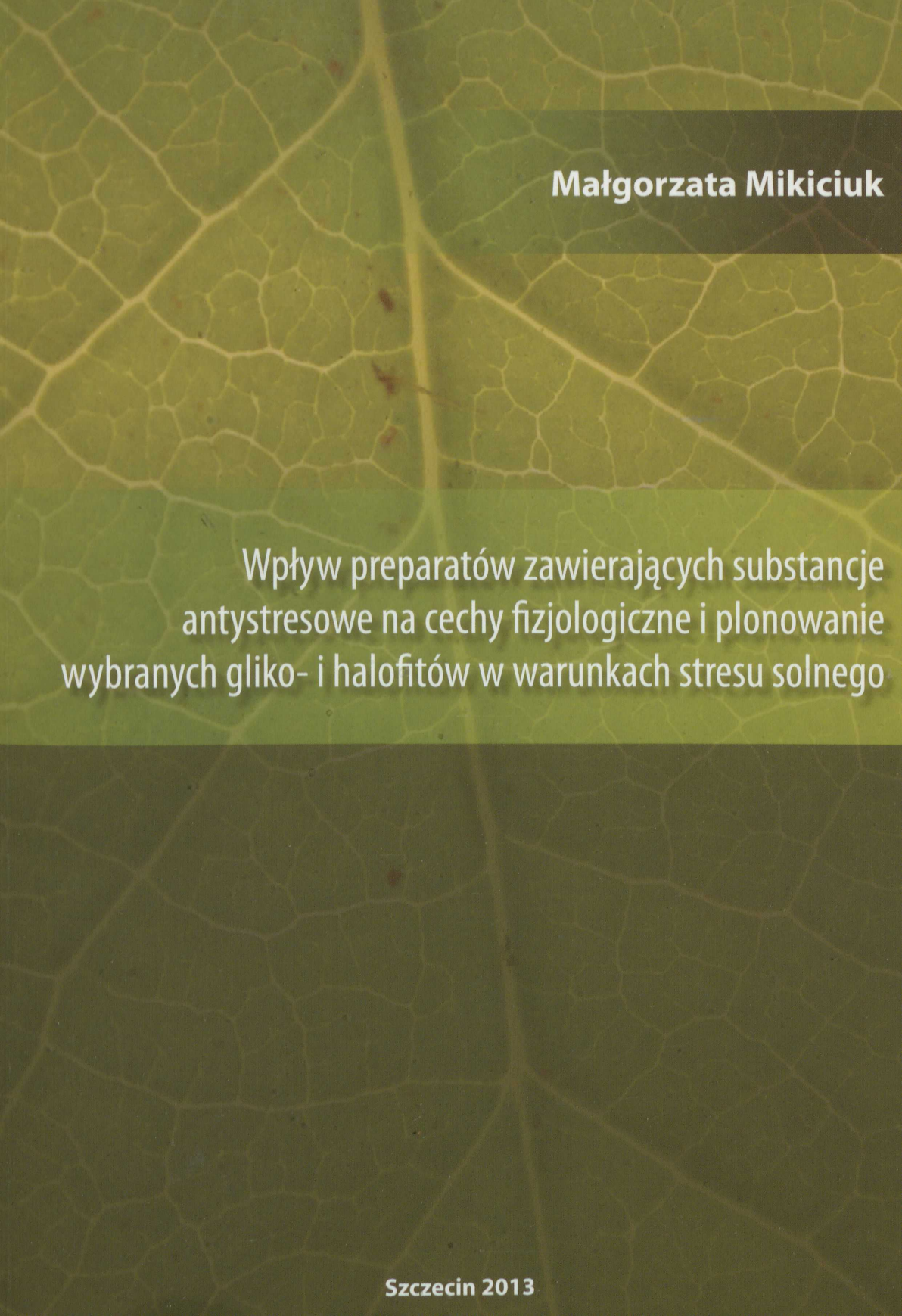




Małgorzata Mikiciuk

Wpływ preparatów zawierających substancje
antystresowe na cechy fizjologiczne i plonowanie
wybranych gliko- i halofitów w warunkach stresu solnego

Szczecin 2013

141256

W

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Małgorzata Mikiciuk

**Wpływ preparatów zawierających substancje antystresowe
na cechy fizjologiczne i plonowanie wybranych gliko- i halofitów
w warunkach stresu solnego**

Szczecin 2013

Recenzenci

BARBARA POLITYCKA

STANISŁAW WOCIÓR



12.141256

Opracowanie redakcyjne

Krystyna Kaźmierowska

WYDANO ZA ZGODĄ

REKTORA ZACHODNIOPOMORSKIEGO UNIwersYTETU TECHNOLOGICZNEGO W SZCZECINIE

ISBN 978-83-7663-154-7

WYDAWNICTWO UCZELNIANE ZACHODNIOPOMORSKIEGO UNIwersYTETU TECHNOLOGICZNEGO W SZCZECINIE

70-311 Szczecin, al. Piastów 50, tel. 91 449 47 60, e-mail: wydawnictwo@zut.edu.pl

Druk: PPH „Zapół” Dmochowski, Sobczyk, Sp.j., 71-062 Szczecin, al. Piastów 42, tel. 91 434 10 21

e-mail: zarzad@zapol.com.pl

12.141256

Spis treści

Wstęp i cel pracy.....	5
1. Przegląd literatury.....	7
2. Materiał, warunki i metody badań.....	19
2.1. Charakterystyka materiału roślinnego.....	19
2.2. Doświadczenie wegetacyjne.....	20
2.3. Charakterystyka preparatów.....	22
2.4. Metody badań fizjologicznych, pomiarów biometrycznych oraz analiz laboratoryj- nych.....	23
2.5. Metody statystyczne.....	25
2.6. Warunki meteorologiczne.....	25
3. Wyniki.....	29
3.1. Parametry wymiany gazowej w liściach.....	29
3.1.1. Natężenie asymilacji CO ₂ , intensywność transpiracji oraz efektywność wykorzy- stania wody w fotosyntezie.....	29
3.1.2. Przewodność szparkowa dla pary wodnej.....	40
3.1.3. Stężenie CO ₂ w przestworach międzykomórkowych liści.....	44
3.2. Zawartość barwników asymilacyjnych w liściach.....	48
3.2.1. Zawartość chlorofilu „a”.....	48
3.2.2. Zawartość chlorofilu „b”.....	51
3.2.3. Stosunek zawartości chlorofilu „a” do zawartości chlorofilu „b”.....	53
3.2.4. Zawartość chlorofilu całkowitego.....	56
3.2.5. Zawartość karotenoidów.....	59
3.3. Względna zawartość wody w liściach.....	61
3.4. Plon.....	64
3.4.1. Plon świeżej masy części nadziemnej.....	64
3.4.2. Plon owoców truskawki.....	67
3.4.3. Masa pojedynczego owocu truskawki.....	69
3.5. Zawartość kwasu askorbinowego w owocach truskawki.....	71
3.6. Zawartość ekstraktu w owocach truskawki.....	71
3.7. Zawartość kwasów organicznych w owocach truskawki.....	72
3.8. Stosunek zawartości ekstraktu do zawartości kwasów organicznych w owocach truskawki – wskaźnik TSS/TA.....	73
3.9. Zawartość suchej masy w części nadziemnej.....	75
3.10. Liczba liści lub źdźbeł.....	79
3.11. Współczynnik tolerancji na zasolenie.....	80
4. Dyskusja.....	83
5. Wnioski.....	103
Piśmiennictwo.....	105
Summary.....	121
Zusammenfassung.....	123

Wstęp i cel pracy

Nadmierne stężenie soli w środowisku, zwane też zasoleniem, które obejmuje obecnie ponad 6% całkowitej powierzchni lądów, jest jedną z głównych przyczyn degradacji gleb (FAO 2008). Powierzchnia gruntów stale lub okresowo zasolonych, rokrocznie się zwiększa. Z problemem zbyt wysokiego stężenia soli mamy do czynienia przede wszystkim na obszarach suchych i półsuchych oraz nawadnianych wodą morską. W strefie umiarkowanej jest ono konsekwencją nadmiernego i niezbilansowanego nawożenia mineralnego na obszarach intensywnie użytkowanych rolniczo, w uprawach pod osłonami, a także na terenach zurbanizowanych na skutek stosowania soli do odładzania ulic (Wrochna i in 2006). Reakcja roślin na podwyższone stężenie soli jest więc jednym z najważniejszych tematów badawczych wielu dziedzin nauki, w tym między innymi fizjologii roślin (Turhan i Eris 2007).

Liczne badania dowodzą, że w warunkach stresów abiotycznych zakłóceniu ulegają procesy fizjologiczne i biochemiczne, co ogranicza wzrost i plonowanie roślin. Głównym wyzwaniem w produkcji roślinnej jest obecnie przeciwdziałanie stresom abiotycznym lub też łagodzenie ich skutków. W ostatnich latach, wraz z rozwojem nowoczesnych technologii uprawy, wzrasta zainteresowanie różnego rodzaju związkami chemicznymi, które mogą pełnić w roślinie funkcje antystresowe. Mogą być one składnikami preparatów zaliczanych do grupy biostymulatorów lub bionawozów zawierających w swym składzie, oprócz składników mineralnych, inne związki aktywne fizjologicznie. Pomimo tego, że badania nad stosowaniem substancji wzrostowych prowadzone są na świecie i w Polsce od kilkudziesięciu lat, nieznany jest w pełni wpływ biopreparatów na przebieg procesów fizjologicznych roślin (Sas Paszt i in. 2010).

Uwzględniając powyższe zagadnienia, podjęto badania nad wpływem egzogennej aplikacji u roślin czterech różnych preparatów, których skład i charakterystyka pozwalały przypuszczać, iż wykazywać one mogą działanie antystresowe na rośliny rosnące w podłożu o zróżnicowanym stężeniu chlorku sodu. Badaniami objęto dwie odmiany gatunku zaliczanego do glikofitów – truskawki, oraz dwa gatunki halofilów – miskanta olbrzymiego oraz spartinę preriową. Truskawka należy do roślin typu C3, uznawana jest za gatunek wrażliwy na zasolenie, choć w tym względzie istnieją, zdaniem wielu autorów, pewne różnice odmianowe (Blaylock 1994, Yilmaz i Kina 2008). Miskant i spartina to rośliny typu C4, wyróżniające się bardzo dużą odpornością na wysokie stężenia soli w środowisku. Podjęte badania miały na celu uzyskanie odpowiedzi na pytania:

1. Czy, i jeśli tak, to który z aplikowanych preparatów przeciwdziałał lub łagodził skutki stresu solnego o różnym natężeniu?
2. Czy efekty działania stosowanych preparatów zależały od uwarunkowanej genetycznie, naturalnej odporności roślin na zasolenie?

Poddano także ocenie przydatność stosowanych, fizjologicznych metod badawczych do określania stanów stresowych u roślin oraz odporności badanych gatunków na zasolenie. Realizacja celu badań przebiegała na podstawie określenia wartości wybranych cech biometrycznych i fizjologicznych oraz wielkości plonu i niektórych jego parametrów jakościowych.

1. Przegląd literatury

Rozwój cywilizacji naraża wszystkie organizmy żywe na działanie wielu niekorzystnych czynników środowiskowych (stresowych), powodujących zaburzenia w funkcjonowaniu rośliny i jej struktur. Pod pojęciem stresu rozumie się czynnik lub czynniki oddziałujące zarówno na organizm, jak i na stan organizmu (Ashraf i Harris 2005). Według Lichtenthalera (1996), najbardziej wrażliwe na działanie tych czynników są rośliny, które znajdują się na początku łańcucha pokarmowego. Reagują one szczególnie negatywnie na abiotyczne czynniki stresowe, do których zaliczane są między innymi: temperatura (wysoka i niska), promieniowanie UV, woda (niedobór, nadmiar), duże stężenie soli, składniki mineralne (niedobór, nadmiar, zachwianie równowagi), gazy (niedobór tlenu, toksyczne gazy pochodzenia antropogenicznego, gazy wulkaniczne), zanieczyszczenia środowiska (m.in. metale ciężkie), czynniki mechaniczne (śnieg, wiatr, powłoka lodowa) – Pareek i in. (2010). Szacuje się, że w wyniku działania czynnika stresu abiotycznego plon roślin uprawnych może być nawet kilkanaście razy mniejszy od plonu uzyskanego z roślin poddanych działaniu, również niekorzystnych dla rozwoju rośliny stresów biotycznych (zachwaszczenie, czynniki chorobotwórcze itd.) – Kaydan i in. 2007; Matysiak i Adamczewski 2009.

Podwyższone zasolenie gleby, wynikające zarówno z działalności antropogenicznej, jak i z przyczyn naturalnych, jest obecnie jednym z ważniejszych abiotycznych czynników stresowych ograniczających wzrost i plonowanie wielu gatunków roślin na całym świecie (Mer i in. 2000; Munns 2002; Tester i Davenport 2003; Eker i in. 2006; Ashraf i Foolad 2007). Ocenia się, że około 6% powierzchni naszego globu, tj. 800 milionów hektarów, w tym 100 milionów hektarów gruntów uprawnych, stanowią gleby nadmiernie zasolone (Heuer 2003; Kant i in. 2008; Saeedipour 2011). Oddziaływaniu tego czynnika abiotycznego podlega również aż 45 milionów hektarów, czyli 20% powierzchni obszarów nawadnianych (FAO 2008). Nadmierne zasolenie gruntów prowadzić może w przyszłości do dewastacji środowiska, czego efektem może być zmniejszenie o około 30% powierzchni gleb uprawnych w ciągu najbliższych 25 lat, a nawet o 50% w 2050 roku (Pareek i in. 2010).

W strefie klimatu umiarkowanego większość obszarów o podwyższonym zasoleniu gleb związana jest z czynnikami antropogenicznymi i powstaje tam, gdzie utwory glebowe mają kontakt z solą lub wodami zasolonymi (Siddikee i in. 2011). Toksycznymi źródłami zasolenia gleb są odcieki ze składowisk i hałd odpadów przemysłu sodowego czy odpadów hutniczych i paleniskowych, emisje zanieczyszczeń z zakładów chemicznych produkujących nawozy potasowe, warzelni soli, elektrowni opalanych zasolonym węglem brunatnym, nawadnianie ściekami przemysłowymi i odprowadzanie słonych wód dołowych z kopalń, stosowanie soli mineralnych w celu zimowego utrzymania przejeźdźności dróg, nadmierne nawożenie mineralne i stosowanie środków ochrony roślin, a także nawadnianie upraw wodą czerpaną z naturalnych, zasolonych zbiorników wodnych (Jakubiak i Śliwka 2008; Kłosowska 2010).

Stres solny u roślin spowodowany jest nadmiernym nagromadzeniem w roztworze glebowym łatwo rozpuszczalnych soli nieorganicznych. Roztwór ten zawiera wówczas zbyt wiele, w stosunku do potrzeb rośliny, kationów takich jak: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ oraz anionów: NO_3^- , SO_3^{2-} , Cl^- , $(\text{COO})_2^-$ (Siddikee i in. 2011). Większość gatunków roślin użytkowych jest wrażliwa nawet na stosunkowo małe zasolenie. Zdaniem Kalaji i Rutkowskiej (2004), z problemem

nadmiernego zasolenia mamy do czynienia, gdy stężenie soli w glebie przekracza wartość $10 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$. Według USDA-ARS (2008) oraz Munns i Testera (2008) za gleby zasolone należy uznać te, w których stężenie NaCl wynosi powyżej $40 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$, co odpowiada potencjałowi wody o wartości 0,2 MPa.

Wpływ zasolenia na rośliny może być różny, zależnie od gatunku uprawianej rośliny, rodzaju i stężenia soli, czasu trwania stresu, stanu środowiska i innych czynników towarzyszących (Kalaji i Pietkiewicz 1993). Wśród roślin, w zależności od stopnia wrażliwości na zasolenie środowiska, można wyodrębnić dwie podstawowe grupy. Pierwszą z nich są glikofity – gatunki stosunkowo mało odporne na podwyższone zasolenie, drugą – halofity, które charakteryzują się dużą tolerancją na ten czynnik stresogenny (Lee i in. 2005; Parvaiz i Satyavati 2008). Glikofity wykazują zaburzenia w przebiegu procesów życiowych, głównie wzrostu, już przy obniżeniu potencjału wody o około 1000 hPa. Halofity znoszą zasolenie podłoża dochodzące do 20% NaCl (Dajic 2006). Występują przede wszystkim w krajach o suchym klimacie, na obszarach półpustynnych i pustynnych. W innych uwarunkowaniach klimatycznych można je spotkać na solniskach nadmorskich i śródlądowych (Sardo 2005).

Według Ali i in (2009), reakcja roślin na podwyższone stężenie soli jest złożonym, nie do końca jeszcze poznanym, mechanizmem. Zasolenie wywołuje w roślinach zmiany morfologiczne, anatomiczne, fizjologiczne i metaboliczne (Hilal i in 1998), a te ograniczają ich wzrost i plonowanie (Ashraf i Harris 2004). Komponentami stresu solnego pojawiającymi się kolejno są: stres wodny, osmotyczny i toksyczność jonów (Grattan i Grieve 1999; Munns 2005; Tahir i in. 2006). U większości roślin rosnących w zasolonym środowisku występuje zahamowanie wzrostu, zmniejszenie rozmiarów oraz liczby liści i korzeni, przy czym ograniczenia wzrostu organów nadziemnych są większe niż korzeni (Wrochna i in 2007). Hamowanie wzrostu jest spowodowane zarówno obniżoną intensywnością podziałów komórkowych, syntezy białek, kwasów nukleinowych i innych związków, jak i zahamowaniem procesu fotosyntezy (Starck 1980; Fricke i in. 2006). Zewnętrznym objawem nadmiernego zasolenia jest zmieniona barwa, głównie liści. Początkowo przyjmują one barwę niebieskawozieloną, następnie brunatną, a w efekcie końcowym zasychają. Liście ustawione są pod kątem ostrym w stosunku do łodygi, charakteryzują się kruchością i łatwo odpadają. Rośliny posiadają strzelisty pokrój, skrócone międzywęzła i słabo rozwinięty system korzeniowy. W przypadku, gdy zawartość sodu i chloru (w % suchej masy liści) wynosi odpowiednio: 0,25 oraz 0,5 występuje brązowienie oraz obumieranie wierzchołków wzrostu, a następnie brzegów blaszek liściowych. Nieuszkodzony (odcięty od obumarłej tkanki) pozostaje środek blaszki. Czas, w jakim zaobserwować można uszkodzenia, zależy od tempa akumulacji jonów, głównie Na^+ i Cl^- i efektywności sekwestracji w komórkach i tkankach (Munns 2002).

Według Cavusoglu i in. (2008), w warunkach stresu solnego występują zmiany w strukturze komórkowej – mniejsze komórki skórki i wiązki przewodzące, mniejsza ilość wosku kutykularnego, cieńsze ścianki kambium. Obserwuje się także ograniczenie liczby aparatów szparkowych przypadających na jednostkę powierzchni. Liczne gatunki dwuliściennych halofilów oraz wiele glikofitów w warunkach nadmiernego zasolenia wykazuje cechy sukulencji. Dochodzi także do zaburzeń równowagi hormonalnej, następuje wzrost aktywności kwasu abscysynowego oraz spadek aktywności auksyn i cytokinin (Cavusoglu i in. 2008;

Munns i Tester 2008). Syntetyzowany w komórkach korzenia ABA w warunkach stresu uwalniany jest do ksylemu i transportowany do liści (Jiang i Hartung 2008). Udowodniono także, że podwyższony w warunkach stresu poziom tego fitohormonu powoduje aktywację genów, które biorą udział między innymi w gromadzeniu tzw. metabolitów stresowych oraz regulacji transkrypcji (Bartels i Sunkar 2005).

Nadmiar jonów, zwłaszcza Na^+ oraz Cl^- , zakłóca gospodarkę jonową komórek roślinnych oraz może wywoływać stres oksydacyjny (Borsani i in 2001; Zhu 2001). W przypadku Cl^- stwierdzono udział floemu w redystrybucji jonów pomiędzy tkankami i duże różnice w zawartości tego pierwiastka w różnych częściach roślin (White i Broadley 2001). U glikofitów większą zawartość chloru stwierdza się w częściach nadziemnych, zwłaszcza w starych liściach (Estan i in. 2005). Przemieszczanie się jonów Na^+ w ogromnej większości jest jednokierunkowe i prowadzi do postępującej, wraz z wiekiem, ich akumulacji w liściach (Tester i Davenport 2003; Munns i Tester 2008). Jeśli ilość Na^+ i Cl^- jest tak duża, że komórki nie nadążają z ich kompartmentacją, rośnie zawartość jonów w cytoplazmie, co prowadzi do niekorzystnych zmian metabolicznych oraz inaktywacji wielu enzymów (Bhatt i in 2008). Dionisio-Sese i Tobita (1998) u ryżu, Yasar i in (2006) u fasoli, Zheng i in (2010) u pszenicy ozimej i Da Silva i in. (2008) u *Spondias tuberosa* (śliwca umbu) stwierdzili w warunkach stresu solnego zwiększenie przepuszczalności błon komórkowych, jako rezultat nadmiernego gromadzenia jonów Na^+ , zmniejszenie kumulacji jonów K^+ i zwiększenie stosunku Na^+/K^+ . Wynikiem kumulacji w komórkach roślinnych dużej ilości niektórych jonów są również zmiany stopnia uwodnienia białek (Doganlar i in. 2010). Wpływ podwyższonego stężenia soli na zawartość białek rozpuszczalnych w roślinach nie jest jednoznaczny. Według Yu i Rengel (1999), którzy przeprowadzili badania nad łubinem wąskolistnym, ich ilość w warunkach stresu solnego nie ulega zmianie. Zdaniem Alamgir i Ali (1999), Gadallah (1999), Wang i Nil (2000) oraz Al-aghaby i in (2004), podwyższone zasolenie powoduje zmniejszenie zawartości białek rozpuszczalnych w ryżu (*Oryza sativa* L.), bobu (*Vicia faba* L.), szarlatu (*Amaranthus tricolor* L.) oraz pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.). El-Baz i in. (2003) wykazali natomiast wzrost ich zawartości w roślinach pod wpływem stresu solnego, w przypadku takich gatunków jak *Arabidopsis thaliana* i truskawka (*Fragaria x ananassa* Duch.).

Zdaniem wielu autorów, nadmierne zasolenie jest czynnikiem ograniczającym fotosyntezę. Spadek natężenia tego procesu w warunkach stresu solnego może być wywołany zmniejszeniem przewodności szparkowej i zamknięciem aparatów szparkowych (Kalaji i Rutkowska 2004), obniżeniem stężenia niektórych białek i zmianami w ich uwodnieniu (Sibole i in. 1998, Yu i Rengel 1999), spadkiem aktywności karboksylazy RuBP, zaburzeniami w transporcie elektronowym (Starck i in. 1995; Murkowski 2002), zakłóceniem równowagi jonowej (Garcia-Sanchez i Carvajal 2002) lub też mniejszą zawartością barwników asymilacyjnych (Sultana i in. 1999; Jaleel i in. 2008). Zasolenie może uszkadzać system barwników PSII (Stępień i Kłobus 2006; Wrochna i in. 2007), ale istnieją również dane wskazujące na jego dużą aktywność w warunkach stresu solnego (Lu i in. 2002). Ograniczenie intensywności fotosyntezy prowadzi do zwiększonej produkcji reaktywnych form tlenu (ROS) – Sharma i in. 2005. W sytuacji, gdy dochodzi do zaburzenia równowagi pomiędzy tempem powstawania ROS a wydolnością układu antyoksydacyj-

nego, następują: inaktywacja niektórych białek, uszkodzenia lipidów, barwników fotosyntetycznych i kwasów nukleinowych, co przyczyniać się może do uszkodzenia komórek (Hussain i in. 2008). Toksyczne produkty reakcji utleniania działają na komórkę cytotatycznie, powodują zwiększenie przepuszczalności i depolaryzację błon komórkowych (Mittler 2002). Według Tokera i in. (1999) oraz Kalaji i Rutkowskiej (2004), stres solny ma także negatywny wpływ na transpirację. Oddziaływanie podwyższonego stężenia soli w środowisku na parametry wymiany gazowej roślin, tj. na fotosyntezę, oddychanie i transpirację, powoduje zmniejszenie produkcji biomasy (Kalaji i Pietkiewicz 1993). Ograniczenie syntezy chlorofilu jest natomiast podstawową przyczyną przedwczesnego starzenia się liści, które może zachodzić w różnych fazach rozwojowych roślin, a najwyraźniej w okresie kwitnienia (Lutts i in. 1995).

W odpowiedzi na działanie niekorzystnych czynników środowiska, w tym zasolenia, rośliny wykształciły przystosowania, czyli mechanizmy obronne, dzięki którym możliwe jest minimalizowanie skutków stresu i zachowanie homeostazy. W przypadku okresowego zasolenia środowiska rośliny mogą przetrwać niekorzystne warunki dzięki uruchomieniu mechanizmów warunkujących tolerancję na istniejący stres lub też mogą częściowo unikać stresu (Kłosowska 2010). Tolerancja na stres jest pojęciem ogólnym. Można ją zdefiniować jako zdolność rośliny do utrzymywania procesów życiowych na jak najmniej zmienionym poziomie, w warunkach środowiska znacznie odbiegających od optymalnych. Dzięki wykształceniu specyficznych mechanizmów możliwa jest minimalizacja uszkodzeń i naprawa negatywnych skutków wywołanych działaniem czynnika stresogennego (Dziadczyk 2002, Munns 2002). Mechanizmy te mogą być rozważane na różnych poziomach – od molekularnego do poziomu całego organizmu. Warunkiem tolerancji na zasolenie jest utrzymanie płynnego stanu błon oraz aktywności znajdujących się w nich enzymów (Zhu 2001). Sterole pomagają zachować stabilizację stanu błon w warunkach stresu. Stosunek ich zawartości do zawartości fosfolipidów w błonie halofilów wynosi 1,0–2,0, u średnio wrażliwych glikofitów sięga 0,5–1,0, a u glikofitów wrażliwych 0,2–0,5 (Przybył i Woźny 2007). Komórkowe mechanizmy odporności na zasolenie polegają przede wszystkim na regulacji transportu jonów, która zachodzi dzięki istnieniu antyportów Na^+/H^+ , pomp protonowych i kanałów jonowych (Wang i in. 2003). Na skutek zmian poziomu ekspresji transporterów oraz ich aktywności, komórki regulują wnikanie jonów do wnętrza i dzięki temu mogą ograniczać akumulację jonów w cytoplazmie (Kłosowska 2010). Zdaniem Tester i Davenport (2003), w przypadku jonów sodu istotne znaczenie dla zapewnienia ich małej koncentracji w cytoplazmie ma aktywny transport Na^+ przez plazmolemmę na zewnątrz komórki, a także kompartmentacja w wakuoli. Badania przeprowadzone nad *Arabidopsis* wykazały, że ważną funkcję w wykluczaniu jonów sodu z komórek pełnią aktywowane przez kationy wapnia geny SOS (ang. *salt overly sensitive*) – Botella i in. 2005.

Kolejnym mechanizmem pozwalającym roślinom na uzyskanie odporności na stres solny jest zdolność do akumulacji jonów. Dzięki kompartmentacji jonów w wakuoli zmniejsza się ich zawartość w cytoplazmie, a enzymy nie są narażone na bezpośrednie negatywne działanie jonów. Potencjał wody w tkankach roślinnych utrzymuje się na niższym poziomie niż potencjał wody środowiska, co umożliwia pobieranie wody z zasolonego roztworu glebowego (Kłosowska 2010).

Przeprowadzone badania dowiodły, że u halofilów funkcjonują zarówno mechanizmy pozwalające na zredukowanie ilości pobieranych jonów, jak również te, dzięki którym ograniczana jest ich koncentracja w komórkach (efektywna kompartmentacja w wakuolach) – Tester i Davenport 2003. Większość glikofitów wykazuje słabe zdolności do unikania szkodliwych jonów, które kumulowane są w toksycznych ilościach, głównie w komórkach liści, a występująca u niektórych z nich zdolność do wykluczania soli jest mało efektywna (Munns 2002).

W ostatnich latach opublikowano wyniki wielu badań dotyczących związku reakcji obronnej rośliny w warunkach stresu solnego z syntezą i kumulacją substancji kompatybilnych, określanych również mianem metabolitów stresowych, co pozwala na utrzymanie równowagi osmotycznej pomiędzy wakuolą, w której gromadzone są jony, a cytoplazmą (Parvaiz i Satyawati 2008). Substancje te pełnią funkcje antyoksydantów eliminujących reaktywne formy tlenu, a także chronią strukturę białek i błon przed negatywnymi skutkami zbyt dużego stężenia soli (Bartels i Sunkar 2005). Zdaniem Xiong i Zhu (2002), typ wytwarzanych w roślinie metabolitów stresowych jest specyficzny dla gatunku. W warunkach stresu solnego mogą być gromadzone między innymi jony K^+ , związki organiczne, takie jak: cukry proste i złożone, związki azotu i poliole (Sairam i Tyagi 2004; Kubiś 2006). Według Mansour (2000), w warunkach stresu solnego halofity gromadzą więcej aminokwasów oraz iminokwasu proliny niż glikofity. Zdaniem tego samego autora, u roślin narażonych na działanie zasolenia stwierdzono również wzrost zawartości amidów, takich jak glutamina i asparagina.

W odpowiedzi na stres solny rośliny produkują także specyficzne klasy białek, do których zaliczyć można osmotyny i dehydryny oraz białka obronne typu LEA (Sairam i Tyagi 2004). Osmotyny i dehydryny są najprawdopodobniej zaangażowane w utrzymanie struktury białek w warunkach zasolenia, mogą również stabilizować strukturę błon komórkowych (Tester i Davenport 2003). Funkcja białek typu LEA nie została jeszcze do końca poznana. Przypuszcza się, iż zachowują się one jak cząsteczki wiążące wodę i biorą udział w kompartmentacji jonów oraz w stabilizacji błon i makromolekuł (Wang i in. 2003; Kłosowska 2010).

Istotne znaczenie w odporności roślin na zasolenie mają adaptacje, które obserwowane są na poziomie całego organizmu. Przystosowania te dotyczą głównie pobierania i redystrybucji jonów w obrębie rośliny. Korzenie, mimo tego że bezpośrednio narażone są na działanie czynnika stresowego, posiadają zdolność do kontrolowania stężenia jonów Na^+ i Cl^- , i to dzięki nim rośliny mogą ograniczać ksylemowy transport jonów i ich akumulację w pędach (Munns i in. 2006). Rola korzeni nie ogranicza się jedynie do wytworzenia bariery blokującej dostęp jonów do części nadziemnych, ale także, jak podaje Kłosowska (2010), organy te mogą posiadać zdolność do rozpoznawania dostępności wody w ich sąsiedztwie i przekazywania tych informacji do pędów, gdzie dochodzi do regulacji wzrostu i rozwoju rośliny. Według Munnsa i Testera (2008), w regulacji tej biorą udział cząsteczki sygnałowe, które w formie hormonów lub ich prekursorów przenoszą informacje do pędów.

Duże znaczenie w tolerancji roślin na zasolenie odgrywa sekwestracja jonów w częściach nadziemnych roślin. Niewielką zawartość jonów sodu stwierdza się często w młodych liściach. Przypisywana jest ona nie tylko krótkiemu czasowi istnienia liści, ale także występowaniu procesów ochronnych. Zdaniem Plett i in. (2010), rośliny wybiórczo usuwają jony sodu z elementów

ksylemu i floemu dostarczających wodę i składniki odżywcze do młodych liści. Jony te mogą być następnie przenoszone do innych części roślin, np. do starych liści, które są zrzucane.

U kilku gatunków roślin (kukurydza, papryka, łubin, bawełna, jęczmień) stwierdzono istnienie mechanizmu zapobiegającego gromadzeniu się jonów w liściach przez ich redystrybucję z liści do korzeni, za pośrednictwem floemu. Droga tą może zostać usuniętych nawet 25% jonów sodu docierających do liści. Mechanizm ten odgrywa ważną rolę głównie u glikofitów. W przypadku halofilów nadmiar jonów kumulowany jest w specjalnych gruczołach solnych, które znajdują się mogą na różnych częściach nadziemnych roślin, w tym głównie na liściach. Możliwa jest także adaptacja hydrotod do funkcji gruczołów solnych poprzez transformację specyficznych komórek, za pomocą genów odpowiedzialnych za transport jonów sodu (Tester i Davenport 2003; Dajic 2006; Plett i in. 2010).

Roślinne mechanizmy odporności na zasolenie nie są w pełni poznane, co znacznie utrudnia opracowanie efektywnych metod łagodzenia jego skutków (Hawrylak 2007). Wyniki niektórych badań wskazują, iż zwiększenie zaopatrzenia roślin w niektóre składniki mineralne może częściowo zapobiegać negatywnym konsekwencjom zasolenia gleb. Żywienie potasem łagodzi niektóre skutki stresu solnego u: ziemniaka, słonecznika, truskawki i pszenicy (Elkhatib i in. 2004; Akram i in. 2007; Khayyat i in. 2009; Zheng i in. 2010), azotem i wapniem – u fasoli (Wagenet i in. 1983; Awada i in. 1995), wapniem – u truskawki (Khayyat i in. 2011), selenem – u ogórka (Hawrylak 2007), krzemem – u jęczmienia, pomidora i pszenicy (Liang i Ding 2002; Al-aghabary i in. 2004; Ali i in. 2009).

Obecnie powszechna jest opinia, że głównym wyzwaniem w produkcji roślinnej jest przeciwdziałanie stresom, stąd producenci coraz częściej są zainteresowani stosowaniem preparatów o działaniu zapobiegającym lub łagodzącym negatywny wpływ czynników stresogennych (Gawrońska i in. 2008). Wspomniane preparaty mogą być zaliczane do grupy biostymulatorów lub nawozów dolistnych, zawierających w swym składzie, oprócz składników mineralnych, inne związki aktywne fizjologicznie.

Aktem prawnym regulującym dopuszczanie biostymulatorów do obrotu i stosowania w Polsce jest ustawa z 18 grudnia 2003 roku o ochronie roślin. Zgodnie z art. 2. p. 14 tej ustawy, biostymulatory są to substancje aktywne lub preparaty zawierające jedną lub więcej substancji aktywnych, w postaci dostarczonej użytkownikowi, przeznaczone do wpływania na procesy życiowe roślin w inny sposób niż składnik pokarmowy (Ustawa o ochronie roślin 2003). Biostymulatory są uznawane za substancje przyjazne środowisku, które wpływają dodatnio na wzrost roślin i pobieranie składników mineralnych oraz podnoszą tolerancję roślin na biotyczne i abiotyczne czynniki stresowe (Vernieri i in. 2006). Niektóre z tych substancji działają jak typowe elicytory – czynniki indukujące systemiczną odporność nabytą roślin na patogeny lub uszkodzenia, inne dostarczają substancje organiczne gotowe do bezpośredniego zagospodarowania przez rośliny (np. aminokwasy, białka) oraz regulatory wzrostu i enzymy (Boehme 2005; Stębowska 2008; Jayaraj i in. 2011; Craigie 2012).

W ostatnich latach obserwuje się zwiększone zainteresowanie wszystkimi substancjami wykazującymi aktywność regulatorów wzrostu i rozwoju roślin. W badaniach nad nimi dominują zagadnienia związane z ich wpływem na zwiększenie tolerancji roślin na stresy biotyczne

i abiotyczne. Poszerzana jest między innymi wiedza na temat niektórych substancji wykazujących działanie antystresowe w roślinie. Należy do nich, zaliczany do grupy aromatycznych hydroksykwasów karboksylowych, kwas 2-hydroksybenzoesowy (kwas salicylowy). Według Beardera (1980), związek ten zaliczany jest do regulatorów wzrostu, pochodnych fenolu. Udowodniono jego antagonistyczne działanie w stosunku do kwasu abscysynowego, które przejawiało się między innymi przeciwdziałaniem zamykania aparatów szparowych wywołanym przez ABA, znoszeniem działania ABA pobudzającego zrzucanie liści i organów generatywnych oraz hamującego wzrost (Jankiewicz 1997). Związek ten pełni w roślinach istotną funkcję przede wszystkim w sytuacjach oddziaływania niekorzystnych czynników biotycznych, spełniając rolę „sygnału” wywołującego nabytą odporność systemiczną roślin (Jankiewicz 1997). Istnieją jednak także doniesienia o jego istotnym wpływie na rośliny w warunkach stresów abiotycznych. Kwas salicylowy odpowiada w roślinach za indukowanie syntezy oraz akumulację białek odpornościowych (Ogórek i in. 2011). Kaydan i in. (2007) w badaniach nad wpływem kwasu salicylowego na pszenicę, uprawianą w warunkach stresu solnego, uzyskali zwiększenie masy pędów i korzeni, zawartości chlorofilu w liściach, potencjału osmotycznego i stosunku jonów K^+ do Na^+ .

Innymi związkami wykazującymi działanie antystresowe są kwas 2-aminobenzoowy oraz kwas 1,5-aminopentanodiowy. Pierwszy z nich uczestniczy w przemianach kwasów aromatycznych w komórkach roślinnych, będąc prekursorem tryptofanu. Odpowiada również za syntezę alkaloidów i wykazuje synergizm z witaminą C oraz B6 (Socha 2008). Kwas 1,5-aminopentanodiowy jest natomiast prekursorem proliny.

Bardzo silne działanie na metabolizm roślin wykazują również ekstrakty z alg. Spośród glonów najsilniejsze działanie regulujące wzrost i rozwój roślin posiadają brunatnice, a w szczególności takie gatunki jak: *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, *Laminaria hyperborea* (Gunnerus) Foslie, *Laminaria digitata* (Hudson) J.V. Lamouroux, *Fucus vesiculosus* (L.) Le Jolis, *Durvillea potatorum*, *Ecklonia maxima* (Osbeck) Papenfuss, *Foccus serratus* oraz przedstawiciele rodzaju *Sargassum*. Według Pieleś (2011), brunatnice zawierają 70–90% wody, 30–50% składników mineralnych, 30–50% węglowodanów, 7–15% białka, 2–5% lipidów oraz 2–10% celulozy. Ekstrakty z *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis są źródłem regulatorów wzrostu – auksyn, cytokinin i polifenoli (Spinelli i in. 2009), betain, białek i aminokwasów (glikoproteiny i metaloproteiny oraz aminokwasy egzogenne, w tym alanina, aspargina, glicyna, lizyna, seryna, izoleucyna, leucyna, metionina, fenyloalanina, treonina, tryptofan i walina), kwasów tłuszczowych (kwas arachidonowy, eikozapentenowy i γ -linolenowy) – Pieleś 2011, składników mineralnych (cynk, miedź, jod, żelazo, miedź, magnez i mangan), witamin i ich prekursorów (β -karoten, źródło witaminy A, witaminy z grupy B oraz witaminy E, C i D) – Lung 1999 oraz takich związków i substancji jak: kwas hialuronowy, siarczan chondroityny, kwas alginowy i jego sole, fukany – laminaryna i fukoidyna, mannitol, sorbitol, karageniany, naturalne hydrokoloidy i agar (Pieleś 2011).

Kahydryna, pochodna witaminy K1, zawarta w wyciągach z brunatnic wpływa na sprawność pomp protonowych, a tym samym na pobieranie składników przez korzenie. Według Lühthje i Böttger (1995), egzogenna aplikacja tej substancji indukuje sekrecję jonów

wodorowych do apoplastu i w konsekwencji powoduje zakwaszenie ryzosfery, co sprzyja redukcji żelaza do form rozpuszczalnych, przyswajalnych dla roślin.

Betainy, do których należy między innymi N,N,N-trimetyloglicyna, zwana też betainą glicynową, to czwartorzędowe aminy, których naturalną obecność stwierdza się w wielu rodzajach mikroorganizmów, glonów, roślin wyższych i zwierząt (Rhodes i Hanson 1993). Należą one do organicznych metabolitów, osmoprotektantów, nie wykazują toksyczności dla roślin, nawet w stosunkowo dużych stężeniach. Kumulowane są głównie w chloroplastach. Duża zawartość betain w roślinach stanowi ich odpowiedź na stres abiotyczny. Poziom akumulacji tych substancji jest dodatnio skorelowany ze stopniem tolerancji roślin na różnorakie stresy (Chen i Murata 2008). Stwierdzono, że betainy podnoszą odporność roślin na suszę, niską temperaturę, zasolenie, deficyt składników mineralnych i zakwaszenie gleby (Huang i in. 2000; Glinicki i in. 2010). W warunkach podwyższonego zasolenia stabilizują struktury enzymów i kompleksów protein oraz stan membran komórkowych (Papageorgiou i Murata 1995). Według Spinelli i in. (2009), wykazują one aktywność zbliżoną do cytokinin. Betainy mogą być stosowane egzogennie, głównie dolistnie – wyróżniają się dużą łatwością przenikania w głąb tkanek liści (Park i in. 2006). Są także pobierane przez korzenie (Park i in. 2003), a na duże odległości przemieszczają się w roślinach poprzez floem (Mäkelä i in. 1996). W badaniach Whaphama i in. (1993) betaina stosowana egzogennie zwiększała zawartość chlorofilu w liściach. Według Vernieri i in. (2006) oraz Ashraf i Foolad (2007 a), wpływała korzystnie na wzrost pędów i korzeni oraz na plonowanie roślin. Glicynobetaina stosowana egzogennie zwiększała tolerancję na stres solny takich gatunków jak: owies, rzepak, jęczmień, pomidor, ryż i pszenica (Mäkelä i in. 1996, 1999; Harinasult i in. 1996) oraz owsa, rzepaku, jęczmienia, pomidora, fasoli i pszenicy na stres suszy (Mäkelä i in. 1996, 1999; Jokinen i in. 1999; Xing i Rajashekar 1999), truskawki, lucerny i pszenicy na spadki temperatur – przymrozki (Zhao i in. 1992; Allard i in. 1998; Rajashekar i in. 1999) oraz pomidora i kukurydzy na chłód (Chen i in. 2000; Park i in. 2006).

Skład chemiczny wyciągów z brunatnic w dużym stopniu uzależniony jest od terminu ich zbioru – młode glony zawierają większe ilości cytokinin, natomiast w starszych dominują polifenole. Zdaniem Durand i in. (2003), ekstrakty z alg są bardzo aktywne, co zawdzięczają w dużym stopniu zawartości cytokinin.

Fitohormony zawarte w brunatnicach wspomagają procesy przystosowywania się roślin do warunków stresowych, głównie przez stymulację systemu korzeniowego i utrzymywanie stałego uwodnienia komórek (Verkleij 1992). Wpływają także korzystnie na pobieranie i metabolizm azotu (Jolivet i in. 1991). Wykazano między innymi stymulujące działanie wyciągów z brunatnic w warunkach stresu u roślin wywołanego wysoką i niską temperaturą (Sharma i in. 2005; Rayirath i in. 2009), suszą glebową (Zhang i Ervin 2008) oraz podwyższonym stężeniem soli (Spinelli i in. 2006). Istnieją liczne dane literaturowe potwierdzające pozytywny wpływ wyciągów z alg na kondycję roślin uprawnych oraz zarówno na wielkość, jak i jakość ich plonów (Marjańska-Cichoń i Sapicha-Waszkiewicz 2011). Dotyczy to między innymi takich gatunków jak: ryż, zboża, rzepak, kukurydza, ziemniak, burak, lucerna, łubin, soja, bawełna, trzcina cukrowa, tytoń, winorośl, pomidor, marchew, cebula, czosnek, papryka, truskawka, rośliny cytrusowe, aktinidia, kawa, herbata, drzewa owocowe (Türemis i in. 1997; Zodape 2001; Russell

2002; Matysiak i Adamczewski 2009). W badaniach Khanzada i in. (2007) oraz Joubert i Lefranc (2008) ekstrakty z alg stosowane egzogennie podnosiły odporność roślin na patogeny. Udowodniono, iż działanie alg w dużym stopniu uzależnione jest od dawki, częstości zabiegu oraz gatunku, a nawet odmiany rośliny uprawnej (Zodape 2001; Matysiak 2005).

Ekstrakty z alg głównie podawane są roślinom przez liście, choć można je również stosować doglebowo. Liczba zabiegów uzależniona jest od indywidualnej podatności rośliny uprawnej – zabiegi można wykonywać kilkakrotnie w czasie sezonu wegetacyjnego. Czas pomiędzy kolejnymi zabiegami nie powinien być jednak dłuższy niż 14 dni (Matysiak i Adamczewski 2009).

Jednym ze związków, który może być stosowany u roślin egzogennie w celu zwiększenia tolerancji na czynniki stresotwórcze, jest występujący naturalnie w organizmach żywych kwas 5-aminolewulinowy (ALA), będący aminową pochodną kwasu lewulinowego. Należy on do metabolitów katecholamin. Jest prekursorem syntezy tetrapiroli, związków budujących chlorofil oraz chem i witaminę B12 (Tanaka i in. 2005; Smoleń i Sady 2010). W piśmiennictwie istnieją dane świadczące o możliwości egzogennej stosowania tego związku w celu podniesienia produktywności roślin uprawnych (Hotta i in. 1997; Xu i in. 2012). Wykazano dodatnią korelację pomiędzy zawartością ALA w roślinach a ich aktywnością fotosyntetyczną (Tanaka i in. 2005; Yarovskaya i in. 2006) oraz aktywnością enzymów antyoksydacyjnych (Memon i in. 2009). Kwas 5-aminolewulinowy, stosowany dolistnie, intensyfikował wzrost roślin, zwiększał zawartość barwników asymilacyjnych, oddziałował na aperturę aparatów szparkowych (Hotta i in. 1997, 1998; Memon i in. 2009), wpływał dodatnio na natężenie fotosyntezy oraz ograniczał transpirację (Yoshida i in. 2003). Murányi i in. 2006 w przeprowadzonych badaniach nad pomidorem stwierdzili, pod wpływem stosowania ALA, istotny wzrost plonu tej rośliny. Podobnej zależności nie wykazali natomiast w przypadku papryki. Według Yoshida i in. (2006), kwas 5-aminolewulinowy wykazuje działanie stymulujące wzrost roślin, gdy stosowany jest w stężeniach około 30–100 ppm. Istnieją doniesienia naukowe o dodatnim wpływie kwasu 5-aminolewulinowego na rośliny rosnące w warunkach stresów abiotycznych. Według Watanabe i in. (2000) oraz Tanaka i Kuramochi (2001), ALA stosowany egzogennie zwiększał tolerancję bawełny na stres solny, co przejawiało się ograniczeniem pobierania i kumulacji głównie jonów sodu. Zdaniem ostatnich cytowanych autorów, opisywany efekt uzyskano, stosując kwas 5-aminolewulinowy egzogennie, w stężeniu 100 ppm. Podobny wpływ tego związku stwierdzili Zhang i in. (2006) u ziemniaka oraz Youssed i Awad (2008) u palmy daktylowej, uprawianych w warunkach podwyższonego stężenia soli w środowisku. Hotta i in. (1998) podają natomiast, że ALA zwiększał tolerancję ryżu na stres wywołany niskimi temperaturami. W badaniach Jezdinsky i in. (2010) związek ten wpływał korzystnie na takie parametry fizjologiczne jak: intensywność fotosyntezy i transpiracji, przewodność szparkową oraz efektywność wykorzystania wody u cebuli rosnącej w warunkach niedoboru wody (stresu wodnego). Według Liu i in. (2011), aplikacja ALA podnosi odporność rzepaku na deficyt wody, a zdaniem Wanga i in. (2004) zwiększa tolerancję melona na stres świetlny.

Wpływ kwasu 5-aminolewulinowego na rośliny wiąże się w dużej mierze z jego oddziaływaniem na metabolizm azotu. ALA stosowany egzogennie zwiększa pobieranie azotu przez rośliny oraz aktywność reduktazy azotanowej, co zmniejsza kumulację azotanów(V) – Iwai i in. 2005; Tanaka i in. 2005; Smoleń i in. 2010.

Jednym z najważniejszych gatunków roślin sadowniczych, charakteryzującym się dużą wrażliwością na zasolenie jest truskawka (*Fragaria x ananassa* Duch.) – Kaya i in. 2002 a; Saied i in. 2005; Karlidag i in. 2009; Keutgen i Pawelzik 2009.

Owoce tej rośliny należą do najpopularniejszych owoców jagodowych (Kopytowski i in. 2006), a z ekonomicznego punktu widzenia są najważniejszymi owocami miękkim uprawianymi na świecie (Hummer i in. 2008). Charakteryzują się zarówno wysmienitym smakiem, aromatem i wyglądem, jak również cennymi właściwościami dietetycznymi (Khan i in. 2010). Zawierają wiele składników korzystnie oddziałujących na zdrowie człowieka (Tulipani i in. 2008), są także niskokaloryczne (Kopytowski i in. 2006). Wyróżnia je duża zawartość naturalnych antyutleniaczy, takich jak: związki fenolowe, antocyjany, flawonoidy, witaminy C, A, B1 i B2 oraz kwas foliowy (Häkkinen i Törrönen 2000; Wang i Lin 2000; Debnath i Ricard 2009). Dzięki dużej zawartości substancji bioaktywnych truskawki mają właściwości antyrakowe, wpływają na obniżenie cholesterolu LDL, ograniczają występowanie chorób serca, oddziałują korzystnie na system immunologiczny i nerwowy (Bojarska i in. 2006; Panico i in. 2009). Truskawka jest rośliną o stosunkowo dużych wymaganiach wodnych. Jej wrażliwość na suszę wynika z proporcji pomiędzy stosunkowo dużą masą i powierzchnią części nadziemnej oraz dużą zawartością wody w owocach a płytkim i niezbyt rozległym systemem korzeniowym. Podstawowa masa korzeni (90%) większości odmian znajduje się w wierzchniej warstwie gleby do głębokości 20 cm (Klamkowski i Treder 2006). Negatywny wpływ podwyższonego stężenia NaCl na wzrost oraz wielkość i jakość plonu truskawki stwierdzili między innymi Awang i in (1993), Awang i Atherton (1995), D' Anna i in. (2003) oraz Saied i in. (2005). Według Pirlak i Esitken (2004), w warunkach stresu solnego roślina ta wytwarza mniej liści o zredukowanej powierzchni asymilacyjnej oraz mniejszą liczbę pędów i koron, co jest przyczyną słabszego plonowania.

Sprostanie założeniom strategii rozwoju ekoenergetyki wiąże się z koniecznością celowej uprawy specjalnych gatunków roślin. Wieloletnimi trawami, zaliczanymi do grupy roślin uprawianych głównie na cele energetyczne, a więc tych, których plody wykorzystuje się do wytworzenia ciepła, energii elektrycznej oraz paliw ciekłych lub gazowych, są miskant olbrzymi (*Miscanthus x giganteus* Greff i Deu.) oraz spartina preriowa (*Spartina pectinata* Bosc ex Link.). Charakteryzują się szybkim przyrostem biomasy, wynikającym między innymi z fotosyntezy typu C4 i dużą przydatnością do intensywnej uprawy (Deuter i Jeżowski 2002; Kościk 2003).

Rodzaj *Miscanthus* należy do rodziny *Poaceae* i został sprowadzony do Europy w 1935 roku z Japonii przez duńskiego podróżnika Olsena. Jego przedstawicielem jest miskant olbrzymi (*Miscanthus x giganteus* Greff i Deu.). Gatunek ten ma stosunkowo niewielkie wymagania glebowe, dobrze wykorzystuje składniki pokarmowe i wodę dzięki głębokiemu systemowi korzeniowemu. Jest rośliną sterylną, niewytwarzającą nasion, która rozmnażana jest wegetatywnie przez podział podziemnych kłączy lub metodą *in vitro* (Głowacka i in. 2007). Dla celów energetycznych biomasa miskanta olbrzymiego może być bezpośrednio spalana w postaci siewki lub w formie sprasowanej. Może być również przetwarzana w gazy palne CO i CH₄ przez termogazyfikację lub fermentację (Walsh 1997; Głowacka i in. 2007).

Spartina preriowa (*Spartina pectinata* Bosc ex Link.) jest trawą osiągającą wysokość do 2 metrów. Ma duże zdolności adaptacyjne, toteż udaje się nawet na glebach słabych (Kabała i in. 2010). Cechuje się dość dużą tolerancją na zróżnicowane uwilgotnienie i małą pojemność sorpcyjną gleby (Ostrowski i Gutowska 2008). W Europie znana jest jako roślina ozdobna, może być także wykorzystywana do zagospodarowania nieużytków, odłogów i stref oddziaływania dróg oraz rekultywacji obszarów zdegradowanych (Majtkowski 1998; Kowalczyk-Juśko 2010). Coraz częściej stosowana jest także w nasadzeniach na cele energetyczne (Kowalczyk-Juśko 2009). Mimo iż w warunkach polskich *spartina preriowa* wydaje nasiona, to jednak z uwagi na ich niewielką zdolność kiełkowania rozmnażana jest wegetatywnie (podział kęp lub ukorzenianie sadzonek pędowych) lub metodą *in vitro* (Majtkowski 2006).

2. Materiał, warunki i metody badań

2.1. Charakterystyka materiału roślinnego

Biologiczny materiał badań stanowiły: truskawka (*Fragaria x ananassa* Duch.) desero- wych odmian 'Elsanta' – eksperyment A i 'Salsa' – eksperyment C oraz dwa gatunki traw, miskant olbrzymi (*Miscanthus x giganteus* Greff i Deu.) – eksperyment B i spartina prieroiowa (*Spartina pectinata* Bosc ex Link.) – eksperyment D.

Gatunek truskawka, należący do rodzaju *Fragaria*, powstał w Europie w wyniku przy- padkowego skrzyżowania poziomki chilijskiej (*Fragaria chiloensis* Ehrh.) i poziomki wirgi- nijskiej (*Fragaria virginiana* Duch.). Częścią nadziemną truskawki jest krótka łodyga, nazywana koroną. Złożone z kilku listków liście skupione są w zwartej rozecie i ułożone na pędzie skrętolegle. Kwiaty truskawki, których podstawowymi elementami są okwiat i wy- pukłe dno kwiatowe, zebrane są w kwiatostan, zwany wierzchołką. Owoce tego gatunku powstają w wyniku silnego rozrośnięcia dna kwiatowego i są owocami rzekomymi. Owocami właściwymi są małe orzeszki, zwane niełupkami. Truskawka posiada wiązkowy system korze- niowy, składający się z korzeni pierwotnych (rurkowych) i z korzeni wtórnych (właściwych) – Żurawicz i Masny 2005.

Odmiana truskawki 'Elsanta' powstała w 1981 roku w Holandii ze skrzyżowania odmian 'Gorella' i 'Holiday' (Masny i Żurawicz 2009). Charakteryzuje się umiarkowanie sil- nym wzrostem, wzniesionym dość luźnym pokrojem oraz dużymi, obupłciowymi kwiatami. Jej owoce dojrzewają średnio późno, są duże (masa 8–9 g), kształtu szerokostożkowatego lub stożkowatego (Żurawicz 1994). Według Keutgen i Pawelzik (2007 c), uznawana jest za odmia- nę wrażliwą na zasolenie.

Odmiana truskawki 'Salsa' powstała w Holandii. Należy do odmian szybko rosnących. Rośliny posiadają jasnozielone liście oraz wykształcają dobrej jakości kwiaty z dużą ilością pyłku. Owocują dość późno, obficie, tworząc owoce kształtu okrągłego i stożkowego, które w fazie dojrzałości mają barwę jasnoczerwoną lub pomarańczową i charakteryzują się jasnym miąższem. Średnia masa owocu jest o 30–40% większa niż u odmiany 'Elsanta' (Goossens Flevoplant – ulotka informacyjna, 2006). Według Masny i Żurawicza (2009), jest to jedna z naj- bardziej przydatnych odmian truskawki do uprawy w Polsce.

Miskant olbrzymi (*Miscanthus x giganteus* Greff i Deu.) należy do rodzaju *Poaceae* i pochodzi z terenów Azji Środkowowschodniej. Jest triploidalnym mieszańcem międzygatun- kowym, powstałym ze spontanicznego skrzyżowania diploidalnego miskanta chińskiego (*Miscanthus sinensis* Anderss.) z tetraploidalnym miskantem cukrowym (*Miscanthus sacchariflorus* (Maxim) Hack.) – Greff i Deuter 1993. Posiada bardzo silny system korzeniowy, sięgający 2,5 m w głąb gleby oraz sztywne, nagie, z wyraźnie zaznaczonymi węzłami i gąbczastym rdzeniem, łodygi. W polskich warunkach osiąga wysokość 2–3,5 m. Blaszki liściowe są jasno- lub ciemno- zielone, lancetowate, o długości 0,6–1 m i szerokości 8–32 mm (Lisowski 2010).

Spartina prieroiowa (*Spartina pectinata* Bosc ex Link.) pochodzi z Ameryki Północnej, gdzie stanowi dominujący składnik roślinności prieroiowej. Posiada silny system korzeniowy oraz gęsto ulistnione, puste wewnątrz, wyrastające pionowo pędy. Tworzy obszerne, luźne kępy, dorasta do 2 m wysokości. Ma wąskie, lancetowate liście o szerokości 15 mm i długości

0,8–0,9 m oraz palczasto-groniaste kwiatostany, o długości około 0,3 m, zawierające kilkanaście kłosów, które pojawiają się w połowie lata (Kościk i in. 2004).

Sadzonki truskawki pochodziły z firmy Goossens Flevoplant Polska sp. z o.o., natomiast sadzonki miskanta olbrzymiego i spartiny preriowej z firmy Vitro Gen sp. z o.o.

2.2. Doświadczenie vegetacyjne

Część eksperymentalną badań przeprowadzono w latach 2008–2009 (pierwszy i drugi rok badań, doświadczenia A i B) oraz 2010–2011 (trzeci i czwarty rok badań, doświadczenia C i D), w hali vegetacyjnej Wydziału Kształtowania Środowiska i Rolnictwa Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.

Założono cztery, niezależne, dwuczynnikowe doświadczenia wazonowe, w układzie kompletnej randomizacji, w czterech powtórzeniach.

Pierwszym czynnikiem doświadczalnym we wszystkich eksperymentach był poziom stężenia soli wprowadzanej do podłoża, drugim – rodzaj stosowanego preparatu o działaniu antystresowym.

W doświadczeniach z truskawką zastosowano następujące poziomy stężenia chlorku sodu w roztworach wodnych używanych do nawadniania roślin: Z0 – kontrola (woda wodociągowa, bez NaCl), Z1 – 10 mmol NaCl · dm⁻³ i Z2 – 35 mmol NaCl · dm⁻³. W przypadku doświadczeń z miskantem olbrzymim oraz spartiną preriową stężenie soli wynosiło odpowiednio: Z0 – kontrola (woda wodociągowa, bez NaCl), Z1 – 95 mmol NaCl · dm⁻³ oraz Z2 – 160 mmol NaCl · dm⁻³. Stężenie chlorku sodu w wysokości Z1 oraz Z2, według Blaylocka (1994) odpowiadało odpowiednio: średniemu oraz wysokiemu poziomowi zasolenia dla gatunków wrażliwych w przypadku truskawki oraz odpornych na zasolenie w przypadku miskanta i spartiny.

Za pomocą tensjometrów glebowych kontaktowych mierzono potencjał wody w podłożu i na podstawie tego wskaźnika oceniano potrzebę nawadniania roślin. Podlewano wodą w ilości 0,3 dm³/wazon, przy wskazaniach tensjometrów umieszczonych w wazonach stanowiących kontrolę (nawadnianych wodą), umieszczonych na głębokości 20 cm, wynoszących $\Psi_w = -0,04$ MPa. W pierwszym oraz trzecim roku badań nawadnianie roślin roztworem chlorku sodu o zróżnicowanym stężeniu rozpoczęto po upływie 30 dni od umieszczenia roślin w wazonach. W pozostałych latach badań nawadnianie roślin roztworami soli rozpoczynano wraz z ruszeniem wegetacji, na początku kwietnia.

Warianty drugiego czynnika doświadczalnego wyznaczono następująco:

K – bez stosowania preparatu zawierającego substancję antystresową, zwanego w dalszej części pracy preparatem antystresowym (wariant kontrolny),

A – preparat Algex,

H – preparat Hergit,

P – preparat Pentakeep®super,

R – preparat Resistim.

Preparaty antystresowe stosowano w postaci opryskiwania dolistnego, zgodnie z danymi zawartymi w tabeli 1. Użyta ilość cieczy roboczej była zgodna z zaleceniami producentów

i wynosiła dla preparatów Algex, Pentakeep®super i Resistim – $750 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz dla preparatu Hergit – $300 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Obiekty stanowiące kontrolę opryskiwano taką samą ilością wody destylowanej.

Tabela 1. Stężenia oraz terminy stosowania preparatów antystresowych

Preparat	Stężenie (%)	Termin stosowania		
		truskawka – eksperyment A i C	trawy – eksperyment B i D	
			pierwszy i trzeci rok badań	drugi i czwarty rok badań
Algex	0,70	przed rozpoczęciem kwitnienia, pełnia kwitnienia, bezpośrednio po zakończeniu kwitnienia	pierwsza dekada czerwca, lipca i sierpnia	pierwsza dekada czerwca, lipca i sierpnia
Hergit	0,13	przed rozpoczęciem kwitnienia, pełnia kwitnienia, bezpośrednio po zakończeniu owocowania	pierwsza dekada czerwca, lipca i sierpnia	pierwsza dekada czerwca, lipca i sierpnia
Pentakeep®super	0,02	początek wykształcania kwiatostanów, rozluźnianie kwiatostanów, koniec kwitnienia, po zakończeniu owocowania	trzecia dekada maja, pierwsza dekada czerwca, lipca i sierpnia	pierwsza dekada maja, czerwca, lipca i sierpnia
Resistim	0,30	przed rozpoczęciem kwitnienia, pełnia kwitnienia, bezpośrednio po zakończeniu owocowania	pierwsza dekada czerwca, lipca i sierpnia	pierwsza dekada czerwca, lipca i sierpnia

Jedno powtórzenie stanowił pojedynczy wazon. Do eksperymentu wykorzystano pojemniki Kicka, o pojemności 10 dm^3 , które napełniono podłożem glebowym (w ilości 8 dm^3), pochodzącym z poziomu ornopróchniczego gleby (0–30 cm) w Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego, znajdującej się w miejscowości Lipnik, koło Stargardu Szczecińskiego. Gleba ta posiadała skład mechaniczny gliny piaszczystej pylastej. Podstawowe właściwości fizyczne, odczyn, zasolenie oraz zawartość przyswajalnego fosforu, potasu i magnezu w podłożu użytym w doświadczeniach przedstawiono w tabeli 2. Zawartość fosforu i potasu określono metodą Egnera-Riehma, magnezu natomiast metodą Schachtschabela.

Tabela 2. Właściwości fizykochemiczne podłoża glebowego

pH		Zawartość części spalwialnych (%)	S _o (g · cm ⁻³)	Pkw	Pkv	Wtw	Wtv	P	K	Mg	(g NaCl · dm ⁻³)
H ₂ O	KCl			(%)				(mg 100 g ⁻¹)			
Doświadczenia A i B											
6,51	5,93	22	1,25	24,10	33,90	32,60	38,20	5,92	12,67	5,97	0,53
Doświadczenia C i D											
6,39	5,82	22	1,22	24,30	33,80	31,50	37,20	5,87	11,84	5,12	0,49

Objaśnienia: S_o – gęstość objętościowa, Pkw – pojemność kapilarna wagowa, Pkv – pojemność kapilarna objętościowa, Wtw – pojemność wodna całkowita wagowa, Wtv – pojemność wodna całkowita objętościowa.

Podłoże przesiano przez sito o średnicy oczek wynoszącej 2 mm. Charakteryzowało się ono odczynem lekkokwaśnym, średnią zasobnością w przyswajalne formy fosforu, potasu i magnezu oraz małym zasoleniem.

Doświadczenia A i B założono 15 kwietnia 2008 roku, natomiast C i D 17 kwietnia 2010 roku. Sadzonki truskawki „frigo” posadzono w ilości 1 szt./wazon, miskanta i spartiny natomiast po 15 rizomów/wazon.

W czasie trwania sezonów wegetacyjnych roślin doświadczalnych (od kwietnia do końca września), we wszystkich latach badań, wazony znajdowały się poza szklarnią, w zadaszonej części hali wegetacyjnej. W okresie zimowym przetrzymywano je w nieogrzewanej szklarni.

W przypadku truskawki corocznie stosowano nawożenie mineralne w ilości odpowiadającej odpowiednio – 50, 80 i 100 kg NPK · ha⁻¹. Nawożenie potasowe i fosforowe oraz połowę dawki azotowego zastosowano przed posadzeniem roślin (w pierwszym roku badań) lub też w połowie kwietnia, przed ruszeniem wegetacji (w kolejnych latach badań), pozostałą część dawki nawożenia azotowego stosowano pogłównie, przed kwitnieniem roślin.

Nawożenie mineralne miskanta w ilości odpowiadającej odpowiednio – 60, 13 i 100 kg NPK · ha⁻¹ przeprowadzono w pierwszym roku badań przed umieszczeniem roślin w wazonach, w kolejnych w połowie kwietnia, przed ruszeniem wegetacji. Nawożenie NPK zastosowano w postaci saletry amonowej, siarczanu potasu oraz Superfosfatu potrójnego. Spartinę nawożono jedynie nawozem azotowym przed posadzeniem sadzonek w dawce 80 kg N · ha⁻¹.

2.3. Charakterystyka preparatów

Pentakeep®super (producent – firma Cosmo Seiwa Agriculture Co., Ltd) jest specjalistycznym preparatem do stosowania dolistnego i fertygacji w uprawach rolniczych i ogrodniczych. Skład preparatu (w %) jest następujący: azot (N) całkowity – 8,0 (w formie azotanowej 3,0, aminowej 5,0), fosfor (P₂O₅) – 5,0, potas (K₂O) – 3,0, magnez MgO – 3,0, bor – 0,07, miedź – 0,01, żelazo – 0,29, mangan – 0,12, molibden 0,01, cynk – 0,07. Pentakeep®Super wzbogacony został kwasem 5-aminolewulinowym (ALA), który na potrzeby produkcji nawozu pozyskiwany jest w procesie fermentacji przeprowadzanej przez bakterie *Rhodobacter spheroides*. Zalecane dawkowanie w przypadku stosowania dolistnego, interwencyjnego, po wystąpieniu stresu solnego to 0,4 dm³ · ha⁻¹ (ilość cieczy użytkowej 750–1000 dm³ · ha⁻¹). Pierwszy zabieg powinien być wykonany po wystąpieniu objawów stresu, kolejne (1–2) w odstępach dziesięcio-, czternastodniowych.

Nawóz może być stosowany trzy, do sześciu razy w czasie wegetacji roślin, w odstępach siedmio-, czternastodniowych. W uprawie truskawki zalecane jest czterokrotne opryskiwanie roślin w fazach początku wykształcania kwiatostanów, rozluźniania kwiatostanów, końca kwitnienia oraz po zakończeniu zbiorów (Cosmo Seiwa Agriculture Co., Ltd, 2008, materiały informacyjne).

Resistim (producent – firma Mandops, UK Limited) jest specjalistycznym nawozem do stosowania dolistnego i fertygacji w uprawach rolniczych i ogrodniczych. Zawiera w swym składzie sól potasową kwasu fosforynowego (K – 10,9%, P – 6,3%) oraz naturalną betainę. Zalecane stężenie 0,2 – 0,4% (Mandops – UK Limited, materiały informacyjne, 2008).

Algex (producent – firma Rosier) jest koncentratem nawozowym zawierającym ekstrakt z alg morskich *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis (10%). Stosowany jest dolistnie w uprawach rolniczych i ogrodniczych. Zawiera w swym składzie (w %) azot – 8,0, fosfor (P_2O_5) – 3,6, potas (K_2O) – 7,0, bor – 0,036, cynk – 0,025, miedź – 0,009, żelazo 0,016, mangan – 0,036, molibden – 0,0036. Zalecane dawkowanie to $5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (ilość cieczy roboczej 300–1000 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) – (Rosier, materiały informacyjne, 2008).

Hergit (producent – firma Chemap Agro s. r. o., Dašice, Czechy) jest stymulatorem wzrostu roślin przeznaczonym do stosowania dolistnego w uprawach rolniczych i ogrodniczych. Zawiera w składzie kwasy: 2-aminobenzoowy ($5,0 + 0,5 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$), 2-hydroksybenzoowy ($2,5 + 0,5 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$) oraz 1,5-aminopentanodiowy. Zalecane dawkowanie to $0,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (ilość cieczy roboczej 150–400 $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$). Preparat należy stosować w okresie, gdy rośliny są najbardziej wrażliwe na jego działanie lub też w sytuacji wystąpienia niekorzystnych czynników wywołujących stres abiotyczny (Chemap Agro s. r. o., Dašice, 2008 – materiały informacyjne; Socha 2008 a).

2.4. Metody badań fizjologicznych, pomiarów biometrycznych oraz analiz laboratoryjnych

We wszystkich latach badań, w każdym doświadczeniu wykonano następujące pomiary i analizy:

- **parametrów wymiany gazowej roślin** – natężenia procesu asymilacji CO_2 (A), intensywności transpiracji (E), przewodnictwa szparkowego dla wody (g_s) oraz stężenia CO_2 w przestrzeniach międzykomórkowych mięksiszu asymilacyjnego (c_i) – trzykrotnie w sezonie wegetacyjnym, w przypadku truskawek podczas pełni kwitnienia (I termin), maksymalnego owocowania (II termin) oraz trzy tygodnie po zakończeniu owocowania (III termin) oraz w przypadku miskanta i spartiny w drugiej dekadzie czerwca (I termin), lipca (II termin) i sierpnia (III termin). Pomiary wykonano przenośnym gazowym analizatorem TPS-2, PP Systems (ustawienia aparatu standardowe), wyposażonym w komorę pomiarową PLC4 pracującą w systemie otwartym. Oznaczenia przeprowadzano na zdrowych, w pełni wyrośniętych liściach i odczytywano na ekranie gazoanalizatora po ustabilizowaniu się wartości. Poszczególne parametry wymiany gazowej wyrażono w następujących jednostkach: A ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), E ($\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), g_s ($\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) i c_i ($\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$). Pomiary wykonano na w pełni wyrośniętych, losowo wybranych, reprezentatywnych liściach, w 12 powtórzeniach. Na podstawie uzyskanych wyników natężenia asymilacji CO_2 i intensywności transpiracji obliczono fotosyntetyczną efektywność wykorzystania wody (ω_F), którą oszacowano stosunkiem intensywności asymilacji do transpiracji – A/E i wyrażono w $\text{mmol} \cdot \text{mol}^{-1}$;

- **zawartości chlorofilu „a”, „b” oraz chlorofilu całkowitego** w liściach – metodą Arnona i in. (1956) w modyfikacji Lichtenthalera i Wellburna (1983) – określano w 12 powtórzeniach, w tych samych terminach i liściach, w których dokonywano pomiarów wymiany gazowej;

- **zawartości karotenoidów** w liściach – metodą Hagera i Mayera-Berthenratha (1966) – określano w 12 powtórzeniach, w tych samych terminach i liściach, w których dokonywano pomiarów wymiany gazowej.

Ekstrakty barwników asymilacyjnych z liści otrzymano, rozcierając próbki świeżej masy, o wadze około 0,05 g, w moździerzu z 10 cm³ 80-procentowego acetonu. Homogenaty wirowano następnie przez 10 min, przy 1500 obrotach na minutę. Gęstość optyczną próbek oznaczono spektrofotometrycznie, przy długościach fal $\lambda = 440, 645$ i 663 nm. Zawartość barwników wyrażono w mg $\cdot$ g⁻¹ św.m. rośliny;

– **wskaźnika względnej zawartości wody w liściach (RWC)** – według Yamasaki i Dillenburga (1999) – trzykrotnie w sezonie wegetacyjnym (podczas pełni kwitnienia, maksymalnego owocowania i trzy tygodnie po zakończeniu owocowania truskawek oraz w przypadku traw – w drugiej dekadzie czerwca, lipca i sierpnia). Pomiary wykonano na w pełni wyrosniętych, losowo wybranych, reprezentatywnych liściach, w 12 powtórzeniach;

– **plonu świeżej masy części nadziemnej** (liści truskawki oraz źdźbeł miskanta i spartiny) – wagowo. Zbiór liści truskawki celem określenia plonu świeżej masy przeprowadzono w obydwóch doświadczeniach, w drugim roku badań, w drugiej dekadzie sierpnia. Zbiory miskanta i spartiny wykonywano corocznie w pierwszej dekadzie października. Trawy ścinano na wysokości 5 cm nad powierzchnią podłoża w wazonie. Następnie dla każdej kombinacji doświadczalnej, w czterech powtórzeniach, obliczono sumaryczny (z dwóch lat badań), plon świeżej masy części nadziemnej truskawki wyrażony w g/wazon (z dokładnością do 0,1 g), oraz traw wyrażony w kg/wazon (z dokładnością do 0,01 kg);

– **sumarycznego plonu i masy pojedynczego owocu truskawki** – określano wagowo, w każdym terminie zbioru (z dokładnością do 0,1 g). Plon owoców wyrażono w g/wazon. Sumaryczny plon owoców określono w czterech powtórzeniach, natomiast masę pojedynczego owocu w 20 powtórzeniach;

– **liczby liści truskawki oraz liczby źdźbeł** miskanta i spartiny. Liczbę liści lub źdźbeł określano w czterech powtórzeniach, we wszystkich doświadczeniach, w każdym roku badań, w przypadku truskawki w drugiej dekadzie sierpnia, w przypadku traw – podczas zbiorów, w pierwszej dekadzie października. Następnie obliczono sumę liczby liści lub źdźbeł z dwóch lat badań, którą wyrażono w szt./wazon;

– **zawartości suchej masy** w liściach truskawki oraz częściach nadziemnych miskanta i spartiny. W obu latach badań, we wszystkich doświadczeniach, z każdego powtórzenia wszystkich kombinacji doświadczalnych pobierano po sześć reprezentatywnych liści truskawki oraz źdźbeł badanych gatunków traw. Po ich wysuszeniu w suszarce laboratoryjnej, w temperaturze 105°C, do stałej wagi, wyznaczono suchą masę. Uzyskane w ten sposób wyniki pozwoliły na określenie procentowej zawartości suchej masy;

– **zawartości kwasu askorbinowego w owocach truskawki** – metodą reflektometryczną reflektometrem Merck RQflex 10. Oznaczenia wykonano w 12 powtórzeniach;

– **zawartości ekstraktu w owocach truskawek** – refraktometrycznie za pomocą refraktometru Atago Pol 1(PN-90/A-75101/02). Oznaczenia wykonano w 12 powtórzeniach;

– **zawartości kwasów organicznych w owocach truskawki** metodą miareczkową w przeliczeniu na kwas cytrynowy (PN 90/A-75101/04). Oznaczenia wykonano w 12 powtórzeniach.

Na podstawie stosunku zawartości ekstraktu w owocach do ich kwasowości obliczono **wskaźnik SST/TA** (ang. *soluble solids total/titratable acidity*) według Keutgen i Pawelzik (2008).

Na podstawie uzyskanych wyników dotyczących plonu świeżej masy części nadziemnej truskawki oraz miskanta i spartiny, według wzoru: $\text{świeża masa roślin rosnących w warunkach stresu solnego} / \text{świeża masa roślin kontrolnych} \cdot 100$, obliczono **indeks tolerancji na zasolenie** – STI (Cano i in. 1998).

2.5. Metody statystyczne

Uzyskane dane liczbowe, z każdego doświadczenia osobno, poddano dwuczynnikowej analizie wariancji, w układzie kompletnej randomizacji. Pierwszym czynnikiem była wielkość dawki NaCl wprowadzanego do podłoża, drugim – rodzaj stosowanego preparatu antystresowego. Ze względu na jednorodność wariancji błędu, wykonano syntezę uzyskanych wyników badań z dwóch lat, dotyczących parametrów wymiany gazowej, zawartości wody i barwników asymilacyjnych w liściach oraz suchej masy w częściach nadziemnych, jednostkowej masy owocu truskawki oraz zawartości kwasu askorbinowego, ekstraktu i kwasowości ogólnej owoców truskawki.

W celu określenia istotności różnic pomiędzy średnimi (z obiektów doświadczalnych) i dla interakcji dokonano separacji grup jednorodnych, za pomocą testu Duncana, na poziomie istotności $\alpha < 0,05$. Dla danych liczbowych, dotyczących parametrów wymiany gazowej oraz zawartości barwników fotosyntetycznych i wskaźnika względnej zawartości wody (RWC), analizę wariancji wykonano osobno dla każdego terminu pomiaru (fazy rozwojowej roślin).

Do obliczeń statystycznych wykorzystano program Statistica® w wersji 9,0.

2.6. Warunki meteorologiczne

Szczecin leży w rejonie oddziaływania klimatu subatlantyckiego. Oddziaływanie morza i dużych zbiorników wodnych w jego najbliższym otoczeniu wpływa na stosunkowo wysoką średnią roczną temperaturę powietrza, przy niskiej rocznej amplitudzie temperatur. W porównaniu z innymi rejonami kraju, okolice Szczecina charakteryzują się stosunkowo łagodnymi zimami i chłodnymi okresami lata (Koźmiński i Czarnecka 1993). Średnia roczna temperatura powietrza w okolicach Szczecina należy do najwyższych w kraju i wynosi od 8,0 do 8,5°C. Najcieplejszym miesiącem jest lipiec, ze średnią temperaturą około 17,5°C, zaś najchłodniejszym styczeń, ze średnią temperaturą od –0,5 do –1,0°C. Okres wegetacyjny (ze średnią temperaturą dobową przekraczającą 5°C) trwa od 212 do 226 dni i należy do najdłuższych w kraju (Koźmiński i in. 2007). Badania Michalskiej (2011) oraz Gregorczyka i Michalskiej (2011) wskazują na stopniowy wzrost temperatury powietrza w Szczecinie. Wspomniani autorzy stwierdzili występowanie dodatniego trendu liniowego o współczynniku regresji $0,024^{\circ}\text{C} \cdot \text{rok}^{-1}$ średniej rocznej temperatury w latach 1949–2008. Jak podaje Michalska (2011), zmniejszanie się rocznej amplitudy temperatury powietrza w kolejnych dekadach świadczy o coraz większym oddziaływaniu Oceanu Atlantyckiego na klimat kraju. Według

wspomnianej autorki, wzrost temperatury powietrza na przedwiośniu i wiosną będzie skutkował stopniowym wydłużaniem się okresu wegetacyjnego.

Średnie roczne sumy usłonecznienia rzeczywistego wynoszą od 1500 do 1550 h, a największe usłonecznienie występuje w maju, a następnie w lipcu (Czarnecka 1996).

Charakterystykę głównych elementów meteorologicznych w latach prowadzenia badań i w wieloleciu przedstawiono w tabeli 3 oraz na klimatogramach okresów wegetacyjnych (IV–IX), w układzie dekadowym (rys. 1), opracowanych według Waltera i Lietha w modyfikacji Gregorczyka (1995). Wykorzystano i zinterpretowano dane meteorologiczne z położonej najbliższej miejsca prowadzonych badań Stacji Meteorologicznej Szczecin-Dąbie, które mogły wpływać na przebieg doświadczeń.

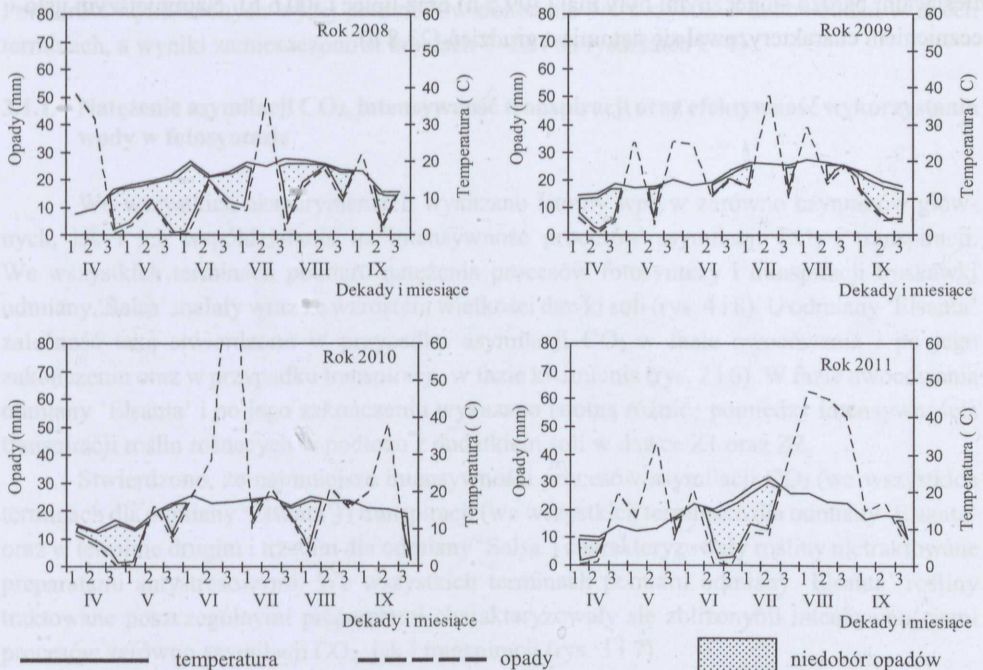
Tabela 3. Warunki meteorologiczne w latach 2008–2011 na tle średnich wieloletnich dla Stacji Meteorologicznej w Szczecinie-Dąbiu

Lata	Miesiąc												Średnia/suma	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	IV–IX	I–XII
Średnia temperatura powietrza (°C)														
2008	3,3	4,8	4,7	8,4	14,4	17,6	19,2	18,6	13,6	9,8	5,9	2,0	15,3	10,2
Odchylenie	3,5	4,2	1,1	0,4	1,2	1,4	1,0	0,8	0,0	0,5	1,5	0,8	0,8	1,4
2009	-1,5	0,3	4,5	11,9	13,2	15,1	19,2	19,1	14,9	7,8	7,2	-0,1	15,6	9,3
Odchylenie	1,3	0,3	0,9	3,9	0,0	1,1	1,0	1,3	1,3	1,5	2,8	1,3	1,1	0,5
2010	-5,6	-0,4	4,0	8,8	11,1	16,5	21,7	18,5	13,1	7,6	4,8	-4,6	15,0	8,0
Odchylenie	-5,4	1,0	0,4	0,8	2,1	0,3	3,5	0,7	0,5	1,7	0,4	5,8	0,5	0,8
2011	0,9	-1,0	3,8	11,6	14,2	17,8	17,6	18,0	15,1	9,8	4,3	4,4	15,7	9,7
Odchylenie	1,1	1,6	0,2	3,6	1,0	1,6	0,6	0,2	1,5	0,5	0,1	3,2	1,2	0,9
1968–2007	-0,2	0,6	3,6	8,0	13,2	16,2	18,2	17,8	13,6	9,3	4,4	1,2	14,5	8,8
Usłonecznienie (h)														
2008	48,9	56,9	92,3	136,2	337,4	294,7	286,6	168,6	124,3	96,7	37,9	33,4	1347,8	1713,9
Procent normy	127,3	94,2	84,7	82,8	144,7	136,0	127,7	77,8	91,4	100,1	87,5	112,1	113,1	109,2
2009	50,4	31,3	74,9	316,8	244,1	205,2	238,3	276,7	175,0	76,3	45,2	22,7	1456,1	1756,9
Procent normy	131,2	51,8	68,8	192,6	104,7	94,7	106,1	127,7	128,7	79,0	104,4	76,2	122,2	112,0
2010	27,6	34,5	82,1	213,9	115,5	301,0	334,7	151,5	144,7	119,9	10,0	14,5	1261,3	1549,9
Procent normy	71,8	57,1	75,4	130,0	49,5	138,9	149,1	69,9	106,4	124,1	23,1	48,7	105,8	98,8
2011	35,6	88,3	161,2	225,5	309,5	186,0	300,6	204,4	180,2	129,2	87	23,8	1406,2	1931,3
Procent normy	92,6	146,2	148,0	137,1	132,7	85,8	133,9	94,3	132,5	133,7	200,9	79,9	118,0	123,1
1968–2007	38,4	60,4	108,9	164,5	233,2	216,7	224,5	216,7	136,0	96,6	43,3	29,8	1191,8	1569,2
Suma opadów (mm)														
2008	61,8	23,5	58,8	91,7	14,5	28,1	59,2	51,5	45,4	68,0	40,2	36,8	290,4	579,2
Procent normy	164,4	78,3	164,5	260,2	28,4	46,2	94,3	94,8	99,2	176,8	92,2	88,0	93,6	107,8
2009	12,6	43,4	53,1	10,3	70,5	64,8	79,5	81,6	21,3	107,6	59,1	25,8	328,0	629,6
Procent normy	33,5	144,7	148,6	29,2	137,9	106,5	126,7	150,2	46,5	279,7	135,5	61,7	105,8	117,2
2010	35,1	22,6	42,8	26,7	74,9	21,2	62,6	172,4	54,6	32,3	109,2	61,1	412,4	715,5
Procent normy	93,4	75,3	119,8	75,8	146,5	34,8	99,7	317,3	119,3	84,0	250,4	146,1	133,0	133,2
2011	22,9	31,7	27,7	16,9	37,1	184,6	49,8	51,7	76,5	52,6	1,1	77,5	416,6	630,1
Procent normy	60,9	105,7	77,5	48,0	72,6	303,3	79,3	95,2	167,1	136,7	2,5	185,3	134,3	117,3
1968–2007	37,6	30,0	35,7	35,2	51,1	60,9	62,8	54,3	45,8	38,5	43,6	41,8	310,1	537,3

Źródło: Biuletyn Agrometeorologiczny IMiGW (1969–2011).

W pierwszym roku badań (2008 r.) średnia temperatura powietrza dla całego roku, jak i dla okresu wegetacyjnego (IV–IX), była wyższa od średnich wieloletnich (odpowiednio o 1,4 i 0,8°C). Najchłodniejszym miesiącem w analizowanym roku był grudzień (2,0°C), najcieplejszym natomiast lipiec (19,2°C).

W 2008 roku usłonecznienie rzeczywiste zarówno dla całego roku, jak i dla okresu wegetacyjnego, było większe niż w wieloleciu. Dla całego roku wynosiło 113,1% normy, a dla okresu wegetacyjnego (IV–IX) – 109,2% normy. W styczniu, maju, czerwcu, październiku i grudniu zanotowano usłonecznienie powyżej wartości przeciętnej. W pozostałych miesiącach usłonecznienie rzeczywiste było mniejsze od normy wieloletniej.



Rys. 1. Klimatogramy okresu wegetacyjnego (IV–IX) według Waltera i Lietha, w modyfikacji Gregorczyka (1995), w układzie dekadowym

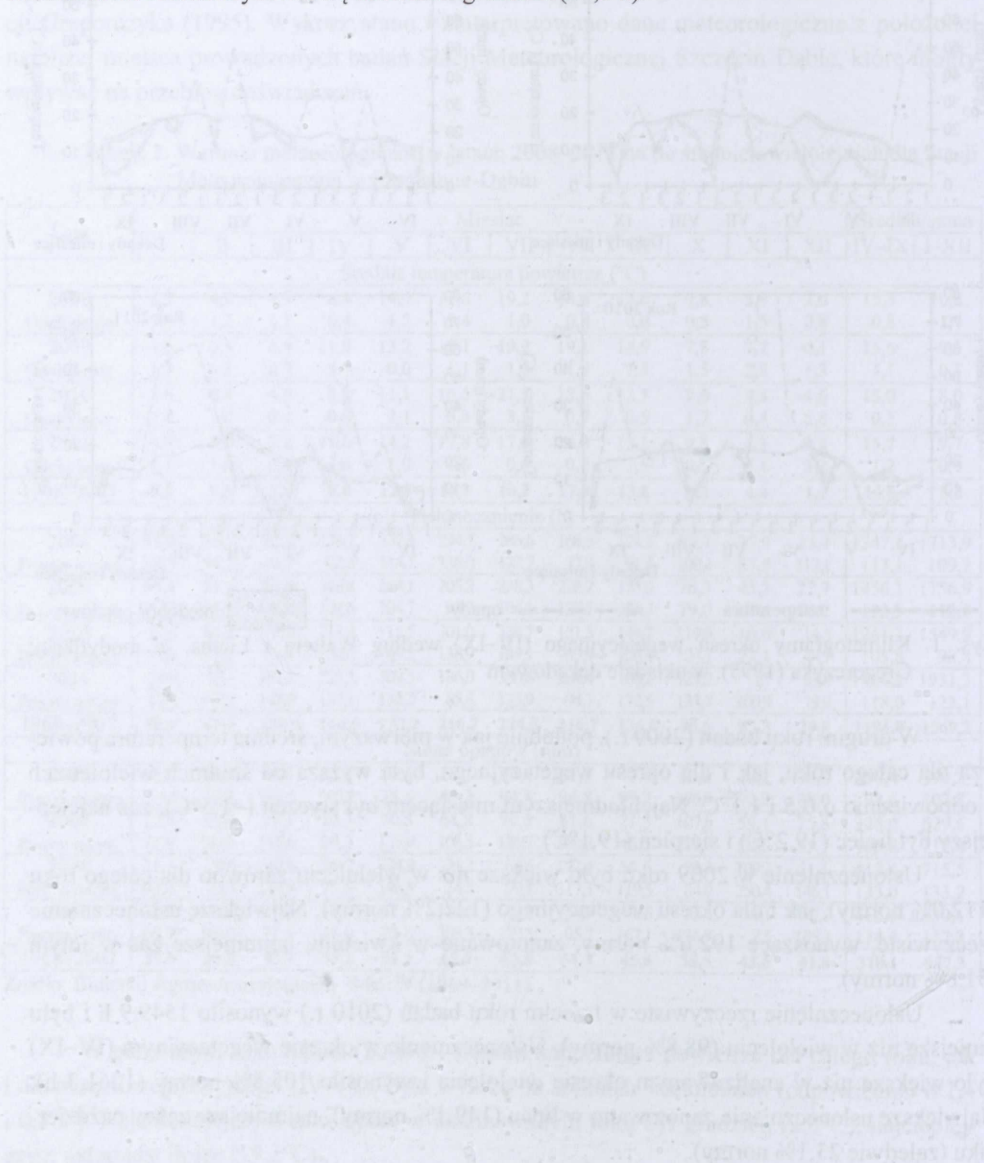
W drugim roku badań (2009 r.), podobnie jak w pierwszym, średnia temperatura powietrza dla całego roku, jak i dla okresu wegetacyjnego, była wyższa od średnich wieloletnich – odpowiednio o 0,5 i 1,1°C. Najchłodniejszym miesiącem był styczeń ($-1,5^{\circ}\text{C}$), zaś najcieplejszy był lipiec ($19,2^{\circ}\text{C}$) i sierpień ($19,1^{\circ}\text{C}$).

Usłonecznienie w 2009 roku było większe niż w wieloleciu zarówno dla całego roku (112,0% normy), jak i dla okresu wegetacyjnego (122,2% normy). Największe usłonecznienie rzeczywiste, wynoszące 192,6% normy, zanotowano w kwietniu, najmniejsze zaś w lutym (51,8% normy).

Usłonecznienie rzeczywiste w trzecim roku badań (2010 r.) wynosiło 1549,9 h i było mniejsze niż w wieloleciu (98,8% normy). Usłonecznienie w okresie wegetacyjnym (IV–IX) było większe niż w analizowanym okresie wielolecia i wynosiło 105,8% normy (1261,3 h). Największe usłonecznienie zanotowano w lipcu (149,1% normy), najmniejsze zaś w październiku (zaledwie 23,1% normy).

W 2011 roku średnia temperatura powietrza, dla całego roku i okresu wegetacyjnego, była wyższa od średnich wieloletnich – odpowiednio o 0,9 i 1,2°C. Najcieplejszymi miesiącami były: sierpień (18,0°C), czerwiec (17,8°C) i lipiec (17,6°C), najchłodniejszym zaś luty (-1,0°C).

Suma usłonecznienia w 2011 roku zarówno dla całego roku, jak również dla okresu IV–IX, była wyższa niż w wieloleciu i wynosiła odpowiednio – 123,1 i 118,0% normy. Miesiącami bardzo słonecznymi były maj (309,5 h) oraz lipiec (300,6 h). Najmniejszym usłonecznieniem charakteryzował się natomiast grudzień (23,8 h).



3. Wyniki

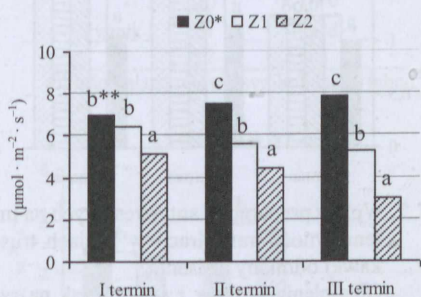
3.1. Parametry wymiany gazowej w liściach

Pomiary wymiany gazowej w liściach badanych odmian truskawek oraz gatunków traw polegały na określeniu natężenia procesu asymilacji CO_2 (A), intensywności transpiracji (E), wskaźnika efektywności wykorzystania wody w fotosyntezie (ω_F), przewodności szparkowej dla wody (g_s) oraz stężenia dwutlenku węgla w przestworach międzykomórkowych (c_i). Pomiarów wymienionych wyżej parametrów dokonano we wszystkich latach badań w trzech terminach, a wyniki zamieszczono w tabelach 4–23 i na rysunkach 2–41.

3.1.1. Natężenie asymilacji CO_2 , intensywność transpiracji oraz efektywność wykorzystania wody w fotosyntezie

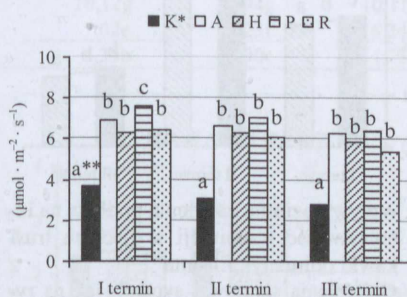
We wszystkich eksperymentach wykazano istotny wpływ zarówno czynników głównych, jak i ich współdziałania na intensywność procesów asymilacji CO_2 i transpiracji. We wszystkich terminach pomiaru natężenia procesów fotosyntezy i transpiracji truskawki odmiany ‘Salsa’ malały wraz ze wzrostem wielkości dawki soli (rys. 4 i 8). U odmiany ‘Elsanta’ zależność taką stwierdzono w przypadku asymilacji CO_2 w fazie owocowania i po jego zakończeniu oraz w przypadku transpiracji, w fazie kwitnienia (rys. 2 i 6). W fazie owocowania odmiany ‘Elsanta’ i po jego zakończeniu wykazano istotną różnicę pomiędzy intensywnością transpiracji roślin rosnących w podłożu z dodatkiem soli w dawce Z1 oraz Z2.

Stwierdzono, że najmniejsze intensywności procesów asymilacji CO_2 (we wszystkich terminach dla odmiany ‘Elsanta’) i transpiracji (we wszystkich terminach dla odmiany ‘Elsanta’ oraz w terminie drugim i trzecim dla odmiany ‘Salsa’) charakteryzowały rośliny nietraktowane preparatami antystresowymi. We wszystkich terminach pomiaru odmiany ‘Elsanta’ rośliny traktowane poszczególnymi preparatami charakteryzowały się zbliżonymi intensywnościami procesów zarówno asymilacji CO_2 , jak i transpiracji (rys. 3 i 7).



Rys. 2. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na natężenie asymilacji CO_2 w liściach truskawki odmiany ‘Elsanta’

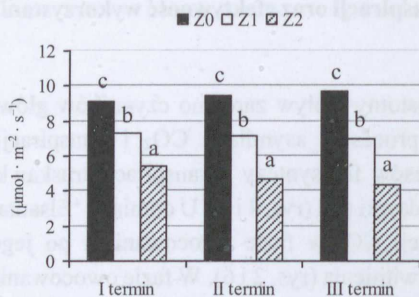
*Z0 – kontrola, Z1 – 10 mmol NaCl · dm⁻³; Z2 – 35 mmol NaCl · dm⁻³; ** średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.



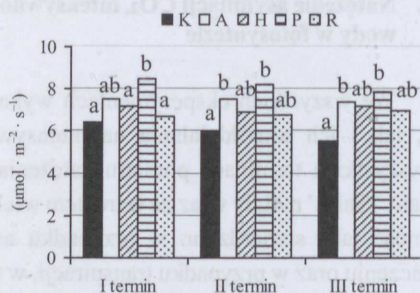
Rys. 3. Wpływ preparatów antystresowych na natężenie asymilacji CO_2 w liściach truskawki odmiany ‘Elsanta’

*K – kontrola, A – Algex, H – Hergit, P – Pentakap[®]super, R – Resistim; ** średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

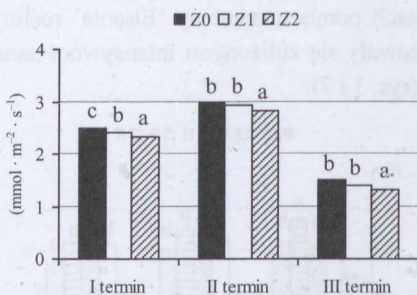
W przypadku odmiany 'Salsa' największe natężenie fotosyntezy (w pierwszym terminie istotnie różne od obiektów kontrolnych oraz opryskiwanych preparatami Hergit i Resistim oraz w kolejnych terminach większe od obiektów kontrolnych) wykazywały rośliny traktowane preparatem Pentakeep®super (rys. 5). Największą intensywność transpiracji odmiany 'Salsa' stwierdzono także po zastosowaniu preparatu zawierającego kwas 5-aminolewulinowy. W drugim terminie pomiaru różniła się ona istotnie od wszystkich pozostałych wariantów doświadczenia, w trzecim od natężenia w obiektach kontrolnych oraz traktowanych preparatem Resistim (rys. 9).



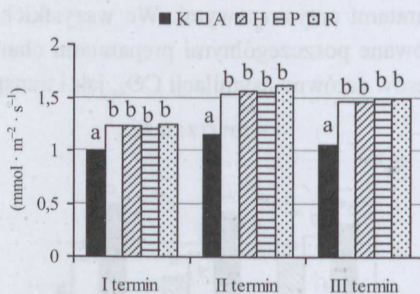
Rys. 4. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na natężenie asymilacji CO₂ w liściach truskawki odmiany 'Salsa' Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 2.



Rys. 5. Wpływ preparatów antystresowych na natężenie asymilacji CO₂ w liściach truskawki odmiany 'Salsa' Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.



Rys. 6. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na intensywność transpiracji w liściach truskawki odmiany „Elsanta” Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 2.



Rys. 7. Wpływ preparatów antystresowych na intensywność transpiracji w liściach truskawki odmiany „Elsanta” Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.

Biorąc pod uwagę interakcję czynników eksperymentu stwierdzono, że najmniejszą intensywnością asymilacji CO₂ charakteryzowały się we wszystkich terminach pomiaru obie badane odmiany truskawki, rosnące w największym zasoleniu podłoża, nieopryskiwane doliście (tab. 4 i 5). Dla odmiany 'Elsanta', rosnącej w warunkach zróżnicowanego stężenia soli, w przypadku wszystkich poziomów zasolenia większe natężenie asymilacji CO₂ stwierdzano w przypadku roślin traktowanych preparatami antystresowymi (tab. 4).

Tabela 4. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na natężenie asymilacji CO₂ w liściach truskawki odmiany 'Elsanta' ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

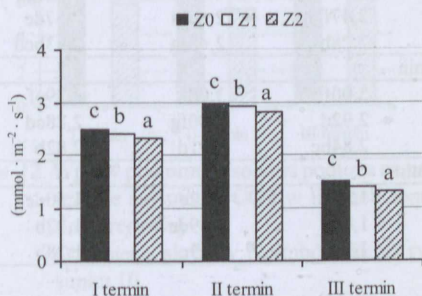
		Czynnik II				
		K	A	H	P	R
I termin						
Czynnik I	Z0	5,19c	7,93g	7,02f	8,10g	6,66ef
	Z1	3,45b	6,98f	6,83ef	8,09g	6,70ef
	Z2	2,36a	5,87d	5,09c	6,51e	5,92d
II termin						
Czynnik I	Z0	4,63c	8,45jk	8,23j	8,73k	7,52i
	Z1	2,97b	6,25h	6,00gh	7,24i	5,61fg
	Z2	1,37a	5,31ef	4,74cd	5,19def	5,12de
III termin						
Czynnik I	Z0	4,70ef	8,52ij	8,87jk	9,12k	8,07i
	Z1	2,46b	5,83g	6,12g	7,01h	4,97f
	Z2	1,33a	4,46e	2,71bc	3,16cd	3,29d

Objaśnienia: Z0 – kontrola, Z1 – 10 mmol NaCl · dm⁻³, Z2 – 35 mmol NaCl · dm⁻³, K – kontrola, A – Algex, H – Hergit, P – Pentakeep[®]super, R – Resistim.

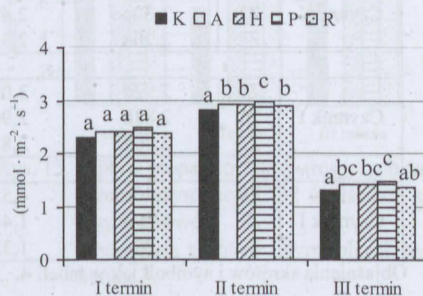
Tabela 5. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na natężenie asymilacji CO₂ w liściach truskawki odmiany 'Salsa' ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

		Czynnik II				
		K	A	H	P	R
I termin						
Czynnik I	Z0	8,60g	9,11h	8,88gh	10,02i	8,84gh
	Z1	6,80e	7,25f	7,10ef	9,11h	6,29d
	Z2	4,01a	6,17d	5,59c	6,24d	5,01b
II termin						
Czynnik I	Z0	8,74f	9,56g	8,98f	10,06g	9,79g
	Z1	6,21d	7,61e	7,11e	8,49f	6,34d
	Z2	3,07a	5,48c	4,62b	6,07d	4,30b
III termin						
Czynnik I	Z0	8,30f	10,11g	10,12g	9,94g	10,11g
	Z1	5,83cd	7,46e	7,02e	8,23f	6,24d
	Z2	2,53a	4,65b	4,35b	5,50c	4,73b

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.



Rys. 8. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na intensywność transpiracji w liściach truskawki odmiany 'Salsa'
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 2.



Rys. 9. Wpływ preparatów antystresowych na intensywność transpiracji w liściach truskawki odmiany 'Salsa'
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.

W przypadku odmiany 'Salsa' największe wartości asymilacji CO₂ wykazywały rośliny z kombinacji Z1P i Z0A – w pierwszym terminie pomiaru, Z0P, Z0R i Z0A – w terminie drugim oraz Z0H, Z0A, Z0R i Z0P – w terminie trzecim (tab. 5). Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na intensywność transpiracji był zróżnicowany, zależny zarówno od odmiany, jak i fazy rozwojowej truskawki. We wszystkich terminach pomiaru badanych odmian większe od kontroli (wariant bez opryskiwania dolistnego) natężenie transpiracji roślin rosnących w podłożu z dodatkiem NaCl zarówno w dawce Z1, jak i Z2, wykazano po aplikacji każdego z preparatów. We wszystkich fazach rozwojowych truskawki najmniejsza intensywność transpiracji charakteryzowała rośliny z kombinacji Z2K (tab. 6 i 7).

Tabela 6. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na intensywność transpiracji w liściach truskawki odmiany 'Elsanta' ($\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

		Czynnik II				
		K	A	H	P	R
I termin						
Czynnik I	Z0	1,25fg	1,35h	1,29fgh	1,33gh	1,27fgh
	Z1	1,05bc	1,20def	1,25fg	1,23ef	1,26fg
	Z2	0,71a	1,14cd	1,15de	1,05bc	1,20def
II termin						
Czynnik I	Z0	1,57e	1,56de	1,63f	1,64fg	1,69g
	Z1	1,39b	1,56e	1,51de	1,55de	1,64fg
	Z2	0,50a	1,50cd	1,54de	1,44c	1,51de
III termin						
Czynnik I	Z0	1,45def	1,48fgh	1,57i	1,55i	1,56i
	Z1	1,33b	1,47efg	1,42cd	1,50gh	1,51h
	Z2	0,34a	1,44cd	1,39c	1,46def	1,44cd

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

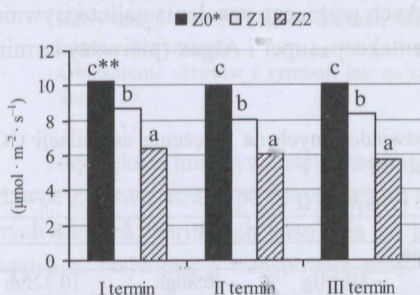
Tabela 7. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na intensywność transpiracji w liściach truskawki odmiany 'Salsa' ($\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

		Czynnik II				
		K	A	H	P	R
I termin						
Czynnik I	Z0	2,42ef	2,48gh	2,50hi	2,55i	2,46fgh
	Z1	2,30bc	2,43fg	2,47fgh	2,50hi	2,37de
	Z2	2,20a	2,35cd	2,28b	2,43fg	2,33bcd
II termin						
Czynnik I	Z0	2,92d	3,02gh	3,00fg	3,06h	2,99ef
	Z1	2,83b	2,96ef	2,92d	3,00fg	2,88cd
	Z2	2,70a	2,83b	2,84bc	2,91d	2,82b
III termin						
Czynnik I	Z0	1,46cd	1,53e	1,54e	1,52e	1,50de
	Z1	1,28b	1,44c	1,43c	1,49de	1,32b
	Z2	1,23a	1,32b	1,31b	1,43c	1,28b

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

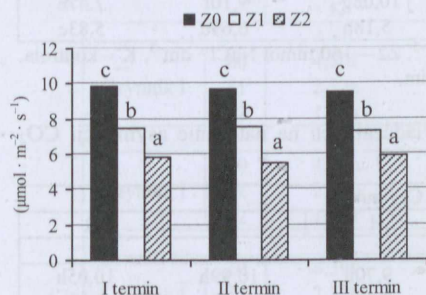
W eksperymentach z miskantem olbrzymim oraz spartiną preriową wykazano istotny wpływ zarówno efektów głównych, jak i interakcji na intensywność asymilacji CO₂ oraz transpiracji. W drugim i trzecim terminie pomiaru u miskanta oraz w pierwszym i drugim u spartiny natężenie asymilacji CO₂ malało istotnie wraz ze wzrostem dawki NaCl (rys. 10

i 12). Zależność taką odnotowano również dla transpiracji spartiny we wszystkich terminach pomiaru oraz miskanta w terminie drugim (rys. 14 i 16). W pierwszym terminie pomiaru miskanta najmniejsze natężenie asymilacji CO_2 stwierdzono u roślin rosnących w podłożu z dodatkiem NaCl w dawce Z2. W pierwszym i trzecim terminie pomiaru tego gatunku największą intensywność transpiracji wykazywały rośliny kontrolne. W trzecim terminie u spartiny nie wykazano wpływu zróżnicowanego poziomu zasolenia na intensywność asymilacji CO_2 . Zastosowanie preparatów antystresowych zwiększało istotnie intensywność fotosyntezy badanych gatunków traw (w przypadku miskanta we wszystkich terminach pomiaru, w przypadku spartiny w terminach pierwszym i drugim) – rysunki 11 i 13.

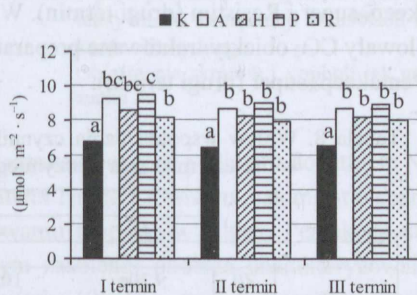


Rys. 10. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na natężenie asymilacji CO_2 w liściach miskanta olbrzymiego

*Z0 – kontrola, Z1 – 95 mmol $\text{NaCl} \cdot \text{dm}^{-3}$, Z2 – 160 mmol $\text{NaCl} \cdot \text{dm}^{-3}$; ** średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

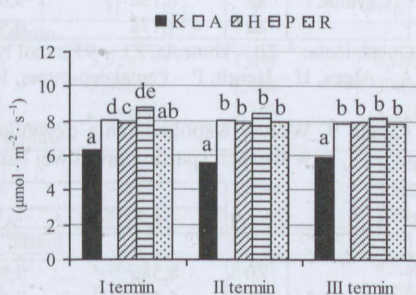


Rys. 12. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na natężenie asymilacji CO_2 w liściach spartiny preriowej
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 10.



Rys. 11. Wpływ preparatów antystresowych na natężenie asymilacji CO_2 w liściach miskanta olbrzymiego

Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.



Rys. 13. Wpływ preparatów antystresowych na natężenie asymilacji CO_2 w liściach spartiny preriowej

Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.

W przypadku spartiny rośliny kontrolne wykazywały także w każdym z terminów najniższą transpirację (rys. 17). Natężenia asymilacji CO_2 roślin miskanta (w drugim i trzecim terminie pomiaru) oraz spartiny (we wszystkich terminach) traktowanych różnymi preparatami kształtowały się na podobnym poziomie.

Analizując wpływ współdziałania czynników eksperymentu wykazano, że najmniejsza intensywność asymilacji CO₂ charakteryzowała rośliny miskanta (we wszystkich terminach pomiaru) i spartiny (w pierwszym i drugim terminie) z kombinacji Z2K (tab. 8 i 9). Największe natężenia tego procesu stwierdzano w przypadku miskanta rosnącego w podłożu o niższym zasoleniu po opryskiwaniu preparatami Pentakeep®super i Hergit (oscylowały one w zakresie od 9,60 do 10,14 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), zaś w przypadku zasolenia wyższego po aplikacji preparatów Algex i Pentakeep®super (wynosiły od 6,99 do 7,65 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) – tabela 8. Największą intensywność fotosyntezy u spartiny wykazywano natomiast przy niższej dawce NaCl u roślin traktowanych preparatami Hergit i Pentakeep®super (pierwszy termin) oraz Hergit, Pentakeep®super i Resistim (drugi termin). W warunkach wyższego zasolenia najintensywniej asymilowały CO₂ obiekty traktowane preparatami Pentakeep®super i Algex (pierwszy termin) oraz Pentakeep®super (drugi termin).

Tabela 8. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na natężenie asymilacji CO₂ w liściach miskanta olbrzymiego ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

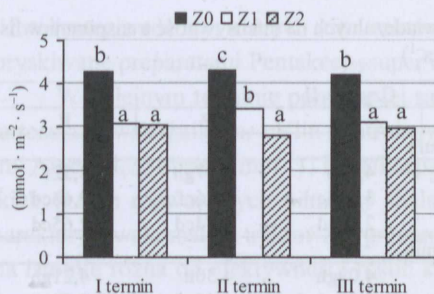
		Czynnik II				
		K	A	H	P	R
I termin						
Czynnik I	Z0	9,20e	10,95h	10,13fg	10,80gh	10,32fgh
	Z1	6,49c	9,19e	10,12fg	10,14f	7,65d
	Z2	4,64a	7,60d	5,61b	7,65d	6,72c
II termin						
Czynnik I	Z0	9,40ef	9,75f	9,87f	10,46g	10,79g
	Z1	5,51b	9,02e	9,60f	9,39ef	6,87d
	Z2	4,42a	7,24d	5,37b	7,23d	6,28c
III termin						
Czynnik I	Z0	9,20f	10,16g	9,27f	11,06h	10,70h
	Z1	6,13c	9,00f	10,08g	9,10f	7,47e
	Z2	4,17a	6,99de	5,18b	6,69d	5,83c

Objaśnienia: * Z0 – kontrola, Z1 – 95 mmol NaCl · dm⁻³, Z2 – 160 mmol NaCl · dm⁻³, K – kontrola, A – Algex, H – Hergit, P – Pentakeep®super, R – Resistim.

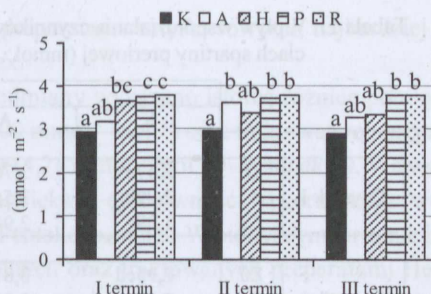
Tabela 9. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na natężenie asymilacji CO₂ w liściach spartiny preriowej ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

		Czynnik II				
		K	A	H	P	R
I termin						
Czynnik I	Z0	8,58g	9,97h	9,70h	10,99h	10,05h
	Z1	5,58bc	7,57f	8,31g	8,50g	7,37ef
	Z2	4,83a	6,58d	5,76c	6,92de	5,12ab
II termin						
Czynnik I	Z0	7,51e	10,35gh	10,18gh	9,91g	10,62h
	Z1	5,14b	7,52e	8,32f	8,56f	8,28f
	Z2	4,21a	6,28c	5,29b	6,97d	4,91b
III termin						
Czynnik I	Z0	7,27a	10,06a	10,09a	10,01a	10,06a
	Z1	4,67a	7,23a	8,07a	8,21a	8,24a
	Z2	5,79a	6,52a	5,67a	6,31a	5,24a

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 8.



Rys. 14. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na intensywność transpiracji w liściach miskanta olbrzymiego
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 10.



Rys. 15. Wpływ preparatów antystresowych na intensywność transpiracji w liściach miskanta olbrzymiego
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.

Największą intensywność transpiracji miskanta rosnącego w podłożu z dodatkiem NaCl w dawce Z1 stwierdzano po opryskiwaniu preparatami Hergit i Resistim, natomiast u spartyny w tych samych warunkach zasolenia po zastosowaniu preparatów Algex, Pentakeep®super i Resistim. Największą transpiracją przy wyższym zasoleniu podłoża charakteryzował się miskant traktowany preparatem Pentakeep®super (tab. 10). W przypadku spartyny rosnącej w podłożu z dodatkiem NaCl w dawce Z2 rośliny traktowane poszczególnymi preparatami transpirowały ze zbliżoną intensywnością (tab. 11).

Tabela 10. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na intensywność transpiracji w liściach miskanta olbrzymiego ($\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

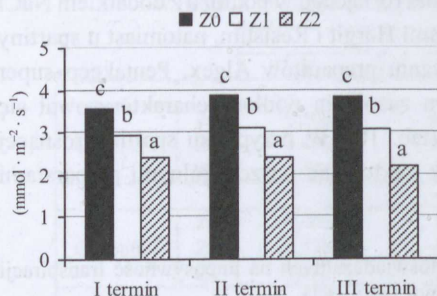
		Czynnik II				
		K	A	H	P	R
I termin						
Czynnik I	Z0	4,50f	3,69de	3,92e	4,64f	4,69f
	Z1	2,32a	2,81b	3,84e	2,96b	3,46cde
	Z2	1,98a	3,05bc	3,24bcd	3,74e	3,22bcd
II termin						
Czynnik I	Z0	4,61h	4,36gh	3,34d	4,77h	4,50h
	Z1	2,54b	3,43de	3,97fg	3,29d	3,80ef
	Z2	1,83a	3,10cd	2,85bc	3,19cd	3,09cd
III termin						
Czynnik I	Z0	4,39f	3,72e	3,76e	4,70f	4,51f
	Z1	2,37b	3,06cd	3,38de	2,96c	3,71e
	Z2	1,95a	3,09cd	2,89c	3,76e	3,22cd

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 8.

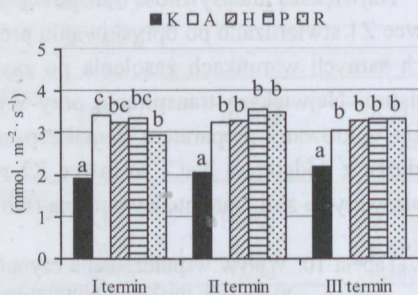
Tabela 11. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na intensywność transpiracji w liściach spartiny preriowej ($\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

		Czynnik II				
		K	A	H	P	R
I termin						
Czynnik I	Z0	2,57c	3,76fgh	4,08h	3,97gh	3,52f
	Z1	2,09b	3,56fg	3,05de	3,36ef	2,66cd
	Z2	1,09a	2,94cd	2,63cd	2,74cd	2,65cd
II termin						
Czynnik I	Z0	2,95cd	3,87fg	4,09gh	4,30h	4,21gh
	Z1	2,26b	3,21de	3,01cd	3,46e	3,54ef
	Z2	1,00a	2,73c	2,73c	2,89cd	2,67c
III termin						
Czynnik I	Z0	2,95ef	4,00h	4,03h	4,15h	4,10h
	Z1	2,66d	3,11f	3,01ef	3,15f	3,41g
	Z2	0,99a	2,06b	2,84de	2,65d	2,42c

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 8.



Rys. 16. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na intensywność transpiracji w liściach spartiny preriowej
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 10.



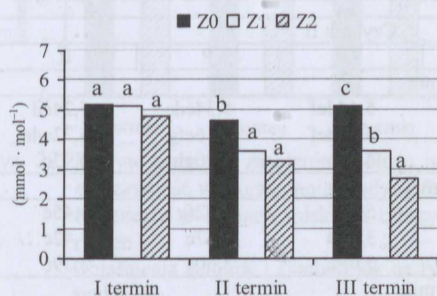
Rys. 17. Wpływ preparatów antystresowych na intensywność transpiracji w liściach spartiny preriowej
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.

Na podstawie uzyskanych wyników badań dotyczących natężenia asymilacji CO_2 oraz intensywności transpiracji obliczono, dla każdego terminu pomiaru, wskaźniki efektywności wykorzystania wody w fotosyntezie. Na jego wartości, w przypadku badanych odmian truskawki, istotny wpływ wywarły zarówno czynniki główne eksperymentu, jak i ich współdziałanie. We wszystkich terminach pomiaru odmiany 'Salsa' oraz po owocowaniu odmiany 'Elsanta' efektywność wykorzystania wody w fotosyntezie malała wraz ze wzrostem dawki NaCl (rys. 18 i 20). Średnio dla terminów, u odmian 'Elsanta' oraz 'Salsa', wskaźnik ten w przypadku roślin rosnących w podłożu z dodatkiem NaCl w dawce Z2 był niższy od wskaźnika roślin kontrolnych – odpowiednio o 44 i 28%. W czasie owocowania odmiany 'Elsanta' efektywność wykorzystania wody w fotosyntezie roślin poddanych działaniu soli w dawkach Z1 i Z2 była zbliżona, istotnie niższa od kontroli.

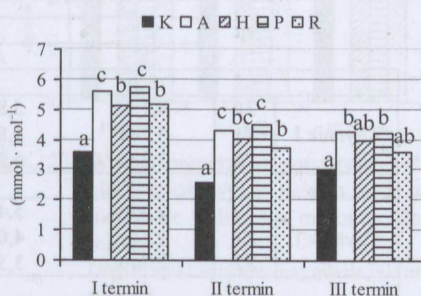
Porównując wpływ drugiego z czynników doświadczalnych stwierdzono, że w fazie kwitnienia i owocowania odmiany 'Elsanta' najmniej efektywnie wykorzystywały wodę

w fotosyntezie rośliny, których nie traktowano preparatami antystresowymi, najbardziej zaś opryskiwane preparatami Pentakeep®super i Algex.

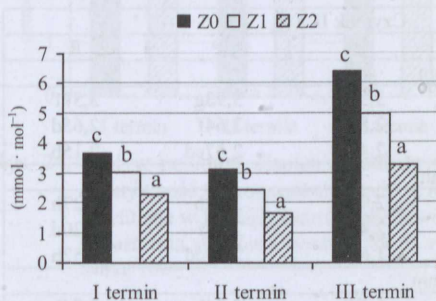
W kolejnym terminie pomiaru tej samej odmiany wykazano istotną różnicę pomiędzy wartościami wskaźnika ω_F roślin kontrolnych ($3,00 \text{ mmol} \cdot \text{mol}^{-1}$) oraz traktowanych preparatami Algex ($4,27 \text{ mmol} \cdot \text{mol}^{-1}$) i Pentakeep®super ($4,24 \text{ mmol} \cdot \text{mol}^{-1}$) – rysunek 19. We wszystkich fazach rozwojowych odmiany ‘Salsa’ największa efektywność wykorzystania wody charakteryzowała rośliny traktowane preparatem Pentakeep®super. W pierwszym terminie była ona istotnie różna od efektywności roślin kontrolnych oraz traktowanych preparatami Hergit i Resistim. W kolejnych dwóch terminach natomiast od wartości zanotowanej dla roślin kontrolnych (rys. 21).



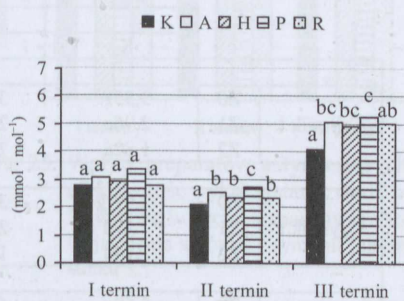
Rys. 18. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na efektywność wykorzystania wody w fotosyntezie w liściach truskawki odmiany ‘Elsanta’
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 2.



Rys. 19. Wpływ preparatów antystresowych na efektywność wykorzystania wody w fotosyntezie w liściach truskawki odmiany ‘Elsanta’
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.



Rys. 20. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na efektywność wykorzystania wody w fotosyntezie w liściach truskawki odmiany ‘Salsa’
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 2.



Rys. 21. Wpływ preparatów antystresowych na efektywność wykorzystania wody w fotosyntezie w liściach truskawki odmiany ‘Salsa’
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.

Analizując wpływ interakcji czynników doświadczalnych stwierdzono, że w przypadku odmiany ‘Elsanta’, rosnącej w podłożu z dodatkiem NaCl w dawce Z1, większe od kontroli wartości wskaźnika efektywności wykorzystania wody w fotosyntezie uzyskano po opryskiwaniu

preparatami antystresowymi. W przypadku roślin poddanych działaniu wyższej dawki NaCl, większą od roślin kontrolnych fotosyntetyczną efektywność wykorzystania wody posiadały rośliny traktowane każdym z badanych preparatów (w fazie kwitnienia) oraz opryskiwane preparatami Algex, Pentakeep[®]super i Resistim (w fazie owocowania) – tabela 12. W przypadku odmiany ‘Salsa’, we wszystkich terminach pomiaru najmniej efektywnie wykorzystywały wodę rośliny rosnące w podłożu z dodatkiem soli w dawce Z2, nietraktowane dolistnie. W warunkach najwyższego stężenia soli rośliny tej odmiany opryskiwane preparatami o działaniu antystresowym charakteryzowały się większymi, niż obiekty kontrolne, wartościami wskaźnika ω_F (tab. 13).

Tabela 12. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na efektywność wykorzystania wody w fotosyntezie (ω_F) w liściach truskawki odmiany ‘Elsanta’ ($\text{mmol} \cdot \text{mol}^{-1}$)

		Czynnik II				
		K	A	H	P	R
I termin						
Czynnik I	Z0	4,15b	5,87efg	5,44def	5,34cde	5,24cd
	Z1	3,28a	5,82efg	5,46def	5,76efg	5,32cde
	Z2	3,32a	5,15cd	4,43b	6,20gh	4,93c
II termin						
Czynnik I	Z0	2,95b	5,42g	5,05f	5,32fg	4,45e
	Z1	2,14a	4,01d	3,97d	4,67e	3,42c
	Z2	2,74b	3,54c	3,08b	3,60c	3,39c
III termin						
Czynnik I	Z0	3,24bcd	5,76gh	5,65gh	5,88h	5,17fgh
	Z1	1,85a	3,96cde	4,31def	4,67efg	3,29bcd
	Z2	3,91cde	3,10bc	1,95a	2,16ab	2,28ab

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

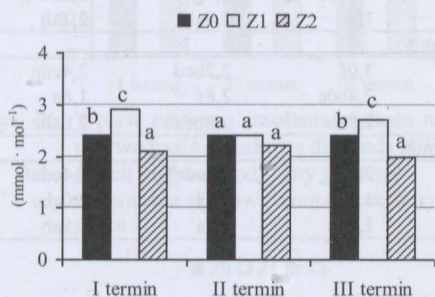
Tabela 13. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na efektywność wykorzystania wody w fotosyntezie (ω_F) w liściach truskawki odmiany ‘Salsa’ ($\text{mmol} \cdot \text{mol}^{-1}$)

		Czynnik II				
		K	A	H	P	R
I termin						
Czynnik I	Z0	3,55f	3,67f	3,55f	3,93g	3,59f
	Z1	2,96e	2,98e	2,87e	3,64f	2,65d
	Z2	1,82a	2,63d	2,45c	2,57cd	2,15b
II termin						
Czynnik I	Z0	2,99fg	3,17gh	2,99fg	3,29h	3,27h
	Z1	2,19d	2,57e	2,43e	2,83f	2,20d
	Z2	1,14a	1,94c	1,63b	2,09cd	1,52b
III termin						
Czynnik I	Z0	5,68g	6,61h	6,57h	6,54h	6,74h
	Z1	4,55d	5,18ef	4,91de	5,52fg	4,73de
	Z2	2,06a	3,52bc	3,32b	3,85c	3,70bc

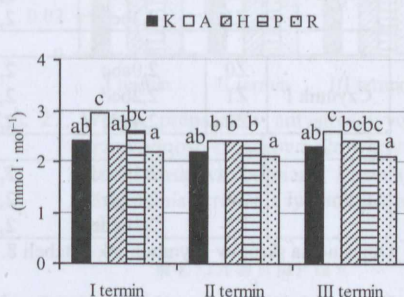
Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

We wszystkich terminach pomiaru spartiny oraz w terminie drugim w przypadku miskanta nie stwierdzono istotnego wpływu zróżnicowanego poziomu zasolenia podłoża na wielkość wskaźnika efektywności wykorzystania wody w fotosyntezie (rys. 22 i 24). W pierwszym i trzecim terminie pomiaru miskanta największą fotosyntetyczną efektywność,

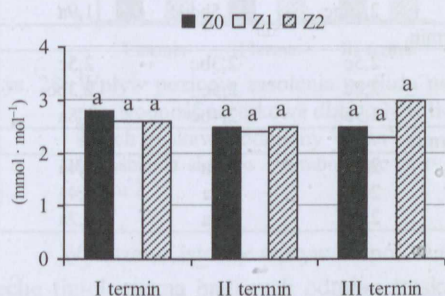
wynoszącą odpowiednio 2,9 oraz 2,7 $\text{mmol} \cdot \text{mol}^{-1}$, wykazano przy dawce Z1. Wpływ poszczególnych preparatów antystresowych na wielkość wskaźnika ω_F u miskanta był zróżnicowany, zależny głównie od terminu pomiaru (rys. 23). W przypadku spartiny istotne oddziaływanie wykazano jedynie w pierwszym terminie pomiaru, w którym stwierdzono najwyższą fotosyntetyczną efektywność wykorzystania wody u obiektów kontrolnych (rys. 25).



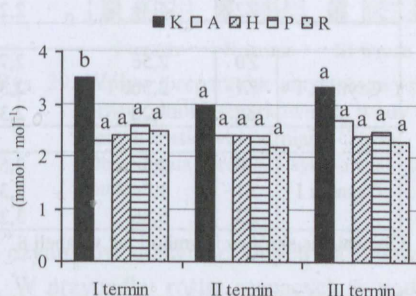
Rys. 22. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na efektywność wykorzystania wody w fotosyntezie w liściach miskanta olbrzymiego
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 10.



Rys. 23. Wpływ preparatów antystresowych na efektywność wykorzystania wody w fotosyntezie w liściach miskanta olbrzymiego
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.



Rys. 24. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na efektywność wykorzystania wody w fotosyntezie w liściach spartiny periwowej
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 10.



Rys. 25. Wpływ preparatów antystresowych na efektywność wykorzystania wody w fotosyntezie w liściach spartiny periwowej
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.

Analizując wpływ współdziałania czynników eksperymentalnych wykazano, że w przypadku miskanta, rosnącego w podłożu o mniejszym zasoleniu, wyższe od obiektów kontrolnych wartości wskaźnika ω_F charakteryzowały rośliny traktowane preparatami Algex, Penta-keep[®]super oraz Hergit (tab. 14).

W przypadku spartiny periwowej w pierwszym i drugim terminie pomiaru najmniejsze wartości wskaźnika ω_F zanotowano w kombinacji Z2R, największe zaś w Z2K. W trzecim terminie wyraźnie większą, od pozostałych obiektów, fotosyntetyczną efektywnością wyróżniała się także kombinacja Z2K (tab. 15).

Tabela 14. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na efektywność wykorzystania wody w fotosyntezie (ω_F) w liściach miskanta olbrzymiego ($\text{mmol} \cdot \text{mol}^{-1}$)

		Czynnik II				
		K	A	H	P	R
I termin						
Czynnik I	Z0	2,0ab	3,0ef	2,6cde	2,3bc	2,2bc
	Z1	2,8de	3,3fg	2,6cde	3,4g	2,2bc
	Z2	2,3bc	2,5bcd	1,7a	2,0ab	2,1ab
II termin						
Czynnik I	Z0	2,0abc	2,2bcd	3,0f	2,2bcd	2,4cde
	Z1	2,2bcd	2,6ef	2,4cde	2,8f	1,8a
	Z2	2,4cde	2,3bcde	1,9ab	2,3bcde	2,0abc
III termin						
Czynnik I	Z0	2,1abcd	2,7ghi	2,5efg	2,4cdef	2,4cdef
	Z1	2,6fgh	2,9hij	3,0ij	3,1j	2,0abc
	Z2	2,1bcde	2,3cde	1,8ab	1,8a	1,8ab

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 8.

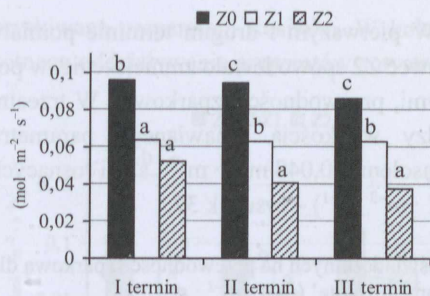
Tabela 15. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na efektywność wykorzystania wody w fotosyntezie (ω_F) w liściach spartiny preriowej ($\text{mmol} \cdot \text{mol}^{-1}$)

		Czynnik II				
		K	A	H	P	R
I termin						
Czynnik I	Z0	3,3f	2,6bcde	2,4abcde	2,8de	2,8e
	Z1	2,7bcde	2,1ab	2,7cde	2,5bcde	2,8e
	Z2	4,4g	2,2abcd	2,2abc	2,5bcde	1,9a
II termin						
Czynnik I	Z0	2,5c	2,7c	2,5c	2,3bc	2,5c
	Z1	2,3bc	2,3bc	2,8c	2,5c	2,3bc
	Z2	4,2d	2,3bc	1,9ab	2,4bc	1,8a
III termin						
Czynnik I	Z0	2,5a	2,5a	2,5a	2,4a	2,4a
	Z1	1,7a	2,3a	2,7a	2,6a	2,4a
	Z2	5,8b	3,2a	2,0a	2,4a	2,2a

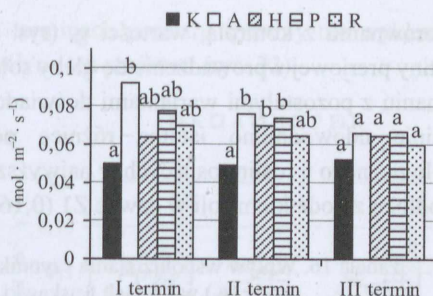
Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 8.

3.1.2. Przewodność szparkowa dla pary wodnej

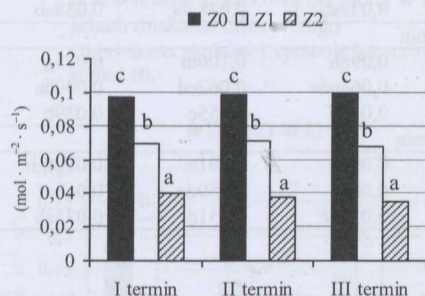
Zróznicowana wielkość dawki soli u badanych odmian truskawki wpłynęła istotnie na wielkość przewodności szparkowej dla wody. We wszystkich fazach rozwojowych odmiany 'Salsa' oraz w czasie owocowania i po jego zakończeniu u odmiany 'Elsanta' wielkość tego parametru malała wraz ze wzrostem stężenia soli w podłożu (rys. 26 i 28). Porównując wpływ stosowanych preparatów antystresowych na odmianę 'Elsanta' stwierdzono, że najwyższe wartości przewodności szparkowej, istotnie różne od obiektów kontrolnych, stwierdzono dla roślin traktowanych preparatem Algex (w fazie kwitnienia) oraz Algex, Pentakeep[®]super i Hergit (w fazie owocowania). W trzecim terminie pomiaru tej odmiany nie wykazano wpływu stosowanych preparatów na wielkość przewodności szparkowej (rys. 27). W przypadku odmiany 'Salsa' najwyższe wartości g_s (istotnie różne od obiektów kontrolnych) stwierdzono dla roślin traktowanych preparatem Pentakeep[®]super – w fazach kwitnienia i owocowania oraz Pentakeep[®]super i Resistim – po zakończeniu owocowania (rys. 29).



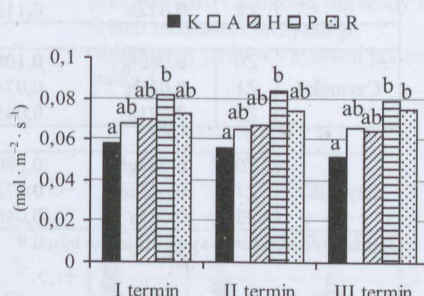
Rys. 26. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na przewodność szparkową dla wody w liściach truskawki odmiany 'Elsanta' Objasnienia skrótów i symboli jak na rysunku 2.



Rys. 27. Wpływ preparatów antystresowych na przewodność szparkową dla wody w liściach truskawki odmiany 'Elsanta' Objasnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.



Rys. 28. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na przewodność szparkową dla wody w liściach truskawki odmiany 'Salsa' Objasnienia skrótów i symboli jak na rysunku 2.



Rys. 29. Wpływ preparatów antystresowych na przewodność szparkową dla wody w liściach truskawki odmiany 'Salsa' Objasnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.

Wykazano istotny wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na omawianą cechę fizjologiczną badanych odmian truskawki. W przypadku roślin rosnących w podłożu z dodatkiem NaCl w dawce Z1, wyższą od obiektów kontrolnych przewodnością szparkową dla wody charakteryzowały się odmiana 'Elsanta' (w fazach owocowania i po owocowaniu) i odmiana 'Salsa' (po zakończeniu owocowania), opryskiwane preparatami antystresowymi, oraz odmiana 'Salsa' traktowana preparatami Hergit, Pentakeep®super i Resistim (w fazie kwitnienia) oraz Pentakeep®super i Resistim (w fazie owocowania) – tabele 16 i 17. W przypadku odmiany 'Salsa', we wszystkich terminach pomiaru u roślin rosnących w warunkach najwyższego zasolenia podłoża, wyższe od obiektów kontrolnych, wartości g_s odnotowywano po aplikacji preparatów antystresowych (tab. 17).

W przypadku badanych gatunków traw wykazano istotny wpływ stosowanej dawki NaCl na wartość przewodności szparkowej dla pary wodnej. W pierwszym terminie pomiaru miskanta stwierdzono istotną różnicę pomiędzy wartością parametru g_s w wariantach Z1 a Z2. W drugim terminie pomiaru wielkość przewodności malała wraz ze wzrostem dawki NaCl wprowadzanego do gleby, w trzecim zaś zastosowane dawki soli spowodowały zmniejszenie,

w porównaniu z kontrolą, wartości g_s (rys. 30). W pierwszym i drugim terminie pomiaru spartiny preriowej wprowadzenie do gleby soli w dawce Z2 spowodowało zmniejszenie, w porównaniu z pozostałymi wariantami doświadczalnymi, przewodności szparkowej. W trzecim terminie udowodniono istotną różnicę pomiędzy wielkością omawianego parametru fizjologicznego u roślin rosnących w najwyższym zasoleniu ($0,048 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) i rosnących w podłożu z dodatkiem soli w dawce Z1 ($0,163 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) – rysunek 32.

Tabela 16. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na przewodność szparkową dla wody (g_s) w liściach truskawki odmiany 'Elsanta' ($\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

		Czynnik II				
		K	A	H	P	R
I termin						
Czynnik I	Z0	0,083abcd	0,090bcd	0,089bcd	0,120d	0,099bcd
	Z1	0,045ab	0,072abcd	0,065abcd	0,066abcd	0,072abcd
	Z2	0,022a	0,113cd	0,039ab	0,048abc	0,038ab
II termin						
Czynnik I	Z0	0,080fg	0,108i	0,098h	0,106hi	0,085g
	Z1	0,045b	0,074ef	0,064cde	0,062cd	0,070de
	Z2	0,021a	0,045b	0,046b	0,055c	0,039b
III termin						
Czynnik I	Z0	0,085gh	0,080fgh	0,094h	0,091h	0,080fgh
	Z1	0,047cd	0,072efg	0,067e	0,059de	0,068ef
	Z2	0,023a	0,046bcd	0,036bc	0,051d	0,033ab

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

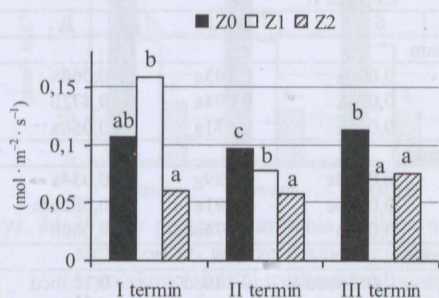
Tabela 17. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na przewodność szparkową dla wody (g_s) w liściach truskawki odmiany 'Salsa' ($\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

		Czynnik II				
		K	A	H	P	R
I termin						
Czynnik I	Z0	0,090gh	0,096h	0,087gh	0,118i	0,091gh
	Z1	0,056cd	0,061d	0,071e	0,076ef	0,084fg
	Z2	0,029a	0,049bc	0,049bc	0,052bcd	0,044b
II termin						
Czynnik I	Z0	0,090gh	0,076efg	0,097h	0,132i	0,100h
	Z1	0,058cd	0,071def	0,070de	0,073ef	0,086fgh
	Z2	0,019a	0,049bc	0,035b	0,048bc	0,037b
III termin						
Czynnik I	Z0	0,091h	0,088gh	0,089gh	0,117i	0,110i
	Z1	0,047c	0,075ef	0,066d	0,071de	0,080fg
	Z2	0,019a	0,034b	0,037b	0,050c	0,033b

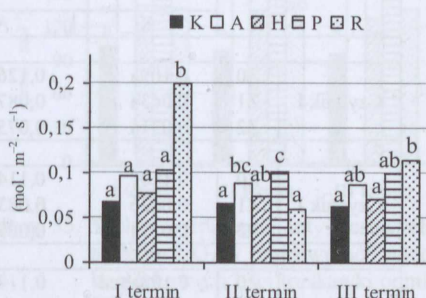
Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

Porównując działanie stosowanych preparatów antystresowych na wielkość przewodności szparkowej miskanta, stwierdzić można, że w pierwszym terminie najwyższe wartości tego parametru (o 66% większe od kontroli) posiadały rośliny traktowane preparatem Resistim, zaś w drugim najwyraźniej zaznaczył się dodatni wpływ preparatu Pentakeep[®]super (wzrost o 35% w stosunku do kontroli) – rysunek 31. W przypadku spartiny największą przewodnością szparkową dla wody, w pierwszym terminie, charakteryzowały się obiekty kontrolne oraz

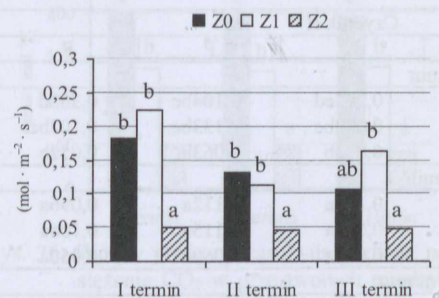
opryskiwane preparatem Resistim. W kolejnych terminach pomiaru spartiny nie wykazano istotnego oddziaływania preparatów antystresowych na ten parametr (rys. 33).



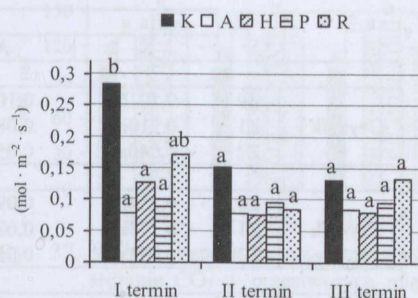
Rys. 30. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na przewodność szparkową dla wody w liściach miskanta olbrzymiego
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 10.



Rys. 31. Wpływ preparatów antystresowych na przewodność szparkową dla wody w liściach miskanta olbrzymiego
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.



Rys. 32. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na przewodność szparkową dla wody w liściach spartiny preriowej
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 10.



Rys. 33. Wpływ preparatów antystresowych na przewodność szparkową dla wody w liściach spartiny preriowej
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.

W przypadku badanych gatunków traw (z wyjątkiem miskanta w pierwszym terminie pomiaru) stwierdzono istotny wpływ interakcji czynników zmienności na wielkość przewodności szparkowej dla wody. W drugim terminie pomiaru u miskanta, rosnącego w podłożu z dodatkiem chlorku sodu w dawce Z1, istotny wzrost przewodności szparkowej dla wody wykazano po aplikacji preparatów Algex, Pentakeep®super oraz Resistim, w trzecim terminie – po zastosowaniu każdego z badanych preparatów (tab. 18). W przypadku spartiny, w pierwszym terminie pomiaru, aplikacja preparatów antystresowych zwiększyła przewodność szparkową dla wody u roślin rosnących w warunkach największego zasolenia. W drugim terminie pomiaru, u tego samego gatunku, największą wartość omawianego parametru fizjologicznego stwierdzono w kombinacjach Z0K i Z1K, w trzecim – w Z1K i Z1R (tab. 19).

Tabela 18. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na przewodność szparkową dla wody (g_s) w liściach miskanta olbrzymiego ($mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)

		Czynnik II				
		K	A	H	P	R
I termin						
Czynnik I	Z0	0,109a	0,126a	0,090a	0,143a	0,066a
	Z1	0,063a	0,087a	0,076a	0,094a	0,472b
	Z2	0,031a	0,075a	0,066a	0,071a	0,060a
II termin						
Czynnik I	Z0	0,110f	0,114f	0,088de	0,139g	0,034a
	Z1	0,062b	0,083cde	0,073bc	0,091e	0,082cde
	Z2	0,025a	0,069bc	0,062b	0,074bcd	0,060b
III termin						
Czynnik I	Z0	0,103abcd	0,119bcd	0,083abcd	0,140cd	0,123bcd
	Z1	0,053ab	0,076abcd	0,071abc	0,084abcd	0,073abc
	Z2	0,030a	0,067abc	0,061ab	0,072abc	0,148d

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 8.

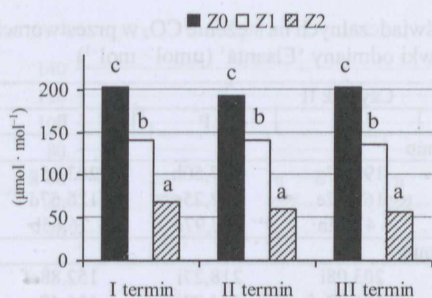
Tabela 19. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na przewodność szparkową dla wody (g_s) w liściach spartiny preriowej ($mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)

		Czynnik II				
		K	A	H	P	R
I termin						
Czynnik I	Z0	0,101bc	0,100bc	0,245cd	0,104bc	0,360d
	Z1	0,710e	0,082bc	0,092bc	0,133bc	0,107bc
	Z2	0,040a	0,051b	0,043b	0,063bc	0,052b
II termin						
Czynnik I	Z0	0,254b	0,095a	0,102a	0,112a	0,096a
	Z1	0,173ab	0,085a	0,093a	0,115a	0,106a
	Z2	0,033a	0,055a	0,038a	0,060a	0,050a
III termin						
Czynnik I	Z0	0,095ab	0,107ab	0,108ab	0,112ab	0,109ab
	Z1	0,269c	0,096ab	0,091ab	0,113ab	0,245bc
	Z2	0,031a	0,053a	0,041a	0,065a	0,049a

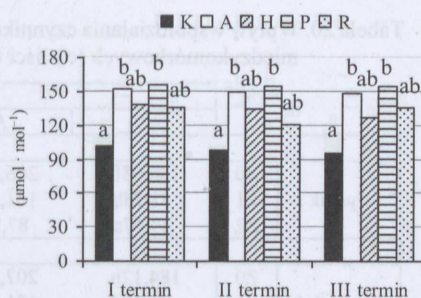
Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 8.

3.1.3. Stężenie CO_2 w przestworach międzykomórkowych liści

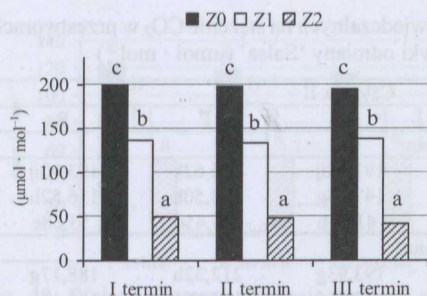
Wprowadzenie do gleby chlorku sodu spowodowało istotne zmiany w stężeniu dwutlenku węgla w przestworach międzykomórkowych badanych odmian truskawki. We wszystkich analizowanych fazach rozwojowych odmiany 'Elsanta' i 'Salsa' wartość tego parametru fizjologicznego była najwyższa w obiektach kontrolnych i malała wraz ze wzrostem dawki soli wprowadzanej do podłoża (rys. 34 i 36). Stwierdzono brak oddziaływania preparatów antystresowych na stężenie CO_2 w liściach odmiany 'Salsa' (rys. 37). We wszystkich fazach rozwojowych odmiany 'Elsanta' najmniejsze wartości tego parametru, istotnie różne od wartości wykazanych w roślinach traktowanych preparatami Algex i Pentakeep®super, stwierdzono w obiektach kontrolnych (rys. 35).



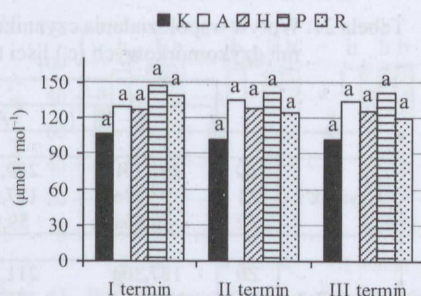
Rys. 34. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na stężenie CO₂ w przestworach międzykomórkowych liści truskawki odmiany 'Elsanta'
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 2.



Rys. 35. Wpływ preparatów antystresowych na stężenie CO₂ w przestworach międzykomórkowych liści truskawki odmiany 'Elsanta'
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.



Rys. 36. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na stężenie CO₂ w przestworach międzykomórkowych liści truskawki odmiany 'Salsa'
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 2.



Rys. 37. Wpływ preparatów antystresowych na stężenie CO₂ w przestworach międzykomórkowych liści truskawki odmiany 'Salsa'
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.

W przypadku badanych odmian truskawki udowodniono istotny wpływ współdziałania czynników eksperymentu na wielkość parametru c_i . Wyższe, w porównaniu z obiektami kontrolnymi (nietraktowanymi dolistnie), stężenie CO₂ w przestworach międzykomórkowych roślin rosnących w podłożu z dodatkiem soli w dawkach Z1 oraz Z2 stwierdzono po zastosowaniu preparatów antystresowych (tab. 20 i 21).

Tabela 20. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na stężenie CO₂ w przestworach międzykomórkowych (c_i) liści truskawki odmiany 'Elsanta' (μmol · mol⁻¹)

		Czynnik II				
		K	A	H	P	R
I termin						
Czynnik I	Z0	186,05f	206,68gh	199,27g	217,50h	203,35g
	Z1	81,75bc	161,30e	169,17e	162,25e	126,57d
	Z2	39,17a	87,92bc	47,53a	88,97c	76,85b
II termin						
Czynnik I	Z0	184,12h	207,12i	203,08i	218,27i	152,88ef
	Z1	90,75d	171,33gh	151,97ef	154,97fg	136,40e
	Z2	19,32a	72,47cd	49,15b	89,87d	72,62c
III termin						
Czynnik I	Z0	185,33g	215,67i	200,76h	207,33hi	205,93hi
	Z1	81,10d	165,32f	136,23e	169,43f	130,72e
	Z2	20,47a	65,93c	43,38b	87,97d	70,60c

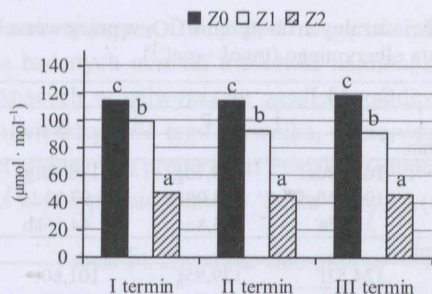
Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

Tabela 21. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na stężenie CO₂ w przestworach międzykomórkowych (c_i) liści truskawki odmiany 'Salsa' (μmol · mol⁻¹)

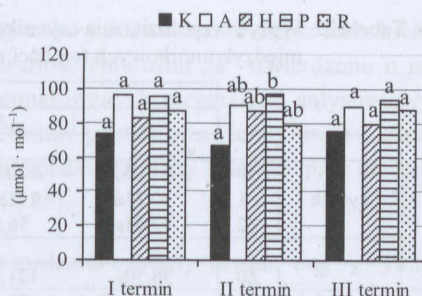
		Czynnik II				
		K	A	H	P	R
I termin						
Czynnik I	Z0	191,15i	200,83j	191,93ij	215,62k	193,90ij
	Z1	97,43e	127,00f	147,08g	158,50h	156,52h
	Z2	30,86a	59,95cd	41,80b	66,45d	53,68c
II termin						
Czynnik I	Z0	187,30g	211,35h	193,93g	212,32h	188,17g
	Z1	93,81d	137,25e	148,28f	154,78f	132,15e
	Z2	26,42a	57,60c	43,73b	58,35c	53,43c
III termin						
Czynnik I	Z0	175,58h	210,70j	188,38i	213,05j	183,00hi
	Z1	101,90d	145,07ef	148,33f	157,67g	17,22e
	Z2	30,38a	48,23bc	40,88b	53,37c	40,10b

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

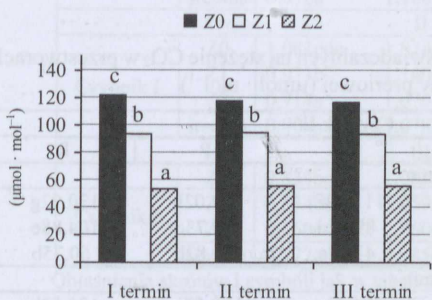
Stężenie CO₂ w liściach badanych gatunków traw zależało od wielkości dawki chlorku sodu wprowadzanego do gleby. Najwyższe wartości tego parametru, we wszystkich terminach pomiaru, stwierdzano w obiektach kontrolnych, najniższe zaś w roślinach rosnących w podłożu z dodatkiem NaCl w dawce Z2 – rysunki 38 i 40. Stosowane preparaty antystresowe nie wpłynęły na wartość c_i w liściach miskanta w czasie pierwszego i trzeciego terminu pomiaru. W drugim terminie najmniejsze stężenie CO₂ (67,55 μmol · mol⁻¹), istotnie różne od stężenia w roślinach traktowanych preparatem Pentakeep®super (96,95 μmol · mol⁻¹), stwierdzono w liściach obiektów kontrolnych (rys. 39). Podobnie było w przypadku spartiny, we wszystkich terminach pomiaru najmniejszymi stężeniami CO₂, istotnie różnymi od stężeń stwierdzonych po aplikacji preparatów Algex, Pentakeep®super i Resistim, charakteryzowały się rośliny kontrolne (rys. 41).



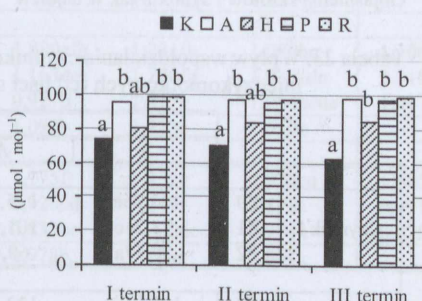
Rys. 38. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na stężenie CO₂ w przestworach międzykomórkowych liści miskanta olbrzymiego. Objasnienia skrótów i symboli jak na rysunku 10.



Rys. 39. Wpływ preparatów antystresowych na stężenie CO₂ w przestworach międzykomórkowych liści miskanta olbrzymiego. Objasnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.



Rys. 40. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na stężenie CO₂ w przestworach międzykomórkowych liści spartiny periowej. Objasnienia skrótów i symboli jak na rysunku 10.



Rys. 41. Wpływ preparatów antystresowych na stężenie CO₂ w przestworach międzykomórkowych liści spartiny periowej. Objasnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.

Wykazano istotną interakcję czynników doświadczalnych dla badanych gatunków traw. W przypadku miskanta najmniejsze stężenia CO₂ odnotowywano w kombinacjach Z2K i Z2H, najwyższe zaś w Z0P i Z0A (pierwszy termin), Z0P, Z0H i Z0A (drugi termin) oraz w Z0P i Z0A (trzeci termin) – tabela 22. U spartiny najmniejszą wartością omawianego parametru charakteryzowały się, w pierwszym i trzecim terminie pomiaru, rośliny z kombinacji Z2K i Z2H, w drugim zaś z Z2K. Najwyższe stężenia CO₂ w przestworach międzykomórkowych tego gatunku stwierdzono w pierwszym terminie w kombinacji Z0P, w drugim w Z0P, Z0R i Z0A, zaś w trzecim w Z0R i Z0P (tab. 23).

Tabela 22. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na stężenie CO₂ w przestworach międzykomórkowych (c_i) liści miskanta olbrzymiego (μmol · mol⁻¹)

		Czynnik II				
		K	A	H	P	R
I termin						
Czynnik I	Z0	97,20de	120,57fg	107,52def	128,10g	118,48fg
	Z1	90,77d	111,25efg	105,25def	94,08de	97,93de
	Z2	32,48a	56,83bc	35,62a	65,8c	44,16ab
II termin						
Czynnik I	Z0	96,50e	121,68f	124,52f	129,85f	101,60e
	Z1	73,82d	95,85e	99,30e	96,50e	95,07e
	Z2	32,35a	53,43bc	37,67a	64,50cd	39,55ab
III termin						
Czynnik I	Z0	118,13hi	124,90hi	105,62g	127,10i	117,40g
	Z1	77,75d	95,67ef	99,88fg	87,87e	95,65ef
	Z2	31,67a	49,57b	33,37a	67,20c	51,10b

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 8.

Tabela 23. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na stężenie CO₂ w przestworach międzykomórkowych (c_i) liści spartiny preriowej (μmol · mol⁻¹)

		Czynnik II				
		K	A	H	P	R
I termin						
Czynnik I	Z0	103,95e	125,23g	111,80f	139,02h	130,92g
	Z1	78,21c	101,08e	89,62d	94,75d	104,88e
	Z2	39,57a	60,43b	41,38a	62,82b	60,75b
II termin						
Czynnik I	Z0	105,05g	122,38h	104,43g	128,57i	126,52hi
	Z1	75,63e	100,50g	103,37g	91,77f	100,25g
	Z2	30,88a	70,03d	44,05b	66,48cd	64,05c
III termin						
Czynnik I	Z0	87,75cd	116,33f	111,87ef	132,30g	134,35g
	Z1	68,58b	103,20def	100,30de	91,78d	100,83de
	Z2	32,00a	75,82bc	42,65a	67,95b	61,22b

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 8.

3.2. Zawartość barwników asymilacyjnych w liściach

3.2.1. Zawartość chlorofilu „a”

Dane liczbowe, dotyczące zawartości barwników asymilacyjnych w liściach badanych odmian truskawki oraz miskanta olbrzymiego i spartiny preriowej, zestawiono w tabelach 24–43.

W fazie kwitnienia truskawki odmiany ‘Elsanta’ stwierdzono istotne zmniejszenie zawartości chlorofilu „a” w liściach roślin rosnących w warunkach stresu wywołanego obecnością w glebie chlorku sodu w dawce Z2, w porównaniu z zawartością tego barwnika w liściach roślin rosnących w glebie z dodatkiem NaCl w dawce Z1 (tab. 24). W tej samej fazie rozwojowej u odmiany ‘Salsa’ nie stwierdzono istotnego wpływu zróżnicowanego poziomu stężenia NaCl w glebie na zawartość chlorofilu „a” w liściach (tab. 25).

We wszystkich terminach pomiaru badanych odmian truskawki najmniejszą zawartość chlorofilu „a” stwierdzono u roślin kontrolnych, największą zaś u traktowanych preparatem

Pentakeep®super. Biorąc pod uwagę interakcję czynników doświadczalnych, w fazie kwitnienia badanych odmian truskawki najmniejszą zawartość chlorofilu „a” stwierdzono u roślin rosnących w najwyższym zasoleniu podłoża, nietraktowanych preparatami antystresowymi. Największą ilość tego barwnika, w pierwszym terminie pomiaru, zawierały liście truskawek opryskiwanych preparatem Pentakeep®super, w przypadku odmiany ‘Elsanta’ przy dawce Z2, zaś w przypadku odmiany ‘Salsa’ przy Z0 (tab. 24 i 25).

Tabela 24. Zawartość chlorofilu „a” w liściach truskawki odmiany ‘Elsanta’ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ św.m.)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
I termin							
Czynnik I	Z0	1,017bc	1,042bcd	1,308fg	1,311fg	1,139bcdef	1,163ab
	Z1	1,083bcde	1,229def	1,184cdef	1,310fg	1,246ef	1,210b
	Z2	0,828a	1,044bcd	0,986ab	1,438g	1,057bcd	1,070a
	średnia	0,976a	1,105b	1,159b	1,353c	1,147b	
II termin							
Czynnik I	Z0	1,081cde	1,024bcd	1,880efg	1,231fg	1,009bc	1,106ab
	Z1	0,931b	1,140cdef	1,163def	1,270fg	1,085cde	1,118b
	Z2	0,714a	1,070cde	0,927b	1,319g	1,054bcde	1,017a
	średnia	0,909a	1,078b	1,093b	1,273c	1,050b	
III termin							
Czynnik I	Z0	0,834bc	1,037e	1,175f	1,352g	0,926cd	1,065b
	Z1	0,834bc	1,059e	0,926cd	1,244f	0,893c	0,991b
	Z2	0,660a	0,860bc	0,832bc	1,000de	0,774b	0,825a
	średnia	0,777a	0,985b	0,978b	1,199c	0,864a	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

Tabela 25. Zawartość chlorofilu „a” w liściach truskawki odmiany ‘Salsa’ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ św.m.)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
I termin							
Czynnik I	Z0	0,857b	1,214ef	1,222ef	1,292f	1,072c	1,132a
	Z1	0,863b	1,083c	1,045c	1,248ef	1,182de	1,084ab
	Z2	0,729a	1,121cd	0,939b	1,210ef	1,057c	1,011a
	średnia	0,816a	1,139c	1,069b	1,250d	1,104bc	
II termin							
Czynnik I	Z0	0,839b	1,161ef	1,160ef	1,303g	1,032cd	1,099b
	Z1	0,803ab	1,089de	1,018cd	1,241fg	0,968c	1,024ab
	Z2	0,732a	1,013cd	0,954c	1,187ef	0,978c	0,973a
	średnia	0,791a	1,088c	1,044bc	1,244d	0,992b	
III termin							
Czynnik I	Z0	0,945de	1,306g	1,317g	1,410h	1,016e	1,199c
	Z1	0,791b	0,998c	0,951de	1,196f	0,868bcd	0,961b
	Z2	0,546a	0,828bc	0,906cd	1,153f	0,871bcd	0,861a
	średnia	0,761a	1,044c	1,058c	1,253d	0,918b	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

W drugim terminie pomiaru (faza owocowania), w przypadku odmiany ‘Elsanta’, wykazano istotne zmniejszenie zawartości chlorofilu „a” przy dawce Z2 w porównaniu z zawartością przy dawce Z1 (o około 9%), zaś dla odmiany ‘Salsa’, w porównaniu z wariantem kontrolnym (o około 11,5%). W tej samej fazie rozwojowej najmniejszą ilość chlorofilu „a” stwierdzono

dla odmiany 'Salsa' w kombinacji Z2K, zaś dla odmiany 'Elsanta' w kombinacjach Z2K i Z1K. Największą zawartością tego barwnika charakteryzowały się liście odmiany 'Elsanta' z kombinacji Z0H oraz odmiany 'Salsa' z kombinacji Z0P (tab. 24 i 25).

W trzecim terminie pomiaru (po owocowaniu), w przypadku odmiany 'Elsanta', wykazano istotny wpływ najwyższej zastosowanej dawki NaCl na zmniejszenie zawartości chlorofilu „a”, zaś u odmiany 'Salsa' ilość tego barwnika malała wraz ze wzrostem dawki NaCl. W tym samym terminie badanych odmian truskawki najmniejszą zawartość chlorofilu „a” stwierdzono dla roślin z kombinacji Z2K, największą natomiast w kombinacji Z0P.

We wszystkich fazach rozwojowych odmiany 'Salsa' oraz w fazie owocowania i po jego zakończeniu u odmiany 'Elsanta', w tych samych warunkach zasolenia podłoża, większą, w porównaniu z roślinami kontrolnymi, zawartością chlorofilu „a” charakteryzowały się liście roślin traktowanych preparatami antystresowymi (tab. 24 i 25).

Zarówno w przypadku miskanta, jak i spartiny preriowej, we wszystkich terminach pomiaru, stwierdzono istotne zmniejszenie zawartości chlorofilu „a” wraz ze wzrostem dawki NaCl. Także we wszystkich terminach pomiaru miskanta oraz w trzecim terminie u spartiny najmniejszą zawartością tego barwnika charakteryzowały się rośliny nietraktowane preparatami antystresowymi. Biorąc pod uwagę interakcję czynników doświadczalnych, stwierdzić można, iż w przypadku miskanta, we wszystkich terminach pomiaru, zaś w przypadku spartiny w drugim i trzecim, najmniejszą zawartością chlorofilu „a” charakteryzowały się rośliny z kombinacji Z2K. Największą zawartość tego barwnika w liściach spartiny preriowej stwierdzono w kolejnych terminach pomiaru – odpowiednio w kombinacjach Z0P, Z2P oraz Z0R i Z0P (tab. 26 i 27).

Tabela 26. Zawartość chlorofilu „a” w liściach miskanta olbrzymiego ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ św.m.)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
I termin							
Czynnik I	Z0	0,853e	1,081g	0,843e	1,026fg	0,995fg	0,959c
	Z1	0,649bc	1,007fg	0,861e	0,969f	0,786de	0,854b
	Z2	0,456a	0,714cd	0,640bc	0,696cd	0,583b	0,618a
	średnia	0,653a	0,934c	0,780b	0,897bc	0,788b	
II termin							
Czynnik I	Z0	0,873f	1,071j	0,861f	0,963gh	1,046ij	0,963a
	Z1	0,609bc	0,973hi	0,888fg	0,893fgh	0,772e	0,827b
	Z2	0,350a	0,639cd	0,605bc	0,710de	0,554b	0,571a
	średnia	0,611a	0,894b	0,785b	0,855b	0,790b	
III termin							
Czynnik I	Z0	0,895efg	0,905fg	0,840ef	0,982gh	1,007h	0,926c
	Z1	0,608b	0,885efg	0,799de	0,904fgh	0,961gh	0,832b
	Z2	0,010a	0,690bc	0,680bc	0,736cd	0,605b	0,623a
	średnia	0,635a	0,827b	0,773b	0,874b	0,858b	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 8.

Tabela 27. Zawartość chlorofilu „a” w liściach spartiny preriowej ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ św.m.)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
I termin							
Czynnik I	Z0	0,707c	0,909d	0,878d	1,025e	0,900d	0,884c
	Z1	0,513ab	0,658c	0,651c	0,736c	0,466ab	0,605b
	Z2	0,398a	0,495ab	0,538b	0,720c	0,402a	0,511a
	średnia	0,540a	0,687b	0,689b	0,827c	0,589ab	
II termin							
Czynnik I	Z0	0,774i	0,907j	0,854j	0,631h	0,851j	0,882c
	Z1	0,354b	0,588gh	0,553fg	0,611gh	0,425cd	0,510b
	Z2	0,235a	0,481de	0,507ef	1,024k	0,409bc	0,449a
	średnia	0,454a	0,659bc	0,638bc	0,755c	0,561ab	
II termin							
Czynnik I	Z0	0,635e	0,914h	0,888h	1,008i	0,979i	0,885c
	Z1	0,407bc	0,664ef	0,702f	0,793g	0,538d	0,621b
	Z2	0,247a	0,450c	0,539d	0,541d	0,386b	0,434a
	średnia	0,430a	0,678bc	0,709bc	0,781c	0,634b	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 8.

3.2.2. Zawartość chlorofilu „b”

W pierwszym terminie pomiaru, w przypadku odmiany ‘Elsanta’, nie stwierdzono wpływu efektu głównego – zróżnicowanego poziomu zasolenia podłoża na zawartość chlorofilu „b”. Po owocowaniu tej odmiany, większą, w porównaniu z obiektami kontrolnymi, zawartość chlorofilu „b” stwierdzono w roślinach nawadnianych roztworami chlorku sodu. W fazie kwitnienia odmiany ‘Salsa’ największa zawartość tego barwnika charakteryzowała rośliny rosnące w podłożu z dodatkiem soli w dawce Z1. W czasie owocowania tej odmiany zawartość chlorofilu „b” malała wraz ze wzrostem zasolenia podłoża. Po zakończeniu owocowania wykazano istotne zmniejszenie zawartości chlorofilu „b” względem kontroli po zastosowaniu NaCl zarówno w dawce Z1, jak i Z2 (tab. 28 i 29).

Tabela 28. Zawartość chlorofilu „b” w liściach truskawki odmiany ‘Elsanta’ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ św.m.)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
I termin							
Czynnik I	Z0	0,272ab	0,364cde	0,440ef	0,439def	0,368cde	0,377a
	Z1	0,391cde	0,347bcd	0,373cde	0,347bc	0,430cdef	0,378a
	Z2	0,237a	0,356bcde	0,367cde	0,486f	0,360cde	0,361a
	średnia	0,300a	0,356b	0,393bc	0,423c	0,386bc	
II termin							
Czynnik I	Z0	0,317ab	0,360abde	0,440fg	0,430efg	0,376bcdef	0,385ab
	Z1	0,334abcd	0,436efg	0,465g	0,436efg	0,401cdefg	0,415b
	Z2	0,311a	0,332abcd	0,391bcdfg	0,406defg	0,328abc	0,354a
	średnia	0,321a	0,376b	0,432c	0,424c	0,369b	
III termin							
Czynnik I	Z0	0,297b	0,375cde	0,446fg	0,492g	0,368cde	0,301a
	Z1	0,300b	0,424ef	0,364cd	0,414def	0,319bc	0,364b
	Z2	0,223a	0,332bc	0,302b	0,361cd	0,290b	0,396b
	średnia	0,274a	0,377c	0,370c	0,422d	0,325b	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

Tabela 29. Zawartość chlorofilu „b” w liściach truskawki odmiany ‘Salsa’ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ św.m.)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
I termin							
Czynnik I	Z0	0,371cd	0,496fg	0,445ef	0,514g	0,461fg	0,357a
	Z1	0,312ab	0,398de	0,326abc	0,406de	0,362bcd	0,457b
	Z2	0,279a	0,350bcd	0,353bcd	0,401de	0,403de	0,361a
	średnia	0,321a	0,415bc	0,374b	0,440c	0,409bc	
II termin							
Czynnik I	Z0	0,319bc	0,493e	0,489e	0,550e	0,430d	0,453c
	Z1	0,286ab	0,378cd	0,379cd	0,503e	0,376cd	0,384b
	Z2	0,235a	0,378cd	0,291ab	0,355c	0,318bc	0,315a
	średnia	0,280a	0,416bc	0,386b	0,464c	0,375b	
III termin							
Czynnik I	Z0	0,298b	0,522e	0,512e	0,512e	0,368d	0,443b
	Z1	0,296b	0,374d	0,368d	0,385d	0,375d	0,360a
	Z2	0,218a	0,305bc	0,355cd	0,385d	0,362d	0,325a
	średnia	0,271a	0,400bc	0,412bc	0,428c	0,369b	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

We wszystkich terminach pomiaru rośliny traktowane antystresorami charakteryzowały się większą zawartością chlorofilu „b”, w porównaniu z kontrolą. Najbardziej korzystny wpływ na omawianą cechę badanych odmian truskawki miał preparat Pentakeep®super.

Wpływ współdziałania czynników eksperymentu na zawartość chlorofilu „b” był zróżnicowany i zależny zarówno od odmiany truskawki, jak i terminu pomiaru. Najmniejszą zawartością tego barwnika w większości przypadków charakteryzowały się badane odmiany w kombinacji Z2K (tab. 28 i 29).

W przypadku spartiny periwowej, we wszystkich terminach pomiaru, wykazano istotny spadek zawartości chlorofilu „b” wraz ze wzrostem dawki NaCl. U miskanta natomiast w pierwszym i trzecim terminie najmniejszą ilością tego barwnika charakteryzowały się liście roślin rosnących w najwyższym zasoleniu (tab. 30 i 31).

Tabela 30. Zawartość chlorofilu „b” w liściach miskanta olbrzymiego ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ św.m.)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
I termin							
Czynnik I	Z0	0,370def	0,573i	0,273bc	0,533hi	0,507hi	0,451b
	Z1	0,233ab	0,520hi	0,382ef	0,465gh	0,407fg	0,402b
	Z2	0,164a	0,308bcde	0,298bcd	0,332cdef	0,259bc	0,272a
	średnia	0,255a	0,467b	0,318a	0,444b	0,391b	
II termin							
Czynnik I	Z0	0,396e	0,507f	0,425e	0,481f	0,518f	0,350a
	Z1	0,268b	0,486f	0,405e	0,414e	0,332d	0,554b
	Z2	0,142a	0,324cd	0,273bc	0,317cd	0,286bcd	0,605b
	średnia	0,265c	0,439b	0,368a	0,404ab	0,379ab	
III termin							
Czynnik I	Z0	0,374cd	0,406de	0,351bcd	0,484ef	0,508f	0,425b
	Z1	0,262b	0,372cd	0,335bcd	0,392cd	0,540f	0,380b
	Z2	0,160a	0,311bc	0,314bcd	0,311bcd	0,274b	0,274a
	średnia	0,265a	0,363b	0,333b	0,396bc	0,441c	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 8.

Tabela 31. Zawartość chlorofilu „b” w liściach spartiny prieroowej ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ św.m.)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
I termin							
Czynnik I	Z0	0,266bc	0,464fg	0,403ef	0,510g	0,316cd	0,392c
	Z1	0,204ab	0,294cd	0,325cd	0,348de	0,298cd	0,294b
	Z2	0,155a	0,266bc	0,249bc	0,282bcd	0,141a	0,219a
	średnia	0,208a	0,341b	0,326b	0,380b	0,252a	
II termin							
Czynnik I	Z0	0,253bc	0,472h	0,478h	0,533i	0,352f	0,418c
	Z1	0,215b	0,313def	0,317ef	0,400g	0,260bc	0,330b
	Z2	0,105a	0,259bc	0,266bcd	0,299cde	0,146a	0,215a
	średnia	1,191a	0,348b	0,353b	0,410b	0,252a	
III termin							
Czynnik I	Z0	0,308cde	0,442f	0,461f	0,440f	0,416f	0,413c
	Z1	0,193b	0,352e	0,345e	0,330de	0,279cd	0,300b
	Z2	0,111a	0,293cd	0,259c	0,268c	0,134a	0,213a
	średnia	0,204a	0,362c	0,355c	0,346c	0,276b	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 8.

Stwierdzono, że największą ilością tego barwnika charakteryzowały się rośliny spartiny traktowane preparatami Algex, Hergit oraz Pentakeep®super. W przypadku miskanta, w pierwszym terminie pomiaru, największą zawartość chlorofilu „b”, istotnie różną od pozostałych wariantów eksperymentu, stwierdzono w przypadku roślin traktowanych preparatami Algex, Pentakeep®super oraz Resistim. W drugim terminie natomiast największą zawartość tego barwnika, istotnie większą od zawartości w obiektach kontrolnych oraz opryskiwanych preparatem Hergit, charakteryzowały się rośliny traktowane preparatem Algex. W trzecim terminie największą zawartość chlorofilu „b” stwierdzono w liściach miskanta traktowanych preparatem Resistim.

W przypadku miskanta, we wszystkich terminach pomiaru, w tych samych warunkach zasolenia podłoża (po zastosowaniu NaCl w dawce zarówno Z1, jak i Z2), większą, w odniesieniu do roślin kontrolnych (nietraktowanych substancjami antystresowymi), zawartością chlorofilu „b” charakteryzowały się liście roślin opryskiwanych dolistnie (tab. 30). W przypadku spartiny wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na zawartość chlorofilu „b” najwyraźniej zaznaczył się w drugim terminie pomiaru. Największą ilością tego barwnika, o około 60% większą od zawartości w roślinach z kombinacji Z2K, charakteryzowały się wówczas rośliny z kombinacji Z0P (tab. 31).

3.2.3. Stosunek zawartości chlorofilu „a” do zawartości chlorofilu „b”

Zróżnicowane dawki soli wprowadzanej do podłoża wpływały istotnie na wielkość stosunku zawartości chlorofilu „a” do „b” w liściach odmiany ‘Elsanta’, w fazie owocowania (największa wartość proporcji charakteryzowała rośliny kontrolne) oraz odmiany ‘Salsa’ w fazie kwitnienia (najmniejszy stosunek cechował obiekty kontrolne) i fazie owocowania (wartość proporcji oznaczanych form chlorofilu rosła wraz ze wzrostem dawki NaCl). W trzecim terminie pomiaru odmiany ‘Elsanta’ oraz w pierwszym i drugim odmiany ‘Salsa’ rośliny traktowane zróżnicowanymi preparatami charakteryzowały się zbliżonymi wartościami stosunku chlorofilu

„a” do „b”. W fazie owocowania odmiany ‘Elsanta’ największą wartość tej proporcji (3,1) stwierdzono w roślinach traktowanych preparatem Hergit (tab. 32). Po zakończeniu owocowania odmiany ‘Salsa’ największą wartością stosunku (3,0) wyróżniały się rośliny opryskiwane preparatem Pentakeep®super (tab. 33). Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na omawianą cechę był istotny, zróżnicowany w zależności od odmiany oraz fazy rozwojowej truskawki. Obliczona wartość stosunku chlorofilu „a” do „b” w poszczególnych kombinacjach doświadczalnych w przypadku odmiany ‘Elsanta’ wahała się od 2,4 do 4,3, a odmiany ‘Salsa’ od 2,3 do 3,3 (tab. 32 i 33).

Tabela 32. Stosunek zawartości chlorofilu „a” do zawartości chlorofilu „b” w liściach truskawki odmiany ‘Elsanta’

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
I termin							
Czynnik I	Z0	3,7d	2,9ab	3,0ab	3,0ab	3,1ab	3,1a
	Z1	2,8ab	3,5bcd	3,2abc	3,8cd	2,9ab	3,2a
	Z2	3,5bcd	2,9ab	2,7a	3,0ab	2,9ab	3,0a
	średnia	3,3b	3,1ab	3,0a	3,3ab	3,0a	
II termin							
Czynnik I	Z0	3,4e	2,8abcde	4,3f	2,9abcde	2,7abc	3,2b
	Z1	2,8abcde	2,6ab	2,5a	2,9abcde	2,7abcd	2,7a
	Z2	2,3a	3,2de	2,4a	3,0cde	3,2de	2,8a
	średnia	2,9a	2,9a	3,1b	2,9a	2,9a	
III termin							
Czynnik I	Z0	2,8abc	2,8abc	2,6abc	2,7abc	2,5ab	2,7a
	Z1	2,8abc	2,5a	2,5ab	3,0c	2,8abc	2,7a
	Z2	3,0bc	2,6abc	2,7abc	2,8abc	2,7abc	2,8a
	średnia	2,9a	2,6a	2,6a	2,8a	2,7a	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

Tabela 33. Stosunek zawartości chlorofilu „a” do zawartości chlorofilu „b” w liściach truskawki odmiany ‘Salsa’

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
I termin							
Czynnik I	Z0	2,3a	2,4a	2,7abc	2,5a	2,3a	2,4a
	Z1	2,8abc	2,7ab	3,2cd	3,1bcd	3,3d	3,0b
	Z2	2,6ab	3,2cd	2,7ab	3,0bcd	2,6ab	2,7b
	średnia	2,6a	2,8a	2,9a	2,9a	2,8a	
II termin							
Czynnik I	Z0	2,6ab	2,3a	2,4a	2,4a	2,4a	2,4a
	Z1	2,8abc	2,9abcd	2,7ab	2,5a	2,6ab	2,7b
	Z2	3,1bcd	2,7ab	3,3cd	3,3cd	3,1bcd	3,1c
	średnia	2,8a	2,7a	2,8a	2,7a	2,7a	
III termin							
Czynnik I	Z0	3,2d	2,5a	2,6ab	2,7abcd	2,8abcd	2,8a
	Z1	2,7abc	2,7abc	2,6ab	3,1cd	2,3a	2,7a
	Z2	2,5a	2,7abc	2,5a	3,0bcd	2,4a	2,6a
	średnia	2,8ab	2,6a	2,6a	3,0b	2,5a	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

Obliczone wartości stosunku chlorofilu „a” do „b” w liściach badanych gatunków traw, rosnących w podłożu o zróżnicowanym zasoleniu, były zbliżone (tab. 34 i 35). Jedynie w drugim terminie pomiaru u spartiny prierowej mniejszą, w odniesieniu do pozostałych obiektów, wartość (1,7) zanotowano dla roślin rosnących w podłożu z dodatkiem NaCl w dawce Z1 (tab. 35).

Tabela 34. Stosunek zawartości chlorofilu „a” do zawartości chlorofilu „b” w liściach miskanta olbrzymiego

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
I termin							
Czynnik I	Z0	2,3ab	1,9a	3,1c	1,9a	2,0ab	2,2a
	Z1	2,8c	1,9a	2,2ab	2,1ab	1,9a	2,3a
	Z2	2,8c	2,3ab	2,1ab	2,1ab	2,2ab	2,3a
	średnia	2,6b	2,0a	2,5b	2,0a	2,0a	
II termin							
Czynnik I	Z0	2,2abcd	2,1abc	2,0ab	2,0ab	2,0ab	2,1a
	Z1	2,3bcd	2,0ab	2,2abcd	2,2abcd	2,3bcd	2,2a
	Z2	2,5d	2,0ab	2,2abcd	2,2abcd	1,9a	2,2a
	średnia	2,3b	2,0a	2,1a	2,1a	2,1a	
III termin							
Czynnik I	Z0	2,4bc	2,2abc	2,4bc	2,1ab	2,0ab	2,2a
	Z1	2,3bc	2,4bc	2,4bc	2,3bc	1,8a	2,2a
	Z2	2,5bc	2,2abc	2,2abc	2,4bc	2,2abc	2,3a
	średnia	2,4b	2,3b	2,3b	2,3b	2,0a	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 8.

Tabela 35. Stosunek zawartości chlorofilu „a” do zawartości chlorofilu „b” w liściach spartiny prierowej

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
I termin							
Czynnik I	Z0	2,6bcde	2,0ab	2,2abcd	1,9ab	2,8de	2,3a
	Z1	2,5bcde	2,2abcd	2,0ab	2,1abcd	1,6a	2,1a
	Z2	2,2abcd	1,9ab	2,2abcd	2,5bcde	2,8de	2,3a
	średnia	2,4c	2,0a	2,1ab	2,2ab	2,4c	
II termin							
Czynnik I	Z0	3,1c	1,9ab	1,8ab	1,2a	2,4b	2,1b
	Z1	1,7ab	1,9ab	1,7ab	1,5a	1,6ab	1,7a
	Z2	2,2ab	1,9ab	1,9ab	3,4c	2,8c	2,4b
	średnia	2,3b	1,9a	1,8a	2,0a	2,3b	
III termin							
Czynnik I	Z0	2,1b	2,1b	1,9ab	2,3b	2,3b	2,1a
	Z1	2,1b	1,9ab	2,0ab	2,4b	1,9ab	2,1a
	Z2	2,2b	1,5a	2,1b	2,0ab	2,9c	2,1a
	średnia	2,1bc	1,9a	2,0a	2,2bc	2,4c	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 8.

Porównując wpływ stosowanych preparatów antystresowych stwierdzono, że w przypadku miskanta, w pierwszym terminie pomiaru, największa wartość proporcji chlorofilu „a” do „b” cechowała rośliny kontrolne i traktowane preparatem Hergit, w drugim – kontrolne, zaś

w trzecim – istotnie najmniejsza wartość stosunku tych form chlorofilu charakteryzowała rośliny traktowane preparatem Resistim. W przypadku spartiny preriowej największe wartości stosunku chlorofilu „a” do „b”, w pierwszym i drugim terminie pomiaru, stwierdzono w obiektach kontrolnych oraz traktowanych preparatem Resistim, w trzecim – po aplikacji preparatu Resistim.

Wpływ współdziałania czynników eksperymentu na omawianą cechę badanych gatunków traw był istotny i zróżnicowany – zależnie od terminu pomiaru. W przypadku miskanta wartość stosunku chlorofilu „a” do „b”, obliczona dla poszczególnych kombinacji doświadczalnych, zawierała się w przedziale od 1,8 do 3,1, a spartiny od 1,5 do 3,4 (tab. 34 i 35).

3.2.4. Zawartość chlorofilu całkowitego

We wszystkich fazach rozwojowych truskawki odmiany 'Elsanta' rośliny rosnące w podłożu z dodatkiem NaCl w dawce Z1 oraz kontrolne zawierały zbliżone ilości chlorofilu całkowitego. Zasolenie w dawce Z2 spowodowało natomiast, we wszystkich terminach pomiaru, istotny spadek zawartości tego barwnika w liściach (tab. 36). W fazie kwitnienia odmiany 'Salsa' NaCl, zastosowany zarówno w dawce Z1, jak i Z2, istotnie zmniejszył, w odniesieniu do kontroli, zawartość chlorofilu całkowitego. W pozostałych dwóch terminach pomiaru wykazano również zmniejszanie się ilości chlorofilu całkowitego w liściach tej odmiany wraz ze wzrostem stężenia soli w podłożu (tab. 37).

Tabela 36. Zawartość chlorofilu całkowitego w liściach truskawki odmiany 'Elsanta' (mg · g⁻¹ św.m.)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
I termin							
Czynnik I	Z0	1,134bc	1,413ef	1,621g	1,844h	1,293de	1,461b
	Z1	1,135bc	1,480f	1,290de	1,658g	1,212cd	1,356b
	Z2	0,883a	1,192bcd	1,134bc	1,362ef	1,064b	1,127a
	średnia	1,051a	1,363c	1,348c	1,621d	1,190b	
II termin							
Czynnik I	Z0	1,398bc	1,384bc	1,628de	1,661de	1,386bc	1,491b
	Z1	1,266b	1,575de	1,629de	1,706e	1,487cd	1,532b
	Z2	1,026a	1,402bc	1,318bc	1,725e	1,383bc	1,371a
	średnia	1,230a	1,454b	1,525b	1,697c	1,418b	
III termin							
Czynnik I	Z0	1,134bc	1,413ef	1,621g	1,844h	1,293de	1,461b
	Z1	1,135bc	1,483f	1,290de	1,658g	1,212cd	1,356b
	Z2	0,883a	1,192bcd	1,134bc	1,362ef	1,064b	1,127a
	średnia	1,051a	1,363c	1,348c	1,621d	1,190b	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

We wszystkich terminach pomiaru badanych odmian truskawki najmniejsza zawartość chlorofilu całkowitego charakteryzowała rośliny kontrolne – nietraktowane preparatami antystresowymi (średnio dla odmian 'Elsanta' i 'Salsa' wynosiła odpowiednio: 1,110

oraz 1,170 mg · g⁻¹ św.m.), największa natomiast (wynosząca odpowiednio – 1,646 oraz 1,836 mg · g⁻¹ św.m.) opryskiwane preparatem Pentakeep®super (tab. 36 i 37).

We wszystkich terminach pomiaru badanych odmian wykazano istotny wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na zawartość omawianego barwnika asymilacyjnego. Najmniejszą zawartość chlorofilu całkowitego stwierdzono w liściach roślin nietraktowanych preparatami antystresowymi, rosnących w podłożu o największym zasoleniu. W fazie kwitnienia oraz po owocowaniu odmiany ‘Elsanta’ największa zawartość tego barwnika charakteryzowała rośliny z kombinacji Z0P, w fazie owocowania natomiast z Z1P i Z2P (tab. 36). We wszystkich terminach pomiaru u odmiany ‘Salsa’, rosnącej w podłożu z dodatkiem chlorku sodu w dawce Z1 oraz Z2, większą zawartość chlorofilu całkowitego stwierdzono po aplikacji każdego z preparatów antystresowych (tab. 37).

Tabela 37. Zawartość chlorofilu całkowitego w liściach truskawki odmiany ‘Salsa’ (mg · g⁻¹ św.m.)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
		I termin					
Czynnik I	Z0	1,228 bc	1,710hi	1,667h	1,806i	1,533fg	1,589b
	Z1	1,175b	1,481ef	1,371de	1,654h	1,544fg	1,445a
	Z2	1,007a	1,471ef	1,293cd	1,611gh	1,461ef	1,369a
	średnia	1,137a	1,554c	1,444b	1,691d	1,512bc	
		II termin					
Czynnik I	Z0	1,158bc	1,654ij	1,650ij	1,838k	1,462fgh	1,553c
	Z1	1,890b	1,467gh	1,396efg	1,744jk	1,345def	1,408b
	Z2	0,966a	1,391efg	1,245cd	1,542hi	1,295de	1,288a
	średnia	1,071a	1,504c	1,431bc	1,708d	1,367b	
		III termin					
Czynnik I	Z0	1,541cd	2,350g	2,342g	2,435g	1,752e	2,084c
	Z1	1,383b	1,746e	1,688 de	1,965f	1,618de	1,680b
	Z2	0,983a	1,438bc	1,616de	1,923f	1,596de	1,511a
	średnia	1,302a	1,845bc	1,882c	2,108d	1,655b	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

Wykazano istotny wpływ czynników doświadczenia na zawartość chlorofilu całkowitego w liściach badanych gatunków traw (tab. 38 i 39). Zawartość tego barwnika w liściach zarówno miskanta, jak i spartiny preriowej, we wszystkich terminach pomiaru malała wraz ze wzrostem stosowanej dawki NaCl.

We wszystkich terminach pomiaru miskanta oraz w terminie trzecim, w przypadku spartiny preriowej, najmniejsza zawartość chlorofilu całkowitego charakteryzowała rośliny nietraktowane preparatami antystresowymi. W przypadku miskanta, w pierwszym terminie, największą zawartość tego barwnika stwierdzono u roślin traktowanych preparatem Algex, w pozostałych dwóch terminach zawartości chlorofilu całkowitego w roślinach opryskiwanych poszczególnymi preparatami były zbliżone. W przypadku spartiny preriowej, w kolejnych terminach pomiaru, największa zawartość chlorofilu całkowitego (wyższa w stosunku do wariantu kontrolnego odpowiednio – o 38 oraz 44%) charakteryzowała rośliny traktowane preparatem Pentakeep®super.

Tabela 38. Zawartość chlorofilu całkowitego w liściach miskanta olbrzymiego ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ św.m.)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
I termin							
Czynnik I	Z0	1,222e	1,653g	1,116de	1,559fg	1,502fg	1,410c
	Z1	0,882bc	1,528fg	1,243e	1,435f	1,194e	1,256b
	Z2	0,620a	1,022cd	0,937bc	1,028cd	0,842b	0,890a
	średnia	0,908a	1,401d	1,099b	1,341cd	1,179bc	
II termin							
Czynnik I	Z0	1,270f	1,578i	1,286f	1,444g	1,564hi	1,428c
	Z1	0,867bc	1,459gh	1,293f	1,307f	1,104e	1,206b
	Z2	0,492a	0,963cd	0,878bc	1,027de	0,839b	0,840a
	średnia	0,876a	1,333b	1,152b	1,259b	1,169b	
III termin							
Czynnik I	Z0	1,269fg	1,311gh	1,191efg	1,466hi	1,515i	1,351c
	Z1	0,870b	1,257fg	1,143def	1,297fg	1,501i	1,212b
	Z2	0,561a	1,000bcd	0,994bcd	1,047cde	0,879bc	0,897a
	średnia	0,900a	1,190bc	1,106b	1,270bc	1,298c	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 8.

Tabela 39. Zawartość chlorofilu całkowitego w liściach spartiny preriowej ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ św.m.)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
I termin							
Czynnik I	Z0	0,973c	1,373e	1,281e	1,535f	1,216de	1,275c
	Z1	0,717b	0,952c	0,976c	1,085cd	0,764b	0,899b
	Z2	0,553a	0,761b	0,787b	1,000c	0,543a	0,729a
	średnia	0,748a	1,029bc	1,015b	1,207c	0,841ab	
II termin							
Czynnik I	Z0	1,027f	1,380h	1,333h	1,556i	1,202g	1,300c
	Z1	0,569b	0,010e	0,870e	1,031f	0,685c	0,811b
	Z2	0,340a	0,740cd	0,772d	0,910e	0,555b	0,663a
	średnia	0,645a	1,007bc	0,992bc	1,166c	0,814ab	
III termin							
Czynnik I	Z0	0,943d	1,356g	1,349g	1,449h	1,395gh	1,300c
	Z1	0,600b	1,016de	1,047ef	1,122f	0,817c	0,921b
	Z2	0,359a	0,748c	0,798c	0,809c	0,520b	0,650a
	średnia	0,634a	1,040b	1,065bc	1,130c	0,911b	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 8.

Stwierdzono, że we wszystkich terminach pomiaru zarówno miskanta, jak i spartiny preriowej, najmniejszą zawartością chlorofilu całkowitego charakteryzowały się rośliny rosnące w podłożu z dodatkiem NaCl w dawce Z2, nietraktowane preparatami antystresowymi. We wszystkich terminach pomiaru u miskanta oraz spartiny preriowej w jednakowych warunkach zasolenia podłoża (zarówno przy dawce Z1, jak i Z2) większe, w porównaniu z wariantem kontrolnym, zawartości chlorofilu całkowitego stwierdzono w roślinach traktowanych preparatami antystresowymi.

3.2.5. Zawartość karotenoidów

W przypadku badanych odmian truskawki wykazano istotny wpływ czynników doświadczalnych na zawartość karotenoidów w liściach (tab. 40 i 41). Po owocowaniu odmiany 'Elsanta' oraz w fazie owocowania odmiany 'Salsa' ilość tych barwników malała wraz ze wzrostem dawki NaCl. W fazie kwitnienia odmiany 'Elsanta' spadek zawartości karotenoidów spowodowało zasolenie na poziomie Z2. W czasie owocowania tej odmiany największa zawartość karotenoidów wyróżniała rośliny rosnące w podłożu z dodatkiem soli w dawce Z1. W przypadku odmiany 'Salsa', w pierwszym i trzecim terminie pomiaru, większą od pozostałych obiektów zawartość karotenoidów stwierdzono w wariancie kontrolnym.

Tabela 40. Zawartość karotenoidów w liściach truskawki odmiany 'Elsanta' (mg · g⁻¹ św.m.)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
I termin							
Czynnik I	Z0	0,383def	0,344cd	0,382def	0,418f	0,401ef	0,386b
	Z1	0,360cde	0,413f	0,342cd	0,398ef	0,363cde	0,375b
	Z2	0,260a	0,399ef	0,295b	0,339cd	0,331bc	0,322a
	średnia	0,330a	0,385b	0,340a	0,385b	0,365ab	
II termin							
Czynnik I	Z0	0,361cd	0,421f	0,416ef	0,428f	0,430f	0,411a
	Z1	0,325bc	0,428f	0,405def	0,396def	0,366sde	0,384b
	Z2	0,234a	0,342bc	0,304b	0,363cd	0,305b	0,310a
	średnia	0,307a	0,397b	0,375b	0,396b	0,367b	
III termin							
Czynnik I	Z0	0,410de	0,472f	0,453ef	0,396cd	0,376bcd	0,421c
	Z1	0,327b	0,408de	0,374bcd	0,371bcd	0,374bcd	0,371b
	Z2	0,269a	0,346bc	0,368bc	0,366bcd	0,335b	0,337a
	średnia	0,335a	0,408c	0,400bc	0,370bc	0,362ab	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

Tabela 41. Zawartość karotenoidów w liściach truskawki odmiany 'Salsa' (mg · g⁻¹ św.m.)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
I termin							
Czynnik I	Z0	0,413abc	0,484def	0,521ef	0,502def	0,531f	0,490b
	Z1	0,393ab	0,381a	0,497def	0,498def	0,465cde	0,447a
	Z2	0,387ab	0,377a	0,458cd	0,446bcd	0,417abc	0,417a
	średnia	0,398a	0,414a	0,492b	0,482b	0,471b	
II termin							
Czynnik I	Z0	0,445cd	0,471cdef	0,573g	0,519f	0,508ef	0,503c
	Z1	0,382ab	0,446cd	0,487def	0,471cdef	0,457cde	0,449b
	Z2	0,347a	0,370ab	0,446cd	0,497def	0,418bc	0,416a
	średnia	0,391a	0,429ab	0,502b	0,495b	0,461bc	
III termin							
Czynnik I	Z0	0,355ab	0,499e	0,472de	0,470de	0,420cd	0,443b
	Z1	0,299a	0,317a	0,382bc	0,492e	0,408bc	0,379a
	Z2	0,318a	0,317a	0,301a	0,466de	0,392bc	0,359a
	średnia	0,324a	0,377b	0,385b	0,476c	0,407b	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

W fazie kwitnienia odmiany 'Elsanta' podobną, większą od obiektów kontrolnych i traktowanych preparatem Hergit, zawartością karotenoidów charakteryzowały się rośliny opryskiwane preparatami Algex i Pentakeep®super. W terminie drugim oraz trzecim najmniejsza zawartość tych barwników charakteryzowała rośliny nietraktowane dolistnie. W przypadku odmiany 'Salsa', w pierwszym i drugim terminie pomiaru, istotnie najmniejszą ilość karotenoidów stwierdzono w liściach obiektów kontrolnych oraz traktowanych preparatem Algex. W trzecim terminie największą zawartością tych barwników wyróżniały się rośliny traktowane preparatem Pentakeep®super, najmniejszą – kontrolne.

W przypadku badanych odmian truskawki wykazano istotny wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na zawartość karotenoidów. We wszystkich terminach pomiaru odmiany 'Elsanta' najmniejszą ilość tych barwników stwierdzono w liściach roślin z kombinacji Z2K. U tej samej odmiany, w pierwszym i drugim terminie pomiaru, wykazano większą, w stosunku do obiektów kontrolnych (nieopryskiwanych dolistnie), zawartość karotenoidów w roślinach traktowanych preparatami Algex, Hergit i Pentakeep®super (w przypadku roślin rosnących w podłożu z dodatkiem NaCl w dawce Z1) oraz opryskiwanych preparatami Algex, Hergit, Pentakeep®super i Resistim (w przypadku roślin rosnących w warunkach większego stężenia soli). Także w trzecim terminie pomiaru rośliny rosnące w zasolonym podłożu (zarówno przy dawce Z1, jak i Z2), traktowane badanymi preparatami, charakteryzowały się większą zawartością karotenoidów, w porównaniu z obiektami kontrolnymi (tab. 40).

W przypadku odmiany 'Salsa', przy zasoleniu podłoża dawką Z1, większą od obiektów kontrolnych ilość karotenoidów stwierdzono po aplikacji preparatów Hergit, Pentakeep®super i Resistim (w pierwszym i trzecim terminie pomiaru) oraz w drugim terminie wszystkimi badanymi preparatami. W warunkach większego zasolenia podłoża zależności takie stwierdzono po zastosowaniu preparatów Hergit i Pentakeep®super (pierwszy termin), Hergit, Pentakeep®super i Resistim (drugi termin) oraz Pentakeep®super i Resistim (trzeci termin) – tabela 41.

W pierwszym i drugim terminie pomiaru miskanta olbrzymiego oraz w pierwszym i trzecim spartiny preriowej nie wykazano istotnego wpływu zróżnicowanej dawki NaCl na zawartość karotenoidów w liściach (tab. 42 i 43). W trzecim terminie pomiaru u miskanta rosnącego w podłożu z dodatkiem NaCl w dawkach Z1 i Z2 zawartość karotenoidów była wyższa, w porównaniu z kontrolą, natomiast u spartiny (w drugim terminie pomiaru) istotnie niższa od pozostałych wariantów doświadczalnych zawartość tych barwników charakteryzowała rośliny rosnące w najwyższym zasoleniu podłoża.

Zastosowane preparaty wywarły istotny wpływ na zawartość karotenoidów w liściach badanych gatunków traw. W większości terminów pomiaru najmniejszy poziom tych barwników stwierdzono w wariantach kontrolnym. W pierwszych dwóch terminach pomiaru zarówno w przypadku miskanta, jak i spartiny, rośliny traktowane różnymi preparatami charakteryzowały się zbliżoną zawartością karotenoidów, w trzecim natomiast większą zawartością wyróżniały się rośliny opryskiwane preparatem Pentakeep®super. Wpływ współdziałania czynników eksperymentu na zawartość karotenoidów był istotny i zróżnicowany, zależnie od gatunku i terminu pomiaru.

Tabela 42. Zawartość karotenoidów w liściach miskanta olbrzymiego ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ św.m.)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
I termin							
Czynnik I	Z0	0,678a	0,911bcd	0,936cd	0,950cd	0,932bcd	0,845a
	Z1	0,832b	0,896bcd	0,922bcd	0,852bc	0,965d	0,893a
	Z2	0,690a	0,909bcd	0,915bcd	0,856bc	0,856bc	0,845a
	średnia	0,733a	0,905b	0,925b	0,886b	0,918b	
II termin							
Czynnik I	Z0	0,653a	0,874cd	0,843c	0,918d	0,872cd	0,832a
	Z1	0,734b	0,882cd	0,860cd	0,884cd	0,918d	0,856a
	Z2	0,750b	0,899cd	0,880cd	0,868cd	0,890cd	0,858a
	średnia	0,712a	0,885b	0,861b	0,890b	0,893b	
III termin							
Czynnik I	Z0	0,810bcd	0,840cd	0,911e	0,918e	0,840cd	0,777a
	Z1	0,773abc	0,879de	0,875de	0,927e	0,812bcd	0,853b
	Z2	0,761ab	0,793abc	0,750ab	0,841cd	0,741a	0,864b
	średnia	0,781a	0,837bc	0,845c	0,895d	0,798ab	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 8.

Tabela 43. Zawartość karotenoidów w liściach spartiny preriowej ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ św.m.)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
I termin							
Czynnik I	Z0	0,774	0,880cd	0,898d	0,892cd	0,885cd	0,866a
	Z1	0,757a	0,891cd	0,837bc	0,889cd	0,886cd	0,852a
	Z2	0,822b	0,867bcd	0,761a	0,888cd	0,869bcd	0,866a
	średnia	0,784a	0,879c	0,833b	0,890c	0,880c	
II termin							
Czynnik I	Z0	0,836bcd	0,843bcd	0,934e	0,865cd	0,874cd	0,870b
	Z1	0,789ab	0,843bcd	0,853cd	0,889de	0,877cd	0,850b
	Z2	0,753a	0,817bc	0,859cd	0,826bc	0,854cd	0,822a
	średnia	0,793a	0,834b	0,882c	0,860bc	0,869bc	
III termin							
Czynnik I	Z0	0,804b	0,868cde	0,882cdef	0,893 def	0,846bcde	0,859a
	Z1	0,740b	0,832bcd	0,878cdef	0,897f	0,847bcde	0,850a
	Z2	0,736a	0,869cde	0,841bcde	0,932f	0,818bc	0,839a
	średnia	0,778a	0,856b	0,867b	0,908c	0,837b	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 8.

3.3. Względna zawartość wody w liściach

Wprowadzenie do gleby zróżnicowanych dawek chlorku sodu wpłynęło na względną zawartość wody w liściach badanych odmian truskawki. Najwyższymi wartościami wskaźnika względnej zawartości wody (RWC) charakteryzowały się rośliny kontrolne (tab. 44 i 45). Zawartość wody w liściach zmniejszała się wraz ze wzrostem wysokości dawki NaCl i przy dawce Z2 wynosiła przeciętnie 73,04% dla odmiany 'Elsanta' oraz 76,58% dla odmiany 'Salsa'.

Porównując wpływ stosowanych dolistnie preparatów, w fazach kwitnienia i owocowania odmiany 'Elsanta', najwyższe, istotnie różne od kontroli i wariantu z preparatem Hergit, wartości wskaźnika RWC stwierdzono po aplikacji preparatów Pentakeep®super i Resistim. W trzecim terminie pomiaru tej odmiany rośliny traktowane preparatami antystresowymi

cechowała zbliżona wartość wskaźnika względnej zawartości wody, wyższa przeciętnie o 9,6%, w porównaniu z kontrolą (tab. 44). Podobnie w fazie owocowania i po jego zakończeniu, u odmiany 'Salsa' stosowanie preparatów antystresowych spowodowało zwiększenie zawartości wody, przeciętnie odpowiednio o 12,5 i 13,6%, w porównaniu z obiektami kontrolnymi (tab. 45).

Tabela 44. Wskaźnik względnej zawartości wody (RWC) w liściach truskawki odmiany 'Elsanta' (%)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
I termin							
Czynnik I	Z0	90,44i	91,91j	90,11i	93,71k	90,67ij	91,37c
	Z1	72,24c	81,06g	79,21f	86,65h	86,70h	81,17b
	Z2	63,08a	75,35d	70,83b	78,30ef	77,59e	73,03a
	średnia	75,25a	82,77bc	80,05ab	86,22c	84,99bc	
II termin							
Czynnik I	Z0	92,13j	90,31hi	90,65j	93,53jk	93,97k	92,12c
	Z1	72,79b	82,14f	78,96d	86,06g	89,03h	81,80b
	Z2	60,95a	75,00c	72,49b	78,14d	80,53e	73,42a
	średnia	75,29a	82,48bc	80,70ab	85,90bc	87,84c	
III termin							
Czynnik I	Z0	91,45i	92,84j	93,36j	91,83i	90,12h	91,92c
	Z1	72,29b	84,00f	80,46e	86,13g	84,82f	81,54b
	Z2	59,45a	74,48c	71,76b	76,86d	80,83e	72,68a
	średnia	74,40a	83,77b	81,86b	84,94b	85,26b	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

Tabela 45. Wskaźnik względnej zawartości wody (RWC) w liściach truskawki odmiany 'Salsa' (%)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
I termin							
Czynnik I	Z0	91,29g	92,75g	91,58g	93,23g	90,38g	91,85c
	Z1	74,10b	77,75cd	80,95e	85,63f	83,86f	80,46b
	Z2	69,64a	78,47cde	70,32a	76,49bc	79,71de	74,92a
	średnia	78,34a	82,99ab	80,95ab	85,12b	84,65b	
II termin							
Czynnik I	Z0	91,65hij	91,46hi	92,86jk	92,49ijk	93,50k	92,39c
	Z1	71,07b	88,86f	90,04fg	88,92f	90,93gh	85,97b
	Z2	62,35a	80,79d	76,42c	81,61de	82,26e	76,69a
	średnia	75,03a	87,04b	86,44b	87,67b	88,90b	
III termin							
Czynnik I	Z0	90,26ef	92,82g	88,66e	90,00ef	91,14fg	90,57c
	Z1	72,47b	90,84f	89,76ef	90,18ef	89,89ef	86,63b
	Z2	60,01a	81,86c	81,25c	82,92cd	84,60d	78,13a
	średnia	74,25a	88,51b	86,55b	87,70b	88,54b	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

W przypadku badanych odmian truskawki wykazano istotność interakcji czynników eksperymentu. Najniższe wartości wskaźnika względnej zawartości wody w liściach truskawki notowano we wszystkich terminach pomiaru w kombinacji Z2K. Wykazano także, że w przypadku roślin rosnących w podłożu z dodatkiem NaCl w dawkach Z1 i Z2, wyższymi,

w porównaniu z kontrolą, wartościami RWC charakteryzowały się obiekty traktowane dolistnie preparatami antystresowymi.

U badanych gatunków traw stwierdzono istotność zarówno efektów głównych doświadczenia, jak i interakcji czynników (tab. 46 i 47). U miskanta rosnącego w podłożu z dodatkiem soli w dawkach Z1 i Z2 wielkości wskaźnika RWC kształtowały się na podobnym poziomie, istotnie mniejszym od wielkości tego parametru w obiektach kontrolnych. Najwyższą zawartość wody w liściach spartiny stwierdzono w wariancie kontrolnym. Wprowadzenie do gleby rosnącej dawki soli spowodowało zmniejszenie wartości wskaźnika RWC.

Tabela 46. Wskaźnik względnej zawartości wody (RWC) w liściach miskanta olbrzymiego (%)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
I termin							
Czynnik I	Z0	86,50i	85,00hi	81,80g	84,50h	86,80i	84,90b
	Z1	62,70b	72,90e	65,90c	78,50f	77,30f	71,50a
	Z2	58,40a	71,20de	70,20d	72,70e	72,20e	68,90a
	średnia	69,20a	76,40bc	72,60ab	78,60c	78,70c	
II termin							
Czynnik I	Z0	83,50f	82,20f	82,10f	82,90f	85,20g	83,20b
	Z1	60,40a	76,90e	65,60b	78,10e	77,50e	71,70a
	Z2	59,50a	71,80d	70,10c	73,00d	72,40d	69,30a
	średnia	67,80a	77,00bc	72,60b	78,00c	78,40c	
III termin							
Czynnik I	Z0	81,90ij	83,00jk	81,50i	83,40k	84,60l	82,90b
	Z1	61,30b	72,60fg	65,60c	76,80h	76,00h	70,50a
	Z2	59,50a	71,00e	69,70d	73,50g	71,60ef	69,10a
	średnia	67,60a	75,50bc	72,30b	77,90c	77,40c	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 8.

Tabela 47. Wskaźnik względnej zawartości wody (RWC) w liściach spartiny periowej (%)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
I termin							
Czynnik I	Z0	84,70j	85,82ij	82,80h	86,55j	89,22k	85,82c
	Z1	60,70b	74,45f	66,00d	72,92e	76,60g	70,13b
	Z2	57,10a	66,85d	62,17c	66,45d	66,10d	63,73a
	średnia	67,50a	75,71b	70,32ab	75,31b	77,31b	
II termin							
Czynnik I	Z0	84,50h	84,70h	83,70g	86,20i	88,80j	85,60c
	Z1	59,80b	73,60e	65,70c	72,80e	76,50f	69,70b
	Z2	57,50a	67,00d	60,30b	66,70d	65,80c	63,40a
	średnia	67,30a	75,10bc	69,90ab	75,20bc	77,00c	
III termin							
Czynnik I	Z0	83,10g	84,60h	83,80g	85,90i	89,00j	85,30c
	Z1	60,40b	72,90e	67,00d	72,80e	75,90f	69,80b
	Z2	54,70a	67,10d	60,50b	66,80d	64,90c	62,80a
	średnia	66,10a	74,90b	70,40ab	75,20b	76,60b	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 8.

We wszystkich terminach pomiaru u miskanta (poza aplikacją preparatu Hergit w pierwszym terminie) wykazano wyższe, od kontroli, wartości wskaźnika RWC po zastosowaniu badanych preparatów. W liściach spartiny natomiast zawartość wody uległa zwiększeniu na skutek działania preparatów Algex, Pentakeep[®]super oraz Resistim.

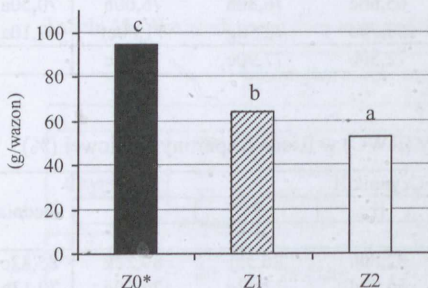
Analizując współdziałanie czynników doświadczalnych można stwierdzić, że najniższe wartości wskaźnika względnej zawartości wody w liściach miskanta (średnio w terminach 59,1%) i spartiny (średnio w terminach 56,4%) notowano w kombinacji Z2K. Wykazano także, że w przypadku roślin rosnących w podłożu z dodatkiem NaCl w dawkach Z1 i Z2, wyższymi, w porównaniu z kontrolą, wartościami RWC charakteryzowały się obiekty traktowane każdym z badanych preparatów.

3.4. Plon

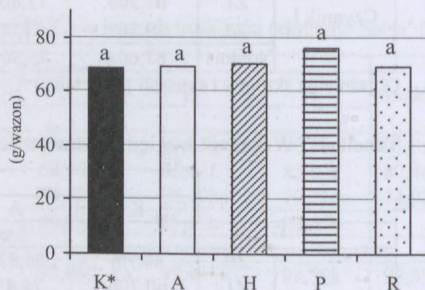
3.4.1. Plon świeżej masy części nadziemnej

Świeżą masę liści truskawki w każdym doświadczeniu określono dla roślin dwuletnich i wyrażono w g/wazon. W przypadku badanych odmian plon świeżej masy liści spadał wraz ze zwiększaniem dawki soli wprowadzanej do podłoża. Dla odmian 'Elsanta' i 'Salsa' rosnących w niższym zasoleniu był on mniejszy – odpowiednio o 32 i 24% niż w kontroli. Chlorek sodu dodany w dawce Z2 spowodował, w porównaniu z kontrolą, spadek plonu świeżej masy liści odmiany 'Elsanta' o 44% oraz 'Salsa' o 41% – rysunki 42 i 45.

Nie wykazano istotnego wpływu stosowanych preparatów o działaniu antystresowym na plon świeżej masy liści badanych odmian truskawki (rys. 43 i 46).

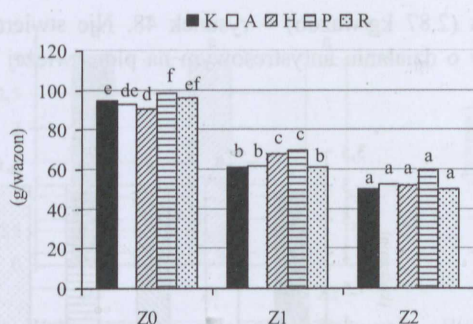


Rys. 42. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na plon świeżej masy liści truskawki odmiany 'Elsanta'
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 2.

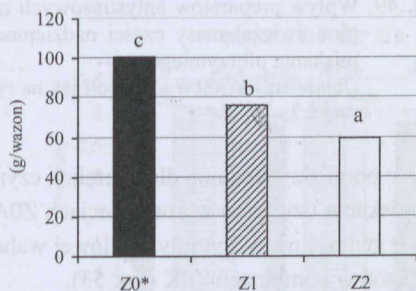


Rys. 43. Wpływ preparatów antystresowych na plon świeżej masy liści truskawki odmiany 'Elsanta'
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.

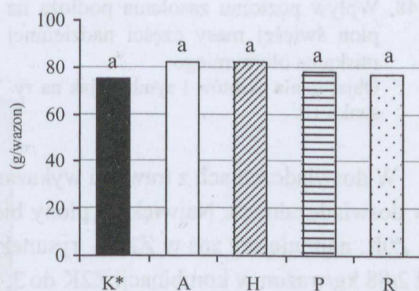
Wykazano istotny wpływ interakcji czynników doświadczalnych na świeżą masę liści truskawki. U odmiany 'Salsa' największą świeżą masę liści wykształciły rośliny traktowane preparatami Algex i Hergit, rosnące w podłożu bez dodatku chlorku sodu (rys. 47). W przypadku odmiany 'Elsanta' największą różnicę stwierdzono pomiędzy plonem liści roślin z kombinacją Z0P (98,24 g/wazon) a Z2K (49,93 g/wazon) – rysunek 44.



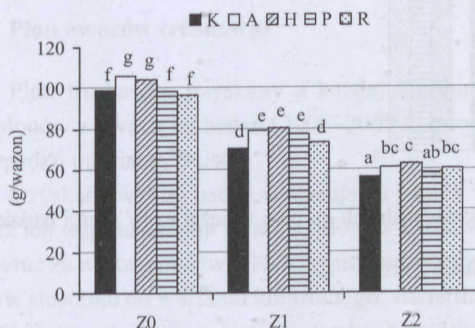
Rys. 44. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na plon świeżej masy liści truskawki odmiany 'Elsanta'
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunkach 2 i 3.



Rys. 45. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na plon świeżej masy liści truskawki odmiany 'Salsa'
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 2.



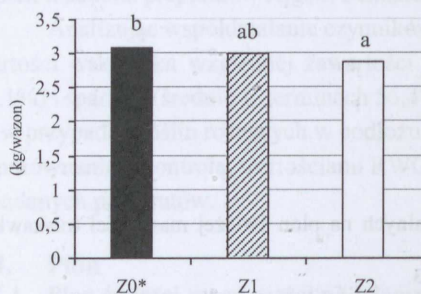
Rys. 46. Wpływ preparatów antystresowych na plon świeżej masy liści truskawki odmiany 'Salsa'
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.



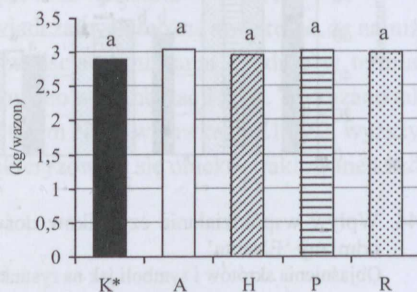
Rys. 47. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na plon świeżej masy liści truskawki odmiany 'Salsa'
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunkach 2 i 3.

W przypadku spartiny nie stwierdzono wpływu zróżnicowanych dawek soli wprowadzanej do podłoża na wielkość plonu świeżej masy (rys. 51), natomiast dla miskanta wykazano istotną różnicę pomiędzy wielkością plonu biomasy roślin kontrolnych (3,09 kg/wazon) a plonem

roślin rosnących w najwyższym zasoleniu (2,87 kg/wazon) – rysunek 48. Nie stwierdzono istotnego wpływu stosowanych preparatów o działaniu antystresowym na plon świeżej masy badanych gatunków traw (rys. 49 i 52).

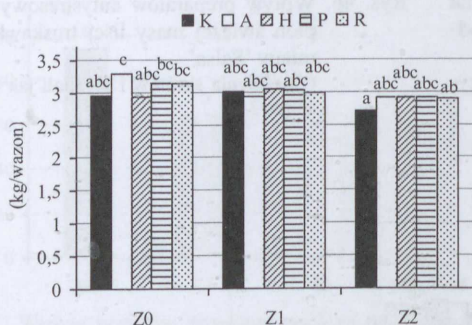


Rys. 48. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na plon świeżej masy części nadziemnej miskanta olbrzymiego
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 10.

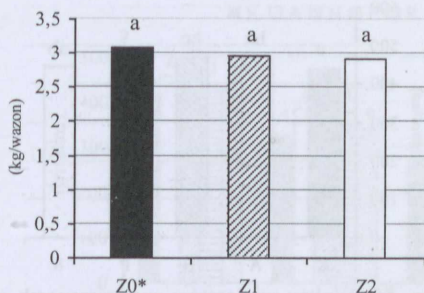


Rys. 49. Wpływ preparatów antystresowych na plon świeżej masy części nadziemnej miskanta olbrzymiego
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.

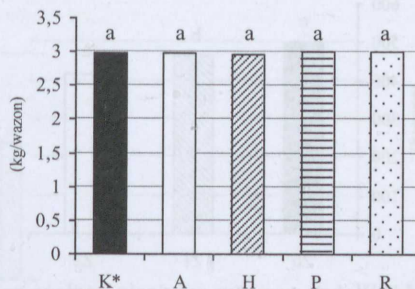
W doświadczeniach z trawami wykazano różnice pomiędzy średnimi dla interakcji czynników doświadczalnych. Największe plony biomasy miskanta uzyskano w kombinacjach Z0A, Z0P i Z0R, najmniejszy zaś w Z2K – rysunek 50. Plon świeżej masy spartiny preriowej wahał się od 2,88 kg/wazon w kombinacji Z2K do 3,16 kg/wazon w kombinacji Z0K (rys. 53).



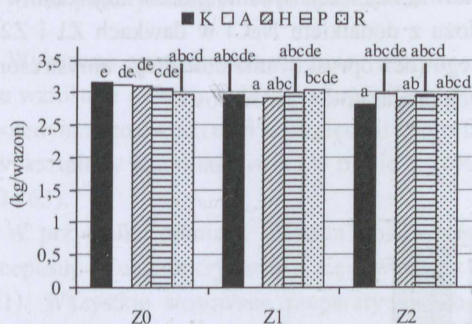
Rys. 50. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na plon świeżej masy części nadziemnej miskanta olbrzymiego
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunkach 3 i 10.



Rys. 51. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na plon świeżej masy części nadziemnej spartiny preriowej
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 10.



Rys. 52. Wpływ preparatów antystresowych na plon świeżej masy części nadziemnej spartiny preriowej
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.



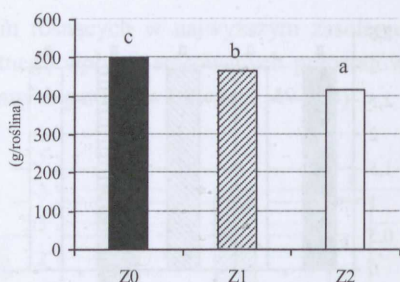
Rys. 53. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na plon świeżej masy części nadziemnej spartiny preriowej
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunkach 3 i 10.

3.4.2. Plon owoców truskawki

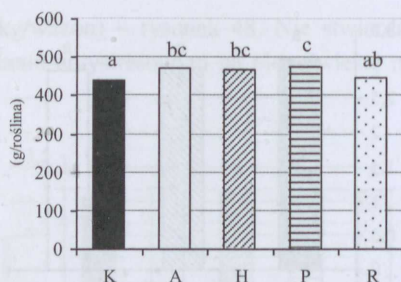
Plon truskawki, uzyskany z każdej kombinacji doświadczalnej, przedstawiono jako sumę plonów z dwóch lat badań (2008–2009 w przypadku odmiany ‘Elsanta’ oraz 2010–2011 w przypadku odmiany ‘Salsa’).

Uzyskane wyniki badań wskazują na istotny wpływ zarówno czynników głównych, jak również ich współdziałania na sumę plonów truskawki. Wykazano, że plon badanych odmian malał wraz ze wzrostem dawki NaCl wprowadzanego do podłoża (rys. 54 i 57). Większy spadek plonu, w stosunku do wariantu kontrolnego, stwierdzono w przypadku odmiany ‘Salsa’, rosnącej w podłożu z dodatkiem NaCl w dawkach zarówno Z1, jak i Z2 – wynosił on odpowiednio 18 i 30%.

W przypadku odmiany ‘Elsanta’ najwyższą sumą plonów (istotnie różną od sumy plonów roślin kontrolnych oraz opryskiwanych preparatem Resistim) charakteryzowały się truskawki traktowane preparatem Pentakeep®super (rys. 55). U odmiany ‘Salsa’ wykazano istotną różnicę pomiędzy sumą plonów roślin traktowanych preparatami Hergit i Algex, wynoszącą odpowiednio – 386,3 oraz 389,7 g/roślinę, a plonem obiektów kontrolnych (341,4 g/roślinę) – rysunek 58.

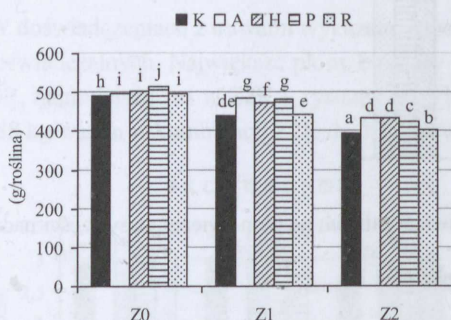


Rys. 54. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na sumę plonów owoców truskawki odmiany 'Elsanta'
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 2.

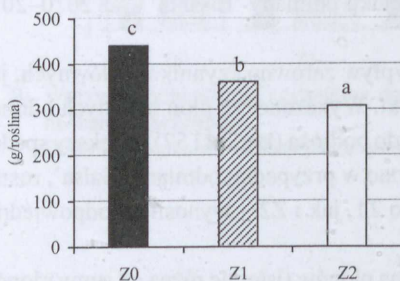


Rys. 55. Wpływ preparatów antystresowych na sumę plonów owoców truskawki odmiany 'Elsanta'
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.

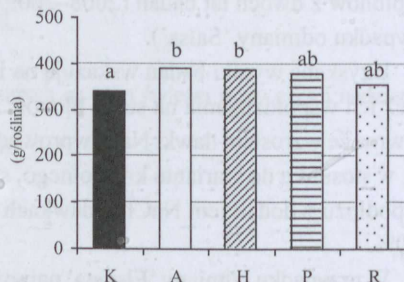
W przypadku badanych odmian truskawki najmniejszą sumę plonów uzyskano w kombinacji Z2K. Dla roślin rosnących w podłożu z dodatkiem NaCl w dawkach Z1 i Z2 oraz kontrolnych większą, od wariantu kontrolnego (bez opryskiwania dolistnego antystresorami), sumę plonów uzyskano po aplikacji badanych preparatów (rys. 56 i 59).



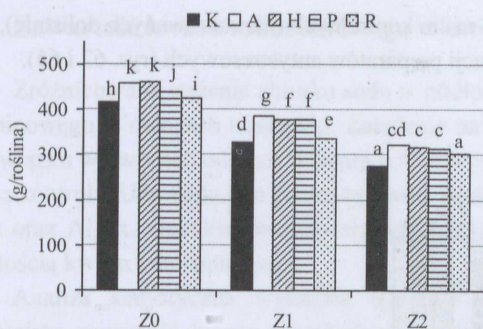
Rys. 56. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na sumę plonów owoców truskawki odmiany 'Elsanta'
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunkach 2 i 3.



Rys. 57. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na sumę plonów owoców truskawki odmiany 'Salsa'
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 2.



Rys. 58. Wpływ preparatów antystresowych na sumę plonów owoców truskawki odmiany 'Salsa'
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.



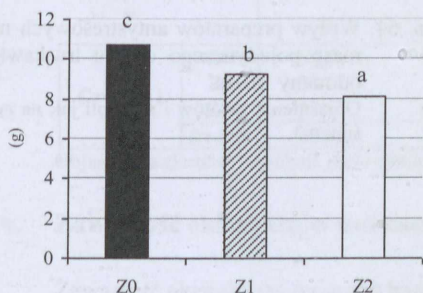
Rys. 59. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na sumę plonów owoców truskawki odmiany 'Salsa'

Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunkach 2 i 3.

3.4.3. Masa pojedynczego owocu truskawki

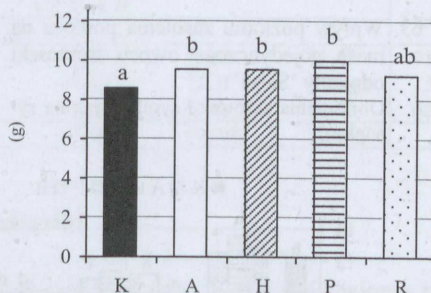
Wykazano zmniejszanie się masy pojedynczego owocu badanych odmian truskawki wraz ze wzrostem stężenia soli w podłożu. Zasolenie na poziomie Z1 spowodowało redukcję masy pojedynczego owocu o 14% względem kontroli. Rośliny rosnące w największym stężeniu NaCl wykształciły natomiast owoce o masie o 24% mniejszej od masy owoców kontrolnych (rys. 60 i 63).

W przypadku odmiany 'Elsanta' rośliny traktowane preparatami Algex, Hergit oraz Pentakeep®super charakteryzowały się owocami o większej masie niż rośliny kontrolne (rys. 61). Wszystkie stosowane preparaty spowodowały zwiększenie masy pojedynczego owocu odmiany 'Salsa' (rys. 64).



Rys. 60. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na masę pojedynczego owocu truskawki odmiany 'Elsanta'

Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 2.



Rys. 61. Wpływ preparatów antystresowych na masę pojedynczego owocu truskawki odmiany 'Elsanta'

Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.

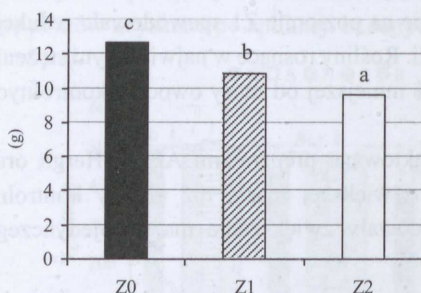
Udowodniono istotny wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na omawianą cechę badanych odmian truskawki. Stwierdzono, że najmniejszą masą charakteryzowały się owoce roślin rosnących w największym zasoleniu, nietraktowane preparatami antystresowymi, największą zaś owoce truskawki z kombinacji Z0P. W przypadku badanych odmian, niezależnie

od poziomu zasolenia podłoża, większą od roślin kontrolnych (nietraktowanych dolistnie), masę pojedynczego owocu stwierdzano po aplikacji preparatów antystresowych (rys. 62 i 65).



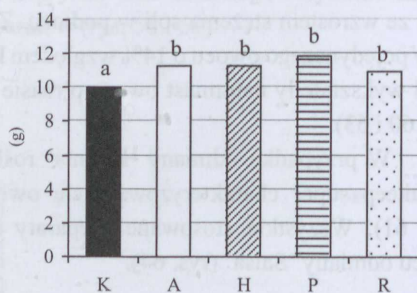
Rys. 62. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na masę pojedynczego owocu truskawki odmiany 'Elsanta'

Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunkach 2 i 3.



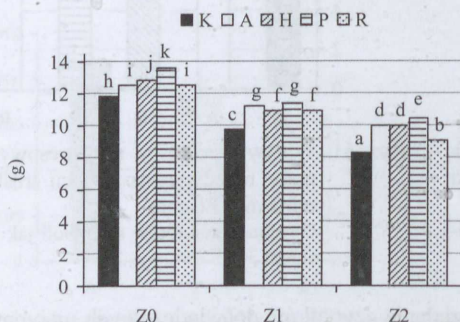
Rys. 63. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na masę pojedynczego owocu truskawki odmiany 'Salsa'

Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 2.



Rys. 64. Wpływ preparatów antystresowych na masę pojedynczego owocu truskawki odmiany 'Salsa'

Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.



Rys. 65. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na masę pojedynczego owocu truskawki odmiany 'Salsa'

Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunkach 2 i 3.

3.5. Zawartość kwasu askorbinowego w owocach truskawki

Zróznicowane stężenie chlorku sodu w podłożu wpływało istotnie na zawartość kwasu askorbinowego w owocach truskawki. Zasolenie na poziomie Z1 spowodowało wzrost ilości tego związku w owocach odmian 'Elsanta' i 'Salsa' – odpowiednio o 7,5 oraz 6,3%, w porównaniu z kontrolą. Udowodniono także, że owoce badanych odmian, traktowanych preparatami Hergit oraz Algex, charakteryzowały się większą, w porównaniu z obiektami kontrolnymi, zawartością kwasu askorbinowego.

Analiza statystyczna wykazała istotność interakcji czynników doświadczalnych. Najmniejszą zawartość kwasu askorbinowego stwierdzono w owocach truskawki rosnącej w podłożu o najwyższym zasoleniu, nietraktowanej preparatami antystresowymi. Największą ilość tego związku zawierały natomiast owoce badanych odmian rosnących w podłożu o zasoleniu Z1, po aplikacji preparatów Hergit, Algex oraz Resistim – tabele 48 i 49.

Tabela 48. Zawartość kwasu askorbinowego w owocach truskawki odmiany 'Elsanta' (mg·100 g⁻¹ św.m.)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
Czynnik I	Z0	66,0b	69,5c	70,3cd	70,2cd	69,6c	69,1b
	Z1	71,8d	75,6e	76,0e	72,0d	75,9e	74,3c
	Z2	59,0a	65,1b	64,5b	64,5b	59,8a	62,6a
	średnia	65,6a	70,1b	70,3b	68,9ab	68,4ab	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

Tabela 49. Zawartość kwasu askorbinowego w owocach truskawki odmiany 'Salsa' (mg·100 g⁻¹ św.m.)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
Czynnik I	Z0	68,5e	71,3f	72,2f	71,8f	71,6f	71,1b
	Z1	72,2f	77,6g	78,0g	72,3f	77,9g	75,6c
	Z2	57,4a	65,0d	64,4cd	62,8c	60,6b	62,0a
	średnia	66,0a	71,3b	71,5b	69,0ab	70,0ab	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

3.6. Zawartość ekstraktu w owocach truskawki

Zawartość ekstraktu w owocach badanych odmian truskawki zależała od poziomu zasolenia podłoża. Największą zawartością ekstraktu charakteryzowały się owoce roślin rosnących w podłożu o zasoleniu Z1, najmniejszą zaś w zasoleniu najwyższym – Z2. Stosowane preparaty, w przypadku odmiany 'Elsanta', nie wpłynęły na powyższą cechę, natomiast w przypadku odmiany 'Salsa' owoce roślin traktowane preparatami antystresowymi cechowały się większą, od obiektów kontrolnych, zawartością ekstraktu.

Dla odmiany 'Salsa', niezależnie od poziomu zasolenia podłoża, większą, od obiektów kontrolnych (nieopryskiwanych preparatami), zawartość ekstraktu posiadały owoce roślin traktowanych badanymi preparatami. W przypadku tej odmiany najmniejszą ilość ekstraktu zawierały owoce roślin rosnących w najwyższym zasoleniu, nietraktowane antystresorami. U odmiany

‘Elsanta’ największą różnicę w zawartości ekstraktu stwierdzono pomiędzy roślinami z kombinacji Z2K (6,10%) a Z1P (8,80%) – tabele 50 i 51.

Tabela 50. Zawartość ekstraktu w owocach truskawki odmiany ‘Elsanta’ (%)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
Czynnik I	Z0	7,68d	8,27efg	8,17ef	8,40efg	8,25efg	8,15b
	Z1	8,10e	8,57gh	8,55gh	8,80h	8,47fg	8,50c
	Z2	6,10a	6,57bc	6,37ab	6,75c	6,47bc	6,45a
	średnia	7,29a	7,80a	7,69a	7,98a	7,73a	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

Tabela 51. Zawartość ekstraktu w owocach truskawki odmiany ‘Salsa’ (%)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
Czynnik I	Z0	7,62d	8,15ef	8,23f	8,27f	8,38fg	8,13b
	Z1	7,92e	8,37fg	8,37fg	8,68h	8,55gh	8,38c
	Z2	6,48a	6,98b	7,23c	7,42cd	7,42cd	7,11a
	średnia	7,34a	7,83b	7,94b	8,12b	8,12b	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

3.7. Zawartość kwasów organicznych w owocach truskawki

Zawartość kwasów organicznych w owocach badanych odmian truskawki, rosnących w podłożu z dodatkiem chlorku sodu w dawkach Z1 i Z2, kształtowała się na podobnym poziomie, wyższym od obiektów kontrolnych. Stosowanie preparatów antystresowych zmniejszało kwasowość owoców względem kontroli.

Przeprowadzona analiza statystyczna udowodniła istotność interakcji. Zarówno u roślin kontrolnych, jak i nawadnianych roztworami chlorku sodu o zróżnicowanym stężeniu, owoce truskawek traktowanych preparatami antystresowymi cechowały się mniejszą zawartością kwasów organicznych niż owoce roślin kontrolnych (nieopryskiwanych dolistnie) – tabele 52 i 53.

Tabela 52. Zawartość kwasów organicznych w owocach truskawki odmiany ‘Elsanta’ (g kwasu cytrynowego · 100 g⁻¹ św.m.)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
Czynnik I	Z0	0,95cd	0,75a	0,72a	0,71a	0,75a	0,78a
	Z1	1,02de	0,86bc	0,89bc	0,88bc	0,88bc	0,90b
	Z2	1,06e	0,87bc	0,92bc	0,87bc	0,85b	0,91b
	średnia	1,01b	0,83a	0,84a	0,82a	0,83a	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

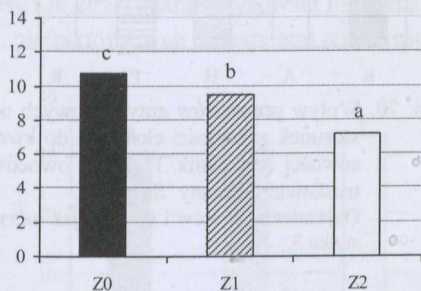
Tabela 53. Zawartość kwasów organicznych w owocach truskawki odmiany 'Salsa' (g kwasu cytrynowego $\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ św.m.)

Czynnik I		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
Czynnik I	Z0	0,88de	0,73abc	0,68a	0,69ab	0,72abc	0,74a
	Z1	1,02f	0,80bcd	0,83cd	0,81cd	0,80bcd	0,85b
	Z2	0,98ef	0,81cd	0,83cd	0,82cd	0,81cd	0,85b
	średnia	0,96b	0,78a	0,78a	0,77a	0,78a	

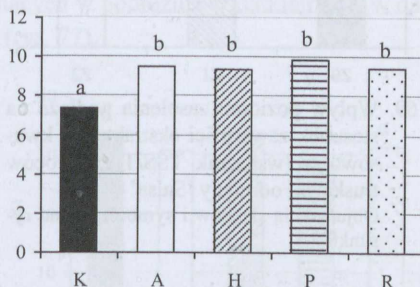
Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

3.8. Stosunek zawartości ekstraktu do zawartości kwasów organicznych w owocach truskawki – wskaźnik TSS/TA

Wartość wskaźnika TSS/TA, obliczonego na podstawie stosunku zawartości ekstraktu w owocach badanych odmian do ich kwasowości, malała wraz ze wzrostem stężenia NaCl w podłożu. Dla roślin odmian 'Elsanta' oraz 'Salsa', rosnących w podłożu o największym zasoleniu, była ona mniejsza, odpowiednio o 33 oraz o 24% względem kontroli (rys. 66 i 69). W przypadku badanych odmian wykazano, że rośliny, którym aplikowano preparaty antystresowe, charakteryzowały się istotnie większymi, od obiektów kontrolnych, wartościami TSS/TA (rys. 67 i 70).

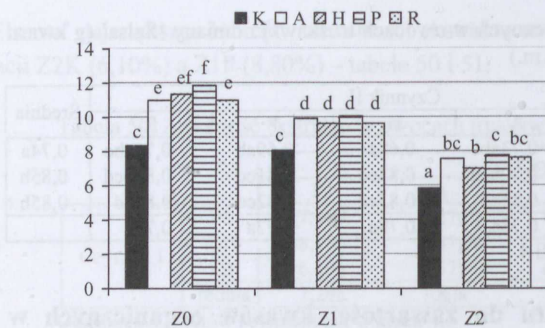


Rys. 66. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na stosunek zawartości ekstraktu do kwasowości (wskaźnik TSS/TA) owoców truskawki odmiany 'Elsanta'
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 2.

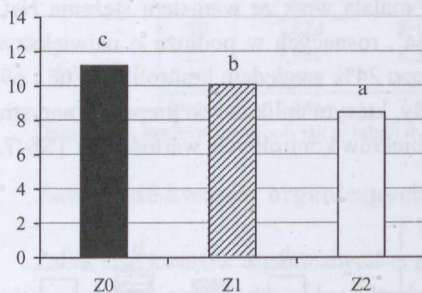


Rys. 67. Wpływ preparatów antystresowych na stosunek zawartości ekstraktu do kwasowości (wskaźnik TSS/TA) owoców truskawki odmiany 'Elsanta'
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.

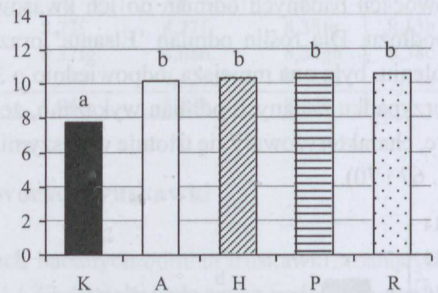
Analiza istotności współdziałania czynników eksperymentu wykazała, że najmniejszymi wartościami wskaźnika TSS/TA charakteryzowały się owoce badanych odmian rosnących w podłożu z dodatkiem NaCl w dawce Z2, nietraktowanych preparatami antystresowymi. Zarówno u roślin kontrolnych, jak i nawadnianych roztworami chlorku sodu, owoce truskawek dokarmianych dolistnie charakteryzowały się istotnie większymi, w porównaniu z kontrolą, wartościami omawianego wskaźnika. Zależność taką stwierdzono dla każdego ze stosowanych w eksperymencie preparatów (rys. 68 i 71).



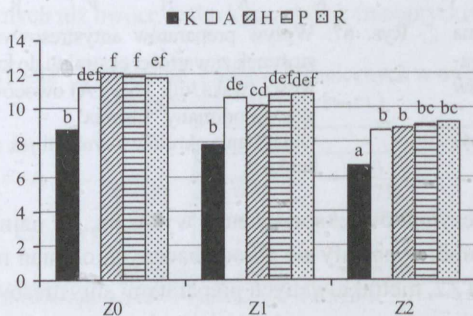
Rys. 68. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na stosunek zawartości ekstraktu do kwasowości (wskaźnik TSS/TA) owoców truskawki odmiany 'Elsanta'
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunkach 2 i 3.



Rys. 69. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na stosunek zawartości ekstraktu do kwasowości (wskaźnik TSS/TA) owoców truskawki odmiany 'Salsa'
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 2.



Rys. 70. Wpływ preparatów antystresowych na stosunek zawartości ekstraktu do kwasowości (wskaźnik TSS/TA) owoców truskawki odmiany 'Salsa'
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.



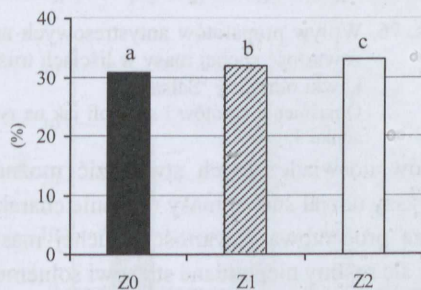
Rys. 71. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na stosunek zawartości ekstraktu do kwasowości (wskaźnik TSS/TA) owoców truskawki odmiany 'Salsa'
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunkach 2 i 3.

3.9. Zawartość suchej masy w części nadziemnej

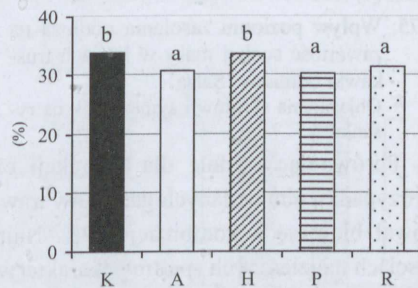
Analizując wyniki dotyczące zawartości suchej masy w liściach badanych odmian truskawki, stwierdzono istotność zarówno efektów głównych, jak i interakcji czynników doświadczalnych. Wzrastające dawki chlorku sodu wprowadzanego do podłoża powodowały wzrost zawartości suchej masy w liściach badanych odmian. Po dodaniu do podłoża soli w dawce Z1 wzrost ten, w porównaniu z kontrolą, wynosił 1,2%. Wprowadzenie do podłoża soli w dawce Z2 wywołało dalsze zwiększenie zawartości suchej masy w liściach odmian 'Elsanta' i 'Salsa' – odpowiednio o 3,3 i 1,4% względem zawartości przy dawce Z1 – rysunki 72 i 75.

Porównując średnie drugiego czynnika doświadczalnego, stwierdzono w przypadku odmiany 'Elsanta' mniejszą, w porównaniu z roślinami kontrolnymi i opryskiwanymi preparatem Hergit, procentową zawartość suchej masy w liściach obiektów traktowanych preparatami: Algex, Pentakeep®super oraz Resistim (rys. 73). Liście roślin odmiany 'Salsa' opryskiwane różnymi preparatami charakteryzowały się zbliżoną zawartością suchej masy, istotnie mniejszą od zawartości w roślinach kontrolnych (rys. 76).

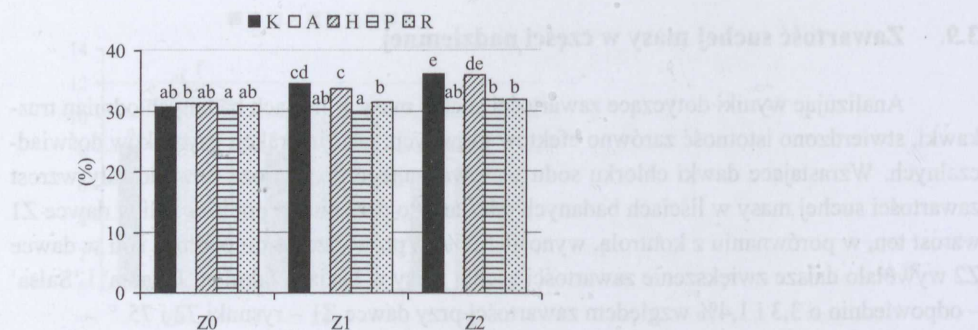
Analizując interakcję czynników w przypadku odmiany 'Elsanta', największą różnicę zawartości suchej masy w liściach stwierdzono pomiędzy kombinacjami Z0P (29,63%) a Z2K (36,26%) – rysunek 74. W przypadku drugiej badanej odmiany największa zawartość suchej masy (36,20%) charakteryzowała liście roślin rosnących w podłożu z dodatkiem soli w dawce Z2, nietraktowanych preparatami antystresowymi (rys. 77).



Rys. 72. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na zawartość suchej masy w liściach truskawki odmiany 'Elsanta'
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 2.

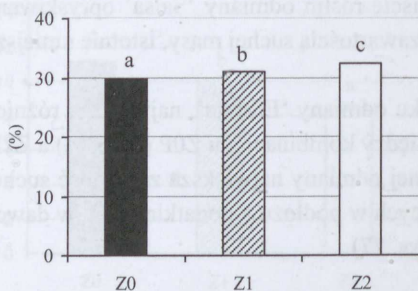


Rys. 73. Wpływ preparatów antystresowych na zawartość suchej masy w liściach truskawki odmiany 'Elsanta'
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.



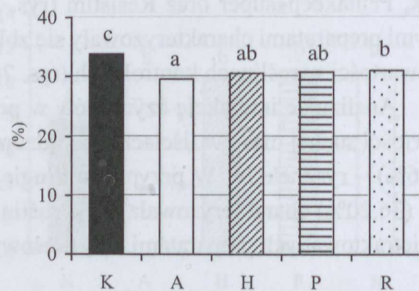
Rys. 74. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na zawartość suchej masy w liściach truskawki odmiany 'Elsanta'

Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunkach 2 i 3.



Rys. 75. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na zawartość suchej masy w liściach truskawki odmiany 'Salsa'

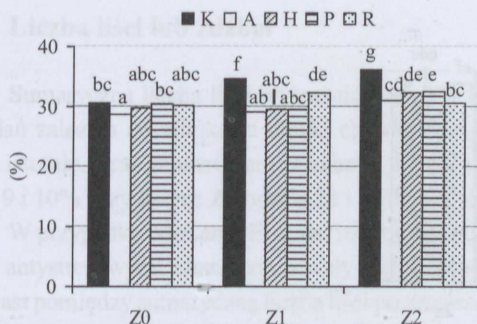
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 2.



Rys. 76. Wpływ preparatów antystresowych na zawartość suchej masy w liściach truskawki odmiany 'Salsa'

Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.

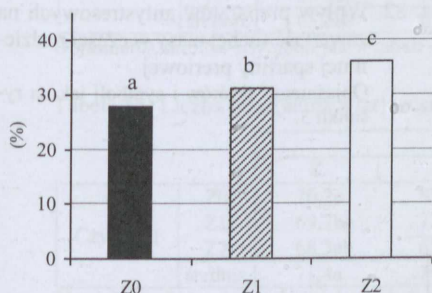
Porównując średnie dla interakcji czynników doświadczalnych stwierdzić można, że w przypadku obu badanych gatunków traw najwyższy udział suchej masy w plonie charakteryzował biomasę z kombinacji Z2K. Najmniejszą procentową zawartością suchej masy w częściach nadziemnych spartiny charakteryzowały się rośliny niepoddane stresowi solnemu, traktowane preparatem Resistim (rys. 83). W przypadku miskanta najmniejsze, względem pozostałych kombinacji, udziały suchej masy w plonie biomasy wykazano w roślinach traktowanych preparatami antystresowymi rosnących w warunkach kontrolnych lub w podłożu z dodatkiem soli w dawce Z1 (rys. 80).



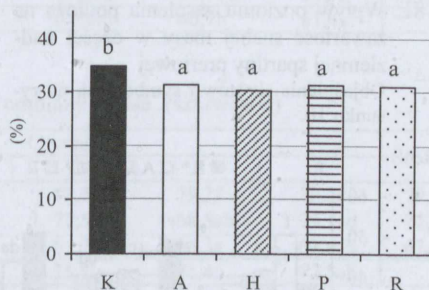
Rys. 77. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na zawartość suchej masy w liściach truskawki odmiany 'Salsa'

Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunkach 2 i 3.

Stwierdzono, że zawartość suchej masy w częściach nadziemnych miskanta i spartiny zależała zarówno od głównych czynników doświadczalnych, jak i ich współdziałania. Analizując wpływ zasolenia w przypadku badanych gatunków traw, najmniejszą zawartością suchej masy charakteryzowały się rośliny kontrolne. Wzrastające stężenie roztworu chlorku sodu wykorzystywanego do nawadniania spowodowało zwiększenie procentowego udziału suchej masy w częściach nadziemnych miskanta – przy dawkach Z1 i Z2 – odpowiednio o 3 i 8% względem kontroli (rys. 78). W przypadku spartiny rośliny rosnące w podłożu z dodatkiem soli w dawkach Z1 i Z2 charakteryzowały się zbliżoną zawartością suchej masy, większą względem kontroli (rys. 81).

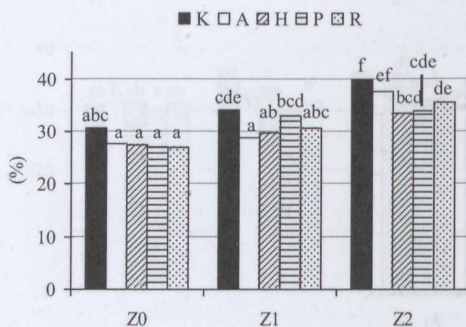


Rys. 78. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na zawartość suchej masy w części nadziemnej miskanta olbrzymiego
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 10.



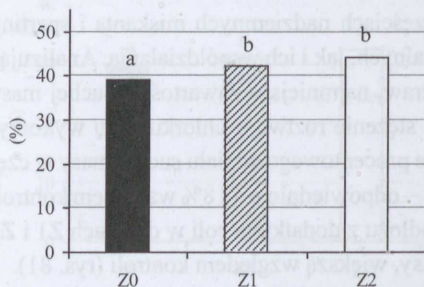
Rys. 79. Wpływ preparatów antystresowych na zawartość suchej masy w części nadziemnej miskanta olbrzymiego
Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.

Udział suchej masy w plonie biomasy miskanta traktowanego różnymi preparatami był zbliżony (wynosił średnio 31%). Rośliny kontrolne charakteryzowały się zaś istotnie mniejszą zawartością suchej masy (średnio o 4%) – rysunek 79. W przypadku spartiny najwyższy udział suchej masy wykazywały rośliny kontrolne oraz opryskiwane preparatem Algex (rys. 82).



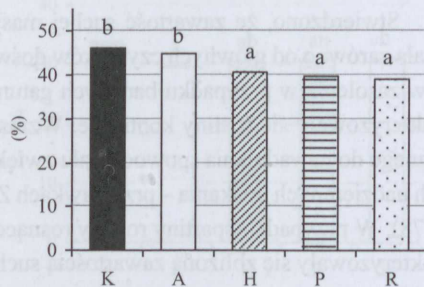
Rys. 80. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na zawartość suchej masy w części nadziemnej miskanta olbrzimego

Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunkach 3 i 10.



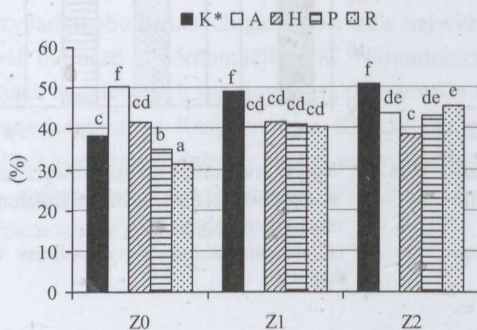
Rys. 81. Wpływ poziomu zasolenia podłoża na zawartość suchej masy w części nadziemnej spartiny preriowej

Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 10.



Rys. 82. Wpływ preparatów antystresowych na zawartość suchej masy w części nadziemnej spartiny preriowej

Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunku 3.



Rys. 83. Wpływ współdziałania czynników doświadczalnych na zawartość suchej masy w części nadziemnej spartiny preriowej

Objaśnienia skrótów i symboli jak na rysunkach 3 i 10.

3.10. Liczba liści lub źdźbeł

Sumaryczna liczba liści wykształcona przez badane odmiany truskawki w ciągu dwóch lat badań zależała od wielkości dawki chlorku sodu wprowadzanego do podłoża. Liczba liści malała istotnie, wraz ze wzrostem zasolenia, w przypadku odmian ‘Elsanta’ i ‘Salsa’ – odpowiednio o 9 i 10% przy dawce Z1 oraz o 18 i 15% przy dawce Z2, w odniesieniu do kontroli.

W przypadku odmiany ‘Elsanta’ rośliny kontrolne oraz traktowane poszczególnymi preparatami antystresowymi charakteryzowały się zbliżoną liczbą liści. Istotną różnicę stwierdzono natomiast pomiędzy sumaryczną liczbą liści po zastosowaniu preparatu Resistim (61,4 szt./wazon) a ich liczbą po oprysku preparatem Pentakeep®super (66,7 szt./wazon) – tabela 54. W przypadku odmiany ‘Salsa’ wykazano istotną różnicę pomiędzy liczbą liści obiektów kontrolnych i traktowanych preparatem Pentakeep®super a ich liczbą u roślin opryskiwanych preparatem Hergit (tab. 55). W przypadku badanych odmian truskawki stwierdzono istotny wpływ współdziałania czynników zmienności na omawianą cechę biometryczną. Dla odmian ‘Elsanta’ i ‘Salsa’ największą liczbę liści posiadały odpowiednio rośliny z kombinacji Z0P i Z0A, najmniej natomiast w Z2R i w Z2P – tabele 54 i 55.

Tabela 54. Liczba liści (suma z lat) truskawki odmiany ‘Elsanta’ (szt./wazon)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
Czynnik I	Z0	69,7h	68,2gh	71,0h	74,7i	68,2gh	70,3
	Z1	65,0efg	63,2def	63,2def	66,2fg	62,7de	64,0b
	Z2	56,2ab	58,3bc	60,2cd	59,3bc	53,5a	57,5a
	średnia	63,6ab	63,2ab	64,8ab	66,7b	61,4a	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

Tabela 55. Liczba liści (suma z lat) truskawki odmiany ‘Salsa’ (szt./wazon)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
Czynnik I	Z0	76,2e	82,7g	82,3g	79,2f	78,3ef	79,7c
	Z1	69,7bc	72,2d	77,5ef	68,8ab	71,7cd	72,0b
	Z2	68,3ab	68,5ab	67,7ab	66,3a	67,5ab	67,7a
	średnia	71,4a	74,4ab	75,8b	71,4a	72,5ab	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

Wykazano istotny wpływ zasolenia podłoża na sumaryczną liczbę źdźbeł wytworzonych przez miskanta oraz spartinę. Rośliny rosnące w podłożu z dodatkiem soli w dawkach Z1 i Z2 wykształciły podobną liczbę źdźbeł, istotnie mniejszą od roślin kontrolnych (tab. 56 i 57). Nie stwierdzono wpływu drugiego czynnika doświadczalnego, czyli stosowanych preparatów o działaniu antystresowym, na omawianą cechę biometryczną badanych gatunków traw. Wykazano natomiast istotność interakcji czynników eksperymentów. W przypadku miskanta największą liczbę źdźbeł posiadały rośliny rosnące w podłożu bez dodatku chlorku sodu, traktowane preparatami Hergit i Pentakeep®super (średnio 86,5 szt./wazon), najmniej zaś w kombinacji Z1P (77,8 szt./wazon) – tabela 56. U spartiny preriowej największą liczbą źdźbeł wyróżniały się rośliny z kombinacji Z0A (86,2 szt./wazon) – tabela 57.

Tabela 56. Liczba źdźbeł (suma z lat) miskanta olbrzymiego (szt./wazon)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
Czynnik I	Z0	85,2de	83,2bcde	86,7e	86,3e	84,5cdea	85,1b
	Z1	79,5ab	79,5ab	81,2abcd	77,8a	80,7abcd	80,3a
	Z2	79,7ab	81,0abcd	80,2a	79,8abc	80,8abcd	79,7a
	średnia	81,4a	81,2a	82,7a	81,3a	82,0a	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 8.

Tabela 57. Liczba źdźbeł (suma z lat) spartiny periwowej (szt./wazon)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
Czynnik I	Z0	78,8ab	86,2d	78,7a	83,2cd	82,3bc	81,8b
	Z1	77,8a	78,2a	78,3a	78,5a	79,7ab	78,5a
	Z2	78,8a	77,0a	79,3ab	78,5a	78,5a	78,4a
	średnia	78,5a	80,4a	78,8a	80,0a	80,2a	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 8.

3.11. Współczynnik tolerancji na zasolenie

W przypadku badanych odmian truskawki wykazano istotny wpływ wielkości dawki NaCl dodawanego do podłoża na wartość współczynnika tolerancji na zasolenie (STI). Dla roślin odmian ‘Elsanta’ i ‘Salsa’ rosnących w niższym zasoleniu wynosił on przeciętnie odpowiednio – 68,15 i 75,70% (tab. 58 i 59). W warunkach wyższego stężenia soli (przy dawce Z2) był niższy odpowiednio – o 7,13 oraz 16,2%. Najniższą tolerancją na zasolenie (59,50%) charakteryzowała się odmiana ‘Salsa’ rosnąca w podłożu z dodatkiem soli w dawce Z2. Wartości średnie współczynnika STI obliczone dla rodzajów preparatów antystresowych nie różniły się istotnie.

Stwierdzono, że dla odmiany ‘Elsanta’ najwyższe wartości współczynnika tolerancji, oscylujące w zakresie od 70,27 do 74,63%, charakteryzowały rośliny z kombinacji Z2K, Z1P oraz Z1H. W przypadku odmiany ‘Salsa’ największe wartości STI, zawarte w przedziale od 76,25 do 78,69, stwierdzono w kombinacjach Z1R, Z1H i Z1P – (tab. 58 i 59).

Tabela 58. Współczynnik tolerancji na zasolenie (STI) truskawki odmiany ‘Elsanta’ (%)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
Czynnik I	Z0	–	–	–	–	–	–
	Z1	64,46bc	66,40c	74,63d	71,32d	63,94bc	68,15b
	Z2	70,27d	56,60a	57,59a	60,82ab	59,84ab	61,02a
	średnia	67,36a	61,50a	66,11a	66,07a	61,89a	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

W przypadku miskanta współczynnik STI przy zasoleniu w dawce Z1 wynosił średnio 91,24. Dodatek do podłoża soli w dawce Z2 spowodował istotne zmniejszenie jego wartości o 6,72 – tabela 60. Porównując wpływ stosowanych substancji antystresowych na wartość omawianego wskaźnika u miskanta stwierdzono, że największa jego wartość (91,38), istotnie

różna od wartości stwierdzonej u roślin opryskiwanych preparatem Resistim, cechowała rośliny traktowane preparatem Pentakeep®super.

Tabela 59. Współczynnik tolerancji na zasolenie (STI) truskawki odmiany ‘Salsa’ (%)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
Czynnik I	Z0	—	—	—	—	—	—
	Z1	71,12c	75,14cd	77,30d	78,69d	76,25d	75,70b
	Z2	56,83a	58,06a	60,34ab	59,50ab	62,78b	59,50a
	średnia	63,97a	66,60a	68,82a	69,10a	69,51a	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 4.

Średnie wartości współczynnika tolerancji na zasolenie spartiny preriowej, obliczone dla zróżnicowanego zasolenia, nie różniły się istotnie i były stosunkowo wysokie. W przypadku spartiny najwyższą wartość wskaźnika STI, istotnie różną od wartości obiektów kontrolnych oraz opryskiwanych preparatami Algex i Hergit, stwierdzono po aplikacji preparatu Resistim – tabela 61. W przypadku badanych gatunków traw wykazano istotne współdziałanie czynników eksperymentów na wartość omawianego współczynnika. Dla miskanta największą różnicę stwierdzono pomiędzy kombinacjami Z2R (79,47%) a Z1P (94,62%), dla spartiny zaś pomiędzy Z2K (89,38%) a Z1R (102,76%).

Tabela 60. Współczynnik tolerancji na zasolenie (STI) miskanta olbrzymiego (%)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
Czynnik I	Z0	—	—	—	—	—	—
	Z1	91,02cd	89,07cd	91,81cd	94,62d	89,65cd	91,24b
	Z2	86,09bc	86,77bc	82,10ab	88,14bcd	79,47a	84,52a
	średnia	88,56ab	87,92ab	86,96ab	91,38b	84,56a	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 8.

Tabela 61. Współczynnik tolerancji na zasolenie (STI) spartiny preriowej (%)

		Czynnik II					Średnia
		K	A	H	P	R	
Czynnik I	Z0	—	—	—	—	—	—
	Z1	94,59abc	95,87abc	94,10ab	97,48abc	102,76c	96,96a
	Z2	89,38a	95,67abc	92,76ab	96,77abc	100,12bc	94,94a
	średnia	91,99a	95,77a	93,43a	97,12ab	101,44b	

Objaśnienia skrótów i symboli jak w tabeli 8.

4. Dyskusja

Zasolenie jest jednym z ważniejszych abiotycznych czynników stresowych wpływających na wzrost i produktywność roślin. Nadmierne nagromadzenie soli w glebie jest problemem w skali globalnej, gdyż dotyczy dużego obszaru oraz prowadzić może do ograniczenia plonowania roślin nawet o 50% (Delavari i in. 2010). Roślinne mechanizmy tolerancji tego czynnika stresogennego są przedmiotem wielu badań prowadzonych na różnych gatunkach roślin (Wu i in 2005; Hawrylak 2007; Munns i Tester 2008; Telesiński i in. 2008; Hamdia i Shaddad 2010). Badania te mają na celu między innymi opracowanie efektywnych metod służących łagodzeniu skutków stresu solnego.

Aby minimalizować negatywny wpływ abiotycznych czynników stresowych na wielkość i jakość plonu, w nowoczesnych technologiach uprawy roślin coraz częściej stosuje się preparaty zaliczane do grupy biostymulatorów lub nawozów wzbogaconych o substancje wykazujące aktywność fizjologiczną, inną niż działanie odżywcze. Zawierają one w swym składzie specyficzne substancje, których działanie sprowadza się do podwyższenia poziomu naturalnie występującej u roślin tolerancji/odporności na czynnik stresowy.

W prezentowanych w niniejszej pracy badaniach oceniano wpływ czterech różnych preparatów, aplikowanych dolistnie, na niektóre cechy fizjologiczne i biometryczne oraz parametry plonu roślin zaliczanych do gliko- i haloofilów rosnących w warunkach nadmiernego zasolenia podłoża. W badaniach odpowiedzi roślin na stresy abiotyczne coraz częściej ocenia się nie tylko cechy biometryczne, lecz również fizjologiczne, o czym świadczy bardzo wiele doniesień naukowych zawartych w najnowszej literaturze przedmiotu (Matuszak i in. 2004; Telesiński i in. 2008; Malik i in. 2010).

Do najważniejszych procesów fizjologicznych determinujących produktywność roślin należą fotosynteza oraz transpiracja. Ich intensywność, uwarunkowana jest właściwościami genetycznymi rośliny oraz modyfikowana pod wpływem czynników środowiskowych (Starck 1999). Utrzymanie wysokiej fotosyntetycznej aktywności liści jest w warunkach oddziaływania różnorodnych stresów ważnym czynnikiem plonowania roślin. Wielu autorów podaje, że w warunkach stresu solnego zmniejsza się wydajność fotosyntezy, głównie na skutek zamykania szparek i zaburzeń w wymianie gazowej. Zależność taką stwierdzili między innymi: Kalaji (1990) u jęczmienia, Sultana i in. (1999) u ryżu, Kalaji i Rutkowska (2004) i Sage (2004) u kukurydzy, Saied i in. (2005) oraz Tehranifar i in. (2009) u truskawki oraz Mikiciuk i in. (2010) u sałaty. Zdaniem Tokera i in. (1999), Kalaji i Rutkowskiej (2004) oraz Tammama i in. (2008), stres solny ma także negatywny wpływ na transpirację.

W badaniach własnych u truskawki odmiany 'Salsa', we wszystkich terminach pomiaru, intensywność procesów fotosyntezy oraz transpiracji malała wraz ze wzrostem stężenia soli w podłożu. Dla odmiany 'Elsanta' zależność taką stwierdzono w przypadku asymilacji CO₂ w fazie owocowania i po jego zakończeniu oraz w przypadku transpiracji, w fazie kwitnienia. Misra i in. (1997) zwracają uwagę, że wielkość zmian w aktywności fotosyntetycznej roślin jest w dużej mierze zależna zarówno od stopnia zasolenia, jak i od długości ekspozycji na ten czynnik stresogenny. Stąd w przypadku odmiany 'Elsanta' niekorzystny wpływ zasolenia na fotosyntezę stwierdzano w późniejszych fazach rozwojowych roślin. U tej samej odmiany, w fazie owocowania i po jego zakończeniu, stwierdzono istotne zmniejszenie intensywności

transpiracji w warunkach najwyższego zasolenia podłoża. Negatywny wpływ rosnącego stężenia NaCl, a w szczególności zasolenia na poziomie $10 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ oraz $35 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$, na transpirację truskawki odmiany 'Selva' wykazali także Tehranifar i in. (2009) oraz Khayyat i in. (2011).

Rosnące stężenie soli w podłożu spowodowało również, w dwóch terminach pomiaru, zmniejszenie fotosyntezy obu badanych gatunków traw. Podobną zależność wykazano także dla transpiracji spartiny we wszystkich terminach pomiaru oraz miskanta w jednym z terminów. Uzyskane wyniki badań są zgodne z rezultatami doświadczenia przeprowadzonego na pszenicy przez Matuszak i in. (2004). Autorzy ci, stosując NaCl w stężeniach: 25, 50, 75, 100 i $150 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$, stwierdzili spadek natężenia zarówno procesu fotosyntezy, jak i transpiracji pod wpływem rosnącego zasolenia upraw hydroponicznych.

W badaniach własnych oceniano wpływ czterech preparatów o działaniu antystresowym na rośliny zaliczane do grupy gliko- lub halofilów, rosnące w warunkach zróżnicowanego stężenia soli w podłożu. Stwierdzono, że w przypadku badanych odmian truskawki najmniejszą intensywnością procesu asymilacji CO_2 charakteryzowały się we wszystkich fazach rozwojowych rośliny rosnące w warunkach największego stężenia soli, nietraktowane dolistnie tymi preparatami. Dla odmiany 'Elsanta', rosnącej w warunkach zróżnicowanego stężenia soli, w przypadku wszystkich poziomów zasolenia, większe natężenie asymilacji CO_2 stwierdzano w przypadku roślin traktowanych preparatami antystresowymi. Intensyfikację wiązania CO_2 przez pomidora opryskiwanego dwu- i trzykrotnie w ciągu sezonu wegetacyjnego preparatem Bio-Algeen S 90, zawierającym w składzie, podobnie jak stosowany w badaniach własnych preparat Algex, ekstrakt z glonów *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, wykazały również Dobromilska i in. (2008). Jednym ze składników aktywnych zawartych w powyższym ekstrakcie są betainy. Zdaniem Papageorgiou i Murata (1995), Allakhverdiev i in. (2003) oraz Ashraf i Foolad (2007 a), substancje te, w warunkach podwyższonego zasolenia stabilizują między innymi struktury enzymów uczestniczących w wiązaniu CO_2 , chronią aparat fotosyntetyczny roślin oraz redukują poziom reaktywnych form tlenu. Cha-Um i Kirdmanee (2010) u ryżu, a Yang i Lu (2005) u kukurydzy wykazali korzystne oddziaływanie betainy glicynowej stosowanej dolistnie na wydajność asymilacji CO_2 . Betaina jest również związkiem aktywnym stosowanego w prezentowanych badaniach własnych preparatu Resistim. Wzrost natężenia asymilacji CO_2 obserwowany w warunkach stresu solnego u niektórych obiektów doświadczalnych można więc tłumaczyć działaniem betain.

Oceniając wpływ współdziałania czynników eksperymentu własnego na intensywność transpiracji stwierdzono, że we wszystkich terminach pomiaru badanych odmian truskawki najmniejsza intensywność tego procesu charakteryzowała rośliny rosnące w warunkach najwyższego zasolenia podłoża, nietraktowane żadnym z preparatów antystresowych. W przypadku badanych gatunków traw, w dwóch terminach pomiaru u miskanta oraz we wszystkich terminach u spartiny, intensywność asymilacji CO_2 roślin opryskiwanych różnymi preparatami kształtowała się na zbliżonym poziomie. Były one jednak większe od intensywności fotosyntezy u roślin kontrolnych. Analizując interakcję czynników doświadczalnych stwierdzono, że najmniejsze natężenie asymilacji CO_2 charakteryzowało rośliny miskanta (we wszystkich terminach pomiaru) oraz spartiny (w dwóch terminach) rosnące w warunkach najwyższego

zasolenia podłoża, nietraktowane żadnym z preparatów. U obydwu badanych gatunków traw, rosnących w podłożu z dodatkiem zróżnicowanych dawek soli, najwyraźniej na wzrost intensywności fotosyntezy wpłynął preparat Pentakeep®super, zawierający w swym składzie kwas 5-aminolewulinowy.

Yoshida i in. (2006), badając wpływ kwasu ALA stosowanego w postaci roztworów o różnym stężeniu do podlewania roślin, wykazali dodatni wpływ tej substancji na natężenie fotosyntezy kapusty (szczególnie wyraźnie zaznaczył się on w stężeniu 10 ppm – wyniósł 45,5% wobec kontroli). Autorzy ci wykazali również wzrost natężenia asymilacji CO₂ w młodych roślinach kapusty po zastosowaniu preparatu Pentakeep® V, w różnych rozcieńczeniach. Największą intensyfikację fotosyntezy (o 22% w stosunku do kontroli) uzyskano przy rozcieńczeniu 5000-krotnym. Xu i in. (2011) udowodnili korzystny wpływ ALA aplikowanego w stężeniach 10 oraz 100 mg · dm⁻³ na natężenie asymilacji CO₂ w liściach miłorzębu japońskiego, przy czym większa dawka spowodowała większy wzrost. Jezdinsky i in. (2010) uzyskali wzrost intensywności asymilacji dwutlenku węgla u cebuli, maksymalnie nawet o 27%, po zastosowaniu preparatu Pentakeep®super, w postaci czterokrotnej aplikacji dolistnej roztworu o stężeniu 0,02%. Jak podają Zhen i in. (2010), kwas 5-aminolewulinowy, aplikowany w odpowiednich stężeniach, zwiększa wydajność fotosyntetyczną ogórka rosnącego w warunkach podwyższonego stężenia soli (75 mmol NaCl · dm⁻³). Według powyższych autorów, największy wpływ na tę cechę fizjologiczną wywarł ALA stosowany w postaci dolistnej, w stężeniu 50 mg · dm⁻³. W warunkach mniejszego zasolenia podłoża w badaniach własnych dodatni wpływ na natężenie asymilacji CO₂ zarówno miskanta, jak i spartiny, wywarł preparat Hergit. W przypadku wyższego poziomu zasolenia wzrost intensywności fotosyntezy stwierdzono także dla badanych gatunków traw traktowanych preparatem Algex. Największe natężenie transpiracji miskanta, rosnącego w podłożu z dodatkiem soli w dawkach Z1 i Z2, stwierdzono odpowiednio po zastosowaniu preparatów Hergit i Resistim oraz Pentakeep®super. W przypadku spartiny rosnącej w mniejszym zasoleniu największa intensywność transpiracji charakteryzowała rośliny traktowane preparatami Algex, Pentakeep®super i Resistim.

Wzrost intensywności transpiracji pomidora drobnoowocowego, jako efekt stosowania preparatu opartego na ekstrakcie z alg *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, obserwowały również Dobromilska i in. (2008). W warunkach wyższego zasolenia spartina opryskiwana różnymi preparatami antystresowymi cechowała się transpiracją na zbliżonym poziomie. Wzrost intensywności asymilacji CO₂ u kapusty, po zastosowaniu wodnych roztworów kwasu 5-aminolewulinowego oraz preparatu Pentakeep® V w różnych stężeniach wykazali także Yoshida i in. (2006). Największy wzrost uzyskano po zastosowaniu ALA w stężeniu 10 ppm oraz preparatu Pentakeep® V w rozcieńczeniu 1000-krotnym. Wzrost natężenia transpiracji cebuli opryskiwanej preparatem Pentakeep®super, w stężeniu 0,02% (średnio o 22%), obserwowali także w trzech terminach pomiaru Jezdinsky i in. (2010).

Wielu autorów zwraca uwagę na fotosyntetyczną efektywność wykorzystania wody, zwaną też efektywnością wymiany gazowej, uważaną za jeden z najważniejszych czynników decydujących o plonowaniu roślin, w szczególności w warunkach oddziaływania czynników stresogennych (Grantz i Assman 1991). W badaniach własnych we wszystkich fazach rozwo-

jowych truskawki odmiany 'Salsa' oraz po owocowaniu odmiany 'Elsanta' efektywność wykorzystania wody w fotosyntezie malała wraz ze wzrostem dawki NaCl wprowadzanego do podłoża. Niekorzystny wpływ podwyższonego stężenia chlorku sodu ($136 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$) na wielkość tego parametru fizjologicznego wykazali również Mikiciuk i in. (2010) u sałaty uprawianej w warunkach hydroponicznych. Podobnie Tehranifar i in. (2009) wykazali negatywny wpływ rosnącego poziomu zasolenia (od 0 do $10 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$) na efektywność wykorzystania wody w fotosyntezie u truskawki odmiany 'Selva'. Analizując wpływ stosowanych preparatów antystresowych stwierdzono, że u odmiany 'Elsanta', w dwóch terminach pomiaru, największą wartością wskaźnika ω_F charakteryzowały się rośliny opryskiwane preparatami Pentakeep®super i Algex, najmniejszą zaś nietraktowane żadnym z preparatów. Odmienne rezultaty badań nad wpływem ekstraktu z alg *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, zawartego w preparacie o nazwie Bio-algeen S 90, na efektywność wykorzystania wody w fotosyntezie pomidora drobnoowocowego wykazały Dobromilska i in. (2008). Zastosowanie preparatu Bio-algeen S 90 spowodowało bowiem zmniejszenie wartości powyższego wskaźnika, w odniesieniu do kontroli – zależność taką stwierdzano przy jedno-, dwu-, trzy- i czterokrotnym traktowaniu roślin tym preparatem. We wszystkich fazach rozwojowych odmiany 'Salsa' największa, istotnie różna od kontroli, fotosyntetyczna efektywność wykorzystania wody cechowała rośliny traktowane preparatem Pentakeep®super.

Oceniając interakcję czynników doświadczenia własnego, w przypadku odmiany 'Salsa', we wszystkich terminach pomiaru najmniejsza efektywność wykorzystania wody charakteryzowała rośliny rosnące w warunkach największego zasolenia, nietraktowane żadnym z preparatów antystresowych. W warunkach najwyższego stężenia soli rośliny tej odmiany opryskiwane dolistnie cechowały się większymi wartościami wskaźnika ω_F aniżeli rośliny kontrolne. W przypadku odmiany 'Elsanta' rosnącej w podłożu z dodatkiem soli w mniejszej dawce aplikacja badanych preparatów spowodowała wzrost wartości wskaźnika efektywności wykorzystania wody w fotosyntezie. Podobną zależność zanotowano także w wyższym zasoleniu podłoża u odmiany 'Elsanta' w fazie kwitnienia. W tych samych warunkach zasolenia, w fazie owocowania tej odmiany zwiększenie fotosyntetycznej efektywności wykorzystania wody stwierdzono po zastosowaniu preparatów Algex, Pentakeep®super i Resistim. Stosowana dolistnie betaina glicynowa, będąca jednym ze składników preparatu Resistim, zdaniem Cha-Um i Kirdmanee (2010), wpływała korzystnie na utrzymanie wysokiej efektywności wykorzystania wody w fotosyntezie ryżu rosnącego w warunkach stresu solnego.

Rosnące stężenie chlorku sodu w podłożu nie wywarło wpływu na wielkość wskaźnika efektywności wykorzystania wody w fotosyntezie u spartiny preriowej, a więc gatunku zaliczanego do halofilów. W przypadku miskanta olbrzymiego, w dwóch terminach pomiaru największą wartość wskaźnika ω_F , zanotowano u roślin rosnących w podłożu z dodatkiem soli w dawce Z1. Analizując wpływ stosowanych preparatów antystresowych, w warunkach zróżnicowanego stężenia soli, w przypadku spartiny nie wykazano dodatniego ich wpływu na efektywność wymiany gazowej. U miskanta w warunkach mniejszego zasolenia wykazano istotne zwiększenie wartości wskaźnika ω_F po zastosowaniu preparatów Algex, Pentakeep®super i Hergit. Natomiast w warunkach wyższego poziomu zasolenia, dla tego samego gatunku, jedynie w jednym z terminów pomiaru zaznaczył się dodatni wpływ preparatu Algex.

Wykazany w badaniach własnych, szczególnie w przypadku obydwu odmian truskawki, rośliny zaliczanej do glikofitów, rosnącej w podłożu o podwyższonym stężeniu soli, wzrost wskaźnika efektywności wykorzystania wody w fotosyntezie po zastosowaniu preparatu Pentakeep®super świadczyć może o jego wpływie na zwiększenie tolerancji tego gatunku na stres solny. Korzystne oddziaływanie tego preparatu na rośliny znajdujące się w warunkach zbyt dużego stężenia soli wykazali również Watanabe i in. (2000) i Tanaka i Kuramochi (2001) dla bawełny oraz Zhang i in. (2006) dla ziemniaka.

Analizując wpływ czynników doświadczenia własnego na wielkość przewodności szparkowej dla pary wodnej (g_s), we wszystkich terminach pomiaru truskawki odmiany 'Salsa' oraz w fazie owocowania i po jego zakończeniu w przypadku odmiany 'Elsanta' wykazano zmniejszenie wartości tego parametru wraz ze wzrostem stężenia soli w podłożu. Uzyskane rezultaty badań są zgodne z wynikami prezentowanymi przez Sai Kachout i in. (2009), którzy, prowadząc badania nad wpływem chlorku sodu w glebie na wartość przewodności szparkowej łobody, wykazali zmniejszanie się wartości tego parametru po wprowadzeniu do podłoża NaCl w dawkach 10 oraz $15 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$. Turhan i Eris (2007) wykazali natomiast spadek przewodności szparkowej dla wody truskawki odmiany 'Camarosa' wraz ze wzrostem stężenia NaCl w uprawach hydroponicznych od 0 do $34 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. W przypadku drugiej badanej przez tych autorów odmiany truskawki – 'Chandler' – stężenie soli w pożywce w wysokości $8,5 \text{ mol NaCl} \cdot \text{dm}^{-3}$ nie wpłynęło na wielkość przewodności szparkowej. Wzrost poziomu zasolenia do $17 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ spowodował nieznaczne zmniejszenie tego parametru, a do wartości $34 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ jego zwiększenie w stosunku do pozostałych wariantów, w tym do kontroli. Negatywny wpływ rosnącego poziomu zasolenia w zakresie od 0 do $10 \text{ mmol NaCl} \cdot \text{dm}^{-3}$ na tę cechę truskawki odmiany 'Selva' wykazali również Tehranifar i in. (2009), natomiast w badaniach Khayyat i in. (2011) zasolenie na poziomie $35 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ nie modyfikowało, w porównaniu z kontrolą, wartości g_s tej odmiany.

Porównując działanie stosowanych, zróżnicowanych preparatów antystresowych na badane odmiany truskawki, rosnące w warunkach najwyższego zasolenia podłoża, stwierdzono, że rośliny traktowane preparatami antystresowymi charakteryzowały się większą przewodnością szparkową dla wody niż rośliny kontrolne. Zależność taką zanotowano także w warunkach niższego poziomu zasolenia podłoża w dwóch fazach rozwojowych odmiany 'Elsanta' oraz po zakończeniu owocowania odmiany 'Salsa'. W pozostałych fazach rozwojowych odmiany 'Salsa' zaznaczył się w tym stężeniu soli dodatni wpływ preparatów Pentakeep®super i Resistim na wielkość przewodności szparkowej. Wzrost przewodnictwa szparkowego w liściach cebuli, po aplikacji preparatu Pentakeep®super, obserwowali także w dwóch terminach pomiaru Jezdinsky i in. (2010). W badaniach Yioshidy i in. (2006) wyraźnie zaznaczył się dodatni wpływ traktowania sadzonek kapusty roztworami o różnych stężeniach zarówno preparatu Pentakeep® V, jak i jego substancji aktywnej, czyli kwasu 5-aminolewulinowego (ALA) na wielkość przewodności szparkowej dla wody. Największy wzrost tego parametru (trzykrotny w stosunku do kontroli) uzyskano po zastosowaniu roztworu ALA w stężeniu 10 ppm.

Najmniejszą przewodność szparkową dla wody badanych gatunków traw stwierdzono we wszystkich terminach pomiaru u roślin rosnących w najwyższym zasoleniu podłoża. Porównując działanie stosowanych preparatów antystresowych na wielkość omawianego parametru fizjologicznego miskanta, w pierwszym terminie wykazano wzrost przewodności szparkowej

po zastosowaniu preparatu Resistim, w drugim natomiast po opryskiwaniu preparatem Pentakeep®super. W przypadku spartiny preriowej wpływ stosowanych preparatów na wielkość przewodności szparkowej był mało znaczący. Wpływ współdziałania czynników zmienności doświadczenia własnego na wielkość przewodności szparkowej dla pary wodnej obydwu badanych gatunków traw był zróżnicowany i mało jednoznaczny.

W dostępnej literaturze zawarta jest niewielka ilość informacji na temat wpływu zasolenia na stężenie dwutlenku węgla w przestworach międzykomórkowych liścia. Według Khayyat i in. (2011), stężenie NaCl na poziomie $35 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ spowodowało wzrost tego parametru o 25%, w porównaniu z kontrolą. W badaniach własnych wprowadzenie do gleby chlorku sodu w rosnących dawkach spowodowało proporcjonalny spadek stężenia dwutlenku węgla w przestworach międzykomórkowych (c_i) truskawki oraz badanych gatunków traw. Porównując wpływ współdziałania czynników eksperymentu własnego na wielkość omawianego parametru stwierdzono, niezależnie od poziomu zasolenia podłoża, korzystny wpływ wszystkich stosowanych preparatów na zwiększenie wartości c_i u badanych odmian truskawki. W przypadku spartiny preriowej zależność taką obserwowano dla wszystkich preparatów poza preparatem Hergit. Natomiast u miskanta rosnącego w niższym zasoleniu podłoża, niezależnie od rodzaju stosowanego preparatu, rośliny opryskiwane antystresorami charakteryzowało wyższe stężenie dwutlenku węgla aniżeli obiekty kontrolne. W przypadku wyższego stężenia NaCl, w każdym z terminów pomiaru, zaznaczył się dodatni wpływ preparatów Algex i Pentakeep®super. Badania nad wpływem kwasu 5-aminolewulinowego, czyli jednego ze składników preparatu Pentakeep®super, stosowanego dolistnie w ilości 10 ml/roślinę, w stężeniu $30 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, na stężenie dwutlenku węgla w przestworach międzykomórkowych liści pomidora rosnącego w warunkach stresu wywołanego niską temperaturą i zbyt małym natężeniem światła, przeprowadzili Gou i in. (2012). Jednak nie wykazali wpływu tej substancji na wartość c_i .

Zawartość chlorofilu całkowitego w liściach to, według Hall i Rao (1999), wielkość kształtująca intensywność wiązania dwutlenku węgla przez odpowiednią ilość jego aktywnej formy zawartej w sumarycznej powierzchni asymilacyjnej liści. Zawartość barwników asymilacyjnych może być traktowana jako wskaźnik w ocenie wpływu stresu środowiskowego na rośliny. W niekorzystnych warunkach dochodzi bowiem często do zakłóceń syntezy chlorofilu, pojawienia się objawów chorobowych oraz zmniejszenia wydajności fotosyntetycznej (Parekh i in. 1990). Zdaniem Hussaina i in. (2008), w warunkach stresu solnego może wystąpić destrukcja barwników fotosyntetycznych na skutek zwiększonej produkcji reaktywnych form tlenu. W literaturze przedmiotu znaleźć można liczne doniesienia o wpływie nadmiernego zasolenia środowiska na zmniejszenie zawartości chlorofilu całkowitego lub jego form „a” i „b” w liściach wielu gatunków roślin, i to zarówno tych zaliczanych do gliko-, jak i do halofilów – między innymi: ryżu (Lutts i in. 1995; Sultana i in. 1999), pszenicy (Zheng i in. 2010), kukurydzy (Kaya i in. 2010), pomidora (Al-aghabary i in. 2004), truskawki (Kaya i in. 2002 b; Tehranifar i in. 2009), łośbudy ogrodowej (Sai Kachout i in. 2009) oraz ogórka (Hawrylak 2007; Malik i in. 2010). W badaniach wspomnianych autorów stwierdzono zmniejszenie zawartości chlorofilu w liściach proporcjonalne do stężenia soli w środowisku. Z tego też względu, zdaniem Chutipajit i in. (2011), zawartość chlorofilu może stanowić czuły wskaźnik stanu metabolicznego komórek w stresie solnym. Istnieją również doniesienia na temat braku oddziaływania chlorku sodu

na zawartość chlorofilu w liściach niektórych roślin lub też o stymulującym działaniu niewielkich jego stężeń na syntezę tego barwnika (Tammam i in. 2008). Według Mikiciuk i in. (2010), NaCl stosowany w stężeniu 68 oraz 136 mmol · dm⁻³ nie modyfikował syntezy chlorofilu w liściach sałaty głowiastej, uprawianej w warunkach hydroponicznych. Podobnie Khayyat i in. (2009) nie stwierdzili wpływu chlorku sodu w stężeniu 35 mmol · dm⁻³ na zawartość chlorofilu całkowitego w liściach truskawki odmiany 'Selva'.

Zmiany zawartości chlorofilu w liściach badanych odmian i gatunków roślin, prezentowane w tej pracy, były zależne od jego formy, terminu pomiaru oraz poziomu stresu solnego. Dla truskawki odmiany 'Elsanta' wyraźne zmniejszenie zawartości chlorofilu całkowitego stwierdzono po zastosowaniu wyższej dawki chlorku sodu. W przypadku odmiany 'Salsa' w fazie kwitnienia rośliny rosnące w zróżnicowanych warunkach zasolenia podłoża cechowały się podobną zawartością chlorofilu całkowitego, mniejszą od zawartości w obiektach kontrolnych. W pozostałych dwóch terminach pomiaru tej odmiany zanotowano spadek zawartości chlorofilu „a” + „b”, wraz ze wzrostem stężenia soli w podłożu. Podobną zależność stwierdzono także w większości terminów pomiaru w przypadku badanych gatunków halofilów odnośnie zarówno chlorofilu „a” i „b”, jak również chlorofilu całkowitego.

Oceniając wpływ stosowanych w badaniach własnych preparatów antystresowych, we wszystkich fazach rozwojowych truskawki odmiany 'Salsa' oraz w dwóch terminach pomiaru odmiany 'Elsanta', stwierdzono, niezależnie od poziomu zasolenia podłoża, większą zawartość chlorofilu „a” w liściach roślin traktowanych preparatami. Szczególnie wyraźnie na zwiększenie zawartości zarówno chlorofilu „a” i „b”, jak również chlorofilu całkowitego, w liściach badanych odmian truskawki wpłynął preparat Pentakeep®super, zawierający w swym składzie kwas 5-aminolewulinowy (ALA). Podobne rezultaty badań nad wpływem ALA na zawartość chlorofilu uzyskali Hotta i in. (1998) u ryżu w warunkach stresu wywołanego niską temperaturą oraz Memon i in. (2009) u kapusty (*Brassica campestris* L.). Według Tilli-Mandy i in. (2010), największy wzrost zawartości chlorofilu w liściach fiołka afrykańskiego (o 22% w stosunku do kontroli) uzyskano po zastosowaniu preparatu Pentakeep® V w postaci oprysku roztworem o stężeniu 0,3 ml · dm⁻³. Według Xu i in. (2011), kwas 5-aminolewulinowy stosowany w stężeniu 100 mg · dm⁻³ powodował wzrost zawartości chlorofilu „a”, „b” oraz całkowitego w liściach miłorzębu japońskiego. Intensyfikacja syntezy chlorofilu w liściach roślin traktowanych preparatem Pentakeep®super wynikała prawdopodobnie z aktywności ALA, uznawanego przez wielu autorów za prekursora syntezy porfiryń budujących barwniki asymilacyjne (Smoleń i Sady 2010; Tilli-Mandy i in. 2010). Odmienne rezultaty badań nad wpływem trzykrotnej, dolistnej aplikacji preparatu Pentakeep® V, w stężeniu 0,03%, na zawartość chlorofilu, u dwóch odmian głogu pierzastolistnego oraz u *Prunus marianna* GF – 8-1 i *Prunus mahaleb* L. uzyskały Szabó i Hrotkó (2009). Autorki nie udowodniły oddziaływania tego preparatu na omawianą cechę fizjologiczną.

Wzrost zawartości chlorofilu, jako efekt działania kwasu salicylowego, czyli jednej z substancji aktywnych preparatu Hergit, obserwowali u pszenicy, rosnącej w warunkach stresu solnego, Kaydan i in. (2007). Interesujące badania nad wpływem różnych stężeń kwasu salicylowego na zawartość chlorofilu „a” oraz „b” w liściach bazylii wonnej, rosnącej w warunkach

zróżnicowanego stężenia chlorku sodu w hydroponikach, przeprowadzili Delavari i in. (2010). Wykazali oni, że zastosowanie kwasu salicylowego, niezależnie od stężenia, spowodowało zmniejszenie zawartości chlorofilu „b” w liściach bazylii, rosnącej w warunkach kontrolnych. Natomiast kwas salicylowy, w stężeniu $0,1 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$, istotnie zwiększył zawartość tego barwnika w roślinach poddanych działaniu NaCl w dawkach 100 i $200 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. To samo stężenie substancji biostymulującej spowodowało także wzrost ilości chlorofilu „b” w liściach zarówno obiektów kontrolnych, jak i znajdujących się w hydroponikach o zróżnicowanym poziomie zasolenia. Kwas salicylowy zastosowany w stężeniu $0,01 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ wpłynął na zwiększenie syntezy chlorofilu w liściach roślin z hydroponik z dodatkiem NaCl w mniejszej dawce. Według Karlidag i in. (2009), kwas salicylowy stosowany egzogennie w stężeniach 0,5 oraz $1,0 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ zwiększał zawartość chlorofilu całkowitego w liściach truskawki odmiany ‘Fern’, rosnącej zarówno w podłożu o zasoleniu na poziomie $35 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$, jak i kontrolnej. Podobne rezultaty badań uzyskali El-Tayeb (2005) u jęczmienia, Gunes i in. (2005) u kukurydzy oraz Yildirim i in. (2008) u ogórka.

Dobromilska i in. (2008) wykazały korzystny wpływ preparatu zawierającego w składzie ekstrakt z glonów *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, o nazwie handlowej Bio-Algeen S 90 na syntezę zarówno chlorofilu, jak i karotenoidów w liściach pomidora. Ponadto autorki podkreślają, że wzrost zawartości barwników asymilacyjnych (chlorofilu „a”, „b”, całkowitego oraz karotenoidów) pozostawał w dodatniej korelacji z ilością stosowanych oprysków – największy uzyskano przy czterokrotnym zastosowaniu Bio-Algeenu S 90. Również Spinelli i in. (2009) wykazali wzrost zawartości chlorofilu w liściach jabłoni pod wpływem biostymulacji preparatem Actiwave, opartym na ekstrakcie z *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis.

Zdaniem Blundena i in. (1996), ilość chlorofilu w liściach jest wprost proporcjonalna do poziomu betain zawartych w stosowanym do biostymulacji roślin ekstrakcie z glonów morskich. Naturalną betainę zawiera również stosowany w badaniach własnych preparat o nazwie Resistim, można więc przypuszczać, że substancje te były przyczyną zwiększenia zawartości chlorofilu w liściach niektórych obiektów doświadczalnych. W badaniach Whaphama i in. (1993) betaina stosowana egzogennie zwiększała zawartość chlorofilu w liściach. Glinicki i in. (2010) nie wykazali, by stosowany dolistnie preparat Resistim wpłynął na wyrażony w SPAD indeks zazielenienia liści trzech odmian truskawki.

Rozpatrując wpływ współdziałania czynników eksperymentu własnego na zawartość chlorofilu całkowitego w liściach badanych gatunków traw, stwierdzić można, że we wszystkich terminach pomiaru miskanta oraz w jednym u spartiny najmniejszą ich ilośćią charakteryzowały się rośliny rosnące w warunkach najwyższego zasolenia podłoża nietraktowane żadnym preparatem antystresowym.

W badaniach własnych oceniano również wpływ różnych preparatów zawierających substancje antystresowe na zawartość karotenoidów w liściach badanych gliko- i haloofilów rosnących w warunkach stresu solnego. Karotenoidy są zaliczane do antyoksydantów, które mogą chronić rośliny przed skutkami nadprodukcji reaktywnych form tlenu w warunkach stresu abiotycznego, a ich zawartość w roślinach świadczy o stopniu odporności na czynnik stresotwórczy (Verma i Mishra 2005). W prezentowanych w pracy badaniach liście miskanta olbrzymiego oraz

spartiny preriowej charakteryzowały się większą, w porównaniu z badanymi odmianami truskawki, zawartością tych barwników, co było prawdopodobnie związane z większą ich tolerancją na zasolenie. Zastosowane dawki chlorku sodu spowodowały spadek zawartości karotenoidów w liściach truskawki odmiany 'Elsanta' (w trzecim terminie pomiaru) oraz odmiany 'Salsa' (w drugim terminie). W pozostałych fazach rozwojowych odmiany 'Salsa' rośliny rosnące w podłożu z dodatkiem zróżnicowanych dawek soli charakteryzowały się zbliżoną zawartością karotenoidów, niższą od zawartości w obiektach kontrolnych. W przypadku miskanta nie wykazano niekorzystnego wpływu zróżnicowanego zasolenia na tę cechę fizjologiczną, a w trzecim terminie pomiaru stwierdzono wzrost zawartości karotenoidów w najwyższym zasoleniu. W przypadku spartiny w jednym z terminów wykazano jedynie zmniejszenie ilości tych barwników w najwyższym zasoleniu. W badaniach Mikiciuk i in. (2010) NaCl stosowany w stężeniu 68 oraz 136 mmol · dm⁻³ nie modyfikował syntezy karotenoidów w liściach sałaty głowiastej, uprawianej w warunkach hydroponicznych. Odmienne rezultaty badań uzyskała Hawrylak (2007), zdaniem której NaCl w stężeniu 50 mmol · dm⁻³ powoduje zmniejszenie zawartości karotenoidów aż o 86% w stosunku do kontroli. Według Tammama i in. (2008), nawadnianie roślin wodą zawierającą NaCl w stężeniu 60, 120 i 180 mmol · dm⁻³ stymuluje syntezę karotenoidów w liściach pszenicy, zaś stężenia wyższe, tj. 240 i 320 mmol · dm⁻³, wywołują spadek ich zawartości względem kontroli. Podobne rezultaty badań uzyskali również Ziaf i in. (2009). W przypadku trzech odmian papryki zasolenie upraw hydroponicznych na poziomie 4 dS · m⁻¹ zwiększyło, w stosunku do kontroli, zawartość karotenoidów. Wzrost zasolenia do poziomu 8 dS · m⁻¹ był natomiast przyczyną spadku ich zawartości w liściach.

Stosowane preparaty korzystnie oddziaływały na zawartość karotenoidów w liściach badanych odmian truskawki oraz gatunków traw rosnących w zróżnicowanych warunkach zasolenia. W przypadku miskanta i spartiny najwyraźniej zaznaczył się wpływ preparatu Penta-keep®super. Jedną z substancji aktywnych, stosowanego w prezentowanej pracy do biostymulacji roślin preparatu Hergit, jest kwas salicylowy. Według Delavari i in. (2010), wpływ tego związku na zawartość karotenoidów w liściach bazylii wonnej, rosnącej w zróżnicowanych warunkach zasolenia środowiska, był uzależniony zarówno od stężenia tej substancji, jak i natężenia stresu solnego, np. kwas salicylowy w dawce 0,01 mol · dm⁻³ istotnie zwiększył zawartość karotenoidów w liściach obiektów kontrolnych. W przypadku zasolenia hydroponik na poziomie 100 mmol NaCl · dm⁻³, niezależnie od stężenia, kwas salicylowy wpłynął na zmniejszenie syntezy karotenoidów. Zmniejszenie zawartości tych barwników w liściach roślin rosnących w pożywce o największym zasoleniu wykazali również cytowani autorzy po zastosowaniu kwasu salicylowego w stężeniu 0,01 mol · dm⁻³.

Wskaźnik względnej zawartości wody w liściach (RWC) jest uważany za jeden z ważniejszych parametrów służących ocenie gospodarki wodnej roślin. Zdaniem Tezary i in. (2002), wartość tego wskaźnika jest dodatnio skorelowana z wydajnością fotosyntetyczną roślin. Modyfikacja gospodarki wodnej jest powszechnie rejestrowaną reakcją rośliny na różnorodne stresy abiotyczne.

W dostępnej literaturze przedmiotu istnieje wiele danych mówiących o niekorzystnych zmianach w gospodarce wodnej wielu gatunków roślin pod wpływem zbyt dużego stężenia soli w środowisku (Romero-Aranda i in. 2001; Ziaf i in. 2009; Delavari i in. 2010). Podobne rezultaty

uzyskano w prezentowanych badaniach własnych. Rosnące stężenie chlorku sodu w roztworach wykorzystywanych do nawadniania roślin było przyczyną zmniejszania się wartości wskaźnika względnej zawartości wody w liściach truskawki oraz spartiny preriowej. W przypadku miskanta zawartość wody w liściach roślin, rosnących w podłożu z dodatkiem zróżnicowanych dawek soli, pozostawała na zbliżonym poziomie – była jednak niższa od zawartości w obiektach kontrolnych. Uzyskane rezultaty badań są podobne do wyników prezentowanych przez Sai Kachout i in. (2009). Według tych autorów, chlorek sodu dodawany do gleby w dawkach 10 oraz 15 g · dm⁻³ powodował zmniejszenie procentowej zawartości wody w liściach gatunku *Atriplex hortensis* L., zaliczanego do halofilów. Także Kaya i in. (2010) wykazali zmniejszenie wartości wskaźnika RWC aż o 27% u pszenicy rosnącej w podłożu nawadnianym roztworem NaCl o stężeniu 100 mmol · dm⁻³. Zmniejszenie zawartości wody w liściach badanych roślin w warunkach stresu solnego było prawdopodobnie wynikiem zahamowania lub utrudnienia pobierania wody przez system korzeniowy, co jest stosunkowo dobrze poznaną reakcją roślin. Obniżenie potencjału wody komórek roślinnych, jako efekt modyfikacji gospodarki wodnej, skorelowane ze wzrostem stężenia soli w środowisku obserwowali również Matuszak i in. (2004) u pszenicy. Wu i in. (2005), prowadząc badania nad wpływem zasolenia na niektóre cechy kalusa *Spartina paten* (Ait) Muhl., wykazali zmniejszanie się procentowej zawartości wody wraz ze wzrostem stężenia soli od 0 do 340 mmol · dm⁻³. Dalszy wzrost zasolenia, do wartości 510 mmol NaCl · dm⁻³, spowodował natomiast wzrost zawartości wody w kalusie – w dalszym ciągu zawartość ta była jednak niższa od kontrolnej. Odmienne od przedstawionych powyżej wyniki badań nad wpływem rosnącego zasolenia na wielkość wskaźnika względnej zawartości wody w źdźbłach pszenicy uzyskali Tammam i in. (2008). Zdaniem tych autorów, nawadnianie roślin wodą zawierającą NaCl w ilości od 60 do 320 mmol · dm⁻³ powodowało wzrost wartości wskaźnika RWC, przy czym największy, o 3,6% w stosunku do kontroli, zanotowano przy stężeniu 120 mmol · dm⁻³. Także Tehranifar i in. (2009) przy zasoleniu na poziomie 5 mmol · dm⁻³ nie udowodnili zmniejszenia wartości wskaźnika względnej zawartości wody w liściach truskawki odmiany 'Selva', zaś w przypadku 10 mmol NaCl · dm⁻³ wykazali wzrost powyżej wartości notowanych w obiektach kontrolnych.

Porównując wpływ stosowanych w badaniach preparatów na omawianą cechę fizjologiczną wszystkich badanych gatunków i odmian roślin rosnących w warunkach zróżnicowanego zasolenia podłoża większą, w porównaniu z obiektami kontrolnymi, zawartością wody charakteryzowały się rośliny traktowane preparatami antystresowymi. W przypadku truskawki odmiany 'Elsanta' najwyraźniej zaznaczył się wpływ preparatów Pentakeep®super i Resistim, w przypadku spartiny preriowej preparatów Algex, Pentakeep®super i Resistim.

Według Yang i Lu (2005), egzogenna aplikacja betainy glicynowej, będącej jednym ze składników stosowanych w badaniach własnych preparatów Resistim oraz Algex, zwiększyła zawartość wody w liściach kukurydzy rosnącej w warunkach stresu solnego. Badania nad wpływem kwasu salicylowego, czyli jednego ze składników preparatu Hergit, na wielkość wskaźnika względnej zawartości wody w liściach truskawki rosnącej w warunkach podwyższonego zasolenia przeprowadzili Karlidag i in. (2009). Autorzy ci wykazali, że kwas salicylowy, zastosowany w stężeniu 1 mmol · dm⁻³, zwiększał wskaźnik RWC zarówno roślin kontrol-

nych, jak i rosnących w podłożu o zasoleniu na poziomie $35 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Zwiększenie wskaźnika względnej zawartości wody u roślin w warunkach stresu solnego, traktowanych egzogenym kwasem salicylowym, wykazali również El-Tayeb (2005) u jęczmienia, Szepesi i in. (2005) u pomidora oraz Yildirim i in. (2008) u ogórka.

Nadmierne zasolenie jest przyczyną wielu zachodzących w roślinach zmian o charakterze morfologicznym, anatomicznym, fizjologicznym i metabolicznym, które wywołują ograniczenie ich wzrostu i plonowania (Ashraf i Harris 2004). W literaturze przedmiotu znaleźć można wiele doniesień o negatywnym wpływie stresu solnego na produkcję biomasy roślinnej (Ghoulam i in. 2002; Ashraf i Bashir 2003; Wrochna i in. 2007, Małuszyńska i Małuszyński 2009; Jarosz 2012). Według niektórych autorów, niewielkie stężenia chlorku sodu mogą także działać stymulująco na produkcję świeżej masy roślinnej. Działanie takie stwierdzili Matuszak i in. (2004) u pszenicy oraz Tammam i in. (2008) u kukurydzy.

W badaniach własnych stwierdzono zmniejszanie się, wraz ze wzrostem stężenia soli w podłożu plonu świeżej masy, liści badanych odmian truskawki. W przypadku odmian 'Elsanta' oraz 'Salsa', rosnących w niższym zasoleniu podłoża, redukcja plonu świeżej masy części nadziemnej wynosiła odpowiednio – 32 i 24% w odniesieniu do kontroli, w wyższym zasoleniu – 44 i 41%. Uzyskane wyniki znajdują potwierdzenie w pracy Turhana i Eris (2007). Autorzy ci podają bowiem, że plon świeżej masy liści truskawki odmian 'Camarosa' oraz 'Chandler' malał wraz ze wzrostem stężenia chlorku sodu w pożywce (od $8,5$ do $34 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$). W przypadku najwyższego zasolenia był niższy od plonu roślin kontrolnych u odmian 'Camarosa' oraz 'Chandler', odpowiednio trzy- i siedmiokrotnie. Podobnie Khayyat i in. (2009), w doświadczeniu z truskawką odmiany 'Selva', wykazali trzykrotne zmniejszenie plonu świeżej masy części nadziemnej pod wpływem chlorku sodu w stężeniu $35 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Według Keutgen i Pawelzik (2009) oraz Karlidag i in. (2009), stres solny powoduje redukcję plonu zarówno świeżej, jak i suchej masy części nadziemnej truskawki odmian 'Elsanta' oraz 'Fern'. Na podstawie wyników badań Yilmaz i Kina (2008) wnioskować można, że o wpływie zasolenia na wytwarzanie świeżej masy części nadziemnych może decydować zarówno poziom stężenia soli, jak i cechy osobnicze roślin. Według tych autorów, chlorek sodu w stężeniu $500 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ nie wpłynął negatywnie na plon świeżej masy liści odmian truskawki – 'Kabarla' oraz 'Gloria', a w przypadku pierwszej z nich miał wręcz działanie stymulujące. Zwiększenie stężenia soli do $1000 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ pozostało bez wpływu na świeżą masę liści odmiany 'Kabarla', zaś u odmiany 'Gloria' spowodowało jej zmniejszenie. Na redukcję świeżej masy odmiany 'Kabarla' wpłynęło dopiero zasolenie na poziomie $1500 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, które u drugiej z nich nie wywarło istotnego wpływu. Interesujące badania nad wpływem zróżnicowanego zasolenia pożywki na świeżą masę kalusa *Spartina paten* (Ait) Mul. przeprowadzili Wu i in. (2005). Autorzy ci wykazali, że chlorek sodu w stężeniu $170 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ stymulował wzrost masy kalusa, zaś wprowadzony do pożywki w dawkach 340 i $510 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ spowodował wyraźne zmniejszenie świeżej masy kalusa – odpowiednio trzy- i dziesięciokrotnie w stosunku do kontroli:

Miskant olbrzymi oraz spartina perriowa są uważane za gatunki wyróżniające się intensywną produkcją biomasy, specyficzną dla gatunków o typie fotosyntezy C_4 (Budzyński i Bielski 2004). W przypadku spartiny perriowej nie wykazano wpływu zróżnicowanego stężenia soli na

omawianą cechę, u miskanta natomiast na redukcję plonu świeżej masy części nadziemnej wpłynęła wyższa dawka chlorku sodu. Podobne rezultaty badań nad wpływem rosnącego stężenia NaCl w podłożu na plon biomasy *Peninisetum purpureum* Schumacher – trawy słoniowej, zaliczanej także do gatunków odpornych na zasolenie uzyskali Rahman i in. (2008). Wykazali brak oddziaływania zasolenia w zakresie od 0 do 900 mmol NaCl · dm⁻³ na plon części nadziemnej tej rośliny. Według Blaylocka (1994), w przypadku roślin cechujących się dużą tolerancyjnością na stres solny zasolenie gleb o przewodności konduktometrycznej nieprzekraczającej 10 dS · m⁻¹ nie powoduje redukcji plonu, natomiast na poziomie 10,5 do 15,5 dS · m⁻¹ skutkuje zmniejszeniem plonu o 25%.

Analizując wpływ obu czynników doświadczenia własnego, w przypadku odmiany 'Salsa', największą świeżą masę liści wykształciły rośliny traktowane preparatami Algex i Hergit, rosnące w podłożu bez dodatku soli. W przypadku odmiany 'Elsanta' najwyraźniej na zwiększenie plonu liści wpłynął preparat Pentakeep®super. Interesujące wyniki badań nad wpływem Pentakeepu® V oraz substancji aktywnej tego preparatu, czyli kwasu 5-aminolewulinowego (ALA), na plon świeżej masy sadzonek kapusty uzyskali Yoshida i in. (2006). Autorzy ci, stosując roztwory ALA w stężeniu 10, 30 i 100 ppm oraz Pentakeep® V, w rozcieńczeniu 1000-, 5000- i 10 000-krotnym, wszystkie w dawce 10 ml/wazon, stwierdzili, że największy wzrost plonu świeżej masy (o 35% w stosunku do kontroli) uzyskano po zastosowaniu ALA w stężeniu 10 ppm oraz preparatu Pentakeep® V w rozcieńczeniu 5000-krotnym (o 27% wobec kontroli). Również we wszystkich pozostałych (poza Pentakeepem® V w rozcieńczeniu największym) wariantach tego doświadczenia zanotowano zwyczaję plonu świeżej masy kapusty. Zaprezentowane wyniki świadczyć mogą o porównywalnym wpływie na wzrost roślin odpowiednich stężeń preparatu Pentakeep® V oraz jego substancji aktywnej – ALA. Korzystne oddziaływanie preparatu Pentakeep® V na plon świeżej masy liści pomidora wykazali Al-Afifi i Al-Shrouf (2010). Zdaniem tych autorów, największy wzrost plonu (146% w odniesieniu do kontroli) uzyskano przy dolistnych aplikacjach tego preparatu, w stężeniu 0,04%, w odstępie jednego tygodnia. Także Babik i in. (2008) wykazali wzrost plonu świeżej masy główek kapusty jako efekt stosowania preparatu Pentakeep® V. Według Watanabe i in. (2000), kwas 5-aminolewulinowy zwiększył odporność bawełny na podwyższone zasolenie, co przejawiało się między innymi wzrostem plonu świeżej masy zarówno pędów, jak i korzeni. W przypadku zasolenia na poziomie 1,5% NaCl największy wzrost masy pędów tej rośliny (o 89% względem kontroli) zanotowano po zastosowaniu ALA w stężeniu 10 mg · dm⁻³. Jarosz (2012) oceniał wpływ dokorzeniowego stosowania wzrastających dawek preparatu Pentakeep® V na plonowanie sałaty uprawianej przy zróżnicowanym ogólnym stężeniu jonów w środowisku. Wykazał wzrost świeżej masy główek sałaty rosnącej w podłożu o zasoleniu na poziomie 0,41–0,65 oraz 1,60–1,82 mS · cm⁻¹, po zastosowaniu preparatu Pentakeep® V w dawkach 0,1 i 0,5 ml/roślinę.

W badaniach Glinickiego i in. (2010) nad wpływem preparatu Resistim, stosowanego w postaci czterokrotnego opryskiwania dolistnego w stężeniu 0,2%, na niektóre cechy truskawki odmian 'Elsanta', 'Honeoye' oraz 'Selva', wykazano wzrost świeżej masy liści jedynie w przypadku odmiany 'Honeoye'. Brak oddziaływania tego preparatu na plon świeżej masy odmiany 'Elsanta' jest zatem zgodny z wynikami badań własnych. Odmienne rezultaty badań

uzyskała natomiast Kołodziej (2009), według której trzykrotna aplikacja preparatu Resistim, w stężeniu 1,5%, powodowała wzrost plonu powietrznie suchej masy ziela tymianku.

Badania nad wpływem egzogenego kwasu salicylowego, czyli jednego ze składników stosowanego w badaniach własnych preparatu Hergit, na plon świeżej i suchej masy truskawki rosnącej w warunkach stresu solnego przeprowadzili Karlidag i in. (2009). Udowodnili, że aplikacja tego związku, w stężeniu $1 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$, zwiększyła plon świeżej masy części nadziemnych zarówno truskawki rosnącej w podłożu zasolonym, jak i w warunkach kontrolnych.

Nie stwierdzono istotnego wpływu stosowanych preparatów na wielkość plonu świeżej masy części nadziemnej badanych gatunków traw. Najmniejsze plony uzyskiwano w przypadku roślin rosnących w warunkach największego zasolenia, nietraktowanych tymi preparatami.

W dostępnej literaturze przedmiotu zawartych jest wiele doniesień o negatywnym wpływie nadmiernego zasolenia na plon owoców wielu gatunków roślin. Khayyat i in. (2009) wykazali trzykrotne zmniejszenie plonu owoców truskawki odmiany 'Selva' po wprowadzeniu do upraw hydroponicznych chlorku sodu w dawce $35 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Ten sam poziom zasolenia u odmiany 'Oso Grande' spowodował redukcję plonu owoców o 47% w odniesieniu do kontroli (Kaya i in. 2002 b).

Podobne rezultaty uzyskano w prezentowanych badaniach własnych. Plon owoców truskawki malał wraz ze wzrostem stężenia soli w glebie. Większą redukcję plonu stwierdzono w przypadku odmiany 'Salsa' – wynosiła ona w przypadku roślin rosnących w podłożu z dodatkiem soli w dawce Z1 i Z2 – odpowiednio o 18 i 30% w stosunku do kontroli. Analizując wpływ stosowanych w badaniach własnych preparatów, w przypadku odmiany 'Elsanta' najwyższą sumę plonów, istotnie różną od plonu owoców roślin kontrolnych oraz traktowanych preparatem Resistim, uzyskano po aplikacji preparatu Pentakeep®super. U odmiany 'Salsa' natomiast większy od plonu owoców roślin kontrolnych był plon roślin traktowanych preparatami Hergit oraz Algex. Według Marjańskiej-Cichoń i Sapiehy-Waszkiewicz (2011), trzykrotne opryskiwanie truskawki odmiany 'Salut' preparatami Algex oraz Goëmar BM 86, opartymi na ekstrakcie z *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, spowodowało nieznaczny wzrost plonu owoców. Zdaniem powyższych autorek, preparaty te nie wykazały działania antystresowego w warunkach występujących przymrozków oraz nadmiaru opadów. Dodatnie wyniki stosowania wyciągu z *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis na plonowanie truskawek oraz aronii obserwowali odpowiednio Türemis i in. (1997) oraz Krawiec (2008). W doświadczeniu przeprowadzonym przez Masny i in. (2004) preparat Goëmar BM 86 nie wpłynął na zwiększenie plonu truskawki odmiany 'Salut'. W badaniach Wrony i Misiury (2008) wzrost plonu owoców jabłoni na skutek trzykrotnego zastosowania tego preparatu nie został dowiedziony statystycznie. Korzystny wpływ biostymulacji preparatem Bio-Algeen S 90, opartym, podobnie jak stosowany w badaniach własnych preparat Algex, na ekstrakcie z *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, na plon owoców pomidora drobnoowocowego wykazały również Dobromilska i in. (2008). Autorki zwracają ponadto uwagę na fakt, że największe zwiększenie plonu owoców uzyskano po trzykrotnym opryskiwaniu roślin tym preparatem. Ponad trzykrotny wzrost plonu owoców jabłoni na skutek biostymulacji preparatem opartym na ekstrakcie z *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, stosowanym wraz z nawadnianiem drzew, wykazali także Spinelli i in. (2009). W przypadku badanych odmian truskawki, niezależnie od poziomu zasolenia podłoża,

większe od kontroli plony owoców uzyskano w przypadku roślin traktowanych badanymi preparatami. Badania nad wpływem preparatu Pentakeep® V na plon owoców pomidora przeprowadzili Al-Afifi i Al-Shrout (2010). Udowodnili oni, że największy wzrost plonu owoców pomidora można uzyskać po zastosowaniu tego preparatu w postaci dolistnej, w stężeniu 0,04%, w odstępie trzytygodniowym. Odmienne rezultaty badań uzyskali natomiast Babik i in. (2008), według których preparat Pentakeep® V, niezależnie od sposobu aplikacji, stosowany w stężeniu 0,05%, nie wpłynął na wielkość plonu wczesnego, handlowego oraz ogólnego pomidora odmiany 'Blitz F1'. Stosowany dolistnie na pomidora odmiany 'Koneser F1' spowodował wzrost plonu handlowego i wczesnego. Wysoką efektywność plonotwórczą preparatu Pentakeep® V wykazano także w badaniach z papryką (Eveleens 2005) oraz ogórkiem (Babik i Babik 2007).

Według Żurawicza (1994), przeciętna masa jednostkowa owoców truskawki odmiany 'Elsanta' wynosi 8–9 g, odmiany 'Salsa' natomiast jest o 30 do 40% większa. W badaniach prezentowanych w pracy średnia masa pojedynczego owocu truskawki odmiany 'Elsanta' w warunkach kontrolnych wynosiła 10,76 g, natomiast odmiany 'Salsa' była wyższa – 12,76 g. W przypadku badanych odmian wykazano negatywny wpływ rosnącego zasolenia podłoża na masę pojedynczego owocu. Zasolenie na poziomie Z1 spowodowało redukcję masy o 14% względem kontroli, na poziomie Z2 natomiast o 24%. W badaniach Khayyat i in. (2007) wykazano w kolejnych terminach zbioru owoców truskawki odmiany 'Selva' zmniejszenie masy pojedynczego owocu – odpowiednio o 64,5 oraz 30% względem kontroli, pod wpływem zasolenia na poziomie 35 mmol NaCl · dm⁻³. Ten sam poziom stężenia chlorku sodu spowodował także redukcję masy jednostkowej owocu truskawki odmiany 'Oso Grande'. W tym przypadku była ona jednak zdecydowanie mniejsza i wynosiła średnio 8% względem kontroli (Kaya i in. 2002 b). Według Keutgen i Pawelzik (2007 c), zasolenie na poziomie 40 mmol NaCl · dm⁻³ nie wpłynęło istotnie na masę jednostkową owoców truskawki odmian 'Elsanta' oraz 'Korona'. Chlorek sodu, w stężeniu 80 mmol · dm⁻³, spowodował natomiast zmniejszenie masy owoców obu badanych przez tych autorów odmian. W badaniach własnych, w przypadku odmiany 'Elsanta' rośliny traktowane preparatami Pentakeep®super, Algex oraz Hergit charakteryzowały się owocami o większej masie niż rośliny kontrolne. Wszystkie stosowane preparaty spowodowały zwiększenie masy pojedynczego owocu odmiany 'Salsa'. Biorąc pod uwagę interakcję czynników doświadczalnych, najmniejszą masę pojedynczego owocu stwierdzono dla roślin rosnących w najwyższym zasoleniu, nietraktowanych preparatami antystresowymi, największą zaś u roślin rosnących w naturalnym zasoleniu, po aplikacji preparatu Pentakeep®super. Babik i in. (2008) nie wykazali natomiast istotnego wpływu preparatu Pentakeep® V w stężeniu 0,05%, dostarczanego roślinom dolistnie oraz dokorzeniowo na masę pojedynczego owocu pomidora. Według Marjańskiej-Cichoń i Sapięhy-Waszkiewicz (2011), preparaty oparte na wyciągach z *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, takie jak Algex oraz Goëmar BM 86, nie wpływały na masę jednostkową owoców truskawki odmiany 'Salut'.

Zawartość suchej masy w różnych organach roślin jest ważną cechą, często wykorzystywaną do oceny wpływu różnego rodzaju czynników zewnętrznych. Wyniki badań na temat wpływu poziomu zasolenia na tę cechę są zróżnicowane. Według Wu i in. (2005), wzrost stężenia soli od 0 do 340 mmol · dm⁻³ spowodował wzrost zawartości suchej masy w kalusie

Spartina patens (Ait) Muhl. Dalsze zwiększenie zasolenia środowiska wywołało natomiast spadek zawartości suchej masy. Tammam i in. (2008) wykazali znaczący spadek zawartości suchej masy w źdźbłach pszenicy w stężeniu $60 \text{ mmol NaCl} \cdot \text{dm}^{-3}$. W przypadku dalszego zwiększania zasolenia jego wpływ na omawianą cechę był niewielki.

W prezentowanych w pracy badaniach własnych wykazano, że wzrastające stężenie chlorku sodu w podłożu było przyczyną zwiększania się procentowej zawartości suchej masy w liściach truskawki oraz w częściach nadziemnych miskanta olbrzymiego. W przypadku miskanta średnia zawartość suchej masy w roślinach kontrolnych wynosiła 28%, w roślinach rosnących w mniejszym zasoleniu – 31,3%, zaś w największym – 36,1%. Większym udziałem suchej masy w plonie biomasy (średnio 39%) charakteryzował się również ten sam gatunek badany przez Burnera i in. (2009). Kalembasa i in. (2005) podają, że udział suchej masy w plonie różnych klonów miskanta wynosił od 48 do 54%. W przypadku spartiny preriowej rośliny rosnące w zróżnicowanych warunkach zasolenia charakteryzowały się zbliżoną zawartością suchej masy, większą od zawartości w obiektach kontrolnych. Porównując wpływ stosowanych preparatów na odmianę ‘Elsanta’, mniejszą w porównaniu z kontrolą, oraz roślinami traktowanymi preparatem Hergit zawartość suchej masy stwierdzono w liściach roślin traktowanych preparatami Algex, Pentakeep®super oraz Resistim. U odmiany ‘Salsa’ liście roślin opryskiwanych badanymi preparatami charakteryzowały się zbliżoną zawartością suchej masy, istotnie mniejszą od obiektów kontrolnych. Podobną zależność wykazano także w przypadku miskanta olbrzymiego. W przypadku spartiny preriowej najwyższy udział suchej masy wykazywały rośliny kontrolne oraz traktowane preparatem Algex. W badaniach Glinickiego i in. (2010) wykazano niewielki wzrost zawartości suchej masy w liściach tylko jednej z trzech badanych odmian truskawki (‘Elsanta’) pod wpływem dolistnej aplikacji preparatu Resistim. Oceniając interakcję czynników doświadczenia własnego, w przypadku odmiany truskawki ‘Salsa’ oraz badanych gatunków traw, najwyższy udział suchej masy w plonie charakteryzował biomasę roślin rosnących w najwyższym zasoleniu podłoża, niepoddanych biostymulacji. W badaniach Yoshidy i in. (2006) działanie preparatu Pentakeep® V na zawartość suchej masy w młodych roślinach kapusty była uzależniona od zastosowanego stężenia. Przy mniejszym rozcieńczeniu wykazano nieznaczny spadek jej zawartości, przy większym – niewielki wzrost w odniesieniu do kontroli. W przypadku traktowania kapusty roztworami kwasu 5-aminolewulinowego (ALA), niezależnie od stężenia, zanotowano wzrost procentowej zawartości suchej masy – największy (o 12%) w przypadku stężenia 100 ppm. Babik i in. (2008) nie wykazali wpływu preparatu Pentakeep® V stosowanego dolistnie na zawartość suchej masy w liściach kapusty. Według Watanabe i in. (2000), kwas 5-aminolewulinowy, stosowany w stężeniach 3, 10 oraz $30 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, w doświadczeniach z bawełną rosnącą w podłożu o zasoleniu na poziomie 1,5% NaCl, zmniejszył udział suchej masy w pędach w porównaniu z kontrolą (zasolenie 1,5% NaCl, bez stosowania ALA). Interesujące badania nad wpływem kwasu 5-aminolewulinowego, stosowanego w różnych stężeniach na zawartość suchej masy w bulwach ziemniaka rosnącego w warunkach podwyższonego stężenia NaCl, przeprowadzili Zhang i in. (2006). W przypadku obiektów kontrolnych, ALA w stężeniu 0,3, 3 oraz $30 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ wpłynął na zwiększenie zawartości suchej masy w bulwach. Przy zasoleniu podłoża na poziomie 0,5% NaCl aplikacja kwasu 5-aminolewulinowego w stężeniu $3 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ wpłynęła

na zwiększenie zawartości suchej masy, w stężeniu wyższym – $30 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ spowodowała zmniejszenie jej udziału.

Badania nad wpływem różnych stężeń kwasu salicylowego, czyli jednej z substancji aktywnych stosowanego preparatu Hergit, na zawartość suchej masy w pędach bazylii wonnej, rosnącej w zróżnicowanych warunkach zasolenia, przeprowadzili Delevari i in. (2010). Aplikacja tej substancji w najwyższym zastosowanym stężeniu ($0,1 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$) roślinom rosnącym w warunkach naturalnego zasolenia spowodowała wzrost zawartości suchej masy.

Kwas askorbinowy jest powszechnie występującym w różnych organach roślinnych przeciwutleniaczem, który może być stosowany jako marker stresu oksydacyjnego u roślin (Smirnoff 2000; Navarro i in. 2006). Według Foyer i Noctor (2005), około 30–40% całkowitej ilości tej substancji zawierają chloroplasty. Zawarte w dostępnej literaturze przedmiotu wyniki badań nad wpływem stresu solnego na syntezę kwasu askorbinowego w różnych organach roślinnych są zróżnicowane, zależne zarówno od poziomu stężenia soli, jak i gatunku rośliny (Sairam i in. 2005; Telesiński i in 2008). W prezentowanych w pracy badaniach zasolenie na poziomie Z1 spowodowało wzrost ilości tego związku w owocach truskawki odmian ‘Elsanta’ i ‘Salsa’ – odpowiednio o 7,5 oraz 6,3% w porównaniu z kontrolą. Podobne rezultaty badań nad wpływem zróżnicowanych dawek chlorku sodu na syntezę kwasu askorbinowego otrzymali De Pascale i in. (2001) w owocach pomidora oraz Neocleous i Vasilakakis (2008) w owocach maliny. Według ostatnich cytowanych autorów, najniższy zastosowany w doświadczeniu poziom zasolenia ($10 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$) spowodował wzrost ilości tego związku w owocach. Zdaniem Jamalian i in. (2008), zasolenie w zakresie od 0 do $10 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ nie modyfikowało ilości kwasu askorbinowego w owocach truskawki, a według Keutgen i Pawelzik (2007 a), stres solny był przyczyną niewielkiego zmniejszenia syntezy tego związku w owocach. W badaniach własnych udowodniono, że owoce truskawki traktowanej preparatami Hergit oraz Algex charakteryzowały się większą zawartością kwasu askorbinowego, w porównaniu z obiektami kontrolnymi. Porównując współdziałanie czynników doświadczalnych, stwierdzono, że najmniejsza zawartość kwasu askorbinowego cechowała owoce badanych odmian rosnących w podłożu o zasoleniu najwyższym, nietraktowanych preparatami antystresowymi. Największą ilość kwasu askorbinowego zawierały natomiast owoce truskawki rosnącej w podłożu o zasoleniu Z1, po aplikacji preparatów Hergit, Algex oraz Resistim.

W badaniach Zhang i in. (2006) zasolenie na poziomie 0,5% spowodowało zmniejszenie zawartości kwasu askorbinowego w bulwach ziemniaków. Ci sami autorzy określili również wpływ kwasu 5-aminolewulinowego na zawartość kwasu askorbinowego w bulwach ziemniaków rosnących w warunkach podwyższonego zasolenia. Udowodnili, że efekt działania ALA był zależny od jego stężenia. W przypadku roślin rosnących w pożywce o zasoleniu na poziomie 0,5% NaCl udowodniono wzrost zawartości kwasu askorbinowego, jako skutek aplikacji ALA w stężeniu $3 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Kwas 5-aminolewulinowy stosowany w stężeniu wyższym, $30 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, spowodował natomiast spadek zawartości tej substancji. U roślin niepoddanych stresowi solnemu ALA, w stężeniu 36 oraz $30 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, spowodował zmniejszenie zawartości witaminy C w bulwach ziemniaków.

Ważnymi składnikami owoców są cukry oraz kwasy organiczne. Cukry odpowiadają za smak owoców oraz determinują ich kaloryczność. Kwasy organiczne, wpływając na smak,

teksturę, wartość pH oraz barwę owoców, decydują o ich sensorycznej jakości (Ornalez-Paz i in. 2013). Według Masny i Żurawicza (2009), owoce truskawki odmian 'Elsanta' oraz 'Salsa' zawierają przeciętnie – odpowiednio 8,89 oraz 8,05% ekstraktu. W prezentowanych w pracy badaniach własnych zawartość ekstraktu w owocach odmiany 'Elsanta', w poszczególnych kombinacjach doświadczalnych, zawierała się w przedziale od 6,10 do 8,80%. W przypadku odmiany 'Salsa' wahała się od 6,48 do 8,68%. Udowodniono, że powyższa cecha owoców zależała od poziomu zasolenia podłoża. Wykazano, że zasolenie w-wysokości Z1 spowodowało wzrost zawartości ekstraktu w porównaniu z kontrolą. Owoce roślin rosnących w podłożu o największym zasoleniu zawierały najmniej ekstraktu. Zawarte w dostępnej literaturze przedmiotu informacje o wpływie podwyższonego zasolenia na zawartość ekstraktu w owocach są rozbieżne i zależne zarówno od natężenia stresu solnego, jak i gatunku rośliny. W badaniach Neocleous i Vasilakakis (2008) wzrost stężenia NaCl był przyczyną zwiększenia zawartości ekstraktu w owocach maliny. Wzrost ten nie był jednak wprost proporcjonalny do zasolenia. Zwiększenie udziału ekstraktu, jako efekt działania zasolenia, obserwowali również Keutgen i Pawelzik (2007 a) u truskawki odmiany 'Korona', Adams (1991) u pomidora oraz Chartzoulakis (1992) u ogórka. Odmienne rezultaty badań uzyskali Jamalian i in. (2008), według których chlorek sodu w stężeniu 5 oraz 10 mmol · dm⁻³ nie modyfikował zawartości ekstraktu w owocach truskawki odmiany 'Selva'. W badaniach Keutgen i Pawelzik (2007 b) zasolenie na poziomie 80 mol · dm⁻³ powodowało zmniejszenie zawartości ekstraktu w owocach truskawki odmiany 'Elsanta'.

W dostępnej literaturze niewiele jest informacji na temat wpływu preparatów antystresowych na zawartość ekstraktu w owocach. Marjańska-Cichoń i Sapieha-Waszkiewicz (2001) nie wykazały istotnego wpływu, opartych na wyciągach z *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, preparatów Algex oraz Goëmar BM 86 na ilość ekstraktu w owocach truskawki odmiany 'Salut'. Stosowane w badaniach własnych preparaty antystresowe, w przypadku odmiany 'Elsanta', nie wpłynęły na powyższą cechę owoców, zaś u odmiany 'Salsa' rośliny traktowane poszczególnymi preparatami cechowały się podobną zawartością ekstraktu, większą od obiektów kontrolnych.

Kwasowość owoców badanych odmian truskawki rosnących w podłożu o zasoleniu na poziomie Z1 oraz Z2 kształtowała się na podobnym poziomie, wyższym od kwasowości obiektów kontrolnych. Podobne rezultaty badań nad wpływem chlorku sodu w stężeniu 5 oraz 10 mmol · dm⁻³ na kwasowość owoców truskawki uzyskali również Jamalian i in. (2008). Według Keutgen i Pawelzik (2007 b), wzrost zasolenia w zakresie od 0 do 80 mmol · dm⁻³ wpłynął na zmniejszenie kwasowości owoców truskawki odmian 'Elsanta' oraz 'Korona'. Zdaniem Khayyat i in. (2007), zasolenie wysokie, tj. przekraczające 80 mmol NaCl · dm⁻³, zawsze zwiększa kwasowość owoców truskawki, pogarszając ich walory smakowe. Aplikacja preparatów antystresowych wpłynęła na zmniejszenie, względem kontroli, kwasowości owoców odmian 'Elsanta' i 'Salsa'. W przypadku roślin kontrolnych oraz rosnących w zasoleniu podwyższonym do poziomu Z1 oraz Z2 owoce truskawek traktowanych preparatami antystresowymi cechowały się mniejszą kwasowością niż owoce roślin kontrolnych.

Smak owoców truskawki jest w dużej mierze uzależniony od właściwej proporcji pomiędzy zawartością cukrów oraz kwasów (Wang i in. 2002). W prezentowanych w pracy badaniach wartość wskaźnika TSS/TA, obliczonego na podstawie stosunku zawartości

ekstraktu w owocach do ich kwasowości, u odmiany 'Elsanta' zawierała się w przedziale od 5,83 do 11,83, zaś u odmiany 'Salsa' oscylowała w zakresie od 6,66 do 12,10. Zdaniem Keutgen i Pawelzik (2007 b), za najkorzystniejszy stosunek zawartości ekstraktu do kwasowości uważa się ten zawarty w przedziale od 8,5 do 14,0. Według Ornales-Paz i in. (2013), wskaźnik TSS/TA w dojrzałych owocach truskawki oscylował w zakresie od 8,5 do 17,0. W badaniach własnych wykazano, że wartości TSS/TA malały wraz ze zwiększeniem stężenia soli w podłożu. Podobne rezultaty uzyskały Keutgen i Pawelzik (2008), według których zasolenie na poziomie 40 oraz 80 mmol NaCl · dm⁻³ wpłynęło na zmniejszenie wartości tego wskaźnika u truskawki odmian 'Elsanta' oraz 'Korona'. W badaniach Jamalian i in. (2008) chlorek sodu w stężeniach 5 oraz 10 mmol · dm⁻³ nie wpłynął na wartości wskaźnika TSS/TA w owocach truskawki odmiany 'Selva'. W przypadku badanych odmian wykazano także, że rośliny, którym aplikowano preparaty antystresowe, charakteryzowały się zbliżonymi wartościami powyższego wskaźnika, większymi w odniesieniu do kontroli.

Badania nad wpływem rosnącego stężenia soli na niektóre cechy biometryczne, w tym na liczbę liści truskawki, przeprowadzili Turhan i Eris (2007). Rezultaty badań tych autorów dowodzą, że wpływ stresu solnego na wzrost roślin jest w dużej mierze uzależniony nie tylko od natężenia czynnika stresogennego, lecz również gatunku, a nawet odmiany. W przypadku jednej z badanych przez nich odmian truskawki ('Chandler') wzrost zasolenia w zakresie od 0 do 34 mmol · dm⁻³ spowodował systematyczną redukcję liczby liści. U drugiej odmiany – 'Camarosa' – dopiero stężenie NaCl na poziomie 17 mmol · dm⁻³ ograniczyło liczbę tworzonych liści. Sumaryczna liczba liści wykształconych przez badane odmiany truskawki malała wraz ze wzrostem stężenia soli w podłożu, średnio dla odmian w niższym stężeniu NaCl o 9,5%, w wyższym zaś o 16,5%, w porównaniu z kontrolą. W przypadku miskanta oraz spartiny rośliny rosnące w warunkach różnego natężenia stresu solnego cechowała podobna liczba źdźbeł, istotnie mniejsza w porównaniu z kontrolą. Wpływ stosowanych preparatów na powyższą cechę biometryczną był natomiast zarówno w przypadku truskawki, jak i badanych gatunków halofitów, niejednoznaczny. W badaniach przeprowadzonych przez Glinickiego i in. (2010), w przypadku dwóch odmian truskawki – 'Elsanta' oraz 'Selva', czterokrotna dolistna aplikacja preparatu Resistim, w stężeniach 0,2 oraz 0,4%, nie wpłynęła istotnie na liczbę wytworzonych liści. U odmiany 'Honeoye' była przyczyną zwiększenia liczby liści o 36% względem kontroli. Herrera-Campos i in. (2001) udowodnili zwiększenie liczby liści fiołka afrykańskiego o 19% pod wpływem trzykrotnej, dolistnej aplikacji kwasu salicylowego, jednej z substancji aktywnych stosowanego w badaniach własnych preparatu Hergit. Odmienne rezultaty badań nad wpływem różnych stężeń i sposobów stosowania kwasu salicylowego na liczbę liści u tego samego gatunku otrzymali Tilly-Mandy i in. (2010). Według tych autorów, jedynie kwas salicylowy stosowany w stężeniu 0,3 ml · dm⁻³ wraz z nawadnianiem roślin spowodował nieznaczny wzrost (o 2%) liczby liści, zaś aplikowany dolistnie w stężeniach 0,3 oraz 0,5 ml · dm⁻³ i doglebowo w stężeniu 0,5 ml · dm⁻³ wpłynął na redukcję liczby liści.

Według Aydina i in. (2011), którzy w badaniach nad fasolą zwyczajną określili indeksy tolerancji na zasolenie (STI) wywołane różnymi solami, wartość tego parametru malała wraz ze wzrostem poziomu zasolenia. W przypadku roślin rosnących w podłożu o stężeniu NaCl

na poziomie 30, 60 i 120 mmol · dm⁻³, wynosiła odpowiednio – 70, 30 i 12%. Wyraźne zmniejszenie wartości indeksu tolerancji na zasolenie wynikało w tym przypadku z faktu, że badany gatunek należy do wrażliwych na zasolenie. Zdecydowanie wyższe wartości wskaźnika STI uzyskali Ziaf i in. (2009) dla papryki. Wynosiły one średnio, dla trzech badanych odmian tego gatunku, uprawianych hydroponicznie przy zasoleniu na poziomie 4, 6 i 8 dS · m⁻¹, odpowiednio – 145,3, 100,2 oraz 85,6%. U wszystkich badanych przez tych autorów odmian papryki zasolenie na poziomie 6 dS · m⁻¹ spowodowało zmniejszenie wartości wskaźnika tolerancji na zasolenie o 34 do 60%. Zwiększenie poziomu zasolenia do 8 dS · m⁻¹ u dwóch odmian wywołało dalszy spadek STI, u jednej natomiast nieznaczny jego wzrost. Przytoczone powyżej wyniki badań mogą świadczyć o tym, że o poziomie tolerancji na zasolenie decydują nie tylko indywidualne cechy gatunkowe, lecz również odmianowe.

Podsumowując, wyniki przeprowadzonych badań wazonowych wskazują na celowość stosowania preparatów zawierających substancje antystresowe w warunkach zbyt wysokiego stężenia soli w środowisku. Świadczą o tym uzyskane wyniki, dotyczące głównie określanych cech fizjologicznych oraz niektórych parametrów plonu. Szczególnie korzystnym wpływem na liczne badane cechy zarówno truskawki, jak i miskanta oraz spartiny, wyróżniał się preparat Pentakeep®super, zawierający w swym składzie kwas 5-aminolewulinowy.

5. Wnioski

1. Wzrastające stężenie chlorku sodu w podłożu wpłynęło istotnie na oznaczane cechy fizjologiczne oraz biometryczne zarówno truskawki (glikofitu), jak i badanych gatunków traw (halofilów).

2. We wszystkich fazach rozwojowych badanych odmian truskawki rosnące zasolenie spowodowało zmniejszenie liczby liści, efektywności wykorzystania wody w fotosyntezie, przewodności szparkowej dla pary wodnej, stężenia CO_2 w przestworach międzykomórkowych liści, zawartości chlorofilu całkowitego, karotenoidów i wody w liściach oraz zwiększenie zawartości suchej masy w części nadziemnej. W przypadku odmiany 'Salsa' we wszystkich fazach rozwojowych ograniczało intensywność procesów asymilacji CO_2 i transpiracji.

3. U miskanta olbrzymiego oraz spartiny preriowej, w warunkach rosnącego stresu solnego, stwierdzono zmniejszenie liczby wytworzonych źdźbeł oraz następujących parametrów fizjologicznych: przewodności szparkowej dla pary wodnej, stężenia CO_2 w przestworach międzykomórkowych liści, zawartości chlorofilu „a”, „b”, całkowitego, karotenoidów oraz wody w liściach. Zwiększeniu ulegała natomiast zawartość suchej masy w części nadziemnej. Ponadto w niektórych terminach pomiaru u truskawki odmiany 'Elsanta' oraz u badanych gatunków traw wykazano zmniejszenie natężenia procesów asymilacji CO_2 i transpiracji.

4. Aplikacja preparatów antystresowych spowodowała wzrost natężenia asymilacji CO_2 w liściach truskawki odmiany 'Elsanta' rosnącej w warunkach podwyższonego, zróżnicowanego stężenia soli w podłożu. W przypadku badanych gatunków traw rosnących w warunkach stresu solnego, po aplikacji preparatów Pentakeep®super oraz Hergit, stwierdzono intensyfikację asymilacji CO_2 .

5. Wszystkie stosowane preparaty zwiększały efektywność wykorzystania wody w fotosyntezie odmiany 'Elsanta' rosnącej w podłożu z dodatkiem soli w mniejszej dawce oraz odmiany 'Salsa' w warunkach najwyższego zasolenia. W przypadku miskanta olbrzymiego, rosnącego w warunkach mniejszego zasolenia, zaznaczył się dodatni wpływ na powyższą cechę preparatów Algex, Pentakeep®super oraz Hergit.

6. Preparaty antystresowe zwiększały przewodność szparkową dla wody u truskawki rosnącej w warunkach najwyższego zasolenia. Zależność powyższą zanotowano także w czasie owocowania odmiany 'Elsanta' oraz po jego zakończeniu u badanych odmian, rosnących w podłożu o mniejszym poziomie zasolenia.

7. W przypadku badanych odmian truskawki aplikacja preparatów antystresowych zwiększyła stężenie CO_2 w przestworach międzykomórkowych liści roślin, rosnących w warunkach stresu solnego. Zależność powyższą wykazano także w dwóch terminach pomiaru badanych gatunków traw rosnących w podłożu z dodatkiem soli w niższej dawce.

8. Preparaty antystresowe zwiększyły zawartość chlorofilu całkowitego oraz względną zawartość wody w liściach badanych roślin, rosnących w podłożu o zróżnicowanym stężeniu chlorku sodu.

9. Plon świeżej masy liści badanych odmian truskawki spadał wraz ze wzrostem zasolenia podłoża. W przypadku spartiny preriowej zróżnicowane zasolenie nie wpłynęło na powyższą cechę, natomiast spadek plonu świeżej masy miskanta olbrzymiego stwierdzono po zastosowaniu NaCl w dawce najwyższej.

10. Plon owoców oraz masa pojedynczego owocu badanych odmian truskawki malały wraz ze wzrostem zasolenia. Dolistna aplikacja preparatów antystresowych zwiększyła powyższe cechy truskawki rosnącej w warunkach stresu solnego o różnym natężeniu.

11. Wprowadzenie do podłoża chlorku sodu w dawce $10 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ zwiększyło zawartość kwasu askorbinowego oraz ekstraktu w owocach truskawki. Udowodniono także, że aplikacja preparatów Hergit oraz Algex zwiększyła syntezę witaminy C w owocach, w szczególności roślin rosnących w podłożu o mniejszym zasoleniu. Wszystkie stosowane preparaty zwiększyły zawartość ekstraktu w owocach truskawki odmiany 'Salsa', rosnącej w warunkach stresu solnego o różnym natężeniu.

12. Podwyższone stężenie soli w podłożu zwiększyło zawartość kwasów organicznych w owocach truskawki oraz zmniejszyło wartość wskaźnika TSS/TA. Aplikacja preparatów antystresowych zmniejszyła kwasowość owoców oraz zwiększyła wartość wskaźnika TSS/TA badanych odmian, rosnących w podłożu o zróżnicowanym poziomie zasolenia.

13. Współczynnik tolerancji na zasolenie badanych odmian truskawki oraz miskanta olbrzymiego malał wraz ze wzrostem zasolenia podłoża. W przypadku spartiny preriowej, rosnącej w warunkach stresu solnego o różnym natężeniu, wartości tego współczynnika były zbliżone. Dla truskawki rosnącej w warunkach niższego zasolenia wzrost wartości tego wskaźnika zanotowano po aplikacji preparatów Hergit, Pentakeep[®]super oraz Resistim. W warunkach wyższego zasolenia zależność taką stwierdzono tylko dla odmiany 'Salsa', po zastosowaniu preparatu Resistim.

14. Stosowane preparaty, a w szczególności preparat zawierający w swym składzie kwas 5-aminolewulinowy, wykazywały działanie antystresowe na badane rośliny rosnące w warunkach podwyższonego zasolenia.

15. Stosowane preparaty w przypadku gatunków halofitycznych w większym stopniu modyfikowały przebieg procesów fizjologicznych, mniejszy był natomiast ich wpływ na cechy biometryczne tych roślin.

16. Wykazano dużą przydatność badanych cech fizjologicznych do opisu stanu stresu solnego u roślin.

- ADAMS P. 1991. Effect of increasing salinity of the nutrient solution with major nutrients or sodium chloride on field, quality and composition of tomatoes grown in rockwool. *J. HortieSci.* 66: 201–207.
- AKRAM M.S., ATHAR H.R., ASHRAF M. 2007. Improving growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L) by foliar application of potassium hydroxide (KOH) under salt stress. *Pak. J. Bot.* 39: 2223–2230.
- AL.-AGHABARY K., ZHU Z., SHI Q. 2004. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. *J. Plant. Nutr.* 27: 2101–2115.
- ALAMGIR A.N.M., ALI M.Y. 1999. Effect of salinity on leaf pigments, sugar and protein concentrations and chloroplast ATPase activity of rice (*Oryza sativa* L). *Photosynthetica.* 28: 145–149.
- AL-AFIFI M.M., AL-SHROUF A.M. 2010. Influence of Pentakeep V on the nutrient interaction and availability for tomato production. *Emir. J.Food Agric.* 22 (3): 174–188.
- ALI A., BASRA S.M.A., AHMAD R., WAHID A. 2009. Optimizing silicon application to improve salinity tolerance in wheat. *Soil Environ.* 28 (2): 136–144.
- ALLAKHVERDIEV S.I., HAYASHI H., NISHIYAMA Y., IVANOV A.G., ALIEV J.A., KLIMOV V.V., MURATA N., CARPENTIER R. 2003. Glycinebetaine protect the D1/D2/Cyt b 559 complex of photosystem II against photo-induced and heat-induced inactivation. *J. Plant Physiol.* 160: 41–49.
- ALLARD F., HOUE M., KRÓL M., IVANOV A., HUNER N.P.A., SARHAN F. 1998. Betaine improves freezing tolerance in wheat. *Plant Cell Physiol.* 39: 1194–1202.
- ARNON D.J., ALLEN M.B., WHATLEY F. 1956. Photosynthesis by isolated chloroplast. *Biochim.Biophys. Acta* 20: 449–461.
- ASHRAF M., BASHIR A. 2003. Salt stress induced changes in some organic metabolites and ionic relations in nodules and other plant parts of two crop legumes differing in salt tolerance. *Flora* 198: 486–498.
- ASHRAF M., FOOLAD M.R. 2007. Improving plant abiotic-stress resistance by exogenous application of osmoprotectants glycine betaine and proline. *Environ. Exp. Bot.* 59: 206–216.
- ASHRAF M., FOOLAD M.R. 2007 a. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environ. Exp. Bot.* 59: 206–216.
- ASHFAR M., HARRIS P.J.C. 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Sci.* 166: 3–6.
- ASHFAR M., HARRIS P.J.C. 2005. Abiotic stresses plant resistance through breeding and molecular approaches. New York, *Food Products Press.* 1–725.
- AWADA S., CAMPBELL W.F., DUDLEY L.M., JURINAK J.J., KHAN M.A. 1995. Interactive effects of sodium chloride, sodium sulfate, calcium sulfate, and calcium chloride on snapbean growth, photosynthesis, and ion uptake. *J. Plant Nutr.* 18: 889–900.
- AWANG Y.B., ATHERTON J.G., TAYLOR A.J. 1993. Salinity effects on strawberry plants grown in rockwool. I. Growth and leaf water relations. *J. Hortie. Sci.* 68: 783–790.
- AWANG Y.B., ATHERTON J.G. 1995. Effect of plant size and salinity on the growth and fruiting of glasshouse strawberry. *J. Hortie. Sci.* 70: 257–262.
- AYDIN A., KANT C., TURAN M. 2011. Hydrogel substrate alleviates salt stress with increase antioxidant enzymes activity of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under salinity stress. *Afr.J. Agric. Res.* 6 (3): 715–724.

- BABIK I., BABIK J. 2007. Effect of Pentakeep® V on the yield and quality of greenhouse cucumber grown in organic media. Proceedings. Pentakeep International Scientific Workshop, Budapest. 241–245.
- BABIK I., BABIK J., DYŚKO J. 2008. Effect of 5-aminolevulinic amid (ALA) from Pentakeep® fertilizers on yield and quality of vegetables grown in the field and under covers. [W:] Biostimulators in modern agriculture. Vegetables crops. (red.) A. Sadowski, Wydaw. Wieś Jutra, Warszawa: 61–75, ISBN 83-89503-57.
- BARTELS D., SUNKAR R. 2005. Drought and salt tolerance in plants. *Crit. Rev. Plant Sci.* 24: 23–58.
- BEARDER J.R. 1980. Plant hormonem and other growth substances, their background structure and occurrence. Encyclopedia of Plant Physiology. New Ser. Vol.9. Springer-Verlag: 9–80.
- BHATT M.J., PATEL A.D., BHATTI P.M., PANDEY A.N. 2008. Effect of soil salinity on growth, water status and nutrient accumulation in seedlings of *Ziziphus mauritiana* (Rhamnaceae). *J.Fruit Ornament. Plant Res.* 16, 383–401.
- BLAYLOCK A.D. 1994. Soil Salinity, salt tolerance, and growth potential of horticultural and landscape plants. Cooperative Extension Service, University of Wyoming, Laramie, B-988: 4.
- BLUNDEN G., JENKINS T., YAN-WEN L. 1996. Enhanced leaf chlorophyll levels in plants treated with seaweed extract. *J. Appl. Phycol.* 8 (6): 535–543.
- BOEHME, M., SCHEVTSCHENKO, J., PINKER, I. 2005. Effects of biostimulators on growth of vegetables in hydroponical systems. *Acta Hortic.* 697: 337–344.
- BOJARSKA J., CZAPLICKI S., ZARECKA K., ZADERNOWSKI R. 2006. Związki fenolowe owoców wybranych odmian truskawki. *Żywn. Nauka. Tech. Jakość.* 2(47) supp.: 20–27.
- BORSANI O., CUARTERO J., FERNANDEZ J.A., VALPUESTA V., BOTELLA M.A. 2001. Identification of two loci in tomato leaves distinct mechanism for salt tolerance. *Plant Cell.* 13: 167–179.
- BOTELLA M.A., ROSADO A., BRESSAN R.A., HASEGAWA P.M. 2005. Plant adaptative responses to salinity stress. [W:] Plant abiotic stress. Jenks M.A., Hasegawa P.M. (red.). Blackwell Publishing, Oxford: 37–70.
- BUDZYŃSKI W., BIELSKI S. 2004. Surowce energetyczne pochodzenia rolniczego Cz. II. Biomasa jako paliwo stałe. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 3 (2): 15–26.
- BURNER D.M., TEW T.L., HARVEY J.J., BELESKY D.P. 2009. Dry matter partitioning and quality of *Miscanthus*, *Panicum* and *Saccharum* genotypes in Arkansas, USA. *Biomass Bioenergy* 33: 610–619.
- CANO E.A., PEREZ-ALFOCEA F., MORENO M., CARO M., BOLARIN M.C. 1998. Evaluation of salt tolerance in cultivated and wild tomato species through *in vitro* shoot apex culture. *Plant Cell.Tissue Organ Cult.* 53: 19–26.
- CAVUSOGLU K., KILIC S., KABAR K. 2008. Effects of some plant growth regulators on stem anatomy of radish seedlings grown under saline (NaCl) conditions. *Plant Soil Environ.* 54 (10): 428–433.
- CHARTZOULAKIS K.S. 1992. Effect of NaCl salinity on germination growth and yield of greenhouse cucumber. *J. Hortic. Sci.* 67: 115–119.
- CHA-UM S., KIRDMANEE C. 2010. Effect of glycinebetaine on proline, water use, and photosynthetic efficiencies, and growth of rice seedlings under salt stress. *Turk. J. Agric. For.* 34: 517–527.
- Chemap Agro s. r. o., Dašice, 2008 – materiały informacyjne.
- CHEN W.P., LI P.H., CHEN T.H. 2000. Glycinebetaine increases chilling tolerance and reduces chilling-induced lipid peroxidation in *Zea mays* L. *Plant Cell Environ.* 23: 609–618.

- CHEN T., MURATA N. 2008. Glicynebetaine: an effective protectant against abiotic stress in plants. *Trends Plant Sci.* 13 (9): 499–505.
- CHUTIPAIJIT S., CHA-UM S., SOMPORNPAI K. 2011. High contents of proline and anthocyanin increase protective response to salinity in *Oryza sativa* L. spp. indica. *Aust. J. Crop Sci.* 5: 1191–1198.
- Cosmo Seiwa Agriculture Co., Ltd, 2008 – materiały informacyjne.
- CRAIGIE J. S. 2012. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *J. Appl. Phycol.* 23 (3): 371–393.
- CZARNECKA M. 1996. Współczesny stan klimatu Szczecina. [W:] Współczesne zmiany klimatu. Klimat Szczecina i współczesne zmiany w rejonie Morza Bałtyckiego. AR, Szczecin: 16–32.
- DAJC Z. 2006. Salt stress. [W:] *Physiology and molecular biology of stress tolerance in plants*. Madhava Rao K.V., Raghavendra A.S., Janardhan Reddy K. (red.), Springer, Dordrecht: 41–99.
- D'ANNA F., INCALCATERRA G., MONCADA A., MICELI A. 2003. Effect of different electrical conductivity levels on strawberry grown in soilless culture. *Acta Hort.* 609: 355–360.
- DA SILVA E.C., NOGUEIRA R.J.M.C., DE ARAUJO F.P., DE MELO N.F., DE AZAVEDO NETO A.D. 2008. Physiological responses to salt stress in young umbu plants. *Environ. Exp. Bot.* 63: 147–157.
- DEBNATH S.C., RICARD E. 2009. ISSR, antocyanin content and antioxidant activity analyses to characterize strawberry genotypes. *J. App. Hort.* 11(2): 83–89.
- DELAVARI P.M., BAGHIZADEH A., ENTESHARI S.H., KALANTARI KH.M., YAZDANPANAH A., MOUSAVI E.A. 2010. The effects of salicylic acid on some of biochemical and morphological characteristics of *Ocimum basilicum* under salinity stress. *Austral. J. BasicApp. Sci.* 4 (10): 4832–4845.
- DE PASCALE S., MAGGI A., FOGLIANO V., AMBROSINO P. 2001. Irrigation with saline water improves carotenoids content and antioxidant activity of tomato. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 76: 447–453.
- DEUTER M., JEŻOWSKI S. 2002. Stan wiedzy o hodowli traw olbrzymich z rodzaju *Miscanthus*. *Post. Nauk Rol.* 2: 59–67.
- DIONISIO-SESE M.L., TOBITA S. 1998. Antioxidant responses of rice seedlings to salinity stress. *Plant Sci.* 135: 1–9.
- DOBROMILSKA R., MIKICIUK M., GUBAREWICZ K. 2008. Evaluation of cherry tomato yielding and fruit mineral composition after using of Bio-algeen S90 preparation. *J. Elementol.* 13 (4): 491–499.
- DOGANLAR Z.B., DEMIR K., BASAK H., GUL I. 2010. Effects of salt stress on pigment and total soluble protein contents of three different tomato cultivars. *Afr. J. Agric. Res.* 5 (15): 2056–2065.
- DURAND N., BRIAND X., MEYER CH. 2003. The effect of marine bioactive substances (N PRO) and exogenous cytokinins on nitrate reductase activity in *Arabidopsis thaliana*. *Physiol. Plant.* 119: 489–493.
- DZIADCZYK P. 2002. Genetyczne uwarunkowania tolerancji na stresy abiotyczne u roślin. *Zesz.Probl.Post. NaukRol.* 481: 49–60.
- EKER S., CÖMERTPAY G., KONUSKAN O., ULGER A. C., ÖZTURK L., ÇAKMAK I., 2006. Effect of salinity stress on dry matter production and ion accumulation in hybrid maize varieties. *Turk. J. Agric. For.* 30: 365–373.
- EL-BAZ F.K., MAHOMED A.A., ALY A.A. 2003. Development of biochemical markers for salt stress tolerance in cucumber plants. *Pak. J. Biol. Sci.* 6: 16–22.
- ELKHATIB H.A., ELKHATIB E.A., ALLAH A.M.K., EL-SHARKAWY A.M. 2004. Yield response of salt stressed potato to potassium fertilization: a preliminary mathematical model. *J. PlantNutr.* 27: 111–122.

- EL-TAYEB M.A. 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regul.* 45: 215–224.
- ESTAN M.T., MARTINEZ-RODRIGUEZ M.M., PEREZ-ALFOCEA F., FLOWERS T.J., BOLARIN M.C. 2005. Grafting raises the salt tolerance of tomato through limiting the transport of sodium and chloride to the shoot. *J. Exp. Bot.* 56: 703–712.
- EVELEENS B. 2005. Effect of Pentakeep® V on sweet pepper. Final Report. Applied Plant Research, Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION). 2008. FAO Land and Plant Nutrition Management Service. <http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush> – data dostępu 15.11.2012.
- FOYER C.H., NOCTOR G. 2005. Redox homeostasis and antioxidant signaling: a metabolic interface between stress perception and physiological responses. *Plant Cell* 17: 1866–1875.
- FRICKE W., AKHIYAROVA G., WEI W., ALEXANDERSSON E., MILLER A., KJELLBOM P.O., RICHARDSON A., WOJCIECHOWSKI T., SCHREIBER I., VESELOV D., KUDOYAROVA G., VOLKOV V. 2006. The short-term growth response to salt of the developing barley leaf. *J. Exp. Bot.* 57: 1079–1095.
- GADALLAH M.A.A. 1999. Effects of proline and glycinebetaine on *Vicia faba* response to salt stress. *Biol. Plant.* 42: 249–257.
- GARCIA-SANCHEZ F. J., CARVAJAL M. 2002. Gas exchange, chlorophyll and nutrient contents in relation to Na⁺ and Cl⁻ accumulation in “Sunburst” mandarin graphed on different rootstocks. *Plant Sci.* 162: 705–712.
- GAWROŃSKA H., PRZYBYSZ A., SZALACHA E., SŁOWIŃSKI A. 2008. Physiological and molecular mode of action of Asahi SL biostimulator under optimal and stress conditions. [W:] Biostimulators in modern agriculture – General Aspects, (red.) Wydaw. Wieś Jutra, Warszawa: 52–76.
- GHOULAM C., FOURSY A., FARES K. 2002. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environ. Exp. Bot.* 47: 39–50.
- GLINICKI R., SAS-PASZT L., JADCZUK-TOBJASZ E. 2010. The effect of plant stimulant/fertilizer „Resistim” on growth and development of strawberry plants. *J. FruitOrnam. Plant Res.* 18 (1): 111–124.
- GŁOWACKA K., RYBIŃSKI W., JEŻOWSKI S. 2007. Regeneracja kalusa *Miscanthus x giganteus* przy wykorzystaniu stymulującego wpływu światła lasera helowo-neonowego. *Acta Agrophys.* 10 (1): 79–88.
- Goossens Flevoplant, 2006, ulotka informacyjna.
- GOU X., LI Y., YU X., 2012. Promotive effect of 5-aminolevulinic acid on photosynthesis and chlorophyll fluorescence of tomato seedlings under suboptimal low temperature and suboptimal photon flux density stress – short communication. *Sci.Hortic.* 39 (2): 97–99.
- GRANTZ D.A., ASSMAN S.A. 1991. Stomatal response to blue light: water use efficiency in sugarcane and soybean. *Plant Cell Environ.* 14: 683–690.
- GRATTAN S.R., GRIEVE C.M. 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Sci. Hortic.* 78: 127–157.
- GREEF J.M., DEUTER M. 1993. Syntaxonomy of *Miscanthus x giganteus* Greef et. Deu. *Angew.Bot.* 67:87–90.
- GREGORCZYK A. 1995. O modyfikacji klimatogramów Waltera i Lietha. *Zesz. Nauk. AR Szczec. Ser. Rolnictwo* 167(60): 29–33.
- GREGORCZYK A., MICHALSKA B. 2011. Zmienność temperatury powietrza w Szczecinie w latach 1949–2008. *Acta Agrophys.* 17(2): 301–309.

- GUNES A., INAL A., ALPASLAN M., CICEK M., GUNERI E., ERASLAN F., GUZELORDU T. 2005. Effect of exogenously applied salicylic acid on the induction of multiple stress tolerance and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L). *Arch. Agron. Soil Sci.* 51: 687–695.
- HAGER A., MAYER-BERTHENRATH T. 1966. Die Isolierung und quantitative Bestimmung der Carotenoide und Chlorophyll von Blättern, Algen und isolierten Chloroplasten mit Hilfe Dünnschichtchromatographischer Methoden. *Planta*. Berlin 69: 198–217.
- HALL D., RAO K.K. 1999. *Fotosynteza*. WNT Warszawa: 259. ISBN 83-204-2405-4.
- HAMDIA M.A., SHADDAD M.A.K. 2010. Salt tolerance of crop plants. *J. Stress Physiol. Biochem.* 6 (32010): 64–90.
- HARINASULT P., TSUTSUI K., TAKABE T., NOMURA M., KISHITANI S. 1996. Exogenous glycinebetaine accumulation and increased salt-tolerance in rice seedlings. *Biosci. Biotech. Biochem.* 60: 366–368.
- HAWRYŁAK B. 2007. Fizjologiczna reakcja ogórka na stres zasolenia w obecności seleniu. *Roczn. AR w Poznaniu*. 383: 483–486.
- HÄKKINEN S.H., TÖRRÖNEN A.R. 2000. Content of flavonols and selected phenolic acids in strawberries and Vaccinium species: Influence of cultivar, cultivation site and technique. *Food Res. Int.* 33: 517–524.
- HERRERA-CAMPOS T., VILLANUEVA-COUOH E., MARTIN-MEX R., LARQU-SAAVEDRA A. 2001. Salicilates effect on African violet. *Plant Cell Res.* 20: 679–684.
- HEUER B. 2003. Influence of exogenous application of proline and glycinebetaine on growth of salt-stresses tomato plants. *Plant Sci.* 165: 693–699.
- HILAL M., ZENOFF A., M., PONESSA G., MORENO H., MASSA E.D. 1998. Saline stress alters the temporal patterns of xylem differentiation and alternative oxidative expression in developing soyabean roots. *Plant Physiol.* 117: 695–701.
- HOTTA Y., TANAKA T., TAKAOKA H., TAKEUCHI Y., KONNAI M. 1997. New physiological effects of 5-aminolevulinic acid in plants: The increase of photosynthesis, chlorophyll content, and plant growth. *Biosci. Biotech. Biochem.* 61 (12): 2025–2028.
- HOTTA Y., TANAKA T., BINGSHAN L., TAKEUCHI Y., KONNAI M. 1998. Improvement of cold resistance in rice seedlings by 5-aminolevulinic acid. *J. Pesticide Sci.* 23 (1): 29–33.
- HUANG J., HIRJI R., ADAM L., ROZWADOWSKI K., HAMMERLINDL J.K., KELLER W.A., SELVARAJ G. 2000. Genetic engineering of glycinebetaine production toward enhancing stress tolerance in plants: metabolic limitations. *Plant Physiol.* 122: 747–756.
- HUMMER K. E. (RED.), BASSIL N., DAVIS T., DAVIDSON C., ELLIS D., FINN C., FOLTA K., HANCOCK J., HOFER M., LUFFMAN M., MARTIN R., POSTMAN J., REED B., RETAMALES J., ROUDEILLAC P., SJULIN T., TZANETAKIS Y. 2008. Global Conservation Strategy for *Fragaria* (Strawberry). *Sci. Hortic.* 6: 87.
- HUSSAIN T.M., CHANDRASEKHAR T., HAZARA M., SULTAN Z., SALEH B.K., GOPAL G.R. 2008. Recent advances in salt stress biology – a review. *Biotech. Mol. Biol. Rev.* 3: 8–13.
- IWAI K., SAITO A., LEEUWEN J., TANAKA T., TAKEUCHI Y. 2005. A new functional fertilizer containing 5-aminolevulinic acid promoted hydroponically-grown vegetables in the Netherlands. *Proc. IS on Soilless Cult. and Hydroponics. Acta Hortic.* 697: 351–355.
- JAKUBIAK M., ŚLIWKA M. 2008. Zagospodarowanie i rekultywacja terenów o podwyższonym zasoleniu, zdegradowanych w wyniku działalności górniczej. *Gosp. Sur. Min.* 24 (3/3). Wydaw. IGSMiE PAN Kraków.

- JALEEL C.A., SANKAR B., SRIDHARAN R., PANNEERSELVAM R. 2008. Soil salinity alters growth, chlorophyll content, and secondary metabolite accumulation in *Catharanthus roseus*. *Turk J. Bot.* 32: 79–83.
- JAMALIAN S., TEHRANIFAR A., TAFAZOLI E., ESHGHI S., DAVARYNEJAD G.H. 2008. Paclobutrazol application ameliorates the negative effect of salt stress on reproductive growth, yield, and fruit quality of strawberry plants. *Hort. Environ. Biotechnol.* 49 (4): 1–6.
- JANKIEWICZ L.S. (red.). 1997. *Regulatory wzrostu i rozwoju roślin*. t. 1, PWN Warszawa: 282. ISBN 83-01-12141-6.
- JAROSZ Z. 2012. Wpływ nawozu Pentakeep V na plonowanie oraz zawartość wybranych makro- i mikroelementów w sałacie. *Ann. Univ. UMCS, Sectio EEE.* 22 (1): 1–8.
- JAYARAJ J., NORRIE J., PUNJA Z. K. 2011. Commercial extract from the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis reduces fungal diseases in greenhouse cucumber. *J. Appl. Phycol.* 23 (3): 353–361.
- JEZDINSKÝ A., POKLUDA R., PETŘIKOVÁ K. 2010. Využití přípravku Pentakeep při pěstování druhu *Allium cepa* L). *Materiály konferenci pt.* "Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin". 10–12.02. 2010. Praha: 207–210.
- JIANG F., HARTUNG W. 2008. Long- distance signalling of abscisic acid (ABA): the factors regulating the intensity of the ABA signal. *J. Exp. Bot.* 59: 37–43.
- JOKINEN K., SOMERSALÖZ P., MAKELAZ P., URBANO C., ROJO J.M.A. 1999. Glycinebetaine from sugar beet enhances the yield of field – grown tomatoes. *Acta Hort.* 487: 233–236.
- JOLIVET E., DE LANGLAIS-JEANNIN I., MOROT-GAUDRY J.F. 1991 Les extraits d'algues marines; propriétés phytoactives et intérêt agronomique. *Année Biologique*. Paris. France: 109–126.
- JOUBERT J.M. LEFRANC G. 2008. Najnowsze badania nad fitostymulatorami pozyskiwanymi z glonów morskich. Dwa rodzaje produktów – stymulatory wzrostu i odżywiania oraz stymulatory reakcji obronnych. 16. [W:] *Biostymulatory w Nowoczesnej Uprawie Roślin* (H. Gawrońska, (red.)). *Wies Jutra*, Warszawa, 88.
- KABAŁA C., KARCZEWSKA A., KOZAK M. 2010. Przydatność roślin energetycznych do rekultywacji i zagospodarowania gleb zdegradowanych. *Zesz. Nauk. UP we Wrocławiu. Rolnictwo*. XCVI, 576: 97–117.
- KALAJI M.H. 1990. Salinity as an ecological factor limiting plant production. *International Seminar of Ecology*, Smolenice – Czechoslovakia, 15–18 X 1990: 23–27.
- KALAJI M.H., PIETKIEWICZ S. 1993. Salinity effects on plant growth and other physiological processes. *Acta Physiol. Plant.* 15 (2): 82–124.
- KALAJI H.M., RUTKOWSKA A. 2004. Reakcje aparatu fotosyntetycznego siewek kukurydzy na stres solny. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 496: 545–558.
- KALEMBASA D., JEŻOWSKI S., PUDE R., MALINOWSKA E. 2005. The content of carbon, hydrogen and nitrogen in different development stage clones of *Miscanthus*. *Pol. J. Soil Sci.* 38 (2): 169–177.
- KANT C., AYDIN A., TURAN M. 2008. Ameliorative effect of hydro gel substrate on growth, inorganic ions, proline and nitrate contents of bean under salinity stress. *J. Plant. Nutr.* 31: 1420– 1439.
- KARLIDAG H., YILDRIRIM E., TURAN M. 2009. Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. *Sci. Agric.* 66 (2): 180–187.
- KAYA C., HIGGS D., SALTALI K. 2002 a. Supplementary calcium enhances plant growth and fruit yield in strawberry cultivars grown at high (NaCl) salinity. *Sci. Hort.* 93: 65–72.
- KAYA C., HIGGS D., SALTALI K., GEZEREL O. 2002 b Response of strawberry grown at high salinity and alkalinity to supplementary potassium. *J. Plant Nutr.* 25 (7): 1415–1427.

- KAYA C., TUNA A.L., OKANT A.M. 2010. Effect of foliar applied kinetin and indole acetic acid on maize plants grown under saline. *Turk. J. Agric. For.* 34: 529–538.
- KAYDAN D., YAGMUR M., OKUT N. 2007. Effects of salicylic acid on the growth and some physiological characters in salt stressed wheat (*Triticum aestivum* L.). *Tarim Bilimleri Dergisi* 13 (2): 114–119.
- KEUTGEN A. J., PAWELZIK E. 2007 a. Modifications of strawberry fruit antioxidant pools and fruit quality under NaCl stress. *J. Agric. Food Chem.* 55 (10): 4066–4072.
- KEUTGEN A., PAWELZIK E. 2007 b. Modifications of taste- relevant compounds in strawberry fruit under NaCl salinity. *Food Chem.* 105: 1487–1494.
- KEUTGEN A., PAWELZIK A. 2007 c. Cultivar – dependent cell wall modification of strawberry fruit under NaCl salinity stress. *J. Agric. Food Chem.* 55: 7580–7585.
- KEUTGEN A., PAWELZIK A. 2008. Contribution of amino acids to strawberry fruit quality and their relevance as stress indicators under NaCl salinity. *Food Chem.* 111: 642–647.
- KEUTGEN A.J., PAWELZIK E. 2009. Impacts of NaCl stress on plant growth and mineral nutrient assimilation in two cultivars of strawberry. *Environ. Exp. Bot.* 65: 170–176.
- KHAN M.N., SARWAR A., BHUTTO S., WAHAB M.F. 2010. Physicochemical characterization of the strawberry samples on regional basis using multivariate analysis. *Inter. J. Food Proper.* 13: 789–799.
- KHANZADA A.K., SHAIKH W., KAZI T.G., KABIR S., SHAHZADI S. 2007. Antifungal activity, elemental analysis and determination of total protein of seaweed, *Solieria robusta* (Greville) Kylin from the coast of karachi. *Pak. J. Bot.* 39 (3): 931–937.
- KHAYYAT M., KHANIZADEH S., TAFAZOLI E., RAJAEI S., Kholdebarin B., EMAM Y. 2011. Effects of different calcium forms on gas exchange activities, water usage and macronutrient uptake by strawberry plants under sodium chloride stress. *J. Plant Nutr.* 34: 427–435.
- KHAYYAT M., TAFAZOLI E., ESHGHI S., RAHEMI M., RAJAEI S. 2007. Salinity, supplementary calcium and potassium effects of fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch). *American – Eurasian J. Agric. Environ. Sci.* 2 (5): 539–544.
- KHAYYAT M., VAZIFESHENAS M.R., RAJAEI S., JAMALIAN S. 2009. Potassium effect on ion leakage, water usage, fruit yield and biomass production by strawberry plants grown under NaCl stress. *J. Fruit Ornam. Plant Res.* 17 (1): 79–88.
- KLAMKOWSKI K., TREDER W. 2006. Morphological and physiological responses of strawberry plants to water stress. *Agric. Conspec. Sci.* 71(4): 159–165.
- KŁOSOWSKA K. 2010. Reakcje roślin na stres solny. *Kosmos. Probl. Nauk Biol.* 59 (3–4): 539–549.
- KOŁODZIEJ B. 2009. Wpływ sposobu zakładania plantacji i nawożenia dolistnego na plon i jakość tymianku pospolitego. *Ann. Univ. UMCS, sec. E, LXIV.* 2: 1–7.
- KOPYTOWSKI J., KAWECKI Z., BOJARSKA J.E., STANYS V. 2006. Ocena plonowania i jakości owoców kilku odmian truskawki uprawianej na Warmii. *Zesz. Nauk. ISiK* 14: 53–60.
- KOŚCIK B (red.). 2003. *Rośliny energetyczne*. Wydaw. AR, Lublin: 146.
- KOŚCIK B., KOWALCZYK-JUŚKO A., KOŚCIK K. 2004. Plantacje energetyczne traw wieloletnich. *Wiś Jutra.* 3 (68): 56–57.
- KOWALCZYK-JUŚKO A. 2009. Przydatność wybranych gatunków roślin do energetycznego wykorzystania. I. Jackowska (red.), [W:] *Biomasa jako źródło energii*. SGGW Warszawa: 39–50.
- KOWALCZYK-JUŚKO A. 2010. Redukcja emisji zanieczyszczeń dzięki zastąpieniu węgla biomasa spartiny periwioej. *Probl. Inż. Rol.* 2: 69–77.

- KOŹMIŃSKI CZ., CZARNECKA M. 1993. Klimat miasta Szczecina i okolicy. [W:] Stan środowiska miasta i rejonu Szczecina. (red.) J. Jasnowska. Wydaw. STN Szczecin: 49–66.
- KOŹMIŃSKI C., MICHALSKA B., CZARNECKA M. 2007. Klimat województwa zachodniopomorskiego. PPH Zapol, Szczecin.
- Krawiec P. 2008. Effect of biostimulators on growth, cropping and fruit quality of chokeberry. Biostimulators in modern agriculture. Fruit crops. *Wiś Jutra*: 42–48.
- Kubiś J. 2006. Poliaminy i ich udział w reakcji roślin na warunki stresowe środowiska. *Kosmos. Probl. Nauk Biol.* 55: 209–215.
- LEE G., CARROW R.N., DUNCAN R.R. 2005. Criteria for assessing salinity tolerance of the halophytic turfgrass seashore Paspalum. *Crop Sci.* 45: 251–258.
- LIANG Y.C., DING R.X. 2002. Influence of silicon on microdistribution of mineral ions in roots of salt-stressed barley as associated with salt tolerance in plants. *Sci. China ser. C* 45: 298–308.
- LICHTENTHALER H. K. 1996. Vegetation stress: an introduction to the stress concept in plants. *J. Plant Physiol.* 148: 4–14.
- LICHTENTHALER H.K., WELLBURN A.R. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophyll a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochem. Soc. Trans.* 11: 591–592.
- LISOWSKI A. (red). 2010. Technologie zbioru roślin energetycznych. Wydaw. SGGW Warszawa: 145. ISBN 978-83-7583-222-8.
- LIU D., PEI Z.F., NAEEM M.S., MING D.F., LIU H.B., KHAN F., ZHOU W.J. 2011. 5-aminoluvulinic acid activates antioxidative defense system and seedling growth in *Brassica napus* L. under water deficit stress. *J. Agron. Crop Sci.* 197 (4): 284–295.
- LU C., QIU N., LU Q., WANG B., KLANG T. 2002. Does salt stress lead to increased susceptibility of photosystem II to photoinhibition and changes in photosynthetic pigment composition in halophyte *Suaeda salsa* grown outdoors. *Plant Sci.* 163: 1063–1068.
- LUNG, G. 1999. Erfahrungen über die Wirkungen des Algenpräparates Bio-algeen S 90 Plus 2. Report. Institut für Phytomedizin, Universität Hohenheim, Stuttgart, 1–8.
- LUTTS S., KINET J.M., BOUHARMONT J. 1995. Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oryza sativa* L) varieties differing in salinity resistance. *J. Exp. Bot.* 46: 1843–1852.
- LÜTHJE S., BÖTTGER M. 1995. On the function of a K-type vitamin in plasma membranes of maize (*Zea mays* L) roots. Mitteilungen aus dem Institut für Allgemeine Botanik der Universität Hamburg. 25: 5–13.
- MAJTKOWSKI W. 1998. Ocena przydatności traw w zagospodarowaniu nieużytków i odłogów. *Bibl. Fragm. Agron.* 5: 257–262.
- MAJTKOWSKI W. 2006. Bioróżnorodność upraw energetycznych podstawą zrównoważonego rozwoju. *Prob. Inż. Rol.* 2: 25–36.
- MALIK A.A., LI W., LOU L.N., WENG J.F. 2010. Biochemical/physiological characterization and evaluation of *in vitro* salt tolerance in cucumber. *Afr. J. Biotechnol.* 9 (22): 3284–3292.
- MALUSZYŃSKA I., MALUSZYŃSKI M. 2009. Badanie wpływu zasolenia gleby na wzrost i rozwój wybranych gatunków roślin. *Inż. Ekol.* 21: 32–39.
- Mandops – UK Limited, materiały informacyjne.
- MANSOUR M.F. 2000. Nitrogen containing compounds and adaptation of plants to salinity stress. *Biol. Plant.* 43: 491–500.

- MARJAŃSKA-CICHON B., SAPIEHA-WASZKIWICZ A. 2011. Efekty stosowania kilku biostymulatorów w uprawie truskawki odmiany Salut. *Progr. Plant Protec. / Post. Ochr. Rośl.* 51 (2): 932–936.
- MASNY A., BASAK A., ŻURAWICZ E. 2004. Effects of foliar applications of Kelpak SL and Goëmar BM 86® preparations on yield and fruit quality in two strawberry cultivars. *J. Fruit Orn. Plant Res.* 12: 23–27.
- MASNY A., ŻURAWICZ E. 2009. Yielding of new dessert strawberry cultivars and their susceptibility to fungal diseases in Poland. *J. Fruit Orn. Plant Res.* 17 (2): 191–202.
- MATUSZAK R., BARANOWSKI P., WALCZAK R.T., BRZÓSTOWICZ A. 2004. Ocena wpływu zasolenia na wzrost, fotosyntezę, potencjał wody i temperaturę liści siewek pszenicy odmiany Almari. *Acta Agrophys.* 4 (1): 97–103.
- MATYSIAK K. 2005. Kelpak – naturalny regulator wzrostu i rozwoju roślin: 188–193. W: Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Monogr. 2, (Z. Zbytek, red.). Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych: 375.
- MATYSIAK K., ADAMCZEWSKI K. 2009. Regulatory wzrostu i rozwoju roślin – kierunki badań w Polsce i na świecie. *Progr. Plant Protec.* 49 (4): 1810–1816.
- MÄKELÄ P., PELTONEN-SAINIO P., JOKINEN K., PEHU E., SETALA H. 1996. Uptake and translocation of foliar-applied glycinebetaine in crops plants. *Plant Sci.* 121: 221–230.
- MÄKELÄ P., KONTTURI M., PEHU E., SOMERSALO S. 1999. Photosynthetic response of drought- and salt-stressed tomato and turnip rape plants to foliar-applied glycinebetaine. *Physiol. Plant.* 105: 45–50.
- MEMON S.A., HOU X., WANG L., LI Y. 2009. Promotive effect of 5-aminolevulinic acid on chlorophyll, antioxidative enzymes and photosynthesis of Pakchoi (*Brassica campestris ssp. chinensis* var. communis Then et Lee). *Acta Physiol. Plant.* 31: 51–57.
- MER R.K., PRAJITH P.K., PANDYA D.H., PANDEY A.N. 2000. Effect of salts on germination of seeds and growth of young plants of *Hordeum vulgare*, *Triticum aestivum*, *Cicer arietinum* and *Brassica juncea*. *J. Agron. Crop Sci.* 185: 209–217.
- MICHALSKA B. 2011. Tendencje zmian temperatury powietrza w Polsce. *Pr. Stud. Geogr.* 40: 67–75.
- MIKICIUK M., MALINOWSKA K., WRÓBEL J., CZYZEWSKA U. 2010. A physiological response of the head lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata*) on the salinity. *Agric. Sci.* Agricultural University Plovdiv. 2 (4): 37–40.
- MISRA A.N., SAHU S.M., MISHRA P., SINGH I., MEERA N., DAS M., KAR P., SAHU P. 1997. Sodium chloride induces changes in leaf growth and pigment and protein contents in two rice cultivars. *Biol. Plant.* 39: 257–262.
- MITTLER R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Sci.* 7: 405–410.
- MUNNS R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ.* 25: 239–250.
- MUNNS R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytol.* 167: 645–663.
- MUNNS R., JAMES R.A., LÄUCHLI A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *J. Exp. Bot.* 57: 1025–1043.
- MUNNS R., TESTER M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Ann. Rev. Plant Biol.* 59: 651–681.
- MURÁNYI M. 2006. Pentakeep-V: An exceptional plant conditioner. Proceedings. Pentakeep International Scientific Workshop 2006 in Budapest. COSMO OIL Co., Ltd: 4–39.
- MURKOWSKI A. 2002. Oddziaływanie czynników stresowych na luminescencję chlorofilu w aparacie fotosyntetycznym roślin uprawnych. *Acta Agrophys.* 61: 158.

- NAVARRO J.M., FLORES P., GARRIDO C., MARTINEZ V. 2006. Changes in the content of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity. *Food Chem.* 96: 66–73.
- NEOCLEOUS D., VASILAKAKIS M. 2008. Fruit quality of red raspberry as affected by salinity. *Eur. J. Hortic. Sci.* 73 (3): 131–137.
- OGÓREK R., PUSZ W., ŚLABICKI W. 2011. Wpływ biostymulatorów Asahi SL, Sunagreen oraz Hergit na wzrost wybranych gatunków grzybów. *Prog. Plant Protect.* 51 (2): 672–677.
- ORNALEZ-PAZ J., YAHIA E., RAMIREZ-BUSTAMANTE N., PEREZ-MARTINEZ J.D., DEL PILAR ESCALANTE-MINAKATA M., IBARRA-JUNQUERA V., ACOSTA-MUNIZ C. 2013. Physical attributes and chemical composition of organic strawberry fruit (*Fragaria ananassa* Duch., Cv Albion) at six stages of ripening. *Food Chem.* 138: 372–381.
- OSTROWSKI J., GUTOWSKA A. 2008. Model diagnostyczny typowania gruntów przydatnych do upraw roślin energetycznych. *Prob. Inż. Rol.* 2: 145–152.
- PANICO A.M., GARUFI F., NITTO S., DI MAURO R., LONGHITANO R.C., MAGRI G., CATALFO A., SERRENTINO M.E., DE GUIDI G. 2009. Antioxidant activity and phenolic content of strawberry genotypes from *Fragaria x ananassa*. *Pharma. Biol.* 47 (3): 203–208.
- PAPAGEORGIOU G.C., MURATA N. 1995. The unusually strong stabilizing effects of glycinebetaine on the structure and function of the oxygen-evolving photosystem II complex. *Photosy. Res.* 44: 243–252.
- PAREEK A., SAPORY S.K., BOHNERT H.J., GOVINDJEE A. 2010. Abiotic stress adaptation in plants. *Physiological, Molecular and Genomic Foundation.* 27: 526.
- PAAREKH D., PURANIK R.M., SRIVASTAVA H.S. 1990. Inhibition of chlorophyll biosynthesis by cadmium in greening maize leaf segments. *Biochem. Physiol. Pfl.* 186: 239–242.
- PARK E.J., JEKNIC Z., CHEN T.H.H. 2006. Exogenous application of glycinebetaine increases chilling tolerance in tomato plants. *Plant Cell Physiol.* 47: 706–714.
- PARK E.J., JEKNIC Z., SAKAMOTO A., DENOMA J., MURATA N., CHEN T.H.H. 2003. Genetic engineering of cold-tolerant tomato via glycinebetaine biosynthesis. *Cryobiol. Cryotech.* 49: 77–85.
- PARVAIZ A., SATYAWATI S. 2008. Salt stress and phytochemical responses of plants – a review. *Plant Soil Environ.* 54: 89–99.
- PIELESZ A. 2011. Skład chemiczny algi brązowej (*Fucus vesiculosus* L.). *Post. Fitoter.* 1: 9–17.
- PIRLAK L., ESITKEN A. 2004. Salinity effects on growth, proline and ion accumulation in strawberry plants. *Acta Agric. Scand. Sect. B, Soil Plant Sci.* 54 (3): 189–192.
- PLETT D., BERGER B., TESTER M. 2010. Genetics determination of salinity tolerance in crop plants. [W:] *Genes for plant abiotic stress.* Jenks M.A., Wood A.J. (red.). Blackwell Publishing, Hong Kong: 83–111.
- PN-90/A-75101/02. Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowanie próbek i metody badań fizykochemicznych. Oznaczanie ekstraktu ogólnego. PKN, Warszawa.
- PN-90/A-75101/04. Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowanie próbek i metody badań fizykochemicznych. Oznaczanie kwasowości ogólnej. PKN, Warszawa.
- PRZYBYŁ K., WOŹNY A. 2007. Komórki roślinne w warunkach stresu. Wydaw. Nauk. UAM. Pozn. ISBN 83-232-1409-3
- RAHMAN M.M., ISHII Y., NIIMI M., KAWAMURA O. 2008. Effect of salinity stress on dry matter field and oxalate content in napiergrass (*Pennisetum purpureum* Schumacher). *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 21 (11): 1599–1603.

- RAJASHEKAR C.B., ZHOU H., MARCUM K.B., PRAKASH O. 1999. Glycine betaine accumulation and induction of cold tolerance in strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) plants. *Plant Sci.* 148: 175–183.
- RAYIRATH, P., BENKEL, B., HODGES, D.M., ALLAN-WOJTAS, P., MACKINNON, S., CRITCHLEY, A.T. AND PRITHIVIRAJ, B. 2009. Lipophilic components of the brown seaweed, *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, enhance freezing tolerance in *Arabidopsis thaliana*. *Planta* 230: 135–147.
- RHODES D., HANSON A.D. 1993. Quaternary ammonium and tertiary sulfonium compounds in higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 44: 357–384.
- ROMERO-ARANDA R., SORIA T., CUARTERO J. 2001. Tomato plant – water uptake and plant – water relationships under saline growth conditions. *Plant Sci.* 160:265–272.
- Rosier, 2008, materiały informacyjne.
- RUSSELL C.L. 2002. Kelp Based growth stimulants – science or snake oil? Internal Technical Bulletin of Cobbett Pty LTD.
- SAEEDIPOUR S. 2011. Is salinity tolerance of rice lines related to endogenous ABA level or to the cellular ability for ABA synthesis under stress? *J. Am.Sci.* 7 (6): 518–524.
- SAGE R.F. 2004. The evolution of C₄ photosynthesis. *New Phytol.* 161: 341–370.
- SAI KACHOUT S., BEN MANSOURA A., JAFFEL K., LECLERC J.C., REJEB M.N., OUEGHI Z. 2009. The effect of salinity on the growth of the halophyte *Atriplex hortensis* (Chenopodiaceae). *Appl. Ecol. Environ. Res.* 7 (4): 319–332.
- SAIED A.S., KEUTGEN A.J., NOGA G. 2005. The influence of NaCl salinity on growth, yield and fruit quality of strawberry cvs. 'Elsanta' and 'Korona'. *Sci. Hortic.* 103: 289–303.
- SAIRAM R.K., SRIVASTAVA G.C., AGARWAL S., MEENA R.C. 2005. Differences in antioxidant activity in response to salinity stress in tolerant and susceptible wheat genotypes. *Biol. Plant.* 49 (1): 85–91.
- SAIRAM R.K., TYAGI A. 2004. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *Curr. Sci.* 86: 407–421.
- SARDO R.K. 2005. Halophytes and salt – tolerant glycophytes a potential resource. [W:] The use of non conventional water resources. Hamdy A.(red). International Workshop. 12–14. 06.2005, Alger (Algeria): 87–98.
- SAS PASZT L., MALUSZCZAK E., GRZYB Z., ROŻPARA E., WAWRZYŃCZAK P., RUTKOWSKI K., ZMARZLIKA K., MICHALCZUK B., PODLASKA B., NOWAK D. 2010. Środowiskowe i zdrowotne znaczenie ekologicznej produkcji owoców. *Post. Nauk Rol.*, 1: 109–120.
- SHARMA N., GUPTA N.K., GUPTA S., HASEGAWA H. 2005. Effect of NaCl salinity on photosynthesis rate, transpiration rate, and oxidative stress tolerance in contrasting wheat genotypes. *Photosynthetica* 43: 609–613.
- SIBOLE J.V., MONTERO E., CABOT C., POSCHENRIEDER C., BARCELO J. 1998. Role of sodium in the ABA-mediated long-term growth response of bean to salt stress. *Physiol. Plant.* 104: 299–305.
- SIDDIKEE M.A., TIPAYNO S.C., KIM K., CHUNG J., SA T. 2011. Influence of varying of salinity – sodicity stress on enzyme activities and bacterial population of Coastal soils of Yellow Sea, South Korea. *J. Microbiol. Biotechnol.* 21 (4): 341–346.
- SMIRNOFF N. 2000. Ascorbic acid: metabolism and functions of a multi – faceted molecule. *Curr. Opin. Plant Biol.* 3: 229–235.

- SMOLEŃ S., SADY W., WIERZBIŃSKA J. 2010. The effect of plant biostimulation with 'Pentakeep V' and nitrogen fertilization on yield, nitrogen metabolism and quality of spinach. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 9 (1): 25–36.
- SMOLEŃ S., SADY W. 2010. Effect of plant biostimulation with Pentakeep V fertilizer and nitrogen fertilization on the content of macro- and micronutrients in spinach. *J. Elementol.* 15 (2): 343–353.
- SOCHA J. 2008. Principle biologickeho účinku regulatoru Sunagreen. CSe. BIOSFOR s.r.o. Pardubice: 2–3.
- SOCHA J. 2008 a. Principle biologickeho účinku regulatoru Hergit. CSe. BIOSFOR s.r.o. Pardubice: 1–2.
- SPINELLI F., FIORI G., BREGOLI A.M., SPROCATTI M., VANCINI R., PELLICONI F., COSTA G. 2006. Disponibile un nuovo biostimolante per aumentare l'efficienza produttiva. *Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura* 12: 66–75.
- SPINELLI F., FIORI G., NOFERINI M., SPROCATTI M., COSTA G. 2009. Perspectives on the use a seaweed extract to moderate the negative effects of alternate bearing in apple trees. *J. Hortic. Sci. Biotech.* Isafruit Species Issue: 131–137.
- STARCK Z. 1980. Fizjologiczna reakcja roślin na zasolenie ze szczególnym uwzględnieniem roli regulatorów wzrostu. *Wiad. Bot.* 24 (3): 177–190.
- STARCK Z., CHOLUJ D., NIEMYSKA B. 1995. Fizjologiczne reakcje roślin na niekorzystne czynniki środowiska. Wydaw. SGGW, Warszawa: 167.
- STARCK Z. 1999. Niektóre aspekty zróżnicowania reakcji roślin na niekorzystne warunki środowiskowe – stare problemy, nowa interpretacja. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 469: 145–159.
- STĘPIEŃ P., KŁOBUS G. 2006. Water relation and photosynthesis in *Cucumis sativus* L. leaves under salt stress. *Biol. Plant.* 50 (4): 610–616.
- STĘPOWSKA A. 2008. Effect of GA142 (Goëmar Goteo) and GA 14 (Goëmar BM86) extracts on sweet pepper yield in non-heated tunnels. [W:] Biostimulators in modern agriculture. Solanaceous crops, red. Z.T. Dąbrowski, wydaw. *Więś Jutra*, Warszawa: 36–51.
- SULTANA N., IKEDA T., ITOH R. 1999. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grain. *Environ. Exp. Bot.* 43: 211–220.
- SZABÓ V., HROTKÓ K. 2009. Preliminary results of biostimulator treatments on *Crataegus* and *Prunus* stockplants. *Bull. UASVM Hortic.* 66 (1): 223–228.
- SZEPESI A., CSISZAR J., BAJKAN S., GEMES K., HORVATH F., ERDEI L., DEER A.K., SIMON M.L. TARI I. 2005. Role of salicylic acid pre-treatment on the acclimation of tomato plants to salt and osmotic stress. *Acta Biol. Szeged.* 49: 123–125.
- TAHIR M.A., RAHMATULLAH T., AZIZ M., ASHRAF S., KANWAL A., MUHAMMAD A. 2006. Beneficial effects of silicon in wheat under salinity stress-pot culture. *Pak. J. Bot.* 38: 1715–1722.
- TAMMAM A.A., ABOU ALHAMAD M.F., HEMEDA M.M. 2008. Study of salt tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar Banysoif 1. *Aust. J. Crop Sci.* 1 (3): 115–125.
- TANAKA T., IWAI K., WATANABE K., HOTTA Y. 2005. Development of 5-aminolevulinic acid for agriculture uses. *Regul. Plant Growth Devel.* 40 (1): 22–29.
- TANAKA T., KURAMOCHI H. 2001. 5-Aminolevulinic acid improves salt tolerance. *Regul. Plant Growth Devel.* 36: 190–197.

- TEHRANIFAR A., JAMALIAN S., TAFAZOLI E., DAVARYNEJAD G.H., ESHGHI S. 2009. Interaction effects of paclobutrazol and salinity on photosynthesis and vegetative growth of strawberry plants. *Acta Hortic.* 842: 821–825.
- TELESŃSKI A., NOWAK J., SMOLIK B., DUBOWSKA A., SKRZYPIEC N. 2008. Effect of soil salinity on activity of antioxidant enzymes and content of ascorbic acid and phenols in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. *J. Elementol.* 13 (3): 401–409.
- TESTER M., DAVENPORT R. 2003. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Ann. Bot.* 91: 503–527.
- TEZARA W., MITCHALL V., DRISCOLL S.P., LAWROL D.W. 2002. Effects of water deficit and its interaction with CO₂ supply on the biochemistry and physiology of photosynthesis in sunflower. *J. Exp. Bot.* 375: 1781–1791.
- TILLY-MANDY A., HONFI F., STEFANOVITS-BANYAI E., MASONYI I.D., KÖBLI V., HROTKO K. 2010. The effect of 5-aminolevulinic acid (ALA) on the development of *Saintpaulia ionantha*. *Intern. J. Hortic. Sci.* 16 (5): 33–36.
- TOKER C., GORHAM J., CAGIRGAN M. 1999. Assessment of response to drought and salinity stresses of barley (*Hordeum vulgare* L.) mutants. *Cereal Res. Commun.* 27: 411–4.
- TULIPANI S., MEZZETTI B., CAPOCASA F., BOMPADRE S., BEEKWILDER J., DE VOS C.H.R., CAPANOGLU E., BOVY A., BATTINO M. 2008. Antioxidants, phenolic compounds, and nutritional quality of different strawberry genotypes. *J. Agric. Food Chem.* 56: 696–704.
- TURHAN E., ERIS A. 2007. Growth and stomatal behaviour of two strawberry cultivars under long-term salinity stress. *Turk. J. Agric. For.* 31: 55–61.
- TÜREMIS N.F., KAFKAS S., ÇÖMLEKÇIOĞLU N. 1997. Effects of a fertilizer produced from the seaweed *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis on strawberry yield and quality. *Acta Hort.* 441: 375–378.
- USDA-ARS. 2008. Research Databases. Bibliography on Salt Tolerance. G.E. Brown, Jr. Salinity Lab. US Dep. Agric., Agric. Res. Serv. Riverside, CA.
- Ustawa o ochronie roślin z dnia 18 grudnia 2003 r. (Dz.U. z dnia 27 stycznia, nr 11, poz. 94)
- VERKLEIJ F.N. 1992. Seaweed extracts in agriculture and horticulture: a review. *Biol. Agric. Hortic.* 8: 309–324.
- VERMA S., MISHRA S.N. 2005. Putrescine alleviation of growth in salt stressed *Brassica juncea* by inducing antioxidative defense system. *J. Plant Physiol.* 162: 669–677.
- VERNIERI P., BORGHESI E., TOGNONI F., SERRA G., FERRANTE A., PIGESSI A. 2006. Use of biostimulants for reducing nutrient solution concentration in floating system. *Acta Hort.* 718: 477–484.
- WAGENET R.J., RODRIGUEZ R.R., CAMPBELL W.F., TUNER D.L. 1983. Fertilizer and salty water effects on *Phaseolus*. *Agron. J.* 75: 161–166.
- WALSH M. 1997. *Miscanthus* handbook, Heperion Energy Systems Ltd., Main St. Watergrasshill. Co. Cork., Ireland. 177.
- WANG L.J., JIANG W.B., HUANG B.J. 2004. Promotion of 5-aminolevulinic acid on photosynthesis of melon (*Cucumis melo*) seedlings under low light and chilling stress conditions. *Physiol. Plant.* 121: 258–264.
- WANG K.L., LI H., ECKER J.R. 2002. Ethylene biosynthesis and signaling network. *Plant Cell.* 14 (suppl.): 131–151.
- WANG S.Y., LIN H.S. 2000. Scavenging capacity of berry crops on Superoxide radicals, hydrogen peroxide, hydroxyl radicals and singlet oxygen. *J. Agric. Food Chem.* 48: 5677–5684.

- WANG Y., NIL N. 2000. Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase-oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 75: 623–627.
- WANG W., VINOCUR B., ALTMAN A. 2003. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta* 218: 1–14.
- WATANABE K., TANAKA T., HOTTA Y., KURAMOCHI H., TAKEUCHI Y. 2000. Improving salt tolerance of cotton seedlings with 5-aminolevulinic acid. *Plant Growth Regul.* 32: 99–103.
- WHAPHAM C.A., BLUNDEN G., JENKINS T., HANKINS S.D. 1993. Significance of betaines in the increase of chlorophyll content of plants treated with seaweed extract. *J. Appl. Phycol.* 5: 231–234.
- WHITE P.I., BROADLEY M.R. 2001. Chloride in soils and its uptake and movement within the plant: a review. *Ann Bot.* 88: 967–988.
- WROCHNA M., GAWROŃSKA H., BORKOWSKA B., GAWROŃSKI S.W. 2007. Wpływ zasolenia na akumulację biomasy i fluorescencję chlorofilu u roślin trzech odmian szarlatu ozdobnego. *Roczn. AR Poznań CCCLXXXIII*: 235–239.
- WROCHNA M., GAWROŃSKA H., GAWROŃSKI S. 2006. Wytwarzanie biomasy i akumulacja jonów Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- w warunkach stresu solnego, przez wybrane gatunki roślin ozdobnych. *Acta Agrophys.* 7 (3): 775–785.
- WRONA D., MISIURA M. 2008. Effect of Goëmar BM 86 on yield and quality of Šampion apples. Biostimulators in modern agriculture. Fruit crops. *Wiś Jutra*: 91–96.
- WU J., SELISKAR D.M., GALLAGHER J.L. 2005. The response of plasma membrane lipid composition in callus of the halophyte *Spartina patens* (Poaceae) to salinity stress. *Am. J. Bot.* 92 (5): 852–853.
- XING W., RAJASHEKAR C.B. 1999. Alleviation of water stress in bean by oxogenous glycine betaine. *Plant Sci.* 148: 185–195.
- XIONG L., ZHU J.K. 2002. Salt tolerance. [W:] *The Arabidopsis book*. Somerville C.R., Meyerowitz E.M. (red). Society of Plant Biologists, Rockville, MD. DOI/10.1199/tab.0048.
- XU F., CHENG S., ZHU J. ZHANG W., WANG Y. 2011. Effects of 5-aminolevulinic acid on chlorophyll, photosynthesis, soluble sugar and flavonoids of *Ginkgo biloba*. *Not.Bot. Hort. Agrobot. Cluj.* 39 (1): 41–47.
- XU F., WANG W., YU D. 2012. Effect of 5-aminolevulinic acid on yield and quality of lettuce in sunlight greenhouse. *Afric. J. Biotechnol.* 11 (53): 11591–11594.
- YAMASAKI S., DILLENBURG L.R. 1999. Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. *Rev. Bras. Fisiol. Vegetal.* 11 (2): 69–75.
- Yang X., Lu C. 2005. Photosynthesis is improved by exogenous glycinebetaine in salt-stressed maize plants. *Physiol. Plant.* 124: 343–352.
- YARONSKAYA E., VERSHILOVSKAYA I., POERS Y., ALAWADY A.E., AVERINA N., GRIMM B. 2006. Cytokinin effects on tetrapyrrole biosynthesis and photosynthetic activity in barley seedlings. *Planta* 224: 700–709.
- YASAR F., UZAL O., TUFENKCI S., YILDIZ K. 2006. Ion accumulation in different organs of green bean genotypes grown under salt stress. *Plant Soil Environ.* 52: 476–480.
- YILDRIM E., TURAN M., GUVENC I. 2008. Effect of foliar salicylic acid application on growth, chlorophyll and mineral content of cucumber (*Cucumis sativus* L.). grown under salt stress. *J. Plant Nutr.* 31: 593–612.

- YILMAZ H., KINA A. 2008. The influence of NaCl salinity on some vegetative and chemical changes of strawberries (*Fragaria x ananassa* L.). *Afric. J. Biotechnol.* 7 (18): 3299–3305.
- YOSHIDA R., SONODA M., KONISHI R., IWAI K., TANAKA T., OKADA H. 2006. Influence of 5-amino-levulinic acid on the efficiency of dry-matter production in vegetable pot-seedlings. Proceedings 33rd PGRSA Annual Meeting: 139–141. Quebec.
- YOSHIDA R., WATANABE S., FUKUTA Y., KUSAKA Y., IWAI K., TANAKA T. 2003. Effect of 5-amino-levulinic acid on growth and nutrient uptake of leaf vegetables in alkaline soil. Pro. of PGR Society of America: 142–143.
- YOUSSEF T., AWAD M.A. 2008. Mechanism of enhancing photosynthetic gas exchange in date palm seedlings (*Phoenix dactylifera* L.) under salinity stress by a 5-aminolevulinic acid-based fertilizer. *J. Plant Growth Regul.* 27: 1–9.
- YU Q., RENGEL Z. 1999. Drought and salinity differentially influenced activities of Superoxide dismutase in narrow-leaved lupine. *Plant Sci.* 142: 1–11.
- ZHANG Z.J., LI H.Z., ZHOU W.J., TAKEUCHI Y., YONEYAMA K. 2006. Effect of 5-aminolevulinic acid on development and salt tolerance of potato (*Solanum tuberosum* L.) microtubers in vitro. *Plant Growth Regul.* 49: 27–34.
- ZHANG, X., ERVIN, E.H. 2008. Impact of seaweed extract-based cytokinins and zeatin riboside on creeping bentgrass heat tolerance. *Crop Sci.* 48: 364–370.
- ZHAO Y., ASPIRAL D., PALEG L. 1992. Protection of membrane integrity in *Medicago sativa* L by glycinebetaine against the effects of freezing. *J. Plant Physiol.* 140: 541–543.
- ZHEN A., BIE Z.L., HUANG Y., LIU Z.X., FAN M.L. 2010. Effect of 5-aminolevulinic acid on the H₂O₂ – content and antioxidative enzyme gene expression in NaCl-treated cucumber seedlings. *Biol. Plant.* 20 (10): 1–5.
- ZHENG Y., XU X., SIMMONS M., ZHANG C., GAO F., LI Z. 2010. Responses of physiological parameters, grain yield, and grain quality to foliar application of potassium nitrate in two contrasting winter wheat cultivars under salinity stress. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 173: 444–452.
- ZHU J.K. 2001. Plant salt tolerance. *Trends Plant Sci.* 6: 66–71.
- ZIAF K., AMJAD M., PERVEZ M.A., IQBAL Q., RAJWANA I.A., AYYUB M. 2009. Evaluation of different growth and physiological traits as indices of salt tolerance in hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *Pak. J. Bot.* 41 (4): 1797–1809.
- ZODAPE ST. 2001. Seaweeds as a biofertilizer. *J. Sci. Ind. Res.* 60 (5): 378–382.
- ŻURAWICZ E. 1994. *Truskawka i poziomka. Zeszyty pomologiczne*. ISiK Skierniewice, 70.
- ŻURAWICZ E., MASNY A. 2005. *Uprawa truskawek w polu i pod osłonami*. Wydaw. Plantpress. Kraków, 140. ISBN 83-8987-409-1.

The impact of preparations containing anti-stress substance on physiological features and yield of selected glyco- and halophytes in conditions of salt stress

Summary

The raised salt content of soil, arising from anthropogenic activity and from natural reasons, is currently one of the most important abiotic stressors, limiting the growth and yield of many plant species. Thus, the plants response to salt concentration is one of the most important topics of research in many branches of science, the plant physiology included.

In the recent years, following the development of modern technologies of plant cultivation, the interest grows in various types of compounds which can fulfil anti-stress functions in a plant, consisting in preventing and mitigating the effects of various types of abiotic stressors. The subject of this paper refers to the research on the complex familiarity with the action of anti-stressors on plants which are in the state of salt stress. The experimental part of the research was conducted between 2008 and 2011 in the vegetation hall of the Faculty of Environmental Management and Agriculture of the West Pomeranian University of Technology in Szczecin. Four independent two-factor vase experiments were started in the system of complete randomization in four repetitions.

The first experimental factor in all of them was the concentration level of salt introduced into the substrate, and the other one was the type of anti-stress foliar preparation. The variants of the other experimental factor were determined in the following way: K – without application of any anti-stress preparation (control variant), A – Algex preparation, H – Hergit preparation, P – Pentakeep[®]super preparation, R – Resistim preparation. The biological material for tests was strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.), cultivar varieties of 'Elsanta' and 'Salsa' and two species of *Miscanthus x giganteus* Greff and Deu. as well as *Spartina pectinata* Bosc ex Link. Selected physiological, biometric features and some yield parameters of the tested plants were evaluated.

The growing concentration of sodium chloride in the substrate had a crucial impact on the determined physiological and biometric features, both in the case of strawberry (glycophyte) and in the tested grass species (halophiles). In all development stages of the tested strawberry, the sodium chloride caused a reduction in the number of leaves, the efficiency of water consumption in photosynthesis, water vapour stomatal conductance, CO₂ concentration in the intercellular spaces of leaves, the content of total chlorophyll, carotenoids and water in leaves as well as an increase in the dry mass content in the part over the ground. In the case of 'Salsa' variety, in all development stages, it reduced the intensity of photosynthesis and transpiration processes.

The application of all anti-stress preparations increased the content of total chlorophyll and carotenoids in the leaves of the plants tested, growing in the substrate of differentiated concentration of sodium chloride. All the preparations applied increased the efficiency of water use in photosynthesis, in the analysed development stages of 'Elsanta' variety, growing on a substrate with an addition of salt in smaller doses, and of the 'Salsa' variety in conditions of the highest salt content. In the case of *Miscanthus x giganteus* Greff und Deu., growing in the conditions of a smaller salt content, a positive impact on the above features was noted in the case

of Algex, Pentakeep[®]super and Hergit preparations. All the anti-stress preparations applied increased the water stomatal conductance in the case of strawberries growing in the conditions of the highest salt content.

The fruit yield and the unit mass of fruit of the tested strawberry variety got smaller, following the increase in salt content. Foliar application of anti-stress preparations increased the above-mentioned features of the strawberries, growing in the conditions of salt stress of differentiated intensity.

The coefficient of tolerance to salt content of the strawberry and *miscanthus giganteus* got reduced with the increase in the substrate salt content. In the case of *spartina pectinata*, growing in conditions of salt stress of differentiated intensity, the values of this coefficient were similar.

The preparations applied, in particular those containing in their content the 5-amino-levulinic acid, showed anti-stress action on plants tested, growing in the conditions of raised salt content which is testified by the dependencies proved.

Einfluss von Präparaten mit Antistress-Substanzen auf physiologische Eigenschaften und den Ertrag von gewählten Glyko- und Halophyten unter Salzstressbedingungen

Zusammenfassung

Eine erhöhte Salzbelastung des Bodens, die sowohl aus anthropogener Tätigkeit als auch aus natürlichen Gründen resultiert, ist gegenwärtig einer der wichtigsten abiotischen Stressfaktoren, die das Wachstum und Erträge bei vielen Pflanzenarten einschränken. Die Reaktion von Pflanzen auf Salzkonzentration gehört daher zu den wichtigsten Forschungsthemen in vielen Wissensgebieten, darunter auch in der Pflanzenphysiologie.

In den letzten Jahren wächst mit der Entwicklung von modernen Pflanzenanbaumethoden das Interesse an verschiedenartigen Verbindungen, die in den Pflanzen Antistress-Funktionen erfüllen können und dem Entstehen von verschiedenen Stressarten vorbeugen oder diese mildern können. Das Thema der vorliegenden Arbeit schließt sich den gegenwärtig allgemein geführten Untersuchungen am komplexen Kennenlernen der Wirkung von Antistress-Substanzen auf Pflanzen, die unter Salzstress stehen. Der experimentelle Teil von Forschungen wurde im Zeitraum 2008-2011 in der Vegetationshalle der Fakultät für Umweltgestaltung und Landwirtschaft der Westpommerschen Technischen Universität Szczecin durchgeführt. Es wurden vier unabhängige und vierfach wiederholte Zwei-Faktoren-Vasenversuche bei vollständiger Randomisierung angelegt. Der erste Versuchsfaktor war in allen Versuchen die in den Nährboden eingeführte Salzkonzentration und der andere Faktor – die Art des für die Blattbehandlung eingesetzten Antistress-Präparates. Die Varianten des zweiten Versuchsfaktors wurden wie folgt festgelegt: K – ohne Anwendung eines Präparats mit Antistress-Substanz (Kontrollvariante), A – Präparat Algex, H – Präparat Hergit, P – Präparat Pentakeep®super, R – Präparat Resistim. Das biologische Material für die Untersuchungen bildeten die Erdbeeren (*Fragaria x ananassa* Duch.) der Speisesorten 'Elsanta' und 'Salsa' als auch zwei Grasarten: Riesen-Chinaschilf (*Miscanthus x giganteus* Greff und Deu.) und Prärie-Schlickgras (*Spartina pectinata* Bosc ex Link.). Es wurden gewählte physiologische und biometrische Eigenschaften als auch einige Ertragsparameter von untersuchten Pflanzen ausgewertet.

Die steigende Konzentration von Natriumchlorid im Nährboden hatte einen wesentlichen Einfluss auf physiologische und biometrische Eigenschaften sowohl der Erdbeere (Glykophyt) als auch der untersuchten Grasarten (Halophyte). In allen Entwicklungsphasen von untersuchten Erdbeersorten verursachte sie eine Verringerung der Blätteranzahl, der Effektivität der Wassernutzung in der Photosynthese, der stomatären Wasserdampf-Leitfähigkeit, der CO₂-Konzentration im Interzellularraum der Blätter, des Gehalts an Chlorophyll, Gesamtkarotinoiden und Wasser in den Blättern, als auch die Erhöhung des Gehalts an Trockenmasse im oberirdischen Teil. Im Fall der 'Salsa'-Sorte wurde dadurch in allen Entwicklungsphasen die Intensität der Prozesse der Fotosynthese und Transpiration eingeschränkt.

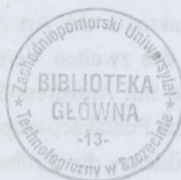
Die Anwendung aller Antistress-Präparate erhöhte den Gehalt an Gesamtchlorophyll und Karotinoiden in den Blättern der untersuchten Pflanzen, die im Nährboden mit unterschiedlicher Konzentration von Natriumchlorid wuchsen. Alle verwendeten Präparate erhöhten die Effektivität der Wassernutzung in der Photosynthese in den analysierten

Entwicklungsphasen der Sorte 'Elsanta', die im Nährboden mit einer kleineren Dosis der Salzzugabe wuchs und der Sorte 'Salsa', die unter Bedingungen der maximalen Salzbelastung wuchs. Im Fall von Riesen-Chinaschilf, welches unter Bedingungen einer kleineren Salzbelastung wuchs, wurde ein positiver Einfluss auf die o. g. Eigenschaft der Präparate Algex, Pentakeep®super und Hergit verzeichnet. Alle verwendeten Antistress-Präparate erhöhten die stomatäre Leitfähigkeit des Wassers in der Erdbeere, die unter Bedingungen der größten Salzbelastung wuchs.

Die Obsternte und die Einzelfruchtmasse der untersuchten Erdbeersorten nahmen mit der wachsenden Salzbelastung ab. Die Blattbehandlung mit Antistress-Präparaten erhöhte die o. g. Eigenschaften der unter dem Salzstress von verschiedener Intensität wachsenden Erdbeere.

Der Toleranzkoeffizient der Erdbeere und des Riesen-Chinaschilfs gegenüber der Salzbelastung verringerte sich mit der steigenden Salzbelastung des Nährbodens. Im Fall von Prärie-Schlickgras, das unter Salzstress-Bedingungen unterschiedlicher Konzentration wuchs, waren die Werte von diesem Koeffizient annähernd gleich.

Die eingesetzten Präparate und insbesondere das Präparat, welches in seiner Zusammensetzung die 5-Aminolävulinsäure beinhaltet, hatten eine Antistress-Wirkung auf untersuchte Pflanzen, die unter Bedingungen der erhöhten Salzbelastung wuchsen, welches die nachgewiesenen Abhängigkeiten belegen.



Biblioteka Główna
Zachodniopomorskiego Uniwersytetu
Technologicznego w Szczecinie

W.141256



012-141256-00-0

ISBN 978-83-7663-154-7