

## KINETYKA WZROSTU TRZECH KLONÓW WIERZBY WICIOWEJ (*Salix viminalis* L.) W ZALEŻNOŚCI OD ZASOLENIA GLEBY\*

Andrzej Gregorczyk, Jacek Wróbel, Małgorzata Mikiciuk  
Akademia Rolnicza w Szczecinie

**Streszczenie.** Przeprowadzono wstępne badania, dotyczące wpływu różnych dawek NaCl (poziomów zasolenia), dodawanych do podłoża glebowego na kinetykę wzrostu trzech klonów *Salix viminalis* L. W czasie wegetacji rośliny dwukrotnie podlewano roztworami chlorku sodu o stężeniach: 0 (kontrola); 1; 1,5; 2%. Miarą wzrostu były przyrosty długości i grubości pędów; oznaczono też suchą masę roślin. Do opisu procesów wzrostu najbardziej właściwa okazała się funkcja kwadratowa. Największą dynamiką wzrostu elongacyjnego charakteryzował się klon Bjor przy poziomie zasolenia 1%. Przy tym samym zasoleniu największe przyrosty grubości pędu miały klony Jorr i Tora. Ogólnie pod względem plonu suchej masy najbardziej tolerancyjnym na stres solny okazał się klon Jorr, a najmniej – klon Tora.

**Słowa kluczowe:** *Salix viminalis* L., wierzba wiciowa, klony Jorr, Bjor, Tora, chlorek sodu, wzrost

### WSTĘP

Wierzba wiciowa (*Salix viminalis* L.) wzbudza w ostatnich latach duże zainteresowanie w rolnictwie i ochronie środowiska. Ma zastosowanie w zagospodarowaniu nieużytków rolnych, zapobieganiu erozji gleb, rekultywacji terenów skażonych oraz w utylizacji osadów pościekowych i gnojowicy. Ze względu na intensywny wzrost i szybki przyrost biomasy może być wykorzystywana jako alternatywne i odnawialne źródło energii [Gawryluk 1993, Berezowska 1997, Józwiakowska i Józwiakowski 2001].

W naturze na rośliny oddziałuje wiele czynników stresowych. Jednym z nich jest zasolenie podłoża, które wynika z nadmiernej ilości chlorku sodu lub dużej zawartości innej soli. Nadmierne stężenie soli w podłożu powoduje m.in. zaburzenia pobierania wody, zmniejszenie tempa wzrostu roślin, naruszenie równowagi jonowej, a także

---

Adres do korespondencji – Corresponding author: prof. dr hab. Andrzej Gregorczyk, Zakład Doświadczalnictwa Akademii Rolniczej w Szczecinie, ul. Papieża Pawła VI 3, 71-459 Szczecin, e-mail: agregor@agro.ar.szczecin.pl

\* Praca wykonana w ramach projektu badawczego BW/IK/53/03

zmianę hydrofilności koloidów [Starck 1983, Kalaji i Pietkiewicz 1993, Starck i in. 1993, Jiang-Kang Zhu 2001]. W przypadku roślin drzewiastych szczególną toksyczność wykazują chlor i izosmotyczne roztwory NaCl [Ziska i in. 1991, Starck i in. 1993]. W dostępnym piśmiennictwie brak informacji na temat solnego stresu glebowego na formy mieszańcowe wierzby wiciowej, w tym także na kinetykę wzrostu tych szybko rosnących krzewów.

Celem badań był opis wzrostu elongacyjnego i przyrostu na grubość trzech klonów *Salix viminalis* L. – Bjor, Jorr i Tora, rosnących w podłożu o różnych stężeniach NaCl.

## MATERIAŁ I METODY

Obiektem badań były trzy klony wierzby wiciowej *Salix viminalis* L.: Bjor, Jorr, Tora. Materiał nasadzeniowy (zrzesy wierzbowe) do doświadczenia pobrano z założonej w 1997 roku plantacji Katedry Fizjologii Roślin Akademii Rolniczej w Szczecinie.

Wieloletnie wazonowe doświadczenie vegetacyjne założono w trzeciej dekadzie marca 2002 r. w hali vegetacyjnej Akademii Rolniczej w Szczecinie. Użyto wazonów typu Kicka i Grosse-Braukmana o pojemności 10 dm<sup>3</sup>. Doświadczenie prowadzono metodą kompletnej randomizacji w układzie dwuczynnikowym w 8 powtórzeniach (12 kombinacji). Pierwszy czynnik stanowiły trzy klony wierzby wiciowej, a drugi – cztery poziomy stężenia NaCl. Do doświadczenia użyto gleby gliniasto-piaszczystej. Rośliny wierzby podlano dwukrotnie w okresie vegetacji roztworami chlorku sodu (w ilości 1 dm<sup>3</sup> na wazon) o następujących stężeniach: 0 – kombinacja kontrolna (woda wodociągowa); 1; 1,5; 2%. Po raz pierwszy zastosowano roztwory soli po uzyskaniu przez rośliny wysokości około 50 cm (I dekada czerwca). Zabieg ten powtórzono w I dekadzie lipca.

Począwszy od 7.06.2003 r. ośmiokrotnie mierzono – w odstępach 14-dniowych – długość czterech wybranych pędów z każdej kombinacji oraz średnicę tych pędów (na wysokości 30 cm), a na końcu doświadczenia oznaczono suchą masę roślin.

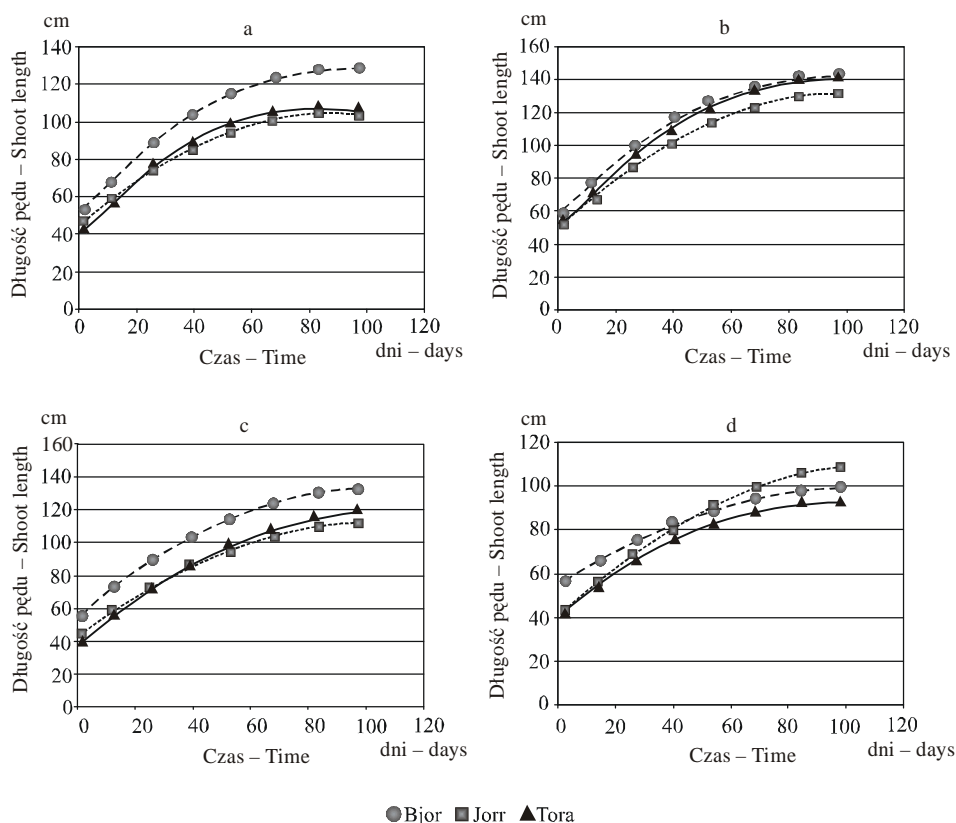
Dane dotyczące kinetyki wzrostu opracowano za pomocą analizy regresji wielomianowej (wielomian drugiego stopnia). Istotność współczynników wielomianowych testowano testem t Studenta na poziomie 0,05. Adekwatność wybranego modelu testowano testem F Snedecora-Fishera na poziomie 0,05; obliczono też wartości współczynnika determinacji nieliniowej R<sup>2</sup>.

Wyniki suchej masy pędów opracowano metodą dwuczynnikowej analizy wariancji w układzie kompletnej randomizacji. W celu określenia różnic między średnimi obiektowymi obliczono półprzedziały ufności według Tukeya na poziomie istotności 0,05.

## WYNIKI

Obliczenia analizy regresji wskazały na wielomian drugiego stopnia jako model matematyczny odpowiadający danym doświadczalnym wzrostu wierzby wiciowej. W tabeli 1 przedstawiono m.in. wartości współczynników funkcji kwadratowej opisującej zmiany długości pędów. Wartości testu F i odpowiadający im poziom prawdopodobieństwa testowego, a także wartości współczynnika determinacji nieliniowej (bliskie jedności) świadczą o adekwatności zastosowanego modelu.

Na rysunku 1 przedstawiono wykresy tych funkcji wzrostu na tle punktów doświadczalnych, osobno dla czterech dawek NaCl.



Rys. 1. Kinetyka wzrostu długości pędów klonów wierzby wiciowej przy dawce zasolenia 0% (a), 1% (b), 1,5% (c), 2% (d)

Fig. 1. Kinetics of length growth of *Salix viminalis* L. shoots for salinity dose of 0% (a), 1% (b), 1,5% (c), 2% (d)

Spośród badanych klonów wierzby ogólnie największą dynamiką wzrostu elongacyjnego charakteryzował się Bjor. On też na koniec sezonu wegetacyjnego osiągnął największą średnią długość pędów (125,5 cm); najmniejszą zaś stwierdzono u wierzby wiciowej Tora (114,8 cm). Można jednak zaobserwować różnice w dynamice długości pędów w zależności od dawki zasolenia. Przy zasoleniu 1 i 1,5% oraz w wariancie kontrolnym największą końcową długość pędów zanotowano u klonu Bjor. Przy dawce 2% NaCl największy wzrost długości osiągnął klon Jorr – 109,4 cm. Najslabszym klonem okazał się Tora, chociaż przy poziomie zasolenia 1% i w wariancie kontrolnym osiągnął większą średnią długość pędu niż Jorr.

Tabela 1 zawiera również wartości współczynników funkcji regresji opisującej przyrost pędów badanych klonów na grubość, a także parametry statystycznej weryfikacji tego modelu wzrostu.

Tabela 1. Wartości współczynników równania regresji  $y = a_0 + a_1x + a_2x^2$  i parametry statystycznej weryfikacji modelu wzrostu długości i średnicy pędu trzech klonów wierzby wiciowej

Table 1. Coefficient values of the regression equation  $y = a_0 + a_1x + a_2x^2$  and statistical verification parameters of growth model for the length and diameter of three clones of basket willow

Forma Form	Dawka NaCl Dose of NaCl %	Współczynnik – Coefficient			F	p	R <sup>2</sup>
		a <sub>0</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>			
Długość pędu – Shoot length, cm							
Bjor	0	50,196	1,710	-9,4·10 <sup>-3</sup>	1001,6	<10 <sup>-5</sup>	0,997
	1	58,326	1,774	-9,4·10 <sup>-3</sup>	208,0	2·10 <sup>-5</sup>	0,983
	1,5	56,677	1,531	-7,6·10 <sup>-3</sup>	113,5	7·10 <sup>-5</sup>	0,969
	2	56,912	0,839	-4,0·10 <sup>-3</sup>	53,56	4,2·10 <sup>-4</sup>	0,937
Jorr	0	45,167	1,332	-7,5·10 <sup>-3</sup>	401,5	<10 <sup>-5</sup>	0,991
	1	52,274	1,553	-7,5·10 <sup>-3</sup>	148,8	4·10 <sup>-5</sup>	0,997
	1,5	45,296	1,262	-5,7·10 <sup>-3</sup>	132,6	5·10 <sup>-5</sup>	0,974
	2	43,326	1,158	-4,7·10 <sup>-3</sup>	150,5	3·10 <sup>-5</sup>	0,977
Tora	0	41,674	1,565	-9,4·10 <sup>-3</sup>	640,5	<10 <sup>-5</sup>	0,994
	1	49,527	1,965	-1,0·10 <sup>-2</sup>	262,1	1·10 <sup>-5</sup>	0,987
	1,5	38,913	1,478	-6,5·10 <sup>-3</sup>	128,1	5·10 <sup>-5</sup>	0,973
	2	43,583	0,995	-4,8·10 <sup>-3</sup>	82,42	1,5·10 <sup>-4</sup>	0,958
Średnica pędu – Shoot diameter, cm							
Bjor	0	0,335	0,0053	-2,6·10 <sup>-5</sup>	111,8	7·10 <sup>-5</sup>	0,969
	1	0,358	0,0042	-1,9·10 <sup>-5</sup>	1208,1	<10 <sup>-5</sup>	0,997
	1,5	0,360	0,0040	-1,8·10 <sup>-5</sup>	205,2	2·10 <sup>-5</sup>	0,983
	2	0,363	0,0014	-1,0·10 <sup>-6</sup>	59,09	3,3·10 <sup>-4</sup>	0,943
Jorr	0	0,367	0,0044	-2,0·10 <sup>-5</sup>	84,38	1,4·10 <sup>-4</sup>	0,959
	1	0,354	0,0067	-3,8·10 <sup>-5</sup>	633,0	<10 <sup>-5</sup>	0,994
	1,5	0,343	0,0041	-1,8·10 <sup>-5</sup>	1039,1	<10 <sup>-5</sup>	0,997
	2	0,367	0,0027	-2,0·10 <sup>-6</sup>	160,2	3·10 <sup>-5</sup>	0,978
Tora	0	0,294	0,0077	-4,4·10 <sup>-5</sup>	816,9	<10 <sup>-5</sup>	0,996
	1	0,343	0,0068	-3,8·10 <sup>-5</sup>	201,3	2·10 <sup>-5</sup>	0,983
	1,5	0,312	0,0048	-1,5·10 <sup>-5</sup>	227,8	1·10 <sup>-5</sup>	0,985
	2	0,326	0,0025	-6,0·10 <sup>-6</sup>	85,29	1,4·10 <sup>-4</sup>	0,960

y – długość lub średnica pędu – length or diameter of the shoot

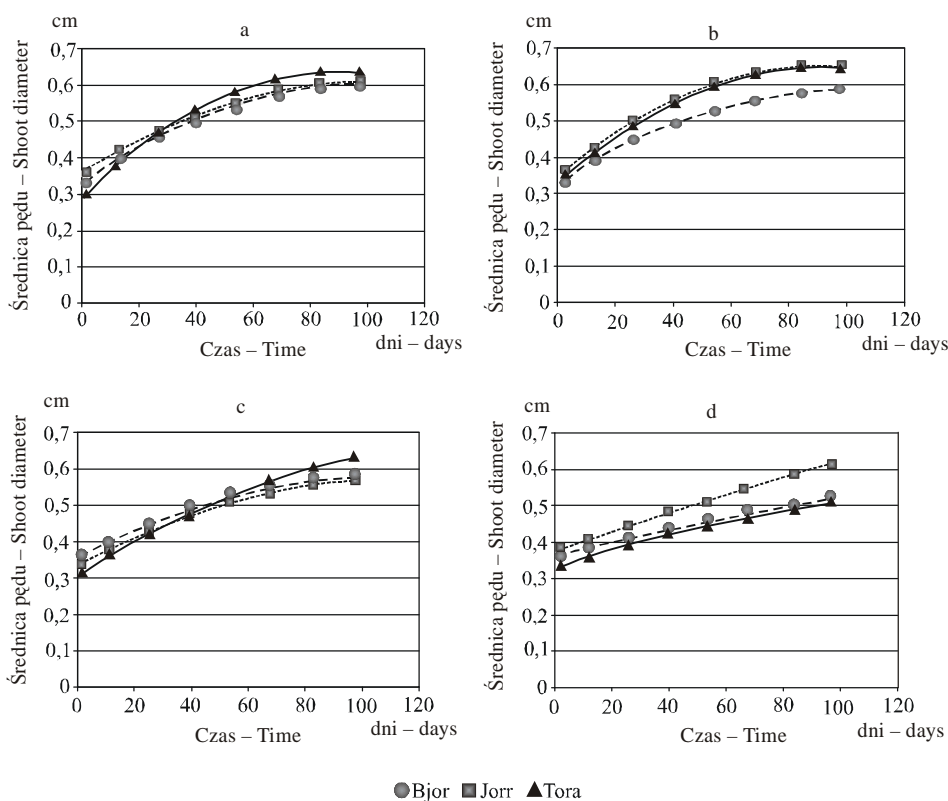
x – czas (dni) – time (days)

F – wartość testu Fishera – value of F test

p – poziom prawdopodobieństwa testowego – p-level

R<sup>2</sup> – współczynnik determinacji nieliniowej – coefficient of nonlinear determination

Wykonane pomiary średnicy pędów trzech klonów *Salix viminalis* L. pozwoliły stwierdzić, że pędy klonu Jorr osiągnęły największą średnią grubość, zaś pędy Bjor – najmniejszą (rys. 2). Okazało się, iż poziom dawki NaCl miał niejednakowy wpływ na wartość tej cechy u badanych klonów. W wariancie kontrolnym i przy dawce 1% klony Bjor i Jorr charakteryzowały się podobnymi przyrostami średnicy pędów. Przy zastosowaniu dawki 1,5% chlorku sodu największy przyrost stwierdzono u klonu Tora, zaś przy dawce 2% – u Jorr.



Rys. 2. Kinetyka wzrostu na grubość pędów klonów wierzby wiciowej przy dawce zasolenia 0% (a), 1% (b), 1,5% (c), 2% (d)

Fig. 2. Kinetics of thickness growth of *Salix viminalis* L. shoots for salinity dose of 0% (a), 1% (b), 1,5% (c), 2% (d)

W przeprowadzonym doświadczeniu największy średni plon suchej masy uzyskała wierzba wiciowa Jorr (tab. 2), a najmniejszy Tora (różnice statystycznie istotne). Stwierdzono również współdziałanie obu czynników doświadczalnych. Klon Jorr, podobnie jak Tora, najkorzystniej zareagował na zasolenie 1%.

## DYSKUSJA

Wpływ dużych stężeń soli powoduje zahamowanie wzrostu, karłowacenie i zamieranie roślin [Wojcieszczuk 1980, Starck 1983, Wilpiszewska 1984]. Już stężenie 1% NaCl w podłożu prowadzi do uszkodzenia większości gatunków roślin [Greszta i Gruszka 2000]. W doświadczeniu własnym główną uwagę skupiono na dynamice wzrostu trzech wybranych klonów wierzby wiciowej. Wykazywały one średni przyrost długości, wynoszący 115-125 cm. Natomiast prawidłowo posadzona i pielęgnowana wierzba może uzyskać w ciągu jednego sezonu wegetacyjnego wysokość około 3 m [Gawryluk 1993]. Analiza przyrostu klonów *Salix viminalis* L. na grubość prowadzi do

podobnych wniosków. Zauważalna jest zależność między przyrostem średnicy pędów a wzrostem elongacyjnym. U badanych roślin średni przyrost średnicy wynosił 0,57-0,62 cm i wyraźnie kształtował się w zależności od zasolenia gleby.

Tabela 2. Sucha masa pędów (g) trzech klonów wierzby wiciowej w zależności od dawki NaCl (%) w glebie

Table 2. Dry matter of shoots (g) of three clones of *Salix viminalis* L. depending on NaCl dose (%) in soil

Klon (K) Clone	Dawka NaCl (D) – Dose of NaCl				Średnia dla formy Mean for the form
	0	1	1,5	2	
Bjor	39,0	39,5	36,0	23,0	34,4 b <sup>1</sup>
Jorr	46,0	53,0	46,5	38,0	46,0 c
Tora	32,0	34,0	27,5	21,5	29,0 a
Średnia dla dawki Means for the dose	39,0 cb	40,0 c	36,7 b	27,5 a	

<sup>1</sup> średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie według testu Tukeya na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$  – means followed by the same letters do not differ significantly at  $\alpha = 0.05$  according to Tukey test  
Półprzedziały ufności Tukeya NIR<sub>0,05</sub> – Confidence limits of Tukey test LSD<sub>0,05</sub>  
– dla interakcji – for interaction K x D – 6,5  
– dla interakcji – for interaction D x K – 7,2

W piśmiennictwie rolniczym spotyka się wiele różnorodnych funkcji wzrostu [France i Thornley 1984, Sztencel i Żelawski 1984, Causton i Venus 1987]. Jednym z formalnych modeli wzrostu jest model wielomianowy [Elias i Causton 1976, Thornley 1976, Cartujano-Escobar i in. 1987, Gregorczyk 1997a]. W niniejszej pracy do opisu wzrostu wierzby wiciowej adekwatnymi okazały się wielomiany drugiego stopnia; świadczą o tym m.in. wartości współczynników determinacji nieliniowej, bliskie jedności. Ogólnie można zauważyć, że w przypadku przyrostu pędów na grubość (przy 2-procentowym zasoleniu) kształt krzywych jest bardziej zbliżony do linii prostej (mniejsze wartości współczynników przy zmiennej niezależnej w drugiej potęgce) niż w wypadku krzywych wzrostu elongacyjnego. Współczynniki wielomianów nie mają biologicznej interpretacji, ale zaletą funkcji wielomianowej jest jej duża giętkość i jednocześnie łatwa możliwość statystycznej weryfikacji wybranego modelu wzrostu [Gregorczyk 1997b].

Analiza wielkości plonu suchej masy klonów Bjor, Jorr i Tora przy poszczególnych poziomach zasolenia pokazała, że najniższe plony uzyskały rośliny przy zasoleniu 1,5 i 2% NaCl, co potwierdza badania Kreeba [1979], iż ogólny plon roślin spada w miarę wzrostu zasolenia. Jednocześnie udało się wyróżnić klon najbardziej odporny na stres solny (Jorr) i najmniej tolerancyjny (Tora).

Wyniki powyższego doświadczenia wazonowego, które zostało przeprowadzone w pierwszym roku wegetacji roślin, dają obraz fizjologicznej reakcji trzech klonów wierzby wiciowej na stres solny i stanowią wstępny etap cyklu badań poświęconych wykorzystaniu tej rośliny do zagospodarowania gleb zasolonych.

## WNIOSKI

Stężenie 1% NaCl stanowi czynnik stymulujący wzrost długości i grubości pędów w przypadku wszystkich badanych klonów wierzby. Wstępna ocena fizjologicznej reakcji wierzby na stres solny pozwala wyróżnić klon Jorr jako najbardziej odporny, a klon Tora jako najmniej tolerancyjny. Wzrost pędów badanych form wierzby wicjowej na długość i grubość można dokładnie opisać wielomianem drugiego stopnia.

## PIŚMIENNICTWO

- Berezowska U., 1997. Uprawa wierzby energetycznej szansą na ochronę środowiska przed odpadami. Aktual. Roln. 3, 21.
- Cartujano-Escobar F., Jankiewicz L.S., Fernandez-Orduna V.M., Mulato-Brito J., Pietkiewicz S., 1987. The development of the husk tomato plant (*Physalis ixocarpa* Brot.). III Growth analysis. Acta Soc. Bot. Pol. 56 (3), 421-436.
- Causton D.R., Venus J.C., 1987. The biometry of plant growth. E. Arnold London, 457.
- Elias C.O., Causton D.R., 1976. Studies on data variability and the use of polynomial to describe plant growth. New Phytol. 77, 421-430.
- France J., Thornley J.H.M., 1984. Mathematical models in agriculture. Butterworths London, 356.
- Gawryluk K., 1993. EKO-wierzba. Działkowiec 3, 12-13.
- Gregorczyk A., 1997a. Zastosowanie wielomianów do opisu wzrostu elongacyjnego roślin lubczyku ogrodowego. Roczn. Nauk Roln. A 112 (3-4), 81-89.
- Gregorczyk A., 1997b. Opis wzrostu elongacyjnego ziół za pomocą regresji wielomianowej. Herba Pol. XLIII (2), 125-134.
- Greszta J., Gruszka A., 2000. Wpływ soli i chlorowodoru na lasy oraz zieleń miejską. Sylwan 3, 33-40.
- Jiang-Kang Zhu, 2001. Plant salt tolerance. Trends in Plant Sci. 6 (2), 11-36.
- Józwiakowska I., Józwiakowski K., 2001. Wierzba i jej zastosowanie w gospodarce i ochronie środowiska. Aura 10, 16-18.
- Kalaji M., Pietkiewicz S., 1993. Salinity effects on plant growth and other physiological process. Acta Physiol. Plant. 15, 89-124.
- Kreeb K., 1979. Ekofizjologia roślin. PWN Warszawa, 213.
- Starck Z., 1983. Fizjologiczne aspekty reakcji roślin na zasolenie. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 2, 17-25.
- Starck Z., Chołuj D., Niemyska B., 1995. Fizjologiczne reakcje roślin na niekorzystne czynniki środowiska. Wyd. SGGW, 81-91.
- Sztencel I., Żelawski W., 1984. Modele matematyczne stosowane najczęściej w analizie wzrostu żywych organizmów. Wiad. Bot. 28 (3), 211-226.
- Thornley J.H.M., 1976. Mathematical models in plant physiology. Academic Press London.
- Wilpiszewska I., 1984. Antropogeniczne procesy zasolenia gleb a uszkodzenia i zaburzenia fizjologiczne roślin. Kosmos 33, 325-338.
- Wojcieszczuk T., 1980. Ocena stopnia zasolenia gleb miejskich solami chlorkowymi i ich oddziaływanie na drzewa oraz możliwości zapobiegania skutkom nadmiernej akumulacji soli. Nauka – Praktyce, Wyd. AR Szczecin.
- Ziska L.H., De Jong T.M., Hoffman G.F., 1991. Sodium and chloride distribution in salt-stressed *Prunus salicina* a deciduous tree species. Tree Physiol. 8, 47-57.

## **GROWTH KINETICS OF THREE CLONES OF BASKET WILLOW (*Salix viminalis* L.) DEPENDING ON SOIL SALINITY**

**Abstract.** Preliminary studies were conducted on the effects of various doses of NaCl (salinity levels) added to soil on the growth kinetics of three clones of *Salix viminalis* L. During vegetation the plants were treated twice with the solution of sodium chloride at the following concentrations: 0 (control); 1; 1.5; 2%. Growth was measured with increases in shoot length and thickness; dry matter was also determined. The growth process was best described with quadratic function. The highest elongation growth dynamics was noted for Bjor clone at 1% salinity level. At the same salinity the greatest stem thickness increase was observed in Jorr and Tora. As far as the dry matter yield was concerned, Jorr was found to be most tolerant to saline stress, while Tora – least tolerant.

**Key words:** *Salix viminalis* L., basket willow, Jorr, Bjor, Tora forms, sodium chloride, growth