

WPŁYW ZAGĘSZCZENIA GLEBY NA DYNAMIKĘ WZROSTU MIESZANEK TRAW GAZONOWYCH

Zofia Stypczyńska¹, Andrzej Dziamski¹, Jan Schmidt²

¹Katedra Botaniki i Ekologii, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy
ul. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz

²IHAR-PIB, Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych w Bydgoszczy
ul. Jeździecka 5, 85-687 Bydgoszcz
e-mail: styzo@utp.edu.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki trzyletniego doświadczenia polowego przeprowadzonego w Ogrodzie Botanicznym IHAR w Bydgoszczy. Ocenie poddano trzy mieszanki kępowych traw gazonowych. Komponentami mieszanki pierwszej (M I) były *Festuca rubra* (75%) i *Lolium perenne* (25%). W skład mieszanki drugiej (M II) wchodziły *Festuca arundinacea* (30%), *Festuca ovina* (50%) *Lolium perenne* (20%). Mieszankę trzecią (M III) tworzyły *Festuca ovina* (30%), *Festuca rubra* (35%) oraz *Festuca heterophylla* (35%). Ocenę systemów korzeniowych traw i innych cech trawników dokonywano w trzech terminach: wiosną (maj), latem (lipiec) i jesienią (październik). W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że zagęszczanie gleby wpłynęło istotnie na zmniejszenie masy korzeni w porównaniu do powierzchni kontrolnych. Wyższe plony masy nadziemnej zarówno w formie ścierni, jak i zielonej masy koszonej, z wyjątkiem mieszanki MII, uzyskano na powierzchniach kontrolnych, z czego największe dla mieszanki M I a najniższe dla mieszanki M III. Zmniejszenie długości korzeni było bardziej zróżnicowane, z czego pozytywnie na wzrost długości korzeni traw w warunkach większego zagęszczenia gleby reagowała M II. Zagęszczanie gleby wpłynęło negatywnie na ogólną ocenę trawnikową i stopień zadarnienia ocenianych powierzchni trawnikowych.

Słowa kluczowe: trawy gazonowe, ugniatanie gleby (wałowanie), masa korzeni, długość korzeni, masa nadziemna, ocena trawnikowa

WSTĘP

Trawy gazonowe są podstawowymi składnikami budującymi nawierzchnie trawiaste o charakterze sportowym i rekreacyjnym. Wyróżnia je intensywne tempo wzrostu oraz wysoka jakość wizualna, estetyczna i funkcjonalna. Do podstawowych gatunków wykorzystywanych w tego typu nawierzchniach zaliczyć należy *Lolium*

perenne L., *Poa pratensis* L., *Festuca ovina* L., *Festuca rubra* L. (Czarnecki 2002). Zależnie od przeznaczenia i potrzeb korzystania z trawników w mieszkankach stosowane są formy kępowe lub rozłogowe traw. Intensywność ich użytkowania i ilość wykonywanych na trawnikach zabiegów pielęgnacyjnych wpływa bezpośrednio i pośrednio na pogorszenie wzrostu korzeni roślin oraz na degradację fizyczną gleb, a zwłaszcza ich ugniatanie (Grzebisz 1989). Degradacja gleb pod trawnikami związana jest głównie z wykorzystywaniem do pielęgnacji i zbioru zielonej masy coraz wydajniejszych, ale i cięższych maszyn.

Badania dotyczące ugniatania gleb na użytkach zielonych rozpatrywane są głównie w dwóch kategoriach. Pierwsza z nich dotyczy struktury i właściwości fizycznych gleb, w tym głównie wzrostu gęstości objętościowej, spadku porowatości ogólnej, pogorszenia właściwości powietrzno-wodnych, wzrostu oporów ścisłości i ich spoistości. W dalszej kolejności dokonywana jest analiza wpływu zagęszczania gleby na wzrost korzeni, a w przypadku trwałych użytków zielonych ich plonowania (Pagliai i in. 1983, Domżał i in. 1984, Domżał i in. 1995, Pabin 1999, Raper 2005).

Elementem bezpośrednio wiążącym zależności ugniatania gleb w układzie maszyna-gleba-roślina są systemy korzeniowe roślin. Znaczące zmiany w strukturze gleb i rozwoju części nadziemnych i korzeni roślin na skutek ugniatania zależą będą od typu gleby, jej zmiennej wilgotności, zasobności w składniki pokarmowe czy warunków pogodowych. Gleba zwięzła czy ugniatana na ogół stwarza opór rosnącym korzeniom i powoduje tworzenie niekorzystnych warunków w zaopatrzeniu ich w tlen, wodę i składniki pokarmowe (Grzebisz 1989, Lipiec i Stępniewski 1995, Cook i in. 1996). Reakcją korzeni na zagęszczanie gleby jest głównie ich koncentracja w wierzchniej warstwie i zmniejszenie głębokości korzenienia się (Lipiec i in. 1991, Lipiec i in. 2003). Zmniejszeniu ulega długość oraz następują zmiany w morfologii i budowie anatomicznej korzeni (Lipiec i in. 1991). U niektórych gatunków traw z kolei lekkie zagęszczenie gleby sprzyja ich rozwojowi (Bouwman i Arts 2000, Kopeć i Głąb 2002, Kopeć i Głąb 1999, Głąb 2009). Ugniatanie gleby zależnie od gatunku traw wpływać może na kształtowanie się ich masy nadziemnej i plonowanie (Taylor i Brar 1991, Kopeć i Głąb 1999, 2002).

Celem badań było określenie wpływu ugniatania gleb poprzez wałowanie na wzrost i rozwój części podziemnych i nadziemnych mieszanek skomponowanych z odmian kępowych traw gazonowych.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w Ogrodzie Botanicznym IHAR w Bydgoszczy w latach 2010-2012. Doświadczenie założono na glebie płowej o uziarnieniu gliny piaszczystej (PTG 2011) oraz niskiej zawartości próchnicy. Zawartość

C-organicznego na głębokości 0-15 cm wynosiła $7,3 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, a na głębokości 15-30 cm $7,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Odczyn badanych gleb dla poziomów przypowierzchniowych wynosił – pH 7,24 (H_2O) i pH 7,20 (KCl) oraz głębszych pH 6,35 (H_2O) i pH 5,88 (KCl). Stopień wysycenia zasadami w analizowanych glebach był na poziomie 96%. Zawartości w glebie makroskładników były następujące: fosfor – $59 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, potas – $66 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ oraz magnez – $2,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Czynniki doświadczenia stanowiły : A – mieszanki traw gazonowych, B – zagęszczanie gleby, C – terminy zbioru.

Doświadczenie z mieszankami traw prowadzone było na mikropoletkach o powierzchni $1,0 \text{ m}^2$ w układzie losowanych podbloków. Dla każdej mieszanki doświadczenie przeprowadzono w trzech powtórzeniach. Komponentami mieszanki pierwszej (M I) były: *Festuca rubra* odmiana Nil (75%) i *Lolium perenne* odmiana Stadion (25%). W skład mieszanki drugiej (M II) wchodziły *Festuca arundinacea* odmiana Tarmena (30%), *Festuca ovina* odmiana Noni (50%) i *Lolium perenne* odmiana Stadion (20%). Mieszankę trzecią (M III) tworzyły *Festuca ovina* odmiana Noni (30%), *Festuca rubra* odmiana Nil (35%) oraz *Festuca heterophylla* odmiana Sawa (35%).

Powierzchnie doświadczalne założono wiosną 2010 roku. Ilość wysiewu nasion na poletkach uzależniona była od masy tysiąca nasion oraz siły kiełkowania i wynosiła w przeliczeniu na m^2 dla M I – 20 g, M II i M III – 10 g. Każdego roku wiosną przed ruszeniem wegetacji oraz latem w pełni wegetacji stosowano nawożenie mineralne (NPK) w ilości łącznej N – $113,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, P – $10,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ i K – $39 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. W każdym sezonie wegetacyjnym wykonywano wiosenną wertykulację runi, oprysk herbicydami oraz koszenie trawnika co 10-14 dni. W okresach niedoborów opadów atmosferycznych powierzchnie badawcze nawadniano.

Obiekty kontrolne (BZ) nie podlegały zagęszczeniu gleby. Obiekty zagęszczane (Z) uzyskano poprzez dziesięciokrotne przejazdy wałem o masie 60 kg, wykonane raz w miesiącu w okresie wegetacji.

Pomiary zwężłości gleby wykonano w trzecim roku doświadczenia jesienią przy użyciu ręcznego pentrometru Eijkelkamp Agrisearch Equipments Holandia, używając stożków o powierzchni 1 cm^2 . Pomiary te przeprowadzono na głębokości 10 cm w trzech punktach na każdym obiekcie doświadczenia. Próby do oceny systemów korzeniowych traw i innych cech trawników pobierano w sezonach wegetacyjnych, w terminach: wiosna (maj), lato (lipiec) i jesień (październik). Korzenie traw pobierano corocznie, łącznie w ośmiu terminach: okres wegetacji w 2010 r. – termin 1 – wiosna i 2 – jesień, okres wegetacji w 2011 r., – termin 3 – wiosna, termin 4 – lato i termin 5 – jesień, okres wegetacji w 2012 r., – termin 6 – wiosna, termin 7 – lato i termin 8 – jesień. Próby glebowo-korzeniowe pobierano do głębokości 9 cm próbnikiem pierścieniowym firmy Eijkelkamp o powierzchni $19,6 \text{ cm}^2$ i objętości $176,6 \text{ cm}^3$.

W celu oddzielenia korzeni od gleby próby płukano pod strumieniem bieżącej wody. Następnie oddzielono je od części nadziemnej. Po wysuszeniu korzeni w temperaturze 60°C i otrzymaniu powietrznie suchej masy określono ich masę, wyrażoną w $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$. Pomiar długości korzeni wykonano przy pomocy programu komputerowego RadixNova, służącego do ilościowej analizy skanów. W programie tym obliczenia prowadzone są z użyciem metody niestatystycznej, w oparciu o szczegółową analizę przebiegu pikseli tworzących osie poszczególnych odgałęzień (Moraczewski 2008). Na podstawie tej analizy obrazu obliczono długość korzeni wyrażoną w $\text{m} \cdot \text{m}^{-2}$.

W trzecim roku w trzech terminach przeprowadzono ocenę cech użytkowych trawników, takich jak: ogólny aspekt trawnika (OA) oraz zadarnienie (ZA). Ocenę wykonano w dziewięciostopniowej skali, w której 9 oznacza wartość najbardziej pożądaną (Prończuk 1993). Użytkową wartość trawnika (UWT) określono syntetycznym wskaźnikiem obliczonym wg zmodyfikowanego wzoru zaproponowanego przez Żyłkę (2001). Określa on ocenę, która wyznacza zależność jakości trawnika od oceny zadarnienia (OZ) i oceny ogólnej trawnika (OA), Współczynnik zależności cech (WZC).

$$(\text{WZC}) = \frac{X \cdot \text{ZA}}{X \cdot \text{OA}} \dots \text{UWT} = \frac{\text{WZC} \cdot \text{ZA} \sqrt{\text{OA}}}{100} \quad (1)$$

W oparciu o uzyskane wyniki obliczono stosunek masy korzeni do suchej masy nadziemnej (MK:MN), który wyraża produktywność korzeni oraz stosunek długości korzeni do ich masy (DK:MK) określający stopień przerastania gleby korzeniami (Sołtysik, Miatkowski 2003).

Dla wykazania dynamiki i tempa przyrostu korzeni oraz części nadziemnej traw wykonano wykresy potrójnej interakcji oraz obliczono stopy wzrostu lub spadku ich masy wg wzoru:

$$i = \left(\frac{Y_t}{Y_{t-1}} - 1 \right) \cdot 100\% \quad (2)$$

gdzie: Y_t – okres bieżący, Y_{t-1} – okres poprzedni.

W celu wykazania różnic między średnimi zwięzłości gleby wykonano dwuczynnikową analizę wariancji, a dla ocenianych parametrów mieszanek trawnikowych trójczynnikową analizę wariancji. Różnicę między średnimi wartościami analizowanych cech oceniano metodą Tukeya, dla $p = 0,05$. Ocenę statystyczną wykonano za pomocą pakietu STATISTICA 10.

WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że pod wpływem cyklicznego wałowania obiektów w ciągu trzech sezonów wegetacyjnych, zwięzłość gleby zwiększyła się średnio o 3,0% w stosunku do kontroli (tab. 1.). Czynnikiem kształtującym strukturę podłoża były również zastosowane w doświadczeniu mieszanki.

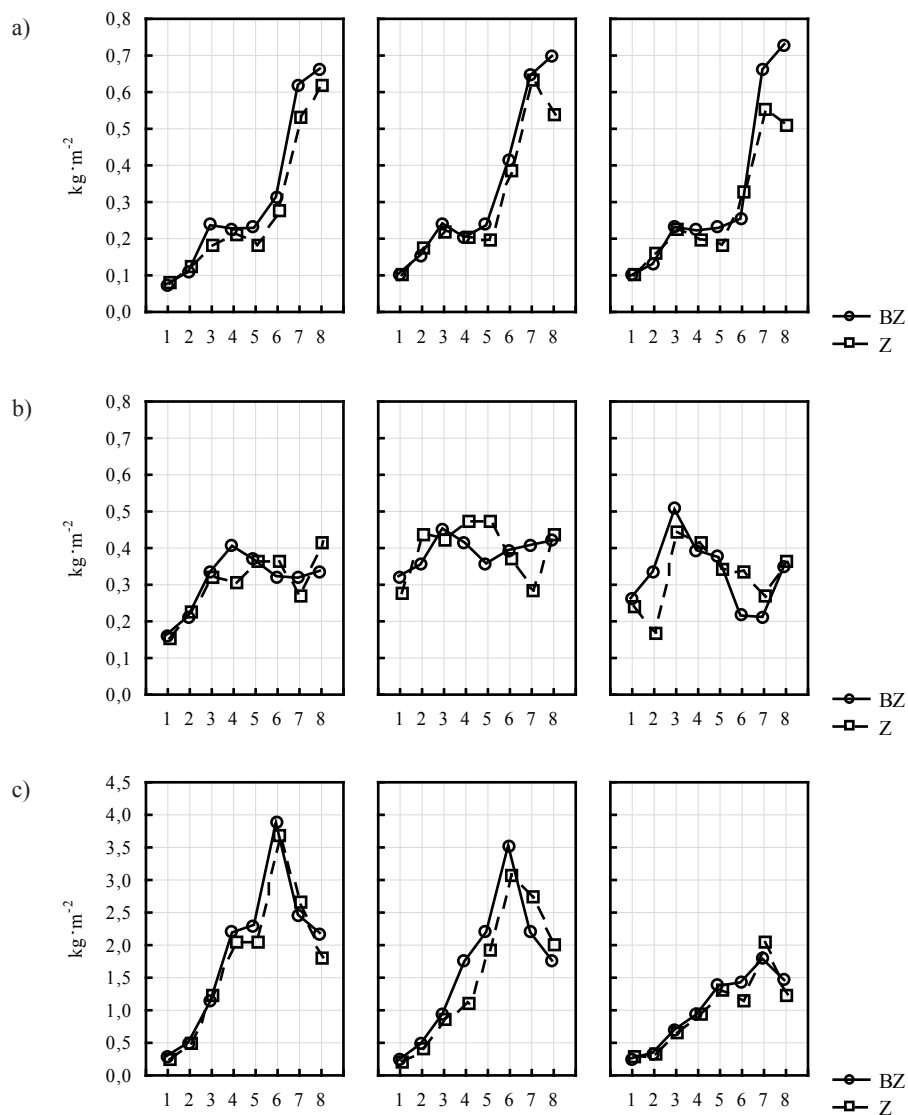
Tabela 1. Wartości zwięzłości gleby (MPa) na obiektach kontrolnych i wałowanych

Table 1. Values of soil compaction (MPa) on control and rolled treatments

Zagęszczenie / Compaction	Mieszanki / Mixtures			
	M I	M II	M III	Mean
BZ	3,61	3,63	3,67	3,64
Z	3,80	3,89	3,90	3,87
Średnia/Mean	3,71	3,76	3,78	3,75
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	A – 0,03 A/B – n.i.		B – 0,11 B/A – n.i.	

M I, M II, M III – mieszanki I, II, III, / mixtures I,II,III; BZ – bez zagęszczania gleby – kontrola / without soil compacting – the control; Z – zagęszczanie gleby / soil compacting

W ocenianych mieszankach traw gazonowych dynamikę ich wzrostu w czasie trwania eksperymentu szacowano w oparciu o analizę wzrostu masy korzeniowej, masę ścierni czyli tę część masy nadziemnej, która tworzy ruń trawnikową oraz masę nadziemną systematycznie koszoną (rys. 1.). Wyniki badań wskazują, że dynamika wzrostu mieszanek traw zarówno na obiektach wałowanych, jak i kontrolnych była zróżnicowana i zależna od ich składu gatunkowego. W pierwszym sezonie wegetacyjnym intensywniej wzrastała zarówno masa korzeniowa, jak i nadziemna, głównie na obiektach wałowanych. Kolejny sezon wegetacyjny charakteryzował się stabilizacją przyrostów masy korzeniowej i masy ścierni oraz gwałtownym przyrostem masy koszonej traw. Wiązało się to z procesem rozkrzewiania się roślin budujących darń, jednak był on wolniejszy na obiektach wałowanych, zwłaszcza mieszanki M III. Trzeci sezon wegetacyjny to wyraźny przyrost masy korzeni głównie na obiektach kontrolnych. Na powierzchniach z zagęszczaniem gleby stwierdzono spowolniony przyrost masy korzeni lub ich zmniejszenie. Podobne tendencje na początku sezonu wegetacyjnego, wzrostu a następnie gwałtownego spadku stwierdzono dla masy nadziemnej koszonej. Tendencje te są szczególnie wyraźne dla mieszanek M I i M II. Tempo przyrastania lub zmniejszania się masy korzeni, masy ścierni i masy nadziemnej koszonej między kolejnymi terminami poboru prób przedstawia tabela 2.



Rys. 1. Dynamika wzrostu części podziemnych i nadziemnych ocenianych mieszanek trawnikowych w terminach poboru prób; a) masa korzeni ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$), b) masa ścierni ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$), c) masa nadziemna koszona ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$), 1-8 – terminy zbioru wg metodyki

Fig. 1. Growth dynamics of underground and aboveground parts of estimated lawn mixtures on sampling dates. a) weight of roots ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$), b) weight of stubble ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$), c) weight of mowed aboveground mass ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$), 1-8 – harvest date according to methodology

Tabela 2. Tempo wzrostu (%) masy korzeni, masy ścierni oraz masy koszonej w sezonach wegetacyjnych 2010-2012**Table 2.** Rate of increase (%) in root weight, stubble weight and mowed aboveground mass weight in 2010-2012 vegetation periods

Zagęszczenie Compaction	Terminy zbioru / Harvest dates						
	2-1	3-2	4-3	5-4	6-5	7-6	8-7
masa korzeni / root weight							
M I							
BZ	37,5	109,1	-4,3	0,0	40,9	99,4	6,5
Z	50,0	50,0	16,6	-9,5	47,4	92,8	19,2
M II							
BZ	37,5	50,0	-16,7	20,0	70,8	58,5	7,7
Z	70,0	29,4	-4,5	-4,8	95,0	61,5	-14,2
M III							
BZ	30,0	76,9	-4,3	4,5	8,6	164,0	10,6
Z	60,0	43,7	-13,0	-5,0	73,7	66,6	-7,3
masa ścierni / stubble weight							
M I							
BZ	23,8	61,9	20,5	-9,8	-13,5	-3,1	9,7
Z	53,3	39,1	-3,1	19,3	-2,7	-24,9	55,5
M II							
BZ	12,5	25,0	-6,7	-14,3	8,3	5,1	2,4
Z	53,6	4,6	14,6	1,0	-19,5	-24,3	53,6
M III							
BZ	30,7	47,1	22,0	-2,6	-42,1	-4,6	66,7
Z	-29,1	152,9	-7,0	-15,0	-1,0	-20,6	22,2
masa koszona / mowed aboveground mass							
M I							
BZ	66,7	128,0	92,1	55,0	67,9	-36,4	-11,3
Z	104,0	139,2	66,4	1,0	80,9	-28,2	-31,5
M II							
BZ	100,0	95,8	86,2	25,7	60,5	-37,7	-19,5
Z	95,5	104,6	27,3	73,2	59,3	-11,6	-26,4
M III							
BZ	23,1	100,0	34,3	46,8	3,6	25,1	-18,4
Z	6,7	103,1	43,1	39,8	-11,5	77,4	-38,7

Objaśnienia jak w tabeli 1 / Explanations as in Table 1

Analiza wyników średnich przyrostów korzeni w trzecim roku wegetacji wskazuje, że ich masy we wszystkich ocenianych mieszankach są większe na obiektach, w których nie dokonywano zagęszczania gleby (tab. 3). Różnice te mieszczą się w granicach 9,4-14,5% i są statystycznie istotne. Badania wskazują, że odmienny skład gatunkowy mieszanek wywiera duży wpływ na zróżnicowanie długości korzeni na jednostkę powierzchni, które jest wyraźnie większe niż masa korzeni.

Tabela 3. Wartości cech biometrycznych mieszanek traw gazonowych w sezonie wegetacyjnym 2012
Tabela 3. Values of biometric features of lawn grass mixtures in the third growing season (2012)

A	B	C											
		W	L	J	Mean	W	L	J	Mean	W	L	J	Mean
		MK				MN				DK			
M I	BZ	0,31	0,62	0,66	0,53	4,21	2,79	2,53	3,18	13504	16893	13550	14649
	Z	0,28	0,54	0,62	0,48	4,05	2,92	2,23	3,07	10537	14964	12325	12608
Mean		0,29	0,58	0,64	0,50	4,13	2,86	2,38	3,12	12020	15928	12937	13628
M II	BZ	0,41	0,65	0,70	0,58	3,93	2,61	2,19	2,91	22525	21356	22063	21981
	Z	0,39	0,63	0,54	0,52	3,46	3,02	2,45	2,97	21380	24527	22567	22824
Mean		0,40	0,64	0,62	0,55	3,69	2,81	2,32	2,94	21952	22941	22315	22402
M III	BZ	0,25	0,66	0,73	0,55	1,65	2,00	1,82	1,82	26367	23788	26073	25409
	Z	0,33	0,56	0,51	0,47	1,49	2,31	1,61	1,80	20469	20683	16807	19319
Mean		0,29	0,61	0,62	0,51	1,57	2,16	1,71	1,81	23418	22235	21440	22364
Śred.dlaC/ Mean for C		0,33	0,61	0,63	0,52	3,13	2,16	2,14	2,63	19130	20369	18898	19465
	A			0,06				0,12				2304	
	B			0,03				n.i.				1493	
	C			0,05				0,09				n.i.	
NIR _{0,05} / LSD _{0,05}	A×B			n.i.				0,15				2919	
	A×C			0,09				0,18				3545	
	B×C			0,07				0,13				n.i.	

A – mieszanka / mixture B – zagęszczenie / compaction, C – termin zbioru / harvest date, W – wiosna / spring, L – lato / summer, J – jesień / autumn, MK – sucha masa korzeni / dry matter of roots, MN – sucha masa nadziemna całkowita / total aboveground dry matter, DK – dł. korzeni / root length

Najdłuższe korzenie wytworzyły trawy w M III na obiektach kontrolnych, a ich długość wynosi aż 25409 m·m⁻². W mieszance tej na obiektach wałowanych stwierdzono zmniejszenie długości korzeni o 24% w stosunku do obiektów kontrolnych. Podobną reakcję na wałowanie gleb zauważono w długościach korzeni w mieszance M I, a różnica ta na korzyść obiektów kontrolnych wynosi 13,9%. Z kolei w M II stwierdzono, że długość korzeni w jednostce powierzchni jest tylko nieznacznie większa (o 3,8%) na obiektach wałowanych. Potwierdzeniem uzyskanych zależności jest obliczony współczynnik MK:MN, który wskazuje, że większa produktywność korzeni występuje na obiektach kontrolnych (bez zagęszczania gleby), zwłaszcza w kombinacji mieszanki M II i M III. Obliczone wartości współczynnika stopnia przerośnięcia gleby korzeniami (DK:MK) wskazują, że

jest on największy w mieszance M III na obiektach kontrolnych. Zaznaczyć należy, że wskaźnik przerośnięcia gleby korzeniami jest najmniejszy w mieszance M I w warunkach zagęszczanej gleby. Bez względu na rodzaj ocenianej mieszanki i wariant eksperymentu korzenie najintensywniej przerastają glebę w okresie wiosennym. Latem i jesienią natomiast wartość współczynnika DK:MK zmniejsza się w porównaniu z wcześniejszym terminem nawet o 33,2-58,9%.

Tabela 4. Obliczone współczynniki cechusiabyśh biometrycznych mieszanek traw gazonowych w trzecim sezonie wegetacyjnym 2012

Table 4. Calculated coefficients of biometric features of lawn grass mixtures in the third growing season (2012)

A	B	C							
		W	L	J	Średnia Mean	W	L	J	Średnia Mean
		MK:MN				DK:MK			
M I	BZ	0,07	0,22	0,26	0,18	43,56	27,25	20,53	30,45
	Z	0,07	0,18	0,28	0,18	37,63	27,71	19,88	28,41
Średnia / Mean		0,07	0,2	0,27	0,18	40,595	27,48	20,205	29,43
M II	BZ	0,10	0,25	0,32	0,22	54,94	32,86	31,55	39,78
	Z	0,10	0,21	0,22	0,18	54,82	38,93	41,79	45,18
Średnia / Mean			0,10	0,27	0,20	54,88	35,90	36,67	42,48
M III	BZ	0,15	0,33	0,40	0,29	105,47	36,04	35,72	59,08
	Z	0,22	0,24	0,32	0,26	62,03	36,93	32,95	43,97
Średnia / Mean		0,19	0,29	0,36	0,28	83,75	36,49	34,34	51,52
Średnia dla C Mean for C		0,12	0,24	0,30	0,21	59,74	33,29	30,40	41,14
		A		0,02			7,44		
		B		0,02			n.i.		
NIR _{0,05}		C		0,02			5,13		
LSD _{0,05}		A×B		0,03			8,30		
		A×C		n.i.			10,37		
		B×C		0,03			6,68		

Objaśnienia jak w tabeli 3 / Explanations as in Table 1

Dobrym wyznacznikiem wpływu zagęszczania gleby na jakość trawników jest ocena ogólnego aspektu trawnika (OA), stopnia zadarnienia (ZA) i współczynnika UWT (tab. 5). Zagęszczanie gleby poprzez jej wałowanie w istotny sposób wpływa negatywnie na ogólny aspekt trawnika i stopień jego zadarnienia. W przypadku określonych wskaźników OA i ZA były one najbardziej korzystne dla M II a najniższe dla M III. Należy podkreślić, że w całym okresie pomiarowym (wiosna, lato, jesień) obserwowano wyraźne różnice pomiędzy obiektami z wałowaniem i bez tego zabiegu. Potwierdzeniem tego są statystycznie wyższe wartości współczynników UWT dla obiektów wałowanych.

Uzyskane wyniki badań dotyczące wpływu zagęszczania gleby na cechy morfologiczne korzeni i masy nadziemnej ocenianych trawnikowych mieszanek kępowych traw gazonowych są jedynie w części zbieżne z wynikami badań prowadzonymi przez Lipiec i in. (1991), Taylor i Brar (1991), Kopeć i Głąb (1999 i 2002) oraz Głąb (2015). Badania potwierdzają, że jedynie w przypadku mieszanki M III zagęszczanie gleby wpływa zdecydowanie negatywnie nie tylko zmniejszanie masy korzeni i ich długość, ale i inne oceniane parametry i obliczone współczynniki. Należy zaznaczyć, że skład tej mieszanki stanowią trzy gatunki kostrzew. Z kolei mieszanki M I i M II w zróżnicowany sposób reagują na zagęszczenie gleby. Mieszanka MII, której skład stanowią *F. arundinacea* odm. Tarmena (30%), *F. ovina* odm. Noni (50%) oraz *L. perenne* odm. Stadion (20%) jest tą, u której stwierdzono najmniejszy negatywny wpływ na zagęszczenia gleby w jej wierzchniej warstwie.

Tabela 5. Wartości cech jakościowych mieszanek traw gazonowych w trzecim sezonie wegetacyjnym 2012
Table 5. Values of quality characteristics of lawn grass mixtures in the third growing season in 2012

A	B	C											
		W	L	J	Średnia Mean	W	L	J	Średnia Mean	W	L	J	Średnia Mean
		1				2				3			
M I	BZ	6,2	6,5	5,6	6,1	7,0	7,5	7,0	7,2	0,197	0,222	0,207	0,209
	Z	6,5	5,9	5,4	5,9	7,2	6,7	6,6	6,8	0,198	0,185	0,188	0,190
Śred. / Mean		6,4	6,2	5,5	6,0	7,1	7,1	6,8	7,0	0,198	0,204	0,198	0,200
M II	BZ	6,9	6,5	6,4	6,6	7,3	7,4	7,2	7,3	0,203	0,215	0,206	0,208
	Z	6,5	6,3	6,2	6,3	7,2	7,1	7,0	7,1	0,204	0,199	0,195	0,199
Śred. / Mean		6,7	6,4	6,3	6,5	7,3	7,3	7,1	7,2	0,204	0,207	0,201	0,204
M III	BZ	5,9	6,2	4,7	5,6	6,2	6,6	6,2	6,3	0,157	0,173	0,175	0,168
	Z	5,1	5,9	5,0	5,3	5,9	6,4	5,4	5,9	0,155	0,167	0,144	0,155
Śred. / Mean		5,5	6,1	4,9	5,5	6,1	6,5	5,8	6,1	0,156	0,170	0,160	0,162
Śred. dla C Mean for C		6,2	6,2	5,5	6,0	6,8	7,0	6,6	6,8	0,186	0,193	0,186	0,188
		A	0,13						0,11	0,007			
		B	0,10						0,09	0,004			
NIR _{0,05} / LSD _{0,05}		C	0,13						0,12	0,007			
		A×B	n.i.						n.i.	n.i.			
		A×C	0,23						0,20	n.i.			
		B×C	0,18						0,16	0,008			

1 – ogólny aspekt trawnika / general aspect of lawn, aesthetic value; 2 – zadarnienie trawnika / sward density; 3 – współczynnik użytkowej wartości trawnika / coefficient of functional value of lawn; pozostałe objaśnienia jak w tabeli 3 / other explanations as in Table 3

Stwierdzona w badaniach zmienna reakcja systemów korzeniowych muraw trawnikowych na zagęszczenie gleby wpłynęła również znacząco na ich skład gatunkowy w trzecim roku użytkowania. Ocena badanych mieszanek pod względem ich

składu gatunkowego w tym okresie wskazuje, że gatunkami pozytywnie reagującymi na zwiększone zagęszczenie gleb jest *L. perenne* odm. Stadion i *F. ovina* odm. Noni. Odmiana Stadion, której początkowy udział w mieszance M I wynosił 25% a mieszance M II 20%, zdecydowanie zdominowała oceniane murawy trawnikowe z jej znacznym udziałem, zwłaszcza na powierzchniach wałowanych. Końcowa ocena fitosocjologiczna muraw trawnikowych wskazuje, że udział tego gatunku po trzech latach eksperymentu w M I zwiększył się odpowiednio od 71% (powierzchnie kontrolne) do 83% (powierzchnie wałowane). W mieszance M II udział odm. Stadion był również dominujący i stanowił odpowiednio 71% (powierzchnie kontrolne) i 73% (powierzchnie wałowane). Z kolei w mieszance M III z kostrzewami jedynie odm. Noni zwiększyła swój udział i na powierzchniach wałowanych jej obecność w runi wynosiła 56% przy obecności 48% na powierzchniach kontrolnych. Najbardziej negatywnie na zagęszczenie gleb reagowały *F. rubra* i *F. arundinacea*. Taką reakcją traw na zmiany zagęszczenia gleby może wiązać z wzajemną konkurencyjnością, ale i oddziaływaniem gatunków względem zapotrzebowania na składniki pokarmowe, światło i wodę. Potwierdzeniem tych zależności są wyniki prac Kopeć i Głąb (2002), Wolski i in. (2006), Żabiński i Jezierski (2011), które wskazują, że najbardziej odpornymi gatunkami traw na zwiększone zagęszczenie gleb i intensywne użytkowanie są *L. perenne* i w mniejszym stopniu *F. rubra*. Zdecydowana zmiana składu gatunkowego mieszanek przyczynia się do jednoczesnego pogorszenia cech jakościowych trawników, czego wyrazem są statystycznie potwierdzone niskie wartości ogólnej oceny trawnikowej (OA), stopnia zadarnienia (OZ) oraz współczynnika UWT. Wyniki przeprowadzonych badań mogą zatem stanowić ważne kryterium w zakresie prac hodowlanych nad nowymi odmianami i oceną przydatności doboru mieszanek na powierzchni trawiaste narażone na zwiększone zagęszczenie gleby.

WNIOSKI

1. Zagęszczenie gleb poprzez wałowanie nie wpływa istotnie na zmniejszenie masy nadziemnej w ocenianych mieszankach traw. Największe plony masy nadziemnej zarówno w formie ścierni, jak i zielonej masy koszonej uzyskano dla mieszanki M I a najniższe dla mieszanki M III.
2. Skutkiem zwiększonego zagęszczenia gleb jest zmniejszenie masy korzeniowej traw przy jednoczesnym zmniejszeniu długości korzeni z wyjątkiem mieszanki M II.
3. Na skutek zagęszczania gleby pogorszeniu ulegają wskaźniki jakościowe trawników wyrażone poprzez ogólną ocenę trawnika (OA), stopień zadarnienia (OZ) i współczynniki użytkowej wartości trawnika (UWT).

4. W ocenianych mieszankach traw kępowych zwiększone zagęszczenie gleb przyczynia się do zmiany składu gatunkowego. W mieszankach trawnikowych z udziałem *Lolium perenne* gatunek ten staje się dominujący.

PIŚMIENNICTWO

- Bouwman L.A., Arts W.B.M., 2000. Effects of soil compaction on the relationships between nematodes, grass production and soil physical properties. *Appl. Soil Ecol.*, 14, 213-222.
- Cooc A., Marriott C.A., Seel W., Mullins E.C., 1996. Effects of soil mechanical impedance in root and shoot growth of *Lolium perenne* L., *Agrostis capilaris* and *Trifolium repens* L. *J. Exp. Bot.*, 47, 1075-1084.
- Czarnecki Z., 2002. Zmiany zadarnienia mieszanek trawiastych w okresie czteroletniego intensywnego użytkowania. *Przegląd Nauk. Inż. i Kszt. Środ.*, Rocz. XI, 1(24), 163-168.
- Domański P., 1992. System badań i oceny odmian traw gazonowych w Polsce. *Biul. IHAR*, 183, 252-263.
- Domżał H., Słowińska-Jurkiewicz A., Turski R., Hodara J., 1984. Ugniatanie jako czynnik kształtujący fizyczne właściwości gleby. *Roczn. Nauk Roln., Seria D, Monografie*, 198, 102.
- Domżał H., Hodera J., Pranagal J., Słowińska-Jurkiewicz A., 1995. Influence of heavy soil compaction on the morphometric parameters of soil structure, *Pol. J. of Sci.*, 23(1), 69-74.
- Głąb T., 2009. Analiza przyczyn zmian plonowania wybranych gatunków traw pod wpływem wielokrotnych przejazdów kół ciągnika (rozprawa habilitacyjna). *Inż. Rol.*, 3, ss 112.
- Głąb T., Kopeć S., 2009. Effect of Soil Compaction on Root System Morphology and Yields of Meadow Fescue (*Festuca Pratensis*) *Pol. J. Environ. Stud.*, 18(2), 219-225.
- Głąb T., Szewczyk W., Dubas E., Kowalika K., Jezierski T., 2015. Anatomical and morphological factors affecting wear tolerance of turfgrass. *Sci. Hortic.*, 185, 1-13.
- Grzebisz W., 1989. Wzrost korzeni roślin uprawnych w glebie zagęszczonej. *Fragm. Agron.*, 3(23), 19-31.
- Kopeć S., Głąb T., 1999. Reakcja korzeni kupkówki pospolitej, życicy trwałej i koniczyny łąkowej na ugniatające działanie kół ciągnika. *Folia Un. Agric. Stetinensis* nr 197, *Agricultura* 75, 71-74.
- Kopeć S., Głąb T., 2002. Wpływ ugniatania gleby na plonowanie i system korzeniowy życicy trwałej, PTL Łąkarstwo w Polsce, 5, 123-128.
- Lipiec J., Hakansson I., Tarkiewicz S., Kossowski J., 1991. Soil physical properties and growth of spring barley related to the degree of compactness of two soils. *Soil Till. Res.*, 19, 307-317.
- Lipiec J., Medvedev V. V., Birkas M., Dumitru E., Lindina T.E., Rousseva S., Fulajtar E., 2003. Effect of soil compaction on root growth and crop yield in Central in Eastern Europe. *Int. Agrophys.*, 17, 61-69.
- Lipiec J., Stepniowski W., 1995. Effect of soil compaction and tillage system on uptake losses of nutrients. *Soil Till. Res.*, 35, 37-52.
- Moraczewski I., 2008. RadixNova. Wydawca cortexnova, (www.cortexnova.com). Bydgoszcz.
- Pabin J., 1999. Wpływ stanu fizycznego gleby w warstwie ornej i podornej na vegetację i plonowanie roślin. *Acta Agroph.*, 23, 217-233.
- Pagliai M., La Marca M., Lucamate G., 1983. Micromorphometric and micromorphological investigation of a clay loam soil in viticulture under zero and conventional tillage. *Soil Sci.*, 34, 391-403.
- Polskie Towarzystwo Gleboznawcze, 2011. Polish Soil Classification. *Soil Sci. Ann.*, 62(3), 158-163.
- Prończuk S., 1993. System oceny traw gazonowych. *Biul. IHAR*, 186, 127-132.
- Raper R.L., 2005. Agricultural traffic impacts on soil. *J. Terramechanics*, 42, 259-280.

- Sołtysik A., Miatkowski Z., 2003. Rozmieszczenie korzeni roślin uprawnych w glebie w warunkach stosowania zabiegów agromelioracyjnych. Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie, 7, 1-79.
- Taylor H.M., Brar G.S., 1991. Effect of soil compaction on root development. Soil Till. Res., 19, 111-119.
- Wolski K., Gawęcki J., Bartmański A., Sokulska D., Baranowski M., 2006. Analiza przydatności gatunków i odmian traw gazonowych oraz ich mieszanek do zakładania muraw piłkarskich. Zesz. Nauk. Uniw. Przyr. we Wrocławiu, Rol., LXXXVIII (545), 285-291.
- Żabiński A., Jezierski T., 2011. Wpływ wielokrotnych przejazdów ciągnika na dynamikę wzrostu i plonowanie życicy trwałej *Lolium perenne* L., Inż. Rol., 5(130), 299-305.
- Żyłka D., 2001. Próba kompleksowej oceny wartości użytkowej i nasiennej odmian traw gazonowych na przykładzie *Poa pratensis* L., Zesz. Prob. Post. Nauk Rol., 474, 155-167.

EFFECT OF SOIL COMPACTION ON GROWTH DYNAMICS OF LAWN GRASS MIXTURES

Zofia Stypczyńska¹, Andrzej Dziamski¹, Jan Schmidt²

¹Department of Botany and Ecology University of Technology and Life Sciences
Prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, Poland

³Institute of Plant Breeding and Acclimatization, National Research Institute
Jeździecka 5, 85-687 Bydgoszcz, Poland
e-mail: styzo@utp.edu.pl

Abstract. The paper demonstrates the research results of a three-year field experiment performed in the Botanical Garden of the Plant Breeding and Acclimatization Institute (IHAR) in Bydgoszcz. Three mixtures of lawn turf grasses were evaluated. The first mixture (M I) components included *Festuca rubra* (75%) and *Lolium perenne* (25%). The second mixture (M II) was composed of *Festuca arundinacea* (30%), *Festuca ovina* (50%) and *Lolium perenne* (20%). The third mixture (M III) was made up of *Festuca ovina* (30%), *Festuca rubra* (35%) as well as *Festuca heterophylla* (35%). The grass root systems and other lawn characteristics were evaluated at three dates: in spring (May), in summer (July) and in autumn (October). The research showed that soil compaction decreased the root weight significantly, as compared with the control treatments. Higher aboveground mass yields, both in the form of stubble and mowed green matter, except for mixture M III, were recorded for the control treatments; the highest values for mixture M I and the lowest – for mixture M III. The decrease in root length was more varied, with a positive response to soil compaction in the form of increased grass root length being reported for M II. Soil compaction showed a negative impact on the overall value of the lawn and the turfing level of the lawn areas evaluated.

Keywords: lawn grasses, soil rolling, root weight, root length, lawn assessment

