

Kamil Prokopiuk

Wpływ wydłużania wegetacji traw na jakość murawy boisk piłkarskich

Praca doktorska wykonana
w Zakład Traw, Roślin Motylkowatych i Roślin Energetycznych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy

Praca wykonana pod kierunkiem:
dr hab. inż. Grzegorza Żurka, prof. nadzw. IHAR – PIB

Recenzenci:
Dr hab. Barbara Golińska
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Prof. dr hab. Kazimierz Grabowski
Uniwersytet Warmińsko – Mazurski w Olsztynie

Radzików 2016

Badania w ramach pracy doktorskiej pt: „*Wpływ wydłużania wegetacji traw na jakość murawy boisk piłkarskich*” były współfinansowane przez Unię Europejską w ramach Śródków Europejskiego Funduszu Społecznego



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Mazowsze.
serce Polski

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt systemowy pn. *Potencjał naukowy wsparciem dla gospodarki Mazowsza – stypendium dla doktorantów* jest współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego i Krajowych Środków Publicznych – Poddziałanie 8.2.2 Program Operacyjny Kapitał Ludzki 2007 - 2013

1. WSTĘP	2
2. CEL I HIPOTEZA BADAWCZA	3
3. WARUNKI DOŚWIADCZENIA ORAZ UŻYTY MATERIAŁ DOŚWIADCZALNY... 3	
3.1. Lokalizacja i warunki glebowe.....	3
3.2. Warunki klimatyczne – ogólna charakterystyka okresu badawczego.....	3
3.3. Materiały.....	4
3.4. Zabiegi pielęgnacyjne.....	4
4. CHARAKTERYSTYKA ZASTOSOWANYCH CZYNNIKÓW BADAWCZYCH	7
4.1. Okrywanie murawy	7
4.2. Symulacja użytkowania sportowego.....	8
5. METODYKA BADAŃ	8
5.1. Ocena warunków klimatycznych w okresie badań	8
5.2. Metody oceny cech trawnikowych	9
5.3. Procedura badawcza cech morfologicznych części nadziemnych i podziemnych	10
5.4. Metoda badania zwięzłości oraz wilgotności podłoża	11
5.5. Metoda oceny względnej zawartości chlorofilu	11
5.6. Analizy statystyczne.....	11
6. WYNIKI.....	12
6.1. Analiza zróżnicowania warunków pogodowych w okresie badań	12
6.2. Wpływ okrywania agrowłókniną na temperaturę murawy i gleby	13
6.3. Jakość darni.....	14
6.3.2. Ocena występowania chorób traw	14
6.3.3. Ocena rozwoju systemu korzeniowego.....	15
6.3.4. Ocena zwięzłości podłoża.....	16
6.3.5. Indeks chlorofilu (IC)	17
6.3.6. Ocena wpływu czynników badawczych na liczbę pędów.....	17
9. WNIOSKI.....	18
10. LITERATURA.....	20

1. Wstęp

W wielu krajach świata, w tym również w Polsce, piłka nożna jest uważana za najpopularniejszą dyscyplinę sportową (Ciury, 2012; Dunning, 2013; Omyłka-Rudzka, 2013). Świadczą o tym liczby osób uprawiających ten sport w Polsce (ryc. 1) (GUS, 2012). Kolejnym dowodem na ogromną popularność piłki nożnej w naszym kraju jest liczba obiektów dedykowanych tej dyscyplinie sportu. Na podstawie danych GUS (2012) w roku 2010 było 5 478 boisk do gier wielkich, w tym 99,2% przeznaczonych było do uprawiania piłki nożnej za to liczba stadionów (2238) w zdecydowanej większości (64%) przeznaczona jest do gry w piłkę nożną.



Ryc. 1. Ćwiczący piłkę nożną a na tle innych sportów w klubach sportowych w 2010 roku.
Źródło GUS 2012

W roku 2005, Polski Związek Piłki Nożnej wydał rozporządzenie mówiące, że każdy stadion dopuszczony do najwyższego szczebla rozgrywek w Polsce ma obowiązek od sezonu piłkarskiego 2007/2008 posiadać system podgrzewania murawy (PZPN, 2005). Efektem wymienionych wyżej uwarunkowań było powstanie ponad 50 boisk z systemem podgrzewania w różnych ośrodkach sportowych (szacunkowe dane niepublikowane). To implikuje pytanie: „*Jaką należy przyjąć strategię regulowania temperatury podłoża, aby nie wpłynęło to negatywnie na wzrost oraz rozwój traw, a tym samym na jakość murawy?*”

Z drugiej strony liczba boisk z systemem podgrzewania murawy to niewielki procent wszystkich obiektów piłkarskich. Dlatego kolejne pytanie brzmi „*Czy istnieje alternatywny system umożliwiający wydłużenie wegetacji traw?*” Jest to szczególnie ważne zwłaszcza dla klubów piłkarskich niższych lig, które część sezonu piłkarskiego rozgrywają w okresie braku naturalnej wegetacji traw: na początku marca oraz do połowy listopada, kiedy to zdarzają się dni mroźne i śnieżne.

Znane są rozwiązania dające możliwość wydłużenia okresu wegetacji w ogrodnictwie poprzez okrywanie roślin agrowłókniną, co jest metodą prostą i taną. Wraz z oczekiwanym pozytywnym efektem okrywania muraw, stymulacja wegetacji traw może jednak wywołać efekty niekorzystne w

postaci np. większej podatności roślin na choroby, spadku odporności na niskie temperatury (rozhartowanie) czy też mniejszą tolerancję na intensywne użytkowanie. Zidentyfikowanie jak największej liczby aspektów omawianego zagadnienia, umożliwi opracowanie szczegółów tej metody i upowszechnienie jej stosowania na obiektach sportowych pozbawionych podgrzewanych muraw, jak również na wyposażonych w ten system, jako rozwiązanie alternatywne na okoliczność np. awarii systemu podgrzewania.

2. Cel i hipoteza badawcza

Celem niniejszej pracy jest określenie wpływu wydłużenia okresu wegetacji zachodzącego pod wpływem zmiany warunków mikroklimatu pod agrowłókniną na wartość użytkową murawy, jej walory estetyczne, zmiany zachodzące w strukturze gatunkowej runi oraz morfologię systemu korzeniowego, z uwzględnieniem symulacji użytkowania sportowego.

W niniejszej pracy postanowiono zweryfikować hipotezy badawcze dotyczące reakcji traw na sztuczne wydłużenie okresu wegetacji w warunkach klimatycznych centralnej części Polski:

1. Okrycie murawy białą agrowłókniną po zakończeniu wegetacji jak i przed jej ruszeniem, spowoduje, że w okresach tych trawy będą w stanie, odpowiednio, kontynuować wegetację bądź ją wznowić.
2. Wydłużenie okresu wegetacji traw wpłynie pozytywnie na jakość muraw sportowych.

3. Warunki doświadczenia oraz użyty materiał doświadczalny

3.1. Lokalizacja i warunki glebowe

Doświadczenie założono na polach doświadczalnych Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin - Państwowego Instytutu Badawczego w Radzikowie (52°12'49"N i 20°38'33"E).

Doświadczenie zlokalizowano na terenie otwartym w warunkach pełnego nasłonecznienia na glebie glina piaszczysta (gp) o niskiej zawartości azotu i potasu oraz wysokiej zawartości magnezu. Zawartość fosforu oraz wapnia były na poziomie optymalnym. Odczyn gleby na obu powierzchniach doświadczalnych był zasadowy.

3.2. Warunki klimatyczne – ogólna charakterystyka okresu badawczego

W okresie, w którym realizowano badania (2010 – 2014) najchłodniejszym rokiem był rok 2010 (0,4°C poniżej średniej dla wielolecia), a najcieplejszym był ostatni rok badań (1,5°C powyżej średniej wielolecia). W pozostałych latach badań średnie temperatury roczne były również wyższe od średniej z wielolecia.

Najcieplejszym miesiącem podczas wszystkich lat badań okazał się lipiec, którego średnia dobową temperaturą wahała się w poszczególnych latach od 18,3°C do 21,7°C. Z kolei najchłodniejszym miesiącem był styczeń (średnia dobową temperaturą poniżej 0°C) oraz luty (z wyjątkiem roku 2014).

Suma opadów każdego roku badań była wyższa od średniej wielolecia i wynosiła 461,8 mm. Najwyższą sumę opadów odnotowano w 2010 roku - 709,4 mm. Najmniej opadów było w roku 2013 – 610,0 mm. Najobfitszym w deszczu miesiącem był lipiec w 2011 roku, gdzie odnotowano 293,2mm. Z kolei w listopadzie 2014 roku odnotowano zaledwie 3,2 mm opadu.

3.3. Materiały

Materiałami badawczymi były komercyjne mieszanki traw gazonowych o przeznaczeniu sportowym (doświadczenie I) – tab. 1 oraz odmiany gazonowe traw w obrębie trzech gatunków: życicy trwałej (*Lolium perenne* L.), wiechlina łąkowej (*Poa pratensis* L.) oraz kostrzewy czerwonej (*Festuca rubra* L.) (doświadczenie II) – tab. 2.

Badania prowadzone w latach 2010 – 2014 obejmowały dwa doświadczenia:

a) doświadczenie I – wysiew mieszanek trawnikowych nastąpił wiosną 2009 roku i badania realizowano przez kolejne 4 lata: 2010 – 2013.

b) doświadczenie II – wysiew odmian gazonowych traw nastąpił jesienią 2011 roku i badania realizowano przez kolejne 3 lata: 2012 – 2014.

W tabelach 2 i 3 przedstawiono szczegółowo materiał badawczy

Oba doświadczenia założono metodą split-block w trzech powtórzeniach, gdzie 4 poletka o powierzchni 1 m² dla każdej mieszanki były zlokalizowane obok siebie. Nasiona mieszanek wysiewano w ilości 25 g·m⁻² – zgodnie z zaleceniami dla boisk piłkarskich (PIN 2004) a pojedyncze odmiany (doświadczenie II) przyjęto normy wysiewu: życica trwała - 20 g·m⁻²; wiechlina łąkowa - 10 g·m⁻²; kostrzewa czerwona - 15 g·m⁻².

3.4. Zabiegi pielęgnacyjne

Doświadczenia były pielęgnowane zgodnie z wytycznymi dla trawnika intensywnego typu „SPORT” (Prończuk 2002):

- Koszenie na wysokość 3 cm przynajmniej raz w tygodniu.
- Nawożenie nawozami wieloskładnikowymi, gdzie przyjętą dawką czystego składnika azotu było 200 kg/ha podzielona na 8 dawek.
- Nawadnianie wykonywano za pomocą systemu automatycznego nawadniania w okresach suszy. Jednorazowa dawka nawadniania wynosiła ok. 15 l·m⁻².
- Zabiegi środkami ochrony roślin. Podczas badań raz do roku w celu usunięcia chwastów dwuliściennych użyto herbicyd w dawce 1 l·ha⁻¹ (substancja aktywna 250 g fluoroksypiry w formie estru I-metylo heptylowego).

Nie stosowano zapobiegawczo oraz prewencyjnie żadnych środków ochrony roślin z grupy fungicydów.

Tabela 2. Wykaz mieszanek zastosowanych w badaniach w doświadczeniu I

Lp.	Producent	Nazwa mieszanki	Gatunek	Odmiana	%	Pochodzenie odmiany
1	Royal BARENBRUG Group BV Nijmegen (NL)	RAPIDE	<i>Lolium perenne</i> <i>Lolium perenne</i> <i>Lolium perenne</i> <i>Poa pratensis</i>	Barrage Bartwingo Henrietta Baron	25 25 25 25	NL NL GER NL
2	Royal BARENBRUG Group BV Nijmegen (NL)	SUPER SPORT	<i>Lolium perenne</i> <i>Lolium perenne</i> <i>Poa pratensis</i> <i>Poa pratensis</i>	Barrage Bartwingo Conni Miracle	25 25 25 25	NL NL DE NL
3	Eurograss B.V. Lippstadt (GER)	310 Profi	<i>Lolium perenne</i> <i>Lolium perenne</i> <i>Poa pratensis</i> <i>Poa pratensis</i> <i>Poa pratensis</i>	Talgo Eterlou Lincolnshie Limousine Lilly	25 15 25 20 15	GER GER GER GER GER
4	The Scotts Com. Gervis (USA)	PROSELECT NXT 204	<i>Lolium perenne</i> <i>Lolium perenne</i> <i>Poa pratensis</i> <i>Poa pratensis</i>	Transate Fairway Compact Thermal Blue	50 20 20 10	FR USA NL USA
5	HORTNAS Sp. z o.o. Tarnowo Podgórne (PL)	SPORTOWA	<i>Lolium perenne</i> <i>Lolium perenne</i> <i>Poa pratensis</i> <i>Festuca rubra</i>	Talgo Lex 86 Bila Wilma	20 30 10 40	NL DE PL DE
6	Przedsiębiorstwo Produkcyjno – Usługowe – Handlowe „Nasiennik” Sp. z o.o. Turek (PL)	SUPER SPORT	<i>Lolium perenne</i> <i>Poa pratensis</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Festuca rubra</i>	Stadion Omar Areta Adio Mirena	35 10 15 25 15	PL GER PL PL PL
7	ROLL-TRAW Warszawa (PL)	SPORT	<i>Lolium perenne</i> <i>Lolium perenne</i> <i>Lolium perenne</i> <i>Lolium perenne</i> <i>Poa pratensis</i> <i>Poa pratensis</i> <i>Festuca rubra</i>	Stadion Bokser Plasir Taya Omar Conni Olivia	30 20 10 10 10 10 10	PL PL FR DE GER DE GER
8	VILMORIN Clause & Cie St Quentin Fallavier (FR)	SPORT	<i>Lolium perenne</i> <i>Poa patensis</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Festuca rubra</i>	Esquire Ikone Calliope Mystic	35 20 15 30	DE DE DE DE
9	Małopolska Hodowla Roślin Kraków (PL)	SPORTOWA	<i>Lolium perenne</i> <i>Lolium perenne</i> <i>Poa pratensis</i> <i>Poa pratensis</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Festuca arundinacea</i>	Inka Niga Alicja Miracle Areta Asterix	57 10 8 7 5 13	PL PL PL DE PL NL
10	Przedsiębiorstwo Produkcyjno – Handlowe CENTNAS sp. z o.o. Krotoszyn (PL)	SPORT	<i>Lolium perenne</i> <i>Lolium perenne</i> <i>Poa pratensis</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Festuca arundinacea</i>	Libronco Henrietta Bila Areta Starletta	40 15 5 30 10	GER GER PL PL DE
11	Rolimpex Nasiona S.A. Warszawa (PL)	MIESZANKA SPORTOWA użytkowanie intensywne	<i>Lolium perenne</i> <i>Lolium perenne</i> <i>Poa pratensis</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Festuca arundinacea</i>	Naki Niga Balin Leo Fawn	55 20 5 10 10	PL PL DE PL USA
12	Sowul & Sowul Biskupiec (PL)	SPORT	<i>Lolium perenne</i> <i>Lolium perenne</i> <i>Poa pratensis</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Festuca arundinacea</i>	Stadion Nigra Evora Leo Corail Olympic-Gold	17 23 30 10 10 10	PL PL DE PL DE DE

Tabela 3. Wykaz gatunków i odmian zastosowanych w doświadczeniu II.

Gatunek	Odmiana	Hodowla	Uwagi*
<i>Lolium perenne</i>	Bokser	Hodowla Roślin Bartązek Sp. z o.o. Grupa IHAR Bartązek (PL)	Odmiana zarejestrowana w 2005 roku; w roku 2010 była reprodukowana przez 209 plantatorów, oraz ze wszystkich odmian gazonowych w Polsce miała największy powierzchnię reprodukcji nasion – ponad 690 ha.
<i>Lolium perenne</i>	Stadion	Hodowla Roślin Bartązek Sp. z o.o. Grupa IHAR Bartązek (PL)	Odmiana zarejestrowana w 1995 roku o przeznaczeniu na obiekty sportowe. W 2010 roku była reprodukowana na powierzchni ponad 330 ha.
<i>Lolium perenne</i>	Kinga	Małopolska Hodowla Roślin Kraków (PL)	Odmiana zarejestrowana w 2007 roku, najnowsza polska odmian gazonowa w roku 2010. Reprodukacja na powierzchni 0,3ha
<i>Lolium perenne</i>	Bargold	Royal BARENBRUG Group BV Nijmegen (NL)	Odmiana zarejestrowana w 2006 roku w Polsce. Wzorzec europejski w badaniach trawnikowych
<i>Lolium perenne</i>	Taya	DLF –Trifolium Roskilde (DE)	Odmiana zarejestrowana w 1999 roku. Brak reprodukcji nasion w Polsce. Odmiana o dużej tolerancji na pleśń śniegową (inf.ustna, S. Prończuk)
<i>Poa pratensis</i>	Jarotka	Hodowla Roślin Bartązek Sp. z o.o. Grupa IHAR Bartązek (PL)	Odmiana zarejestrowana w 2008 roku i reprodukowana na powierzchni 1 ha
<i>Poa pratensis</i>	Sójka	Hodowla Roślin Bartązek Sp. z o.o. Grupa IHAR Bartązek (PL)	Odmiana zarejestrowana w 2008 roku. W 2010 była drugą co do wielkości powierzchni reprodukcji nasion w Polsce – 27,05 ha
<i>Poa pratensis</i>	Alicja	Małopolska Hodowla Roślin Kraków (PL)	Najstarsza polska odmiana gazonowa wiechliny łąkowej – 1966 rok. W roku 2010 powierzchnia reprodukcji nasion wynosiła ponad 9 ha
<i>Poa pratensis</i>	Conni	DLF –Trifolium Roskilde (DE)	Odmiana zarejestrowana w 1999 roku w Polsce. Wzorzec europejski w badaniach trawnikowych. Brak reprodukcji w Polsce nasion w 2010 roku.
<i>Poa pratensis</i>	Impact	Jacklin Seed Co. Idaho (USA)	Odmiana nie zarejestrowana w Polsce, z hodowli w USA.
<i>Festuca rubra comutata</i>	Rapsodia	Hodowla Roślin Bartązek Sp. z o.o. Grupa IHAR Bartązek (PL)	Odmiana zarejestrowana w 2005 roku. Reprodukacja nasion na powierzchni ponad 6 ha
<i>Festuca rubra comutata</i>	Nimba	Małopolska Hodowla Roślin Kraków (PL)	Odmiana zarejestrowana w 1991 roku oraz polski wzorzec wśród kostrzewy kępowej
<i>Festuca rubra comutata</i>	Musica	R2n Cedex (FR)	Wzorzec europejski w badaniach trawnikowych. Reprodukacja nasion w Polsce w latach 2000 – 2008
<i>Festuca rubra rubra</i>	Dark	Hodowla Roślin Bartązek Sp. z o.o. Grupa IHAR Bartązek (PL)	Odmiana zarejestrowana w 2005 roku i reprodukowana na powierzchni prawie 40 ha w 2010 roku
<i>Festuca rubra rubra</i>	Barma	Poznańska Hodowla Roślin Tulce (PL)	Odmiana zarejestrowana w 1999 roku i reprodukowana na powierzchni prawie 45 ha w 2010 roku
<i>Festuca rubra rubra</i>	Grobła	Rolimpe Nasiona S.A. Warszawa (PL)	Odmiana zarejestrowana w 2003 roku i reprodukowana na powierzchni 43,1 ha w 2010 roku

* dane pochodzą z Listy odmian roślin rolniczych 2010 pod redakcją dyrektora COBORU (Gacek, 2010); danych Państwowej Inspekcji Ochrony Roślin i Nasiennictwa z roku 2010 opublikowanych na stronie www.piorin.gov.pl (PIORiN, 2010) oraz informacji ustnych.

4. Charakterystyka zastosowanych czynników badawczych

Powierzchnie obydwu doświadczeń zostały podzielone na 4 części, z których każda poddawana była odmiennemu traktowaniu. Część kontrolna nie podlegała żadnym zabiegom, za wyjątkiem standardowej pielęgnacji. W dalszej części pracy warianty doświadczenia posiadały oznaczenia według tabeli 4.

Tabela 4. Przyjęte oznaczenia wariantów doświadczenia

Wariant doświadczenia	Objaśnienie
0 / 0	warunki kontroli (brak okrywania agrowłókniną oraz brak symulacji użytkowania sportowego)
1 / 0	tylko symulacja użytkowania sportowego
1 / 1	okrywanie agrowłókniną oraz symulacja użytkowania sportowego
0 / 1	tylko okrywanie agrowłókniną

4.1. Okrywanie murawy

Pierwszym czynnikiem badawczym było okrywanie poletek doświadczalnych za pomocą agrowłókniny z polipropylenu, koloru białego o gramaturze 19 g·m⁻². Poletka były okrywane w następujących terminach:

- a) przełom zimy i wiosny, rozpoczynano okrywanie na około 2 tygodnie przed pierwszą symulacją użytkowania sportowego, a okrywę całkowicie zdejmowano w pierwszych dniach kwietnia.
- b) jesienią, okrywanie rozpoczynano w połowie października, a okrywę całkowicie zdejmowano w drugiej dekadzie listopada – po wykonaniu wszystkich obserwacji i pomiarów.

W każdym roku badań, darń była okrywana przez 90 dni: na przełomie zimy i wiosny 53 dni oraz jesienią 37 dni. W kolejnych latach, okresy okrywania przypadały w terminach podanej w tabeli 5:

Tabela 5. Wyznaczone daty okrywania poletek doświadczalnych agrowłókniną w kolejnych latach badań.

Rok	Okres „wiosenny”	Okres „jesienny”	Doświadczenie
2010	15.II - 7.IV	18.X - 23.XI	I
2011	15.II - 7.IV	14.X - 19.XI	I
2012	18.II - 11.IV	18.X - 23.XI	I i II
2013	25.II - 18.IV	15.X - 20.XI	II
2014	15.II - 7.IV	14.X - 19.XI	II

W lutym przed położeniem okrywy, z poletek doświadczalnych usuwano pokrywę śnieżną. Śnieg usuwano również wtedy, gdy poletka były okryte agrowłókniną i występowały opady śniegu. Agrowłóknina była mocowana do powierzchni za pomocą szpikulców lub małych wiader wypełnionych piaskiem. W momentach:

- a) realizacji symulacji użytkowania sportowego;
- b) wykonywania obserwacji i pomiarów;
- c) zabiegów pielęgnacyjnych;

agrowłóknina była zdejmowana z doświadczeń, co następowało przynajmniej 1 raz w tygodniu, lecz nie więcej niż 2 razy w tygodniu.

4.2. Symulacja użytkowania sportowego

Symulację użytkowania sportowego prowadzono w okresach zgodnych z przyjętym w Polsce terminarzem rozgrywek piłkarskich dla klubów I ligi: od połowy marca do pierwszych tygodni czerwca oraz od połowy sierpnia do pierwszej dekady listopada. Symulowane użytkowanie sportowe polegało na wałowaniu za pomocą wału gładkiego o masie 60 kg i szerokości 60 cm, przy zaopatrzeniu osoby prowadzącej wał w buty sportowe tzw. korki piłkarskie. Ilość symulacji wynosiła po 15 „wiosną” i „jesienią”, czyli odpowiadała 15 kolejkom piłkarskim każdej rundy „wiosennej” i „jesiennej”. Każdy pojedynczy cykl symulacji polegał na 20-krotnym przejściu z wałem przez poletka.

Symulację użytkowania sportowego wykonywano w okresach podanych w tabeli 66:

Tabela 6. Wyznaczone okresy w których wykonywano symulację użytkowania sportowego na poletkach doświadczalnych w kolejnych latach badań.

Rok	Okres „wiosenny”	Okres „jesienny”	Doświadczenie
2010	12.III - 28.V	1.VIII - 15.XI	I
2011	10.III - 6.VI	11.VIII - 14.XI	I
2012	16.III - 28.V	10.VIII - 12.XI	I i II
2013	11.II - 4.VI	12.VIII - 12.XI	II
2014	10.III - 2.VI	11.VIII - 10.XI	II

5. Metodyka badań

5.1. Ocena warunków klimatycznych w okresie badań

Dla oceny warunków termicznych i wilgotnościowych w sezonach wegetacji, wykorzystano współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa, a dla scharakteryzowania okresu zimy posłużono się metodą Paczosa (1982).

Zgodnie z literaturą przyjęto w pracy, że sezon wegetacyjny dla roślin uważa się za okres ze średnią dobową temperaturą wyższą lub równą 5,0°C oraz średnią dobową temperaturą gleby wyższą lub równą 8,0°C (Lorenc, 2005; Nieróbca i inni, 2013).

Dla określenia wpływu przykrywania doświadczeń na zmiany w temperaturze, rejestrowano temperaturę murawy oraz gleby pod nią na głębokości 5 cm. Badania wykonywano w trybie ciągłym z częstotliwością 24 odczytów na dobę za pomocą bezprzewodowego rejestratora temperatur SPY RF firmy JRI Marant, spełniającego wymogi normy EN 12830 w zakresie pomiaru temperatury.

Pomiary temperatury runi i gleby nieokrywanej podawano według zapisów automatycznej stacji pogodowej MAWS101 firmy Vaisala zlokalizowanej na terenie Instytutu – około 50 m od

doświadczenia. Stacja ta rejestruje m.in. temperaturę powietrza na poziomie gruntu (0 cm) oraz gleby (5 cm) z częstotliwością, co godzinę

Dodatkowo, dla pełniejszej charakterystyki mikroklimatu w czasie realizacji badań wykonywano dodatkowe pomiary:

a) Pomiary natężenia promieniowania fotosyntetycznie czynnego (PAR).

Badania wykonywano w czasie okrywania poletek doświadczalnych agrowłókniną. Celem badań było określenie natężenia promieniowania fotosyntetycznie czynnego (PAR) przenikającego przez agrowłókninę w porównaniu z warunkami bez okrycia. Badania wykonywano dwa razy w tygodniu o godzinie 12:00 UTC (uniwersalny czas koordynowany) w trzech losowo wybieranych miejscach pod agrowłókniną w trzech powtórzeniach. Pojedynczy pomiar wykonywano w odstępach czasowych co 30 sekund. Badania wykonywano za pomocą fitofotometru FieldScout® Quantum Light Meter firmy Spectrum® Technologies, Inc.

b) Charakterystyka widma promieniowania widzialnego.

Charakterystykę widma promieniowania widzialnego wykonywano za pomocą spektrometri. Była to wersja prototypowa, udostępniona przez firmę Spectro Color z Łodzi (<http://www.spectrocolor.pl/>). Urządzenie mierzyło widmo promieniowania widzialnego w zakresie 380 – 780nm. Pomiary wykonywano raz na dwa tygodnie w dniu słonecznym o godzinie 12:00 UTC. Natężenie widma w poszczególnych jego zakresach jest w tym urządzeniu wyrażone w wartościach względnych.

c) Ocena względnej wilgotność powietrza przy powierzchni łąnu.

Badania wykonywano w okresach okrywania poletek doświadczalnych agrowłókniną. W celu określenia wilgotność względnej powietrza przy powierzchni łąnu wykorzystywano urządzenie HD 9216 firmy Delta OHM. Badania wykonywano dwa razy w tygodniu o godzinie 12:00 UTC w trzech losowo wybieranych miejscach pod agrowłókniną w trzech powtórzeniach. Pojedynczy pomiar wykonywano w odstępach czasowych, co 30 sekund. Wilgotność względną powietrza określano w procentach (%).

5.2. Metody oceny cech trawnikowych

Ocenę cech trawnikowych wykonano metodą bonitacyjną, opracowaną w IHAR - PIB (Prończuk 1993) (tab. 7). Wykonano następujące oceny w pełnych latach badań: ogólnego aspektu estetycznego (OA), zadarnienia (ZA), koloru darni (K). W ocenie posługiwano się 9-cio stopniową skalą według poniższych wskaźników:

Tabela. 7. Objasnienie wartości poszczególnych stopni skali bonitacyjnej w ocenie cech trawnikowych (wg. Prończuk, 1993)

Stopnie skali	Ogólny aspekt estetyczny OA	Zadarnienie ZA	Kolor darni K
1	Brak roślin	Brak roślin	Brak roślin
2	mizerny	0,1 % - 19,9% (bardzo słabe)	rośliny zaschnięte
3	słaby	≤ 20% (słabe)	zieleń – żółto - brunatna
4	słabo - dostateczny	≤ 45% (słabo – dostateczne)	zieleń żółknąca i bielejąca
5	dostateczny (zieleń mało atrakcyjna)	≤ 60% (dostateczne)	ziele szara brunatna
6	przeciętny, akceptowany	> 60,1% (akceptowane)	zieleń - niebieskawa
7	dobry	≤ 80% (dobre)	zieleń - jasna
8	bardzo dobry	≤ 99,9% (bardzo dobre)	zieleń - soczysta
9	idealny	100% (ideał)	zieleń ciemna

a) Choroby:

W momencie pojawiania się na powierzchni darni przebarwień, pożółknięć, itp. objawów mogących sugerować występowanie chorób, objawy przypisywano konkretnym jednostkom chorobowym według Vargas (2004) oraz Prończuk (2000). Stopień porażenia oceniano wizualnie zgodnie z metodyką Prończuk (2000):

Skala:	Procentowo porażona powierzchnia:
1	96 – 100% lub brak roślin
2	85 – 95%
3	75 – 85%
4	60 – 75%
5	30 – 50%
6	20 – 30%
7	10 – 15%
8	1- 5%
9	0%

5.3. Procedura badawcza cech morfologicznych części nadziemnych i podziemnych

W latach 2010 – 2014 w celu określenia zmian zachodzących w udziale poszczególnych gatunków w runi badanych mieszanek oraz zmian w budowie systemu korzeniowego, w czerwcu za pomocą próbnika glebowego pobierano rdzeń glebowy o średnicy 5 cm oraz długości 20 cm. Z każdego poletka pobierano po trzy rdzenie glebowe z miejsc najbardziej reprezentacyjnych dla poletka. System korzeniowy wypreparowano metodą sitową według Bohm (1985) oraz Smit i inni (2000) i wykonywano pomiary: długości systemu korzeniowego (w cm) oraz objętości systemu korzeniowego w cm³ (objętość wody wypartej po zanurzeniu systemu korzeniowego w menzurce o pojemności 700 cm³). Darni oddzielono następnie od systemu korzeniowego w miejscu węzła krzewienia. Darni rozdzielono na poszczególne gatunki i policzono liczbę pędów każdego gatunku. Za

to system korzeniowy został poddany suszeniu przez 2 tygodnie w temperaturze 60°C, dla ustalenia suchej masy systemu korzeniowego.

5.4. Metoda badania zwięzłości oraz wilgotności podłoża

Pomiar zwięzłości podłoża wykonywano za pomocą penetrometru ręcznego Eijkelkamp. Pomiar wykonywano raz w miesiąca od marca do października.

Na każdym poletku badawczym (1m na 1m) wykonywano jednorazowo po 3 pomiary, co dawało w sumie 504 pojedynczych pomiarów.

Badania wykonywano tylko na **poletkach z mieszankami sportowymi**.

W tych samych terminach co pomiary zwięzłości podłoża mierzono również wilgotność podłoża za pomocą sondy wilgotnościowej ThetapProbe typu ML2x firmy Delta-T Devices do głębokości 6 cm. Dokładność pomiaru wynosiła $\pm 1\%$. Pomiary wykonywano na całej powierzchni doświadczenia I w 12 losowo wybranych miejscach.

5.5. Metoda oceny względnej zawartości chlorofilu

Badania wykonywano za pomocą chlorofilomierza Field Scout CM100™ firmy Spectrum Technologies, Inc. Badania były prowadzone przez cały okres realizacji doświadczenia II, pod warunkiem, że:

- poletka nie były zaśniewane bądź, zalane wodą.
- dzień był słoneczny oraz natężenie PAR wynosiło co najmniej 250 – 300 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

Na każdym poletku raz w tygodniu wykonywano 3 pomiary.

Wyniki wyrażane są jako indeks względnej zawartości chlorofilu w wartościach względnych od 0 – 999. Pomiary te wykonywano **jedynie na doświadczeniu II**.

5.6. Analizy statystyczne

Zgromadzone dane obserwacyjne i pomiarowe analizowano za pomocą pakietu statystycznego: Statistica® w wersji 12.5 (StatSoft Inc., 2014) oraz SAS® 9.2 (Sas Intitute Inc., 2009) stosując analizy:

- wieloczynnikową analizę wariancji ANOVA według modelu stałego;
- porównanie średnich obiektowych w celu wyróżnienia tzw. grup homogenicznych za pomocą procedur porównań wielokrotnych Duncana;
- porównanie średnich obiektowych w celu wyróżnienia tzw. grup homogenicznych za pomocą procedur porównań wielokrotnych Fishera (LSD Studenta);
- porównanie średnich obiektowych ze wzorem (warunki kontroli doświadczenia) za pomocą obustronnego testu Dunetta.

6. Wyniki

6.1. Analiza zróżnicowania warunków pogodowych w okresie badań

Analizując warunki pogodowe i ich wpływ na wegetację traw przy zastosowaniu współczynnika hydrotermicznego Sielianałowa stwierdzono, że skrajnie suchymi miesiącami w roku wysiewu doświadczeniu I (2009 roku) były kwiecień i wrzesień. W kolejnych latach skrajnie suche były następujące miesiące: kwiecień 2010 roku, wrzesień 2011 roku, lipiec 2013 roku oraz październik 2014 rok. W okresie badań wystąpiły także miesiące skrajnie wilgotne: maj 2010 rok oraz lipiec 2011 rok. Na podstawie analizy wartości wskaźnika hydrotermicznego Sielianałowa stwierdzono również, że w miesiącach zimowych: grudzień 2011 i 2013 roku oraz w lutym 2014 roku istniały warunki dogodne dla wegetacji traw. Natomiast marzec w roku 2013 miał tak niskie temperatury, że można uznać go za miesiąc o warunkach niesprzyjających wegetacji.

Analiza danych pogodowych dla zim w całym cyklu badawczym wykazała, że najchłodniejszym miesiącem był styczeń (średnia dla stycznia w okresie badawczym $-3,1^{\circ}\text{C}$), gdzie najniższą temperaturę ($-8,4^{\circ}\text{C}$) odnotowano w roku 2010, a najwyższą w roku późniejszym ($-0,4^{\circ}\text{C}$). W każdym roku badań średnia temperatura stycznia była poniżej zera. Najcieplejszym miesiącem zimowym okazał się marzec. Najcieplej było w marcu 2014 roku (średnia temperatura $+6,7^{\circ}\text{C}$), a najzimniej w 2013 rok ($-1,7^{\circ}\text{C}$).

Średnia miesięczna temperatura powietrza w zimie była związana z liczbą dni z zalegającą pokrywą śnieżną. Tym dłuższe było zaleganie pokrywy śnieżnej im niższe były średnie miesięczne temperatury ($r = 0,82$).

Wykorzystując wskaźniki „ostrości termicznej zim” jak i „śnieżności zim” wg. Paczosa (1982) stwierdzono, że zima typu chłodnego wystąpiła w latach 2009/2010, dwie zimy (2010/2011 i 2012/2013) były umiarkowanie chłodne, zima 2011/2012 była umiarkowanie łagodna, a zima 2013/2014 łagodna. Pod względem śnieżności zim, umiarkowanie mało śnieżne były zimy 2009/2010 i 2013/2014, niezwykle mało śnieżne były zimy 2010/2011 i 2011/2012, a ekstremalnie mało śnieżna zima okazała się być ostatnia zima w okresie doświadczalnym (2013/2014).

Stosując średnią wieloletnią wartość ostrości (W_{Oz}) i śnieżności (W_{SN}) zim oraz ich odchylenie standardowe, dokonano podziału zim z cyklu badawczego na następujące typy:

- typ 1: zima mroźna i śnieżna - 2009/2010;
- typ 4: zima umiarkowanie mroźna i śnieżna - 2012/2013;
- typ 5: zimy umiarkowanie mroźne i umiarkowanie śnieżne - 2010/2011, 2011/2012 i 2013/2014.

Temperatura powietrza wpływa bezpośrednio na temperaturę gleby. W okresie badań zaobserwowano, że gleba była zamrznięta od 43 dni w roku 2009 i 2014 roku do 63 dni w roku 2013. Zróżnicowana była również liczba dni z temperaturami dodatnimi gleby w kolejnych latach, która wynosiła co najmniej 302 dni.

Temperatura powietrza jest głównym czynnikiem warunkującym długość trwania sezonu wegetacyjnego. W opisywanym okresie badawczym 2009 – 2014 stwierdzono najdłuższy sezon wegetacyjny (264 dni) w roku 2014, który był jednocześnie najcieplejszy (średnia temperatura +9,8°C). Z kolei najkrótszy sezon wegetacyjny (227 dni) przypadł na rok 2013.

Temperatura otoczenia wpływała także na rozkład temperatur w profilu glebowym. Tu także w roku najcieplejszym 2014 odnotowano najwięcej dni z temperaturą gleby powyżej 8,0°C - 217 dni, zaś najmniej dni z temperaturą gleby powyżej 8,0°C było w roku 2011 i 2012 po 192 dni. W pozostałych latach temperatura gleby powyżej 8,0°C oscylowała przez około 200 dni.

6.2. Wpływ okrywania agrowłókniną na temperaturę murawy i gleby

Okrywanie agrowłókniną w okresie „jesiennie-zimowym”, jak i „zimowo-wiosennym” spowodowało podwyższenie temperatury murawy jak i gleby a w konsekwencji do uzyskania większej liczby dni z temperaturą powyżej 5°C łącznie o 17,2 dni. Wpływ okrywania na właściwości gleby na głębokości 5cm stwierdzono że, już po 3 dniach okrywania, w okresie „zimowo-wiosennym”, gleba była odmrożona, podczas gdy nieokrywana pozostała zamrznięta jeszcze przez ok. 2 tygodnie. Łączna liczba dni z temperaturą powyżej 8°C wynosiła 15 przy okrywaniu oraz 5 – bez okrycia. Zastosowanie okrywy w okresie jesienno-zimowym przedłużyło okres, w którym temperatura gleby przekraczała 8°C o około 21 dni, w stosunku do powierzchni nieokrytej.

Okrywanie agrowłókniną wpływało także na rozkład temperatur w skali doby, gdzie największy efekt ogrzewania agrowłókniną występował w godzinach popołudniowych (ok. 13:00) oraz zanotowano największe różnice temperatur (ok. 9°C) pomiędzy murawą pod okryciem a nie okrytą. W okresie jesienno-zimowym zmiany temperatur w ciągu doby miały podobny przebieg, z okresem największego ogrzewania przypadającym na godzinę 14:00, i największą różnicą sięgającą 4°C.

Stwierdzono, że przez agrowłókninę przenika średnio 77,8% światła docierającego do niej.

W zakresie widma światła absorbowanego przez chlorofil (PAR) tzn. 380 - 710 nm obserwowano wzrost udziału promieniowania przenikającego przez agrowłókninę od światła fioletowego (380 – 438 nm) w stronę światła czerwonego (620 – 710 nm). Stwierdzono, że w okresie okrywania, w południe (godzina 12:00 UTC) do powierzchni roślin docierało średnio 583 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PAR, a do darni pod agrowłókniną - 413 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PAR. To oznacza, że średnio przez okrywę przechodziło 71,5% promieniowania PAR.

Należy stwierdzić, że w okresie 5 letniego okrywania murawy agrowłókniną nastąpiło wydłużenie okresu wegetacji średnio o 30 dni w skali roku, gdzie najmniejsze wydłużenie (23 dni) stwierdzono w roku 2010 a największe (37 dni) w roku 2013 co było ściśle związane z rozkładem temperatur powietrza (tab. 8).

Tabela. 8. Liczba dni z temperaturą powietrza powyżej 5°C w zróżnicowanych warunkach okrywania darni.

Warunki doświadczenia	2010	2011	2012	2013	2014	Średnia	NIR dla średniej
bez okrywy	246	238	250	227	264	243,6	10,41
pod agrowłókną	269	268	278	264	289	273,6	

6.3. Jakość darni

6.3.1. Ocena cech trawnikowych

Analiza wykonana za pomocą procedury porównań wielokrotnych metodą Duncana dla średnich za cały okres badawczy wykazała, że wszystkie obiekty poddane wydłużeniu wegetacji charakteryzowały się istotnie najwyższymi wartościami parametrów jakościowych (OA, ZA, K) w miesiącach: marcu, kwietniu i listopadzie. Wartości tych parametrów były bądź najwyższe w danym miesiącu i roku bądź lokowały się w jednej grupie z wartościami z wariantu kontrolnego (bez okrywania i bez symulacji użytkowania sportowego). Równocześnie stwierdzono, że głównym czynnikiem grupującym uzyskane wyniki jest symulacja użytkowania sportowego. Wyraźnie wyodrębniają się 2 grupy: wyniki uzyskane z obiektów poddawanych symulacji użytkowania sportowego (wartości średnie istotnie niższe od pozostałych) oraz wyniki z obiektów nie podlegających działaniu tego czynnika. Najwyraźniej jest to widoczne w wypadku ZA (bez względu na obiekt badawczy) a następnie w obrębie OA.

Okrywanie agrowłókną było czynnikiem, który silnie modyfikowało kolor murawy (K) co było szczególnie widoczne w marcu oraz w listopadzie. Wyraźne i wykazane statystycznie różnice pomiędzy średnimi wartościami cech trawnikowych malały bądź praktycznie zanikały w okresie letnim.

Średnie wartości cech trawnikowych uzyskane z obserwacji poletek poddawanych symulacji użytkowania sportowego i okrywanych agrowłókną były zazwyczaj wyższe w porównaniu do poletek poddanych jedynie zabiegowi symulacji użytkowania sportowego. Tego typu tendencja wystąpiła na każdym badanym obiekcie.

6.3.2. Ocena występowania chorób traw

W okresie 2009 – 2014 na obu doświadczeniach stwierdzono występowanie objawów następujących chorób traw: pleśni śniegowej, kompleksu czerwonej nitkowatości i różowej plamistości oraz rdzy. Na doświadczeniu I (mieszanek trawnikowe) wszystkie powyższe choroby traw występowały co roku. Dodatkowo, tylko raz w roku 2010, na mieszanek wystąpiła rizoktonioza traw (czynnik sprawczy, cs. - *Rhizoctonia* spp.).

Na doświadczeniu II (odmiany trzech gatunków) tylko pleśń śniegowa występowała na wszystkich trzech badanych gatunkach. Na odmianach życicy trwałej i kostrzewy czerwonej

występowały co roku objawy kompleksu czerwonej nitkowatości i różowej plamistości, a na odmianach wiechliny łąkowej tylko rdze.

Wszystkie powyższe choroby traw występowały z różną intensywnością w poszczególnych latach, aczkolwiek co roku w podobnych okresach czasu:

- pleśń śniegowa (cs. - *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & Hallett) występowała dwukrotnie w roku: w lutym - marcu oraz listopadzie;
- kompleks czerwonej nitkowatości (cs. - *Laetisaria fuciformis* (McAlp.) Burdsall) i różowej plamistości (cs. - *Limonomyces roseipellis* Stalpers & Loerakker) stwierdzano na mieszankach także w dwóch okresach: maj - czerwiec i październik – listopad. Z kolei na doświadczeniu II stwierdzono, że powyższa choroba może występować w miesiącach od maja do lipca, oraz od września do listopada na życicy trwałej i kostrzewie czarownej;
- rdze traw (cs. - *Puccinia* spp.) występowały tylko na odmianach wiechliny łąkowej i symptomy powyższej choroby były widoczne już w czerwcu aż do listopada.

Jak wykazała analiza wariancji nasilenie objawów wymienionych wyżej czynników chorobowych było istotnie statystycznie związane z warunkami klimatycznymi, panującymi w kolejnych latach doświadczenia.

Okrywanie murawy miało niewielki wpływ na wyniki oceny porażenia przez poszczególne choroby w poszczególnych miesiącach, za to czynnik symulacji użytkowania sportowego istotnie różnicował średnie wartości oceny porażenia przez choroby. Jedyne odstępstwo stwierdzono w wypadku odmian wiechliny łąkowej, dla których nie stwierdzono istotnego wpływu symulacji użytkowania sportowego na występowanie pleśni śniegowej.

Współdziałanie czynników okrywania oraz symulacji użytkowania sportowego w okresie jesiennym wykazała bardzo dużą podatność na pleśń śniegową u wszystkich odmian kostrzewy czerwonej.

6.3.3. Ocena rozwoju systemu korzeniowego

W wyniku przeprowadzonej analizy wariancji na wartościach uzyskanych z pomiarów cech morfologicznych systemu korzeniowego, stwierdzono istotny statystycznie efekt lat badań oraz składu odmianowego (mieszanki, doświadczenie I) bądź predyspozycji genetycznych (odmiany, doświadczenie II) zastosowanych obiektów.

Stwierdzono również istotny statystycznie efekt okrywania murawy na objętość systemu korzeniowego (mieszanki oraz odmiany kostrzewy czerwonej) oraz jego suchą masę (mieszanki, odmiany życicy trwałej i kostrzewy czerwonej). Efekt symulacji użytkowania sportowego zaznaczył swój wpływ w sposób istotny w stosunku do objętości systemu korzeniowego (mieszanki oraz odmiany kostrzewy czerwonej), jego długości (tylko mieszanki) oraz suchej masy (mieszanki oraz odmiany życicy trwałej).

Interakcja dwóch najistotniejszych w tej pracy czynników tj. okrywania oraz symulacji użytkowania sportowego zaznaczyła swój wpływ w sposób istotny jedynie w odniesieniu do objętości i suchej masy systemu korzeniowego mieszanek (doświadczenia I).

Analiza średnich wartości dla cech korzeni wykazała istotnie mniejsze wartości wszystkich badanych parametrów na poletkach poddawanych symulacji użytkowania sportowego. Było to szczególnie wyraźne widoczne począwszy od drugiego roku realizacji doświadczenia (2011). Uśrednienie wyników z lat poszczególnych badań ukazuje jeszcze dobitniej efekt symulacji użytkowania sportowego na badane cechy systemu korzeniowego w obydwu doświadczeniach.

Dla określenia **wplywu okrywania** na średnie wartości parametrów systemu korzeniowego przeprowadzono analizę testem t. Stwierdzono, że okrywanie powodowało istotną statystycznie redukcję objętości systemu korzeniowego (o około 13%) oraz jego suchej masy (o około 12%) mieszanek w warunkach symulacji użytkowania sportowego. Dla pozostałych obiektów nie stwierdzono istotnej statystycznie różnicy pomiędzy wartościami średnimi cech systemu korzeniowego trawy okrywanej lub nie okrywanej.

Analiza wartości współczynników korelacji pomiędzy średnimi dla cech systemu korzeniowego a średnimi dla cech trawnikowych oraz natężenia objawów chorób wykazała najsilniejszy związek tych dwóch grup cech w wypadku mieszanek. Bez względu na kombinację okrywania i symulacji użytkowania sportowego, dla średnich wartości objętości oraz suchej masy systemu korzeniowego stwierdzono istotne statystycznie i dodatnie wartości współczynników korelacji z zadarnieniem oraz natężeniem występowania pleśni śniegowej.

6.3.4. Ocena zwięzłości podłoża

Stwierdzono istotny wpływ zróżnicowanych warunków klimatycznych w poszczególnych latach badań na wartość **zwięzłości podłoża**, która była również modyfikowana przez symulację użytkowania sportowego (wszystkie miesiące) w doświadczeniu I.

Analiza średnich wartości tej cechy wykazała, że z reguły począwszy do kwietnia następowało wyraźne wyodrębnienie 2 grup jednorodnych, gdzie istotnie wyższe wartości zwięzłości podłoża stwierdzano na poletkach podlegających symulacji użytkowania sportowego. Okrywanie darni nie powodowało jakiegokolwiek grupowania średnich.

Na podstawie analizy wartości współczynnika korelacji pomiędzy wilgotnością a zwięzłością podłoża, stwierdzono, że parametry te są ze sobą skorelowane istotnie ujemnie. Czynnikiem wpływającym na obniżenie zwięzłości podłoża był zatem również wzrost jego wilgotności.

Analiza pozostałych wartości współczynników korelacji wykazała, że istnieją istotne statystycznie umiarkowane korelacje między objętością i suchą masą systemu korzeniowego bez względu na wariant doświadczenia. Z kolei istotna statystycznie i ujemna wartość współczynnika korelacji występuje pomiędzy zwięzłością podłoża a długością systemu korzeniowego w warunkach okrywania oraz jednoczesnego stosowania symulacji użytkowania sportowego.

Z powyższych wniosków nie wykonywano badań zwięzłości podłoża na doświadczeniu II

6.3.5. Indeks chlorofilu (IC)

Analiza statystyczna wyników uzyskanych z trzech lat pomiarów, realizowanych na doświadczeniu II wykazała istotność statystyczną efektu lat oraz obiektów w odniesieniu do wartości indeksu chlorofilu (IC) przez cały okres doświadczenia we wszystkich 3 badanych. Analiza wykazała również, że okrywanie agrowłókniną w okresie późno zimowym miało wpływ na względną zawartość chlorofilu w murawie nawet aż do lipca.

Dynamika zmian IC w roku odzwierciedlała naturalną rytmikę wegetacji traw. Wartości IC wzrastały począwszy od najniższego poziomu w lutym, aby osiągnąć maksimum w czerwcu, następnie spadały w okresie lata (lipiec – sierpień) aby znowu wzrosnąć we wrześniu, a potem znowu spaść do wartości minimalnych w listopadzie.

Okrywanie agrowłókniną nie zmieniało tej naturalnej rytmiki, jedynie w marcu, kwietniu, wrześniu a zwłaszcza w listopadzie podwyższało IC powyżej wartości, jakie trawy naturalnie osiągały w tych miesiącach.

Porównanie średnich wartości IC wykazało, że dla wszystkich gatunków wartości uzyskiwane na poletkach okrywanych były istotnie wyższe od wartości z analogicznych poletek nie okrywanych. Przyrost wartości IC, spowodowany tylko i wyłącznie okrywaniem darni wynosił średnio od 10% u odmian życicy trwałej, poprzez 15% dla odmian wiechliny po 21% dla odmian kostrzewy czerwonej. W warunkach użytkowania sportowego, przyrosty te wynosiły odpowiednio 62%, 34% oraz 28% wartości IC.

6.3.6. Ocena wpływu czynników badawczych na liczbę pędów

W trakcie realizacji badań nad morfologią systemu korzeniowego, dodatkowo określano liczbę pędów traw na jednostce powierzchni oraz (tylko w doświadczeniu I) udział poszczególnych komponentów gatunkowych w runi mieszanek.

Dla określenia dynamiki zmian w liczbie pędów w mieszankach dokonano porównania w obrębie mieszanek, grupując je na mieszanki składające się z 2, 3 i 4 gatunków (po 3 mieszanki w grupie). Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że symulacja użytkowania sportowego silnie redukuje liczbę pędów, od 2 roku wegetacji mieszanek. Najsilniej efekt ten widoczny jest w mieszankach 3- i 4-gatunkowych, gdzie uzupełnieniem dla odmian życicy i wiechliny są odmiany kostrzewy czerwonej oraz kostrzewy trzcinowej. Redukcja liczby pędów po 4 latach użytkowania sportowego może sięgać nawet 65% w stosunku do kontroli. Z kolei samo okrywanie (bez symulacji użytkowania sportowego) powoduje wzrost średniej wartości liczby pędów, w stosunku do kontroli.

Przebieg zmian udziału poszczególnych komponentów w mieszankach 2-gatunkowych nie jest warunkowany zastosowanymi czynnikami doświadczenia tj. okrywaniem i symulacją użytkowania sportowego. Dominacja życicy trwałej przez pierwsze 2 lata użytkowania murawy

zmienia się w dominację wiechliny łąkowej od 3 roku. Dalsze zmiany wydają się prowadzić do wyrównania udziału obydwu komponentów w murawie.

W mieszankach z udziałem kostrzewy czerwonej, w warunkach symulacji użytkowania sportowego gatunek ten ustępuje z murawy, z kolei bez symulacji użytkowania, gatunek ten już od drugiego roku badań zaczyna dominować nad pozostałymi gatunkami traw.

Jak wykazały badania, mieszanki składające się z 3 i 4 gatunków miały istotnie mniej pędów na jednostce powierzchni w warunkach symulacji użytkowania sportowego w stosunku do wariantu nie obciążanego symulacją. W warunkach symulacji użytkowania sportowego liczba pędów kostrzewy czerwonej w mieszankach spadała systematycznie co roku. W mieszankach 2-gatunkowych (życicy trwała + wiechlina łąkowa) notowano również spadek liczby pędów aczkolwiek nie był on tak gwałtowny a w trzecim roku nie był istotnie statystycznie różny w stosunku do wartości uzyskanych w warunkach kontroli.

Okrywanie za pomocą agrowłókniny powodowało wzrost liczby pędów w wszystkich mieszankach, choć zmiana ta nie była statystycznie istotna.

Dodatkowych informacji, dotyczących reakcji poszczególnych gatunków na zastosowane czynniki badawcze w kontekście liczby pędów na jednostce powierzchni dostarczyły wyniki badania na doświadczeniu II. Symulacja użytkowania sportowego nie wpływała istotnie na liczbę pędów u odmian życicy trwałej i wiechliny łąkowej. Stwierdzono nawet, że w drugim roku badań istotnie statystycznie więcej było pędów na poletkach okrywanych i jednocześnie poddawanych symulacji użytkowania sportowego. Z kolei dla odmian kostrzewy czerwonej już od pierwszego roku badań stwierdzono istotnie statystycznie mniejszą liczbę pędów w warunkach symulacji użytkowania sportowego.

9. Wnioski

1. Okrywanie agrowłókniną traw w mieszankach jak i w zasiewach jednogatunkowych (życicy trwałej, wiechliny łąkowej oraz kostrzewy czerwonej) w okresach od połowy lutego do początku kwietnia oraz od połowy października do połowy listopada (łącznie 90 dni w roku) przyczyniło się do zmiany mikroklimatu murawy pod okrywą.
2. Zmiany te z kolei spowodowały wydłużenie wegetacji traw o 4 tygodnie w skali roku, co miało pozytywny wpływ na wszystkie gatunki traw, zarówno w siewie czystym jak i w mieszankach.
3. Wydłużenie wegetacji traw nie spowodowało natomiast wzrostu zadarnienia, zmian w naturalnych tendencjach do sukcesji poszczególnych gatunków traw w mieszankach, jak również zmian w mierzonych w doświadczeniu cechach systemu korzeniowego.

4. W warunkach symulacji użytkowania sportowego, wydłużenie okresu wegetacji za pomocą okrywania agrowłókniną nie wpływało na badane cechy traw oprócz podwyższenia parametrów koloru darni.
5. Niniejsze badania potwierdziły, że kostrzewa czerwona jest gatunkiem nieprzydatnym na boiska piłkarskie. Współdziałanie okrywania murawy oraz użytkowania sportowego w okresie jesiennym, powodowało, że gatunek ten był mocno porażony przez pleśń śniegową.
6. Uzyskanie efektu wczesnego rozmarznięcia gleby pod okrywą przyczynia się tym samym do zwiększenia bezpieczeństwa użytkowników, korzystających z obiektów trawiastych w okresie przełomu zimy i wiosny.
7. Badana w niniejszej pracy metoda przedłużania wegetacji naturalnych muraw sportowych może być stosowana na wszystkich typach obiektów sportowych, od profesjonalnych stadionów z systemem podgrzewanej murawy po regionalne boiska trawiaste.
8. Zastosowanie tej metody może przynieść realne korzyści ekonomiczne poprzez obniżenie kosztów podgrzewania płyty lub przedłużenie okresu używalności murawy w skali roku.

W świetle powyższych wniosków można pozytywnie zweryfikować postawione na wstępie pracy hipotezy badawcze, mówiące, że możliwe jest wydłużenie okresu wegetacji za pomocą okrywania białą agrowłókniną murawy w okresach przed rozpoczęciem wegetacji jak i po jej zakończeniu w warunkach klimatycznych centralnej części Polski. Wydłużenie okresu wegetacji w warunkach użytkowania sportowego murawy wpływa pozytywnie na jej, jakość.

10. Literatura

- Bohm W., 1985: Metody badania systemów korzeniowych. PWRiL, Warszawa: 1 – 267.
- Ciury G., 2012: Piłka nożna w Polsce – stan i perspektywy rozwoju. [w:] Ciury G (red.): *Konferencja piłki nożnej w Polsce – stan i perspektywy rozwoju. 2012 Warszawa*: 1 – 64.
- Dunning E., 2013: Sport Matters. Sociological Studies of Sport, Violence and Civilization. Wyd. Routledge Londyn, Nowy Jork: 1 – 281.
- Gacek E.S., (red.) 2010: Lista odmian roślin rolniczych. Wyd. COBORU, Słupia Wielka: 1 – 80.
- GUS, 2012: Kultura Fizyczna w Polsce w latach 2008 – 2010. Warszawa – Rzeszów: 1 – 418.
- Lorenc H., (red.) 2005: Atlas klimatu Polski. Wyd. IMiGW, Warszawa: 1 – 116.
- Nieróbca A., Kozyra J., Mizak K., Wróblewska E., 2013: Zmiana długości okresu wegetacyjnego w Polsce. *Woda – Środowisko - Obszary Wiejskie*, 13(42): 81 – 94.
- Omyła-Rudzka M., 2013: Aktywność fizyczna Polaków. Komunikat Badań CBOOS. Warszawa : 1 - 13
- Paczos S., 1982: Stosunki termiczne i śnieżne zim w Polsce. Praca habilitacyjna. Uniwersytet Marii Curie Skłodowskiej, Rozprawy Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi, Lublin, 24: 1 – 180.
- PIN, 2004: Mieszanki nasion traw na trawniki. (red.) Prończuk S., Przydatek T., Ramenda S., Wyd. IHAR. Radzików: 1 – 24.
- PIORIN, 2010: Tabela wyników oceny polowej wg. odmian (OPMSO3GI) [on-line dostęp: 03.02.2016] <http://piorin.gov.pl/nasiennictwo/ocena-materialu-siewnego/>
- Prończuk S., 1993: System oceny traw gazonowych. *Biuletyn IHAR*, 186: 127 – 131.
- Prończuk M., 2000: Choroby traw i ich szkodliwość w uprawie nasiona w użytkowaniu trawnikowym. Monografie i Rozprawy Naukowe, IHAR 4: 1 – 183.
- PZPN, 2005: System licencji dla klubów sezon 2006/2007 i następne. Podręcznik licencyjny PZPN. Wyd. PZPN Warszawa: 1 – 107.
- SAS Institute Inc., 2009. SAS/STAT 9.2 User's Guide, Second Edition. SAS Publishing, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Smit A.L., Bengough, A.G., Engels C., Noordwijk M., van Pellerin S., van de Geijn S.C. (red), 2000. Root methods. Springer Verlag: 1 – 587.
- StatSoft Inc., 2014. STATISTICA (data analysis software system), version 12. www.statsoft.com.
- Vargas J.M., 2004: Management of Turfgrass Diseases. Wyd. Wiley: 1 – 360.