

Wpływ terminu koszenia łąk na plon oraz względną wartość pokarmową runi łąkowej

Barbara Wróbel^{a*}, Anna Paszkiewicz-Jasińska^a, Waldemar Zielewicz^b, Bartosz Spychalski^a

^a Instytut Technologiczno-Przyrodniczy - Państwowy Instytut Badawczy, Falenty, Raszyn

^b Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Łąkarstwa i Krajobrazu Przyrodniczego, Poznań

Article info

Data przyjęcia: 03.06.2022

Data akceptacji: 22.08.2022

Keywords

frakcje włókna
strawność suchej masy
pobranie suchej masy
RFV

W pracy przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych na łące trwalej należącej do Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego - PIB w Falentach. Celem przeprowadzonego w latach 2014-2016 doświadczenia była ocena wpływu terminu zbioru pierwszego odrostu runi łąkowej na plon suchej masy i zmiany względnej wartości pokarmowej (RFV) obliczonej na podstawie zawartości frakcji włókna ADF i NDF. Na zmiany plonu zbieranej biomasy i zawartości badanych parametrów miały wpływ terminy zbioru oraz rok badań. We wszystkich latach badań w kolejnych terminach zbioru obserwowano wzrost plonu suchej masy przy równoczesnym spadku względnej wartości pokarmowej wyrażonej wskaźnikiem RFV. Zawartości frakcji włókna, niezależnie od terminu zbioru, były istotnie wyższe w pierwszym roku badań (2014), kiedy warunki wilgotnościowe dla rozwoju roślin były optymalne. Uzyskane wyniki mogą być wykorzystane w zaleceniach dotyczących łąk kośnych użytkowanych w różnych systemach intensywności w celu zwiększenia wartości pokarmowej zbieranych pasz, a zwłaszcza zmniejszenia zawartości frakcji włókna.

The paper presents the results of study conducted on a permanent meadow belonging to the Institute of Technology and Life Sciences - NRI in Falenty. The aim of the experiment conducted in 2014-2016 was to evaluate the effect of the harvest date of the first regrowth of meadow sward on dry matter yield and changes in relative feeding value RFV calculated on the basis of the content of ADF and NDF fiber fractions. Changes in harvested biomass yield and in the contents of the evaluated parameters were influenced by harvest dates and the year of study. In all the years of study, in successive harvest dates an increase in dry matter yield was observed with a simultaneous decrease in the relative feeding value expressed by the RFV index. Fiber fraction contents, regardless of harvest date, were significantly higher in the first year of the study (2014), when moisture conditions for plant development were optimal. The obtained results can be used in recommendations for hay meadows used in different intensity regimes to increase the nutritive value of harvested forages, especially to reduce the content of fiber fraction.

Artykuł udostępniony na licencji CC BY 4.0:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>.

1. Wstęp

Trwałe użytki zielone (TUZ) w Polsce zajmują około 3,1 mln ha, tj. 21,4% powierzchni użytków rolnych, w tym większość (ok. 73%) stanowią łąki trwałe. Pasze

objętościowe z trwałych użytków zielonych odgrywają ważną rolę w żywieniu przeżuwaczy oraz innych zwierząt trawożernych [2]. Dostarczają naturalnej, cennej paszy, bogatej w białko, karoten, witaminy, mikroelementy i inne substancje katalizujące przetwarzanie pasz

* Autor do korespondencji: b.wrobel@itp.edu.pl

objętościowych na mleko i na inne produkty pochodzenia zwierzęcego. W Polsce średnie roczne plony z trwałych użytków zielonych średnio wynoszą około 50,0 dt·ha⁻¹. Największy udział w rocznych zbiorach łąk mają zbiory z pierwszego, wiosennego odrostu, które z reguły są przeznaczone na produkcję siana [8]. Wielkość uzyskiwanych plonów może być modyfikowana intensywnością użytkowania (częstotliwość koszenia, intensywność wypasu, nawożenie i nawadnianie) [6, 24] oraz zależy od przebiegu warunków meteorologicznych w danym sezonie [14].

Oprócz ilości pozyskiwanej biomasy z trwałych użytków zielonych istotne znaczenie odgrywa jej jakość. Ważnym kryterium oceny wartości paszowej traw pastewnych jest zawartość włókna, czyli węglowodanów strukturalnych [10, 18]. Do węglowodanów strukturalnych (będących budulcem ścian komórkowych roślin) zaliczamy: NDF – włókno detergentowo neutralne, ADF – włókno detergentowo kwaśne oraz ADL – ligninę detergentowo kwaśną, najmniej strawną [3]. Węglowodany strukturalne, to bardzo istotny składnik dawki pokarmowej. Jest nie tylko źródłem energii, ale reguluje procesy trawienia i zapewnia prawidłową motorykę przewodu pokarmowego. Zawartość węglowodanów strukturalnych i ligniny w zielonce decyduje o jej wartości pokarmowej, strawności i pobraniu przez zwierzęta [4, 12]. Wraz ze wzrostem zawartości ligniny i polisacharydów strukturalnych (celulozy) następuje spadek strawności.

Poziomy poszczególnych węglowodanów w roślinach zmieniają się w szerokich granicach. Poznanie wielkości i kierunku tych zmian ma istotne znaczenie z punktu widzenia żywieniowego. Na zawartość węglowodanów strukturalnych wpływa wiele niezależnych czynników, wśród których naczelną rolę zajmują: warunki klimatyczne, zwłaszcza ilość opadów, warunki glebowe, nawożenie oraz faza rozwojowa roślin w momencie zbioru [5, 15, 17, 19, 21, 22, 23]. Właśnie ten ostatni czynnik był przedmiotem przeprowadzonego doświadczenia, którego celem była ocena wpływu terminu zbioru pierwszego odrostu runi łąkowej na plon suchej masy i zmiany względnej wartości pokarmowej.

2. Materiał i metody badań

Badania przeprowadzono w latach 2014–2016 w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym – PIB w Falentach na trzykośnej łące trwałej położonej na glebie mineralnej. Łąka doświadczalna była corocznie nawożona nawozami mineralnymi NPK w następujących dawkach: 60 kg N (saletra amonowa), 30 kg P (superfosfat potrójny granulowany 46% P₂O₅) i 60 kg K (sól potasowa 60% K₂O) na ha. W skład runi łąkowej wchodziły przede wszystkim trawy. W pierwszych dwóch latach badań

ich udział wynosił ponad 70%. W trzecim roku udział traw zmniejszył się do 62% na korzyść gatunków dwuliściennych. Dominującymi gatunkami traw były: *Dactylis glomerata* L., *Poa pretensis* L. oraz *Festuca rubra* L. Poza trawami w runi licznie wystąpiły zioła dwuliścienne i chwasty, takie jak: *Taraxacum officinale* F.H. Wigg., *Achillea millefolium* L. i *Trifolium pratense* L.

Każdego roku w czterech terminach: pierwszym – połowa maja, drugim – koniec maja, trzecim – połowa czerwca i czwartym – koniec czerwca, pobierano próbki zielonki (10 próbek w każdym z nich) do oceny plonowania oraz zawartości wybranych parametrów i oceny ich wartości pokarmowej. Plon suchej masy zielonki oceniano na podstawie plonu świeżej masy pobranej z 1 m² oraz zawartości suchej masy ocenianej metodą suszarkową (100 g próbki zielonki suszono przez 24 h w temperaturze 105°C) i wyrażano w tonach suchej masy z hektara. Część próbek zielonki była przeznaczana do analiz chemicznych. W wysuszonych i zmielonych próbkach materiału roślinnego oceniano zawartość: włókna neutralno detergentowego (NDF), włókna kwaśnego detergentowego (ADF) oraz ligniny detergentowo kwaśnej (ADL), metodą NIRS [16] na aparacie NIRFlex N-500 [Buchi, Szwajcaria] z wykorzystaniem gotowych kalibracji INGOT® dla siana łąkowego. Syntetycznej oceny jakości zielonek pobieranych w kolejnych terminach dokonano na podstawie zawartości frakcji włókna ADF i NDF (%), obliczając pobranie suchej masy (DMI) i strawność suchej masy (DDM) oraz wskaźnik względnej wartości pokarmowej (RFV) według wzoru opracowanego przez Linna i Martina [13]:

$$RFV = DDM \cdot DMI/1,29$$

gdzie:

RFV – względna wartość pokarmowa (wartość niemianowana) (ang. *relative feed value*),

DMI – pobranie suchej masy, % masy ciała; DMI = 120 NDF,

DDM – strawność suchej masy, %; DDM = 88,9 – 0,779 ADF.

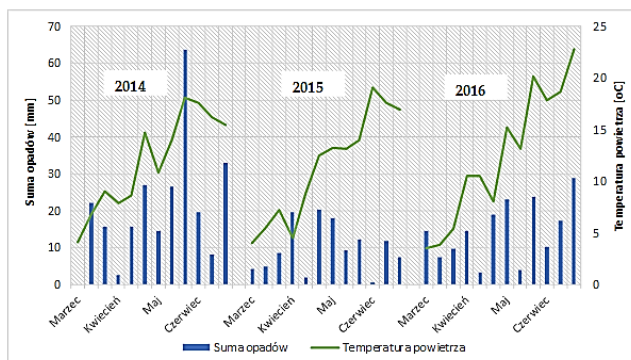
Na podstawie wartości wskaźnika RFV przypisano pasze do poszczególnych klas jakościowych:

- RFV > 150 – I klasa jakościowa,
- RFV 125-151 – II klasa jakościowa,
- RFV 103-124 – III klasa jakościowa,
- RFV 87-102 – IV klasa jakościowa,
- RFV 75-86 – V klasa jakościowa.

Opracowanie statystyczne wyników wykonano, wykorzystując program Statistica oraz MS Excell. Istotność wpływu badanych czynników doświadczenia zweryfikowano za pomocą testu Tukeya przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Przebieg warunków pogodowych w okresie badań był bardzo zróżnicowany, zwłaszcza pod względem ilości i rozkładu opadów (rys. 1). W pierwszym roku

badan (2014) ilość i rozkład opadów był korzystny dla wzrostu roślin. W roku 2015 kwiecień był dość wilgotny, maj suchy, a czerwiec bardzo suchy. W trzecim roku kwiecień i czerwiec były dość suche, a maj bardzo suchy.



Rys. 1. Średnie dekadowe temperatury powietrza i opady atmosferyczne w okresie marzec-czerwiec w latach badań (2014-2016) (źródło: opracowanie własne)

3. Wyniki badań i dyskusja

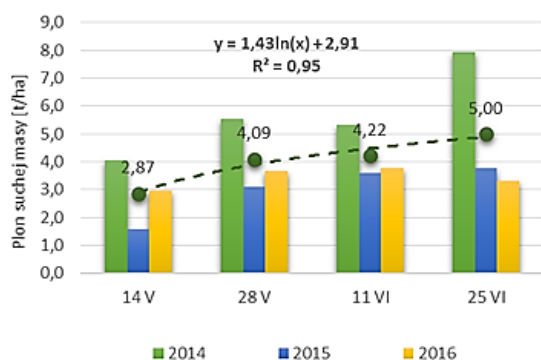
3.1. Plon suchej masy

Wielkość plonu suchej masy zależała zarówno od terminu zbioru runi łąkowej, jak i roku badań. Zbiór zielonki w połowie maja gwarantował uzyskanie plonu wynoszącego niecałe 3,0 t s.m. z ha. Opóźnienie terminu koszenia o dwa tygodnie powodowało wzrost plonów zielonki do poziomu przekraczającego 4 t s.m. z ha. Każdemu następnemu opóźnieniu terminu koszenia towarzyszył wzrost plonów aż do poziomu 5,0 t s.m. z ha w ostatnim terminie (rys. 2). Wysokość zbieranych plonów była różna w poszczególnych sezonach wegetacyjnych. W pierwszym roku badań średnio uzyskano prawie dwukrotnie wyższe plony niż w dwu następnych sezonach (tab. 1).

Tab. 1. Wpływ terminu zbioru i roku badań na oceniane parametry (źródło: opracowanie własne)

Wyszczególnienie	Plon biomasy, [t s.m. ha ⁻¹]	Zawartość w zbieranej biomase [g·kg ⁻¹]		DMI [% m.c.]	DDM [%]	RFV	Klasa jakościowa
		ADF	NDF				
Termin zbioru							
14 maja	2,87a	283,9a	457,2a	2,63c	66,8d	136a	II
28 maja	4,09b	317,5b	522,7b	2,30b	64,2c	115b	III
11 czerwca	4,22bc	349,8c	563,1c	2,15a	61,6b	103c	IV
25 czerwca	5,00c	363,8d	572,2c	2,10a	60,6a	99c	IV
Rok badań							
2014	5,71b	345,0b	552,1b	2,19a	62,02a	106a	III
2015	3,00a	328,7a	528,8a	2,30b	63,29b	113b	III
2016	3,42a	335,2a	550,1b	2,20a	62,79b	108a	III

ADF -- kwaśne włókno detergentowe, NDF -- neutralne włókno detergentowe, DMI -- pobranie suchej masy (% masy ciała), DDM -- strawność suchej masy (%), RFV -- względna wartość pokarmowa (wartość niemianowana).



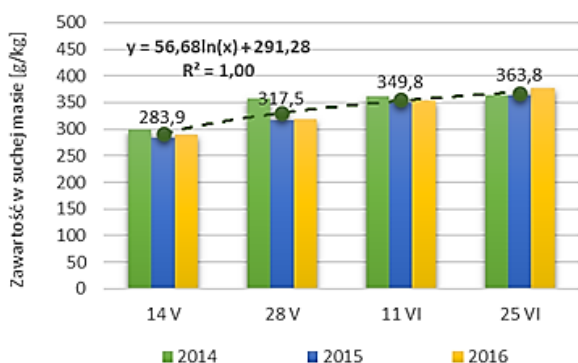
Rys. 2. Wysokość plonów suchej masy w kolejnych terminach zbioru runi łąkowej (źródło: opracowanie własne)

3.2. Zawartość ADF i NDF

W skład ADF wchodzi: celuloza, lignina, krzemionka, nierozpuszczalne białko oraz popiół. Oznaczenie tej frakcji włókna umożliwia precyzyjne oszacowanie wartości energetycznej paszy. Zawartość ADF w zielonce zależała od terminu zbioru. Niezależnie od roku badań najmniejszą zawartość tej frakcji włókna, wynoszącą średnio niewiele ponad 283,9 g·kg⁻¹ s.m., charakteryzowały się próbki zielonki zebrane w pierwszym terminie, czyli w połowie maja. W próbkach runi łąkowej zebranej pod koniec maja zawartość tej frakcji włókna istotnie wzrasta do wartości wynoszącej średnio

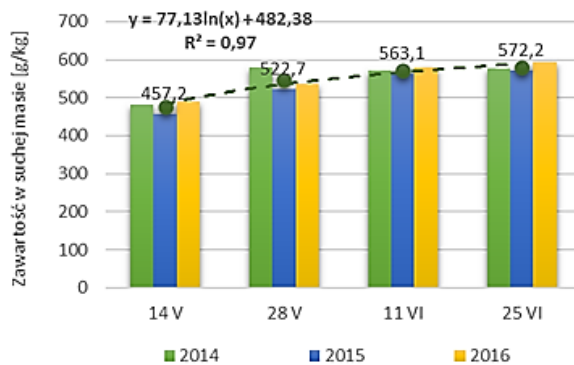
317,5 g·kg⁻¹ s.m. W kolejnych terminach zbioru obserwowano dalszy wzrost zawartości tego składnika. Największą zawartość frakcji ADF stwierdzono w zielonce zebranej w ostatnim terminie, czyli pod koniec czerwca, kiedy to średnia zawartość tej frakcji w zebranej biomase osiągnęła wartość 363,8 g·kg⁻¹ s.m. (tab. 1).

Tempo narastania zawartości ADF w zbieranej biomase zależało od roku badań. Niezależnie od terminu zbioru zawartość tej frakcji włókna w pierwszym roku badań (2014) była ona istotnie wyższa niż w obu następnych latach (tab. 1). W pierwszym terminie wynosiła 298,3 g·kg⁻¹ s.m. W następnych terminach utrzymywała się na zbliżonym poziomie wynoszącym 358-363 g·kg⁻¹ s.m. W drugim i trzecim roku badań tempo narastania ADF było podobne. W pierwszym terminie zawartość tej frakcji włókna nie przekraczała wartości 290 g·kg⁻¹ s.m. W kolejnych terminach systematycznie wzrastała, osiągając najwyższą wartość w ostatnim - czwartym terminie zbioru (rys. 3).



Rys. 3. Zmiany zawartości ADF w kolejnych terminach zbioru roślin łąkowych (źródło: opracowanie własne)

W skład NDF wchodzi hemiceluloza, celuloza, lignina wraz z kutyną (suberyna) oraz azot związany z ligniną. Włókno neutralne nadaje paszy odpowiednią strukturę oraz stanowi balast wypełniający żwacz, jednakże dla przeżuwaczy jest ono szczególnie ważne, gdyż stanowi źródło energii dla mikroorganizmów bytujących w żwaczu. Wartości NDF są istotne, ponieważ odzwierciedlają ilość paszy, którą zwierzę może spożyć. Wraz z wzrostem procentowym NDF spożycie suchej masy zasadniczo rośnie. Zawartość NDF w zbieranej biomase roślinnej była najniższa w pierwszym terminie, to jest w połowie maja i systematycznie wzrastała w kolejnych terminach zbioru (rys. 4). Zawartość frakcji NDF była różna w kolejnych sezonach wegetacyjnych. Średnio była ona najniższa (528,8 g·kg⁻¹ s.m.) w drugim roku badań (tab. 1).

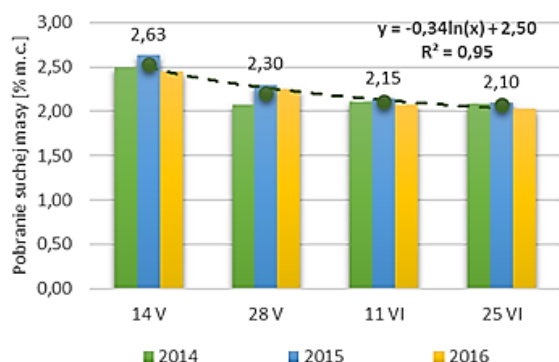


Rys. 4. Zmiany zawartości NDF w kolejnych terminach zbioru roślin łąkowych (źródło: opracowanie własne)

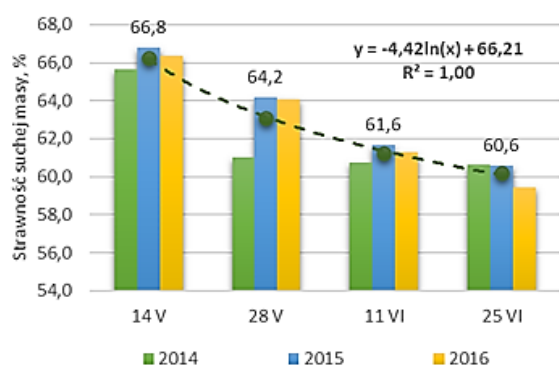
Różnice między latami badań w zawartości frakcji ADF i NDF można wytłumaczyć tym, że wysoka temperatura zwykle zwiększa tempo rozwoju roślin i zmniejsza stosunek liści do łodyg oraz strawność. Umiarkowany stres wodny zazwyczaj opóźnia dojrzewanie roślin i powoduje utrzymanie jakości paszy na wyższym poziomie [9]. Stąd, jeśli straty liści związane z suszą nie są duże, deficyt wody może poprawić strawność zielonki w danym wieku. Wyniki badań własnych są zbieżne z wynikami innych badań dotyczących roślin pastewnych. W warunkach suszy większość autorów odnotowała spadek zawartości włókna surowego i jego frakcji w trawach [20, 7, 1], a także w roślinach motylkowych [11].

3.3. Teoretyczne pobranie i strawność suchej masy

Teoretyczne pobranie suchej masy obliczone na podstawie zawartości NDF wahało się od 2,63% m.c. dla paszy zebranej w najwcześniejszym terminie do 2,10% m.c. dla paszy zebranej w ostatnim terminie (rys. 5). Oznacza to, że zwierzę jest w stanie teoretycznie pobrać najwięcej paszy zebranej w połowie maja, a najmniej paszy zebranej pod koniec czerwca. Strawność suchej masy, podobnie jak i pobranie suchej masy, była najwyższa w przypadku zielonki (średnio 66,8%) zebranej w połowie maja i systematycznie zmniejszała się w następnych terminach zbioru (rys. 6). Średnio, niezależnie od terminu zbioru, zielonki zebrane w 2015 roku charakteryzowały się istotnie najwyższym teoretycznym pobraniem i strawnością suchej masy niż zielonki z 2014 i 2016 roku (tab. 1).



Rys. 5. Zmiany w wielkości pobrania suchej masy w kolejnych terminach zbioru roślin łąkowych (źródło: opracowanie własne)



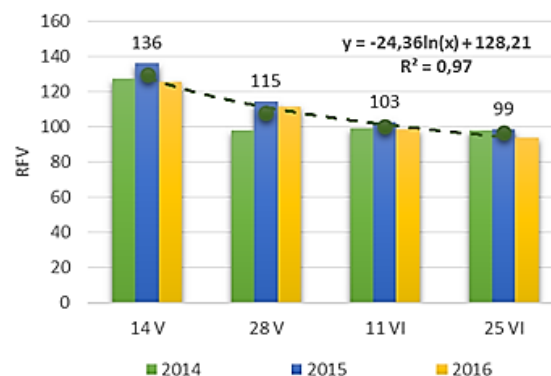
Rys. 6. Zmiany w strawności suchej masy w kolejnych terminach zbioru roślin łąkowych (źródło: opracowanie własne)

3.4. Względna wartość pokarmowa paszy

Jakość pasz objętościowych powinna pokrywać potrzeby zwierząt, wynikające z ich cech gatunkowych oraz wydajności. Na podstawie zawartości w frakcji włókna ADF i NDF można dokonać całościowej oceny jakości pasz, obliczając wskaźnik względnej wartości pokarmowej RFV, łączący strawność i pobranie paszy w jeden parametr. Względna wartość pokarmowa paszy RFV obliczona dla zielonki łąkowej zebranej w pierwszym terminie była najwyższa (136), niższa dla zielonki pobranej pod koniec maja (115) i istotnie najniższa dla zielonki łąkowej pobranej w czerwcu (99-103) (rys.7). Na niską wartość wskaźnika RFV runi łąkowej zbieranej w tych terminach miała wpływ wysoka zawartość frakcji ADF, która zadecydowała również o niskiej strawności suchej masy (DDM).

Na podstawie wartości wskaźnika RFV runi łąkową zebraną w pierwszym terminie można zakwalifikować do II klasy jakościowej (zakres wartości wskaźnika RFV od 125 do 151). Są to pasze odpowiednie dla dobrych krów mlecznych, młodych jałówek wyselek-

cjonowanych do pokrycia. Ruń łąkowa zebrana w drugim terminie, tj. pod koniec maja, można zakwalifikować do III klasy jakościowej z przeznaczeniem dla bydła opasowego, starszych jałówek i marginalnie dla krów mlecznych lub zasuszonych krów mlecznych. Ruń łąkowa zebrana w czerwcu to pasze należące do IV klasy jakościowej, czyli nienadające się do żywienia opasów lub zasuszonych krów mlecznych.



Rys.7. Zmiany w wartości wskaźnika względnej wartości pokarmowej RFV w kolejnych terminach zbioru roślin łąkowych (źródło: opracowanie własne)

4. Podsumowanie

Zaproponowane w ramach niniejszego doświadczenia terminy koszenia łąk odzwierciedlają stosowane w praktyce rolniczej różne poziomy intensywności gospodarowania na TUZ, od intensywnych łąk trzykośnych poprzez użytkowanie dwukośne i użytkowanie łąk objętych pakietami w ramach działania rolniowsko-klimatycznego, które promują późniejsze koszenie pierwszego pokosu. Termin koszenia łąk decyduje zarówno o ilości, jak i wartości zebranej paszy. Wynika to ze zmian jakie zachodzą w trakcie wzrostu i rozwoju roślinności łąkowej. Wiosną, na początku sezonu wegetacyjnego, tempo przyrostu biomasy jest najszybsze. W późniejszym okresie tempo przyrostu masy nadziemnej stopniowo maleje, a pod koniec kwitnienia całkowicie ustaje. Zmianom tym towarzyszą zmiany w składzie chemicznym roślin. Młoda ruń składa się głównie z liści, które zawierają dużo białka ogólnego, beta karotenu, cukrów i składników mineralnych. W miarę rozwoju roślin następuje stopniowe zmniejszanie się udziału liści w zbieranej biomase, co powoduje wzrost ilości włókna surowego kosztem białka ogólnego. Powoduje to spadek strawności i wartości pokarmowej zielonki.

Oprócz terminu zbioru na ilość i jakość zbieranej biomasy mają wpływ czynniki agrometeorologiczne, szczególnie niedobór opadów w kluczowych okresach

początkowego rozwoju roślin. Mniej korzystny przebieg warunków pogodowych, szczególnie wiosną, może negatywnie wpłynąć na rozwój roślin i przyrost biomasy. W efekcie skutkuje to niższym plonem suchej masy i obniżeniem zawartości frakcji włókna ADF i NDF.

Kierując się jedynie wartością pokarmową runi łąkowej, powinna być ona koszona jak najwcześniej. Z drugiej jednak strony, im późniejszy termin zbioru zielonki na paszę, tym większy plon suchej masy, czym często kierują się rolnicy przy podejmowaniu decyzji o terminie przeprowadzenia sianokosów. Dlatego należy znaleźć najkorzystniejszy moment, w którym największa wydajność zielonej masy łączy się z jej największą wartością pokarmową.

Uwzględniając wysokość uzyskanych plonów i jakość zielonki optymalnym terminem zbioru runi łąkowej na paszę wydaje się termin po 25 maja. Zbiór runi w tym terminie gwarantuje uzyskanie plonów

biomasy rzędu 4 t s.m. z ha przy zachowaniu względnie dobrej jakości paszy. Późniejsze koszenie, co prawda pozwala na zebranie większej ilości biomasy, jednakże jej jakość ulega znacznemu pogorszeniu i może być wykorzystywana tylko w ekstensywnym żywieniu bydła. Natomiast w gospodarstwach prowadzących intensywną produkcję zwierzęcą, gdzie popyt na wysokiej jakości pasze objętościowe jest znaczny, optymalnym terminem koszenia jest połowa maja.

Uzyskane wyniki mogą być wykorzystane w zaleceniach dotyczących łąk kośnych użytkowanych w różnych systemach intensywności w celu zwiększenia wartości pokarmowej zbieranych pasz, a zwłaszcza zmniejszenia zawartości frakcji włókna. Istnieje potrzeba kontynuacji doświadczeń pozwalających na lepsze poznanie interakcji między terminem zbioru a warunkami pogodowymi, zwłaszcza w wielogatunkowych zbiorowiskach trawiastych.

Bibliografia

- [1] Borawska-Jarmułowicz B., Mastalerczuk G., Janicka M., Wróbel B.: Effect of silicon-containing fertilizers on the nutritional value of grass-legume mixtures on temporary grasslands. *Agriculture*, 2022, 12 (2), 145. DOI: 10.3390/agriculture12020145.
- [2] Boval M., Dixon R.M.: The importance of grasslands for animal production and other functions: a review on management and methodological progress in the tropics. *Animal*, 2012, 6, 748-762. DOI:10.1017/S1751731112000304.
- [3] Brzóska F., Śliwiński B.: Jakość pasz objętościowych w żywieniu przeżuwaczy i metody jej oceny Cz. I. Charakterystyka pasz objętościowych i mierniki jej jakości. *Wiadomości Zootechniczne*, 2011, 49, 2, 11-23.
- [4] Buxton D.R., Brasche M.R.: Digestibility of structural carbohydrates in cool-season grass and legume forages. *Crop science*, 1991, 31 (5), 1338-1345. DOI: [10.2135/cropsci1991.0011183x003100050052x](https://doi.org/10.2135/cropsci1991.0011183x003100050052x).
- [5] Buxton D.R.: Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Science and Technology*, 1996, 59 (1-3), 37-49. DOI: [10.1016/0377-8401\(95\)00885-3](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00885-3).
- [6] Chang J., Viovy N., Vuichard N., Ciais P., Campioli M., Klumpp K., Martin R., Leip A., Soussana J.F.: Modeled Changes in Potential Grassland Productivity and in Grass-Fed Ruminant Livestock Density in Europe over 1961-2010. *Plos One*, 2015, 10, e0127554. DOI: 10.1371/journal.pone.0127554.
- [7] Fariaszewska A., Aper J., Van Huylenbroeck, J., Baert, J., De Riek, J., Staniak, M., Pecio Ł.: Mild drought stress-induced changes in yield, physiological processes and chemical composition in *Festuca*, *Lolium* and *Festulolium*. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 2017, 203 (2), 103-116. DOI: [10.1111/jac.12168](https://doi.org/10.1111/jac.12168).
- [8] GUS: Produkcja upraw rolnych i ogrodnich w 2019 r., Warszawa 2020. [dostęp:20.05.2022]: (https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5509/9/18/1/produkcja_upraw_rolnych_i_ogrodnich_w_2019_r_.pdf).
- [9] Halim R.A., Buxton D.R., Hattendorf M.J., Carlson R.E.: Water-stress effects on alfalfa forage quality after adjustment for maturity differences. *Agronomy Journal*, 1989, 81 (2), 189-194. DOI: [10.2134/agronj1989.00021962008100020010x](https://doi.org/10.2134/agronj1989.00021962008100020010x).
- [10] Kozłowski S., Swędryński A.: Węglowodany strukturalne i ligniny a wartość użytkowa roślin łąkowych. *Pamiętnik Puławski*, 2001, 125, 139-146.
- [11] Küchenmeister K., Küchenmeister F., Kayser M., Wrage-Mönnig N., Isselstein J.: Influence of drought stress on nutritive value of perennial forage legumes. *International Journal of Plant Production*, 2013, 7 (4), 693-710.
- [12] Kuoppala K., Ahvenjärvi S., Rinne M., Vanhatalo A.: Effects of feeding grass or red clover silage cut at two maturity stages in dairy cows. 2. Dry matter intake and cell wall digestion kinetics. *Journal of Dairy Science*, 2009, 92 (11), 5634-5644. DOI: [10.3168/jds.2009-2250](https://doi.org/10.3168/jds.2009-2250).
- [13] Linn J.G., Martin N.P.: Forage quality test and interpretation. St. Paul. University of Minnesota Extension Service Publ. AG-FO-2637, 1989, 1-5.
- [14] Niedbała G., Wróbel B., Piekutowska M., Zielewicz W., Paszkiewicz-Jasińska A., Wojciechowski T., Mohsen N.: Application of artificial neural networks sensitivity analysis for the pre-identification of highly significant factors influencing the yield and digestibility of grassland sward in the climatic conditions of Central Poland. *Agronomy*, 2022, 12, 1133. DOI: [10.3390/agronomy12051133](https://doi.org/10.3390/agronomy12051133).

- [15] Pelletier S., Tremblay, G.F., Bélanger G., Bertrand A., Castonguay Y., Pageau, D., Drapeau R.: Forage nonstructural carbohydrates and nutritive value as affected by time of cutting and species. *Agronomy Journal*, 2010, 102, 1388-1398. DOI: [10.2134/agronj2010.0158](https://doi.org/10.2134/agronj2010.0158).
- [16] PN-EN ISO 12099:2010.: Pasze, ziarno zbóż i produkty przemiału - Wytyczne stosowania spektrometrii bliskiej podczerwieni, 2013.
- [17] Poetsch E., Resch R., Krautzer B.: Variability of forage quality between and within three maturity groups of *Lolium perenne* L. during the first growth. *Grassland Science in Europe*, 2016, 21, 293-295.
- [18] Reiné R., Ascaso J., Barrantes O.: Nutritional quality of plant species in Pyrenean hay meadows of high diversity. *Agronomy*, 2020, 10 (6), 883. DOI: 10.3390/agronomy10060883.
- [19] Rinne M., Nykänen A.: Timing of primary growth harvest affects the yield and nutritive value of timothy-red clover mixtures. *Agricultural and Food Science in Finland*, 2020, 9, 121-134. DOI: [10.23986/afsci.5654](https://doi.org/10.23986/afsci.5654).
- [20] Staniak M., Kocoń A.: Forage grasses under drought stress in conditions of Poland. *Acta Physiologiae Plantarum*, 2015, 37, 116. DOI: 10.1007/s11738-015-1864-1.
- [21] Truba M., Wiśniewska-Kadżajan B., Sosnowski J., Malinowska E., Jankowski K., Makarewicz A.: The effect of soil conditioners on cellulose, hemicellulose, and the ADL fibre fraction concentration in *Dactylis glomerata* and *Lolium perenne*. *Journal of Ecological Engineering*, 2017, 18(1), 107-112. DOI: 10.12911/22998993/66249.
- [22] Wiśniewska-Kadżajan, B., Jankowski K.: Changes in the content of structural carbohydrates and lignin in the biomass of *Lolium multiflorum* (Lam.) after applying slurry with biopreparations and with NPK. *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura*, 2019, 18(4), 171-179.
- [23] Wróbel B., Zielewicz W.: Nutritional value of red clover (*Trifolium pratense* L.) and birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) harvested in different maturity stages. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. 2019, 64(4) 14-19.
- [24] Zielewicz W., Swędryński A., Dobrzyński J., Swędryńska D., Kulkova I., Wierzchowski P., Wróbel B.: Effect of forage plant mixture and biostimulants application on the yield, changes of botanical composition, and microbiological soil activity. *Agronomy*, 2021, 11, 1786. DOI:10.3390/agronomy11091786.

