

GRAŻYNA ANNA CIEPIELA

Zakład Turystyki i Rekreacji
Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach

ZAWARTOŚĆ WĘGLOWODANÓW STRUKTURALNYCH I NIESTRUKTURALNYCH ORAZ LIGNINY W *DACTYLIS GLOMERATA* L. I *FESTULOLIUM BRAUNII* (K. RICHT.) A. CAMUS ZASILANYCH BIOSTYMULATOREM KELPAK SL I AZOTEM

CONTENT OF STRUCTURAL AND NONSTRUCTURAL CARBOHYDRATES
AND LIGNIN IN *DACTYLIS GLOMERATA* L. AND *FESTULOLIUM BRAUNII*
(K. RICHT.) A. CAMUS SUPPLIED BY BIOSTIMULATOR
KELPAK SL AND NITROGEN

Streszczenie. Celem badań było określenie wpływu biostymulatora Kelpak SL i dawki azotu na zawartość węglowodanów strukturalnych i niestukturalnych oraz ligniny w *Dactylis glomerata* i *Festulolium braunii*. Doświadczenie polowe prowadzono w latach 2009-2012 na terenie obiektu doświadczalnego położonego w Siedlcach, należącego do Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego. Nasiona traw wysiano wiosną 2009 roku. W latach pełnego użytkowania (2010-2012) stosowano następujące nawożenie: „0” (bez Kelpaka i nawożenia azotem); Kelpak (bez nawożenia azotem); azot – 50 kg·ha⁻¹; azot – 50 kg·ha⁻¹ + Kelpak; azot – 150 kg·ha⁻¹; azot – 150 kg·ha⁻¹ + Kelpak. Każdego roku zbierano trzy pokosy traw, a całkowitą dawkę azotu i potasu (160 kg·ha⁻¹ K₂O) dzielono na trzy równe części i stosowano na każdy odrost. Fosfor (40 kg·ha⁻¹ P₂O₅) wysiewano jednorazowo wiosną. Biostymulator dostarczano roślinom w roztworze wodnym, w formie oprysku, w dawce 2000 cm³·ha⁻¹, rozcieńczony wodą do objętości 400 dm³. Zabieg ten stosowano na każdy odrost. Zawartość w materiale roślinnym celulozy, hemicelulozy, ligniny, białka ogólnego, popiołu surowego i tłuszczu surowego oznaczono metodą NIRS. Zawartość węglowodanów niestukturalnych wyliczono ze wzoru, odejmując od 1000 g suchej masy zawartość wszystkich oznaczanych składników. Uzyskane w pracy wyniki wskazują, że biostymulator Kelpak SL spowodował spadek zawartości w trawach celulozy, hemicelulozy i ligniny oraz wzrost zawartości węglowodanów niestukturalnych. Najmniej węglowodanów strukturalnych i ligniny zawierały rośliny nawożone 150 kg azotu na 1 ha w połączeniu z biostymulatorem. Najbardziej zasobne w węglowodany niestukturalne były trawy zasilane wyłącznie biostymulatorem. Gatunek *Festulolium braunii* w porównaniu z *Dactylis glomerata* zawierał mniej węglowo-

danów strukturalnych i ligniny oraz więcej węglowodanów niestrukturalnych. Najwięcej węglowodanów niestrukturalnych i celulozy oraz najmniej hemicelulozy zawierał pokos pierwszy. Zawartość ligniny była największa w pokosie drugim.

Słowa kluczowe: *Dactylis glomerata*, *Festulolium braunii*, biostymulator Kelpak SL, nawożenie azotem, celuloza, hemiceluloza, lignina, węglowodany niestrukturalne

Wstęp

Najczęściej stosowanym kryterium oceny traw pastewnych, poza zawartością białka, jest zawartość węglowodanów strukturalnych i niestrukturalnych oraz ligniny. Do węglowodanów strukturalnych zaliczane są dwa polisacharydy – celuloza i hemiceluloza, które razem z ligniną wchodzi w skład budowy ścian komórkowych. Składniki te ograniczają strawność i wartość energetyczną plonu oraz pobieranie roślin przez zwierzęta, jednakże ich nadmiar, jak i niedobór w paszy dla przeżuwaczy są niewskazane (PODKÓWKA i PODKÓWKA 2006).

Węglowodany niestrukturalne wchodzi w skład wnętrza komórek roślinnych. Zalicza się do nich cukry proste, dwucukry, kilkucukry (oligosacharydy) i skrobię (BRZÓSKA i ŚLIWIŃSKI 2011). Warunkują one wartość pokarmową i smakową roślin pastewnych oraz ich przydatność do określonego typu użytkowania i określonej technologii produkcji pasz (WILMAN i RILEY 1993, DOWNING i GAMROTH 2007).

Gatunki traw pastewnych wykazują duże zróżnicowanie pod względem zawartości węglowodanów i ligniny. Stanowi to efekt oddziaływania wielu czynników natury biologicznej, ekologicznej i antropogenicznej, a w szczególności zabiegów agrotechnicznych, co podkreślają KOZŁOWSKI i IN. (2001).

Elementem agrotechniki decydującym w najwyższym stopniu o wielkości i jakości plonów traw jest nawożenie. Szczególną rolę w tym zakresie przypisuje się nawozom azotowym. Azot modyfikuje właściwości morfologiczne i chemiczne traw istotne z punktu widzenia ich plonowania i wartości pokarmowej. Jednakże w ostatnich latach w literaturze przedmiotu zwrócono uwagę na możliwość wykorzystania w uprawach rolniczych biostymulatorów zawierających naturalne regulatory wzrostu (PIETRYGA i MATYSIAK 2003, MATYSIAK i ADAMCZEWSKI 2006, MATYSIAK i IN. 2011, 2012 a, 2012 b). Szczególne zainteresowanie tymi substancjami wynika przede wszystkim z tendencji proekologicznych w uprawie roślin oraz większej troski o środowisko naturalne i bezpieczeństwo żywności. Jednym z takich preparatów jest Kelpak SL (ang. *kelp* – wodorosty morskie), wytwarzany z brunatnicy *Ecklonia maxima* wydobywanej u wybrzeży Afryki Południowej. Na świecie wyciąg z *E. maxima* stosowany jest w uprawach takich roślin, jak: soja, ryż, kukurydza, zboża, rzepak, bawełna, trzcina cukrowa, okopowe, warzywa oraz drzewa i krzewy owocowe (DE WAELE i IN. 1988, TEMPLE i BOMKE 1989, VERKLEIJ 1992, ZODAPE 2001, ABOU EL-YAZIED i IN. 2012).

Liczne badania wskazują na korzystny wpływ ekstraktu z alg morskich na plonowanie i skład chemiczny roślin oraz na zwiększenie powierzchni blaszek liściowych, długości pędów i zawartości chlorofilu w liściach (BLUNDEN i IN. 1996, THEVANATHAN i IN. 2005, MATYSIAK i ADAMCZEWSKI 2006, MATYSIAK i IN. 2010, 2012 a, 2012 b, SOSNOWSKI i IN. 2013). Za fizjologiczną aktywność tych ekstraktów odpowiadają głów-

nie zawarte w nich fitohormony: auksyny i cytokininy. Kelpak zawiera w 1 l 11 mg auksyn i 0,03 mg cytokinin. Niektóre doniesienia (FINNIE i VAN STADEN 1985, STIRK i VAN STADEN 1996, 1997) wskazują, że ważniejszą rolę w stymulowaniu wzrostu i rozwoju roślin odgrywiają cytokininy. Ponadto występujące w wyciągu z alg morskich inne związki, takie jak: polisacharydy (niewystępujące w roślinach lądowych), aminokwasy, polifenole oraz makro- i mikroelementy, także mają wpływ na procesy życiowe roślin uprawnych i decydują o ich składzie chemicznym (CONNAN i IN. 2006, KHAN i IN. 2009, CRAIGIE 2011).

Celem badań było określenie wpływu biostymulatora Kelpak SL i dawki azotu na zawartość węglowodanów strukturalnych i niestructuralnych oraz ligniny w kupkówce pospolitej i kostrzycy Brauna.

Material i metody

Doświadczenie polowe założono w trzeciej dekadzie kwietnia 2009 roku, metodą losowanych podbloków (split-plot), w trzech powtórzeniach, na terenie obiektu doświadczalnego Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego znajdującego się w Siedlcach. Wielkość poletka wynosiła 10 m². Gleba, na której zlokalizowano doświadczenie, jest zaliczana pod względem agronomicznym do gleb średnich, działu gleb antropogenicznych, rzędu kulturoziemnych, typu hortisole, wytworzonych z piasku słabo gliniastego. Przed założeniem doświadczenia gleba ta charakteryzowała się odczynem obojętnym (pH w 1n KCl 7,2), dużą zasobnością w próchnicę (3,78%), przyswajalny fosfor (P₂O₅ – 900 mg·kg⁻¹) i magnez (84 mg·kg⁻¹) oraz średnią zasobnością w azot ogólny (1,8 g·kg⁻¹ s.m.) i przyswajalny potas (K₂O – 19 mg·kg⁻¹).

Czynnikami doświadczalnymi były:

- nawożenie:
 - „0” (bez biostymulatora i nawożenia azotem),
 - biostymulator Kelpak SL (bez nawożenia azotem),
 - azot – 50 kg·ha⁻¹,
 - azot – 50 kg·ha⁻¹ + biostymulator Kelpak SL,
 - azot – 150 kg·ha⁻¹,
 - azot – 150 kg·ha⁻¹ + biostymulator Kelpak SL,
- gatunek trawy uprawiany w siewie czystym (monokultura):
 - kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata*), odmiana ‘Tukan’,
 - kostrzyca Brauna (*Festulolium braunii*), odmiana ‘Agula’.

Ilość wysiewu nasion badanych traw przyjęto według norm opracowanych przez IMUZ w Falentach (JANKOWSKI i IN. 2005). W roku założenia doświadczenia nie różnicowano dawek azotu i nie stosowano biostymulatora. Sezon ten był traktowany jako wyrównawczy, wykonano w nim trzy pokosy odchwaszczające. Po drugim pokosie odchwaszczającym zastosowano na wszystkich poletkach nawożenie mineralne w ilości 30 kg·ha⁻¹ N (saletra amonowa) i 30 kg·ha⁻¹ K₂O (sól potasowa). Nawożenia fosforem nie stosowano ze względu na dużą zasobność gleby w przyswajalne formy tego pierwiastka. W latach pełnego użytkowania (2010-2012) zbierano trzy pokosy traw. Nawo-

żenie azotem w formie saletry amonowej stosowano w ciągu roku trzykrotnie. Całkowitą dawkę N dzielono na trzy równe części i stosowano na każdy odrost. Ilość fosforu i potasu niezbędną w mieszankach obliczono, biorąc pod uwagę zakładany plon suchej masy roślin i odpowiednią (z punktu widzenia żywienia przeżuwaczy) zawartość tych składników w sianie, a także zasobność gleby w te pierwiastki. Do ustalenia dawki fosforu i potasu wykorzystano także współczynniki podane przez FOTYME i MERCIKA (1995). Nawożenie P i K stosowano na wszystkich obiektach. Fosfor wysiewano jednorazowo wiosną w ilości $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, w postaci superfosfatu potrójnego (P_2O_5). Dawkę potasu ($160 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) dzielono na trzy równe części i stosowano na każdy odrost, w formie 60-procentowej soli potasowej (K_2O). Biostymulator dostarczano roślinom w roztworze wodnym, w formie oprysku, w dawce $2000 \text{ cm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, rozcieńczony wodą do objętości 400 dm^3 . Zabieg ten stosowano na każdy odrost. Pierwszy odrost opryskiwano trzy tygodnie przed zbiorem, drugi – dwa tygodnie po zbiorze pierwszego pokosu, a trzeci – trzy tygodnie po zbiorze drugiego pokosu.

W czasie zbioru wszystkich pokosów z każdego poletka pobierano 0,5 kg zielonej masy traw w celu wykonania analiz chemicznych. Próby suszono w sposób naturalny, w pomieszczeniu z wentylacją. Powietrznie suchą masę siewczkowano, a następnie mielono. Tak przygotowany materiał roślinny poddawano analizie chemicznej na zawartość suchej masy, celulozy, hemicelulozy, ligniny, białka ogólnego, popiołu surowego i tłuszczu surowego. Wymienione składniki oznaczono metodą spektroskopii odbiciowej w bliskiej podczerwieni (NIRS), za pomocą spektrofotometru NIRFlex N-500, z zastosowaniem gotowych kalibracji firmy INGOT®). Zawartość węglowodanów niestrukturalnych wyliczono ze wzoru podanego w opracowaniu BRZÓSKI i ŚLIWIŃSKIEGO (2011).

Do statystycznego opracowania wyników wykorzystano analizę wariancji dla doświadczeń trójczynnikowych, wielokrotnych (trzeci czynnik – pokos), w układzie split-split-plot. W doświadczeniu wykorzystano modele matematyczne zaproponowane do tego typu doświadczeń przez TRĘTOWSKIEGO i WÓJCIKA (1991). Istotność różnic pomiędzy średnimi charakteryzującymi badane czynniki oszacowano za pomocą testu Tukeya na poziomie istotności $\alpha \leq 0,05$.

Wyniki i dyskusja

W badanym materiale roślinnym zawartość celulozy, niezależnie od gatunku trawy, nawożenia i pokosu, wynosiła średnio $290,0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (tab. 1). Najmniejszą zawartością tego składnika ($264,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) odznaczały się rośliny zasilane jednocześnie biostymulatorem i azotem w ilości $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Wpływ biostymulatora uwidocznił się istotnym spadkiem ilości celulozy w trawach. Ponadto wzrost dawki azotu z $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ do $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ również spowodował istotne zmniejszenie zawartości tego składnika w suchej masie roślin. Należy także zaznaczyć, że zawartość celulozy w kostrzycy Brauna była mniej więcej o 11% mniejsza niż w kupkówce pospolitej. Uzyskane wyniki znajdują potwierdzenie w badaniach KOZŁOWSKIEGO i SWĘDRZYŃSKIEGO (2001), którzy wykazali, że kupkówka należy do grupy traw o dużej zawartości celulozy i w porównaniu z gatunkami rodzicielskimi kostrzycy Brauna (kostrzewą łąkową – *Festuca*

Ciepiela G.A., 2014. Zawartość węglowodanów strukturalnych i niestruturalnych oraz ligniny w *Dactylis glomerata* L. i *Festulolium braunii* (K. Richt.) A. Camus zasilanych biostymulatorem Kelpak SL i azotem. Nauka Przyr. Technol. 8, 1, #2.

Tabela 1. Zawartość celulozy w badanych gatunkach traw w zależności od nawożenia i pokosu (średnia z lat 2010-2012) ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.)

Table 1. Content of cellulose in investigated grasses species depending on fertilization and cut (mean from 2010-2012) ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.m.)

Pokos Cut (C)	Gatunek trawy Species of grass (B)	Nawożenie – Fertilization (A)						Średnia Mean
		„0”	Kelpak	N – 50 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	N – 50 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ + Kelpak	N – 150 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	N – 150 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ + Kelpak	
1	<i>Dactylis glomerata</i>	335,1	317,2	330,8	313,4	320,7	294,1	318,6
	<i>Festulolium braunii</i>	307,2	290,2	301,9	282,7	277,1	257,5	286,1
2	<i>Dactylis glomerata</i>	320,9	304,1	318,8	300,2	303,8	267,5	302,6
	<i>Festulolium braunii</i>	291,3	272,8	284,9	262,3	267,1	247,1	270,9
3	<i>Dactylis glomerata</i>	311,3	294,3	307,0	289,5	297,4	278,7	296,4
	<i>Festulolium braunii</i>	283,3	267,5	277,5	261,0	261,1	242,1	265,4
Średnia Mean	<i>Dactylis glomerata</i>	322,4	305,2	318,8	301,0	307,3	280,1	305,8
	<i>Festulolium braunii</i>	293,9	276,8	288,1	268,7	268,4	248,9	274,1
1	Średnia dla dwóch gatunków Mean for two species	321,2	303,7	316,3	298,1	298,9	275,8	302,3
2	Średnia dla dwóch gatunków Mean for two species	306,1	288,5	301,8	281,2	285,5	257,3	286,7
3	Średnia dla dwóch gatunków Mean for two species	297,3	280,9	292,3	275,3	279,3	260,4	280,9
Średnia Mean	Średnia dla dwóch gatunków Mean for two species	308,2	291,0	303,5	284,8	287,9	264,5	290,0

NIR $p \leq 0,05$ dla: A – 8,3, B – 4,2, C – 7,4, A \times B \times C – 14,0, A \times B – 9,7, A \times C – 16,0, B \times C – 9,0.

LSD $p \leq 0,05$ for: A – 8.3, B – 4.2, C – 7.4, A \times B \times C – 14.0, A \times B – 9.7, A \times C – 16.0, B \times C – 9.0.

pratensis i życią wielokwiatową – *Lolium multiflorum*) zawiera od 10% do 20% więcej tego polisacharydu. Tego samego zdania jest BOROWIECKI (2002), który również stwierdził, że kupkówka pospolita zawiera więcej węglowodanów strukturalnych i ligniny niż kostrzyca Brauna. Istotne zróżnicowanie pod względem odkładania celulozy w badanych trawach wystąpiło także w poszczególnych odrostach. Najwięcej celulozy oznaczono w pokosie pierwszym (średnio $302,3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.); pokos drugi i trzeci nie różniły się istotnie między sobą pod tym względem. Podobne tendencje wykazywała także móżdżka trzcinowata (*Phalaris arundinacea*) (GOLIŃSKA i KOZŁOWSKI 2006). Przy-

czyn większej zawartości węglowodanów strukturalnych w trawach z pierwszego odrostu można upatrywać w ich gorszym ulistnieniu. Badania KOCHANOWSKIEJ-BUKOWSKIEJ (1991) wykazały, że udział blaszek liściowych w plonie kupkówki z pierwszego odrostu wynosi 42%, a w plonie z trzeciego odrostu – 75%.

Wykonane równoległe badania nad hemicelulozą i ligniną wykazały, że wpływ stosowanego w doświadczeniu nawożenia na kumulację obu tych składników w testowanych gatunkach traw był podobny (tab. 2, 3). Biostymulator istotnie zmniejszał ilość

Tabela 2. Zawartość hemicelulozy w badanych gatunkach traw w zależności od nawożenia i pokosu (średnia z lat 2010-2012) ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.)

Table 2. Content of hemicellulose in investigated grasses species depending on fertilization and cut (mean from 2010-2012) ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.m.)

Pokos Cut (C)	Gatunek trawy Species of grass (B)	Nawożenie – Fertilization (A)						Średnia Mean
		„0”	Kelpak	N – 50 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	N – 50 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ + Kelpak	N – 150 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	N – 150 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ + Kelpak	
1	<i>Dactylis glomerata</i>	222,1	202,7	208,3	194,2	173,9	143,0	190,7
	<i>Festulolium braunii</i>	187,7	167,7	176,7	165,6	166,9	152,0	169,4
2	<i>Dactylis glomerata</i>	225,5	213,4	222,1	207,6	212,9	184,2	211,0
	<i>Festulolium braunii</i>	205,9	190,3	195,6	183,4	178,2	170,9	187,4
3	<i>Dactylis glomerata</i>	220,4	208,6	211,7	198,9	193,3	190,0	203,8
	<i>Festulolium braunii</i>	199,1	185,7	188,6	180,3	171,4	145,6	178,4
Średnia Mean	<i>Dactylis glomerata</i>	222,7	208,2	214,0	200,2	193,4	172,4	201,8
	<i>Festulolium braunii</i>	197,6	181,2	187,0	176,4	172,2	156,2	178,4
1	Średnia dla dwóch gatunków Mean for two species	204,9	185,2	192,5	179,9	170,4	147,5	180,1
2	Średnia dla dwóch gatunków Mean for two species	215,7	201,9	208,9	195,5	195,6	177,6	199,2
3	Średnia dla dwóch gatunków Mean for two species	209,8	197,2	200,2	189,6	182,4	167,8	191,1
Średnia Mean	Średnia dla dwóch gatunków Mean for two species	210,1	194,7	200,5	188,3	182,8	164,3	190,1

NIR $p \leq 0,05$ dla: A – 9,2, B – 4,1, C – 6,6, A × B × C – 11,0, A × B – 8,9, A × C – 10,0, B × C – 9,0.
LSD $p \leq 0,05$ for: A – 9.2, B – 4.1, C – 6.6, A × B × C – 11.0, A × B – 8.9, A × C – 10.0, B × C – 9.0.

Ciepiela G.A., 2014. Zawartość węglowodanów strukturalnych i niestrukturalnych oraz ligniny w *Dactylis glomerata* L. i *Festulolium braunii* (K. Richt.) A. Camus zasialanych biostymulatorem Kelpak SL i azotem. Nauka Przyr. Technol. 8, 1, #2.

Tabela 3. Zawartość ligniny w badanych gatunkach traw w zależności od nawożenia i pokosu (średnia z lat 2010-2012) ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.)

Table 3. Content of lignin in investigated grasses species depending on fertilization and cut (mean from 2010-2012) ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ d.m.)

Pokos Cut (C)	Gatunek trawy Species of grass (B)	Nawożenie – Fertilization (A)						Średnia Mean
		„0”	Kelpak	N – 50 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$	N – 50 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ + Kelpak	N – 150 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$	N – 150 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ + Kelpak	
1	<i>Dactylis glomerata</i>	47,4	44,1	46,0	43,3	44,5	39,1	44,1
	<i>Festulolium braunii</i>	40,2	36,9	37,9	36,1	37,3	34,6	37,2
2	<i>Dactylis glomerata</i>	51,3	47,7	48,2	45,6	45,6	41,0	46,6
	<i>Festulolium braunii</i>	41,7	38,1	40,0	39,1	39,5	36,1	39,0
3	<i>Dactylis glomerata</i>	46,5	42,8	44,5	41,3	41,9	38,3	42,6
	<i>Festulolium braunii</i>	38,7	35,5	36,1	35,0	36,3	32,5	35,7
Średnia Mean	<i>Dactylis glomerata</i>	48,4	44,9	46,2	43,4	44,0	39,4	44,4
	<i>Festulolium braunii</i>	40,2	36,8	38,0	36,7	37,7	34,4	37,3
1	Średnia dla dwóch gatunków Mean for two species	43,8	40,5	41,9	39,7	40,9	36,9	40,6
2	Średnia dla dwóch gatunków Mean for two species	46,5	42,9	44,1	42,4	42,6	38,6	42,8
3	Średnia dla dwóch gatunków Mean for two species	42,6	39,2	40,3	38,2	39,1	35,4	39,1
Średnia Mean	Średnia dla dwóch gatunków Mean for two species	44,3	40,9	42,1	40,1	40,9	37,0	40,8

NIR $p \leq 0,05$ dla: A – 1,5, B – 0,8, C – 1,5, A × B × C – 2,5, A × B – 2,0, A × C – 2,0, B × C – 1,7.

LSD $p \leq 0,05$ for: A – 1.5, B – 0.8, C – 1.5, A × B × C – 2.5, A × B – 2.0, A × C – 2.0, B × C – 1.7.

hemicelulozy i ligniny w roślinach nawożonych taką samą dawką azotu, natomiast wpływ azotu na zawartość tych składników nie zawsze był udowodniony statystycznie. Jednakże na obiektach bez biostymulatora wzrost dawki azotu spowodował istotne zmniejszenie ilości hemicelulozy w obu gatunkach traw. Najmniejszą zawartość hemicelulozy (średnio $164,3 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) i ligniny ($37,0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) oznaczono w roślinach zasialanych jednocześnie Kelpakiem i azotem w ilości $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują również na znaczne zróżnicowanie analizowanych gatunków traw pod względem wartości pokarmowej zależnej od zawartości hemicelulozy i ligniny. W przypadku tych składników, podobnie jak i celulozy, lepszą wartość pokarmową miała kostrzyca Brauna.

Zmienność w ilościowym występowaniu hemicelulozy i ligniny odnotowano także pomiędzy pokosami. Stwierdzono, że największa lignifikacja roślin wystąpiła w drugim odroście (42,8 g·kg⁻¹ s.m), a najmniej hemicelulozy (180,1 g·kg⁻¹ s.m) zawierał odrost pierwszy. Uzyskane wyniki znajdują potwierdzenie w badaniach GOLIŃSKIEJ i KOZŁOWSKIEGO (2006).

W testowanych gatunkach traw ilość badanych węglowodanów niestrukturalnych zmniejszała się pod wpływem wzrastających dawek azotu (tab. 4). Podobne wyniki dla kupkówki pospolitej uzyskali KOZŁOWSKI i IN. (2001) oraz CIEPIELA (2004). Według KRZYWIECKIEGO (1985) przyczyną takich reakcji jest zwiększone nagromadzenie w roślinach związków białkowych, w których powstawaniu są wykorzystywane węglowodany. Zastosowany w eksperymencie biostymulator przeważnie zwiększał zawartości węglowodanów w obu gatunkach i we wszystkich pokosach, jednakże największy efekt jego działania (niezależnie od pokosu) odnotowano w kostrzycy Brauna nawożonej azotem w ilości 150 kg·ha⁻¹ oraz w kupkównie pospolitej na obu poziomach nawożenia azotem. Zawartość węglowodanów w trawach na tych obiektach wzrosła w porównaniu z obiektami nawożonymi wyłącznie azotem (w tych samych dawkach) odpowiednio o 18,3 g·kg⁻¹ s.m, 17,2 g·kg⁻¹ s.m i 17,5 g·kg⁻¹ s.m.

Analiza porównawcza badanych traw pod względem zawartości węglowodanów niestrukturalnych w suchej masie roślin wykazała, że niezależnie od nawożenia i pokosu bardziej zasobna w te związki była kostrzyca Brauna. Świadczy to o jej lepszej wartości pokarmowej i smakowości niż kupkówki pospolitej. Badania nad występowaniem węglowodanów w roślinach łąkowych prowadzone przez KOZŁOWSKIEGO i IN. (2001) oraz wcześniejsze badania autorki (CIEPIELA 2004) wskazują, że kupkówka jest gatunkiem mniej zasobnym w węglowodany rozpuszczalne, które wchodzi w skład analizowanej grupy związków, niż życica trwała (*Lolium perenne*) i wielokwiatowa, kostrzewa łąkowa i stokłosa obiedkowata (*Bromus unioloides*). Również DOWNING i GAMROTH (2007) w swoich badaniach udowodnili, że *Festulolium* zawiera więcej węglowodanów niestrukturalnych niż kupkówka pospolita oraz mniej niż gatunku rodzaju *Lolium*.

Wyraźne zmniejszenie koncentracji węglowodanów niestrukturalnych w badanych trawach w okresie letnim (pokos drugi) można wytłumaczyć wzmożonym oddychaniem roślin w warunkach wysokich temperatur, w którym to procesie zużywane są cukry (NOWACKI 1981, WATTS 2008). Również inni autorzy (DOWNING i GAMROTH 2007) w swoich badaniach udowodnili, że zawartość węglowodanów niestrukturalnych w trawach maleje przy wzroście temperatury powietrza. Podobne sezonowe zmiany w zawartości tych związków w trawach odnotowano w pracach KOZŁOWSKIEGO i IN. (2001), CIEPIELI (2004) oraz GOLIŃSKIEJ i KOZŁOWSKIEGO (2006).

Ciepiela G.A., 2014. Zawartość węglowodanów strukturalnych i niestructuralnych oraz ligniny w *Dactylis glomerata* L. i *Festulolium braunii* (K. Richt.) A. Camus zasilanych biostymulatorem Kelpak SL i azotem. Nauka Przyr. Technol. 8, 1, #2.

Tabela 4. Zawartość węglowodanów niestructuralnych w badanych gatunkach traw w zależności od nawożenia i pokosu (średnia z lat 2010-2012) ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.)

Table 4. Content of nonstructural carbohydrates in investigated grasses species depending on fertilization and cut (mean from 2010-2012) ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.m.)

Pokos Cut (C)	Gatunek trawy Species of grass (B)	Nawożenie – Fertilization (A)						Średnia Mean
		„0”	Kelpak	N – 50 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	N – 50 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ + Kelpak	N – 150 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	N – 150 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ + Kelpak	
1	<i>Dactylis glomerata</i>	205,4	224,8	195,0	212,1	186,4	228,6	208,7
	<i>Festulolium braunii</i>	256,7	271,6	256,0	265,4	245,4	258,8	259,0
2	<i>Dactylis glomerata</i>	189,8	189,5	158,0	166,7	147,9	147,0	166,5
	<i>Festulolium braunii</i>	233,7	235,8	210,7	224,9	173,3	201,4	213,3
3	<i>Dactylis glomerata</i>	189,6	209,8	180,6	206,6	178,0	189,4	192,3
	<i>Festulolium braunii</i>	257,8	256,8	222,7	233,9	200,1	213,5	230,8
Średnia Mean	<i>Dactylis glomerata</i>	194,9	208,0	177,9	195,1	170,8	188,3	189,2
	<i>Festulolium braunii</i>	249,1	254,7	229,8	241,4	206,3	224,6	234,4
1	Średnia dla dwóch gatunków Mean for two species	231,1	248,2	225,5	238,8	215,9	243,7	233,9
2	Średnia dla dwóch gatunków Mean for two species	211,8	212,7	184,5	195,8	160,6	174,2	189,9
3	Średnia dla dwóch gatunków Mean for two species	223,7	233,3	201,7	220,3	189,1	201,5	211,6
Średnia Mean	Średnia dla dwóch gatunków Mean for two species	222,2	231,4	203,8	218,3	188,5	206,5	211,8

NIR $p \leq 0,05$ dla: A – 6,9, B – 7,7, C – 10,3, A \times B \times C – 11,0, A \times B – 12,0, A \times C – 8,0, B \times C – 12,2.

LSD $p \leq 0,05$ for: A – 6.9, B – 7.7, C – 10.3, A \times B \times C – 11.0, A \times B – 12.0, A \times C – 8.0, B \times C – 12.2.

Wnioski

1. Zasilenie traw biostymulatorem Kelpak SL spowodowało spadek zawartości celulozy, hemicelulozy i ligniny oraz wzrost zawartości węglowodanów niestructuralnych.

2. Wzrastające dawki nawożenia azotem przyczyniły się do spadku zawartości węglowodanów niestructuralnych w badanych trawach. Wpływ azotu na gromadzenie

celulozy, hemicelulozy i ligniny nie był jednokierunkowy, a najmniej tych składników zawierały rośliny nawożone tym pierwiastkiem w ilości 150 kg N·ha⁻¹ w połączeniu z Kelpakiem.

3. Z badanych gatunków traw lepszą wartością pokarmową odznaczała się kostrzyca Brauna, ze względu na mniejszą kumulację węglowodanów strukturalnych i ligniny oraz większą zawartość węglowodanów niestrukturalnych.

4. Wyraźne zróżnicowanie pod względem ilości badanych składników wystąpiło w okresie wegetacji. Odrost wiosenny cechował się wyraźnie większą zawartością węglowodanów niestrukturalnych i celulozy oraz mniejszą hemicelulozy, a odrost drugi – największą lignifikacją i był najmniej zasobny w węglowodany niestrukturalne.

Literatura

- ABOU EL-YAZIED A., EL-GIZAWY A.M., RAGAB M.I., HOMED E.S., 2012. Effect of seaweed extract and compost treatments on growth, field and quality of snap bean. J. Am. Sci. 8, 6: 1-20.
- BLUNDE G., JANKINS T., LIU Y.W., 1996. Enhanced chlorophyll levels in plants treated with seaweed extract. J. Appl. Phycol. 8: 535-543.
- BOROWIECKI J., 2002. Wpływ nawożenia azotem na plon i wartość pokarmową *Festulolium braunii* odm. Felopa. Pam. Puław. 131: 39-48.
- BRZÓSKA F., ŚLIWIŃSKI B., 2011. Jakość pasz objętościowych w żywieniu przeżuwaczy i metody jej oceny. Cz. II. Metody analizy i oceny wartości pokarmowej pasz objętościowych. Wiad. Zootech. 69, 4: 57-68.
- CIEPIELA G.A., 2004. Reakcja wybranych gatunków traw na nawożenie azotem stosowanym w roztworze mocznika i saletrze amonowej. Rozpr. Nauk. AP Siedl. 76.
- CONNAN S., DELISE F., DESLANDES E., AR GALL E., 2006. Intra-thallus phlorotannin content and antioxidant activity in *Phaeophyceae* of temperate waters. Bot. Mar. 49, 1: 34-46.
- CRAIGIE J.S., 2011. Seaweed extract stimuli plant science and agriculture. J. Appl. Phycol. 23: 371-393.
- DE WAELE D., McDONALD A.H., DE WAELE E., 1988. Influence of seaweed concentrate on the growth of maize and reproduction of *Pratylenchus zaeae* (Nematoda). Nematologica 34: 71-77.
- DOWNING T., GAMROTH M., 2007. Nonstructural carbohydrates in cool-season grasses. Oreg. State Univ. Ext. Serv. Spec. Rep. 1079-E 11: 1-6.
- FINNIE J.F., VAN STADEN J., 1985. Effect of seaweed concentrate and applied hormone on *in vitro* tomato roots. J. Plant. Physiol. 120: 215-222.
- FOTYMA M., MERCIK S., 1995. Chemia rolna. PWN, Warszawa.
- GOLIŃSKA B., KOZŁOWSKI S., 2006. Zmienność w występowaniu składników organicznych i mineralnych w *Phalaris arundinacea*. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska Sect. E 61: 353-360.
- JANKOWSKI K., CIEPIELA G.A., JODELKA J., KOLCZATEK R., 2005. Tereny zadarnione. Wyd. AP, Siedlce.
- KHAN W., RAYIRATH U.P., SUBRAMANIAN S., JITHESH M.N., RAYORATH P., HODGES D.M., CRITCHLEY A.T., CRAIGIE J.S., NORRIE J., PRITHIVIRAJ B., 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. Plant Growth Regul. 28: 386-399.
- KOCHANOWSKA-BUKOWSKA Z., 1991. Ocena odmian kupkówki pospolitej na podstawie plonowania i wskaźników ulistnienia roślin. Biul. Oceny Odm. 23: 115-126.
- KOZŁOWSKI S., GOLIŃSKA B., GOLIŃSKI P., 2001. Cukry a wartość użytkowa roślin łąkowych. Pam. Puław. 125: 131-138.

Ciepiela G.A., 2014. Zawartość węglowodanów strukturalnych i niestrukturalnych oraz ligniny w *Dactylis glomerata* L. i *Festulolium braunii* (K. Richt.) A. Camus zasilanych biostymulatorem Kelpak SL i azotem. Nauka Przyr. Technol. 8, 1, #2.

- KOZŁOWSKI S., SWĘDRZYŃSKI A., 2001. Węglowodany strukturalne i ligniny a wartość użytkowa roślin łąkowych. Pam. Puław. 125: 139-146.
- KRZYWIECKI S., 1985. Wartość pokarmowa traw z uprawy polowej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 293: 39-55.
- MATYSIAK K., ADAMCZEWSKI K., 2006. Wpływ bioregulatora Kelpak na plonowanie roślin uprawnych. Prog. Plant Prot. / Post. Ochr. Rośl. 46, 2: 102-108.
- MATYSIAK K., KACZMAREK S., KIERZEK R., 2012 a. Wpływ wyciągu z alg morskich *Ecklonia maxima* (Kelpak SL) na rośliny rzepaku ozimego. Rośl. Oleiste – Oilseed Crops 33: 81-88.
- MATYSIAK K., KACZMAREK S., KIERZEK R., KARDASZ P., 2010. Ocena działania ekstraktów z alg morskich oraz mieszaniny kwasów huminowych i fulwowych na kiełkowanie i początkowy wzrost rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.). J. Res. Appl. Agric. Eng. 55, 4: 28-33.
- MATYSIAK K., KACZMAREK S., KRAWCZYK R., 2011. Influence of seaweed extracts and mixture of humic and fulvic acids on germination and growth of *Zea mays* L. Acta Sci. Pol. Agric. 10, 1: 33-45.
- MATYSIAK K., KACZMAREK S., LESZCZYŃSKA D., 2012 b. Wpływ ekstraktu z alg morskich *Ecklonia maxima* na pszenicę ozimą odmiany Tonacja. J. Res. Appl. Agric. Eng. 57, 4: 44-47.
- NOWACKI E., 1981. Genotyp i nawożenie a jakość paszy dla przeżuwaczy. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 241: 37-53.
- PIETRZYGA J., MATYSIAK K., 2003. Biologiczna ocena bioregulatora wzrostu Kelpak w rzepaku ozimym. Prog. Plant Prot. / Post. Ochr. Rośl. 43, 2: 863-865.
- PODKÓWKA W., PODKÓWKA Z., 2006. Plon suchej masy, strawność substancji organicznej oraz zawartość ADF i NDF w wybranych odmianach kukurydzy firmy Pioneer zbieranych na kiszonce w latach 1998-2003. Pam. Puław. 142: 363-372.
- SOSNOWSKI J., JANKOWSKI K., WIŚNIEWSKA-KADŻAJAN B., JANKOWSKA J., 2013. Effect of different concentrations of Kelpak bioregulator on the formation of above-ground biomass cocksfoot. J. Ecol. Eng. 14, 1: 48-52.
- STIRK W.A., VAN STADEN J., 1996. Comparison of cytokinin- and auxin-like activity in some commercially used seaweed extracts. J. Appl. Phycol. 8: 503-508.
- STIRK W.A., VAN STADEN J., 1997. Isolation and identification of cytokinins in a new commercial product made from *Fucus serratus* L. J. Appl. Phycol. 9: 327-330.
- TEMPLE W.D., BOMKE A.A., 1989. Effects of kelp (*Macrocystis integrifolia* and *Ecklonia maxima*) foliar applications on bean crop growth. Plant Soil 117: 85-92.
- THEVANATHAN R., DUTTA A., DINAMANI D.S., BHAVANI L.G., 2005. Studies on the impact of application of marine algal and liquid fertilizer on the linear growth of the seedlings of some pulses. Seaweed Res. Util. 27, 1/2: 125-133.
- TRĘTOWSKI J., WÓJCIK A.R., 1991. Metodyka doświadczeń rolniczych. Wyd. WSRP, Siedlce.
- VERKLEIJ F.N., 1992. Seaweed extract in agriculture and horticulture: a review. Biol. Agric. Hortic. 8: 309-324.
- WATTS K.A., 2008. Carbohydrates in forage: what is a safe grass? W: Proceedings of the 2008 Kentucky Equine Research Conference "Facing Today's Nutritional Challenges, Advanced Management of Gastrointestinal and Metabolic Diseases", Lexington, KY, April 2008. Kentucky Equine Research, Versailles, KY: 1-13.
- WILMAN D., RILEY J.A., 1993. Potential nutritive value of a wide range of grassland species. J. Agric. Sci. 120: 43-49.
- ZODAPE S.T., 2001. Seaweeds as a biofertilizer. J. Sci. Ind. Res. (India) 60, 5: 378-382.

CONTENT OF STRUCTURAL AND NONSTRUCTURAL CARBOHYDRATES AND LIGNIN IN *DACTYLIS GLOMERATA* L. AND *FESTULOLIUM BRAUNII* (K. RICHT.) A. CAMUS SUPPLIED BY BIOSTIMULATOR KELPAK SL AND NITROGEN

Summary. The aim of the study was to determine the influence of biostimulator Kelpak SL and nitrogen dose on the content of structural and nonstructural carbohydrates, as well as lignin in *Dactylis glomerata* and *Festulolium braunii*. A field experiment was conducted in 2009-2012 at the experimental site located in Siedlce, belonging to the University of Natural Sciences and Humanities. Grass seeds were sown in spring 2009. In the years of full use (2010-2012) the following fertilization was applied: "0" (without Kelpak and nitrogen); Kelpak (without nitrogen); nitrogen – 50 kg·ha⁻¹; nitrogen – 50 kg·ha⁻¹ + Kelpak, nitrogen – 150 kg·ha⁻¹; nitrogen – 150 kg·ha⁻¹ + Kelpak. Each year three grass cuts were collected, and the total dose of nitrogen and potassium (160 kg·ha⁻¹ K₂O) was divided into three equal parts and used for each regrowth. Phosphorus (40 kg·ha⁻¹ P₂O₅) was sown once in the spring. The biostimulator was supplied to plants in liquid solution, in the form of spray, at a dose of 2000 cm³·ha⁻¹ diluted with water to a volume of 400 dm³. This application was used for each regrowth. In the plant material the content of cellulose, hemicellulose, lignin, total protein, crude ash, and crude fat were determined by NIRS method. The nonstructural carbohydrate content was calculated with the formula of subtracting from 1000 g of dry matter the content of all determined ingredients. The obtained results indicate that the application of biostimulator Kelpak SL resulted in a decrease in grass, the content of cellulose, hemicellulose and lignin with an increase of nonstructural carbohydrates. The minimum of structural carbohydrates and lignin contained the plants fertilized with 150 kg N per 1 ha in combination with biostimulator. The most abundant in nonstructural carbohydrates were the grasses where only the biostimulator was applied. *Festulolium braunii* compared to *Dactylis glomerata* contained less structural carbohydrates and lignin and more nonstructural carbohydrates. The highest level of nonstructural carbohydrates and cellulose and the least of hemicellulose contained the first cut. The lignin content was the highest in the second cut.

Key words: *Dactylis glomerata*, *Festulolium braunii*, biostimulator Kelpak SL, nitrogen fertilization, cellulose, hemicellulose, lignin, nonstructural carbohydrates

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Grażyna Anna Ciepiela, Zakład Turystyki i Rekreacji, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, ul. Prusa 12, 08-110 Siedlce, Poland, e-mail: ciepielag@uph.edu.pl

Zaakceptowano do opublikowania – Accepted for publication:

25.11.2013

Do cytowania – For citation:

Ciepiela G.A., 2014. Zawartość węglowodanów strukturalnych i niestructuralnych oraz ligniny w *Dactylis glomerata* L. i *Festulolium braunii* (K. Richt.) A. Camus zasilanych biostymulatorem Kelpak SL i azotem. Nauka Przyr. Technol. 8, 1, #2.