

DANUTA MARTYNIAK ¹
EWA FABISIAK ²
WALDEMAR ZIELEWICZ ³
JÓZEF MARTYNIAK ¹

¹ Pracownia Traw Pozapaszowych i Roślin Energetycznych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy w Radzikowie

² Katedra Nauk o Drewnie, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

³ Katedra Łąkarstwa i Krajobrazu Przyrodniczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Biologiczno-chemiczne właściwości perzu wydłużonego (*Agropyron elongatum* (Host, Beauv.) w aspekcie możliwości jego wykorzystania w fitoenergetyce

The biological-chemical properties of tall wheat grass (*Agropyron elongatum* (Host., Beauv.) in terms of potential use as biomass for energy production

Przedmiot niniejszych badań stanowi materiał hodowlany nowo zaaklimatyzowanego w Radzikowie perzu wydłużonego pochodzącego z Azji. Badania prowadzono w Radzikowie w latach 2009–2011, polowe w dwóch doświadczeniach — w jednym nad właściwościami biologicznymi i anatomicznymi (zwłaszcza pędów generatywnych), a w drugim nad agrotechniką (głównie nawożenie i sposoby siewu). Analizy chemiczne i anatomiczne wykonane w laboratorium dwóch Katedr (Katedra Nauk o Drewnie i Katedra Łąkarstwa i Krajobrazu Przyrodniczego) Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Stwierdzono iż perz wydłużony różni się znacznie w stosunku do gatunków rodzimej polskiej flory traw wieloma cechami biologicznymi i morfologicznymi, a także anatomicznymi i składem chemicznym. Niektóre z tych cech wyraźnie predysponują perz wydłużony do jego uprawy i wykorzystania na cele fitoenergetyczne, a szczególnie do uzyskiwania energii cieplnej przez spalanie. Realność wykorzystania tej rośliny jako fitoenergetycznej zapewnia wysoki plon biomasy dobrej jakości i nasion.

Słowa kluczowe: biomasa, cechy anatomiczne, cechy chemiczne, cechy morfologiczne, energia odnawialna, nasiona, perz wydłużony

The subject of our studies was newly introduced and acclimatized grass species of Asian origin — tall wheatgrass. Two experiments were conducted in Radzików during 2009–2011. One for determination of morphological and anatomical properties, especially in generative phase, and second for agrotechnical requirements, i.e. sowing quantity and fertilization. Chemical analyses were performed in two Departments of Life Sciences University in Poznań. It was concluded that tall wheatgrass is quite different form our native grass species considering all measured biological and chemical properties. Some of mentioned differences predispose tall wheat grass to biomass energy

production. It is therefore possible to expect relatively high and good quality yields of seed for reproduction and biomass for energy production.

Key words: biomass, chemical traits, energy biomass, .traits anatomical and properties, morphological traits, seeds, tall wheatgrass

WSTĘP

Zainteresowane fitoenergetyką nieustannie wzrasta (Szcukowski i Tworkowski, 2006; Wojciechowska, 2006; Martyniak i in., 2010). Poszukiwanie nowych gatunków roślin, które przyjęłyby funkcje odnawialnych surowców energetycznych staje się ciągle aktualnym zadaniem (Dubas, 2005; Niedziółka i Zuchniarz, 2006). Trawy stają się roślinami nader intratnymi w tym względzie (Grzybek, 2003; Celińska, 2009). Duże nadzieje wiązano z gatunkami, spoza naszej flory np. rodzaju *Miscanthus*. Jednakże pojawiają się głosy krytyczne wobec niektórych gatunków np. ślazowiec pensylwański ze względu na ich inwazyjność i zagrożenie dla środowiska (Kochanowska i Gamrat, 2007). W grupie traw polskich uwagę zwraca mozga trzcinowata (Książak, Faber, 2007) oraz trzcinnik piaskowy wyróżniający się wysokim ciepłem spalania masy nadziemnej (Kozłowski i Swędrzyński, 2010). Spontanizacja pojawiania się i szybkie jego zasiedlanie, zwłaszcza powierzchni trudnych pod względem siedliskowym, czyni go gatunkiem przydatnym w fitoenergetyce. Jednakże jego rangę zmniejsza niski plon masy nadziemnej, inwazyjność ze względu na rozłogi oraz trudność rozmnażania przez nasiona (Hauptvogel i in., 1997; Falkowski, 1982).

Ocena traw pod względem ich przydatności w fitoenergetyce odbywa się na wielu płaszczyznach: morfologicznej, anatomicznej, biologicznej i chemicznej. Pod względem właściwości morfologicznych trawy są dobrze rozpoznane. Stwierdzenie to dotyczy także takich gatunków jak miskanty, mozga trzcinowata, stokłosa uniolowata, rajgras wyniosły, które zaczęto uprawiać jako rośliny energetyczne (Majtkowski, 2008).

Właściwości anatomiczne traw były przed laty rozpoznawane w sferze ich roli jaką pełnią w determinowaniu wartości pokarmowej gatunków i odmian. Stwierdzenie to odnosi się przede wszystkim do wiązek przewodzących, często nadmiernie wypełnionych sklerenchymą, tak co do ich ilościowego występowania jak i powierzchni które zajmują w blaszkach liściowych i źdźbłach (Mikołajczak, 1981; Falkowski i in., 1996; Stańko-Bródkowa, 1968). Wielu badaczy podkreśla również, że udział tkanek niestrawnych skorelowany jest ze składem chemicznym rośliny, przede wszystkim z zawartością włókna surowego, a tym samym z zawartością celulozy i hemiceluloz (Falkowski i in., 1978; Kozłowski i Kukułka, 1981).

Zakres właściwości biologicznych traw jest bardzo szeroki (Żurek i in., 2010). Główne w nich miejsce zajmuje zdolność plonotwórcza gatunku, która rozstrzyga o możliwości jego wykorzystania, także w fitoenergetyce. Na cechę tę zwraca uwagę wielu autorów, m.in. Rogalski i in. (2005), Vogel i More (1998).

Właściwości chemiczne traw wyznaczają, przede wszystkim, możliwości ich paszowego wykorzystania. Zawartość poszczególnych składników chemicznych warunkuje także wielkość ciepła spalania rośliny. Dowodem mogą być prace nad takimi gatunkami

jak: wydmuchrzyca wydłużona, mozga trzciniowata, stokłosa uniolowata, rajgras wyniosły (Rogulska i Jaworski, 2005; Majtkowski, 2008; Harkot i in., 2007).

Jak już zaznaczono wcześniej, poszukiwanie nowych roślin przydatnych w fito-energetyce trwa. Stąd w trakcie badań prowadzonych przez IHAR nad odtwarzaniem i poszerzeniem bioróżnorodności krajowych zasobów roślinnych, zwrócono uwagę na nowy gatunek jakim jest *Agropyron elongatum*. Jak podają wcześniej Martyniak i Martyniak (2009) perz wydłużony jest gatunkiem występującym w Azji na pograniczu południowo-wschodniej Europy. Preferuje on stanowiska bardzo suche i zasolone. Wyróżnia się wysoką trwałością i brakiem inwazyjności. Jego nadziemne pędy osiągają wysokość nawet do 2 metrów. Takson ten nie wykształca rozłogów podziemnych. Jego system korzeniowy jest dobrze rozwinięty, gdyż korzenie sięgają do głębokości 2 metrów. Po przezimowaniu wcześniej rozpoczyna wegetację. Odnacza się również bardzo dobrą zdrowotnością.

Dotychczasowe prace badawcze w IHAR — PIB nad perzem wydłużonym doprowadziły do uzyskania materiałów hodowlanych, które wykorzystano w wykreowaniu odmiany hodowlanej objętej obecnie postępowaniem rejestrowym. Pozyskane w pracach hodowlanych dane, jak i zgromadzone informacje literaturowe, są niezwykle cenne dla charakterystyki perzu wydłużonego. Obraz tego gatunku jest jednak niepełny. Zasadne stało się podjęcie wielokierunkowych badań biologicznych dla pełniejszego wykorzystania krajowej formy *Agropyron elongatum* jako rośliny energetycznej. Niektóre badania zagraniczne prowadzone w USA i na Węgrzech nie są dla nas wystarczające, dotyczą odmian miejscowych i innych warunków klimatyczno-przyrodniczych (Vogel i Moore, 1998; Barbieri i in., 2006; Stout i Jung, 1992; Szűcs i in., 2005).

Głównym celem niniejszej pracy jest próba określenia budowy morfologiczno-anatomicznej oraz pełniejszego poznania właściwości biologiczno-chemicznych *Agropyron elongatum*.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy pochodził z zasiewów perzu wydłużonego w dwóch doświadczeniach prowadzonych na polach uprawnych IHAR — PIB w Radzikowie. Pierwsze z nich było obiektem służącym głównie do poznawania właściwości biologicznych i anatomicznych, zwłaszcza zdolności wykształcania pędów generatywnych. Natomiast drugie było źródłem materiału do badań chemicznych oraz dla poznawania reakcji na nawożenie i sposoby siewu. Doświadczenia założono w roku 2009 na glebie piaszczysto pyłowej, drugiej klasy użyteczności rolniczej, o odczynie lekko kwaśnym (pH — 6,3) i wykazującej zawartość w formie przyswajalnej: fosforu — 83 mg, potasu — 25 mg, magnezu — 7,3 mg w odniesieniu do 100 g gleby oraz azotu ogólnego na poziomie 0,15%. Przedplonem dla perzu była gorczyca biała. Nasiona perzu wysiano wiosną w ilości 10 kg na ha przy rozstawie podstawowej rzędów 30 cm. Przed wysiewem nasion zastosowano nawożenie mineralne w wysokości: N — 30 kg, P — 60 kg, K — 60 kg na hektar.

Prace badawcze postępowywały w kilku kierunkach. Badania anatomiczne obejmowały określenie powierzchni przekroju źdźbła i powierzchni zajętej przez ściany. Określano również grubość ścian źdźbła i powierzchnię jaką one zajmują wobec całej powierzchni

przekroju poprzecznego źdźbła. Zwracano też uwagę na zróżnicowane wielkości tych parametrów w różnych miejscach źdźbła. Badania morfologiczne polegały, przede wszystkim, na określeniu wysokości pędów generatywnych, długości źdźbła i kłosa.

Badania sfery biologicznej dotyczyły poznania zdolności wykształcania pędów generatywnych i plonu biomasy, a także reakcji roślin na nawożenie i sposoby siewu.

W badaniach chemicznych skoncentrowano się na określeniu zawartości najważniejszych, ze względu na użytkowość, składników organicznych i mineralnych. W badaniach analitycznych wykorzystano metody powszechnie stosowane podane w pracy Zielewicz i Kozłowski (2008).

WYNIKI I DYSKUSJA

Jak się okazuje *Agropyron elongatum* wykształca pędy dorastające do blisko 2 metrów (tab. 1). Średnia ich długość wynosi prawie 175 cm. Wahania pomiędzy skrajnymi wartościami tego parametru osiągają 32%. Wartości te są zbliżone do podanych w pracy Martyniaka i Martyniak (2009). Pędy tworzą najczęściej 4 międzywęźla. Tylko niektóre zawierają ich więcej. Toteż w tabeli 1 ograniczono się do podania czterech z nich. Wykazują różną długość — od 19,6 cm w dolnej części pędu do 60,2 cm pod kwiatostanem. Wahania w długości międzywęźli są znaczne i wynoszą dla najniższego z mierzonych międzywęźli 29%, następnego 41% i kolejnego aż 85%, a najwyższego — pod kwiatostanem 66%. Kłos perzu osiąga przeciętnie 27,2 cm długości, przy wahaniami określanych na 52%. Niekiedy dorasta nawet do 35 cm długości.

Wyniki badań anatomicznych *Agropyron elongatum* zamieszczono w tabelach 2 i 3.

Tabela 1

Cechy morfologiczne pędów generatywnych *A. elongatum*
The morphological characteristics of generative shoots of *A. elongatum*

Cecha Features	Wartości — Values (cm)		
	średnia mean	minimalna minimum	maksymalna maximum
Wysokość pędu — Shoot height	174,8	149	197
Długość źdźbła — Length of culm	147,6	124	167
Długość międzywęźla I pod kłosem — Internode length I under ear	60,2	42	70
Długość międzywęźla II — Internode length II	39,4	21	60
Długość międzywęźla III — Internode length III	27,6	24	34
Długość międzywęźla IV — Internode length IV	19,6	17	22
Długość kłosa — Length of ear	27,2	23	35

Powierzchnia przekroju poprzecznego źdźbła w odniesieniu do wartości uzyskanych ze wszystkich pomiarów wykonanych na pędzie, czyli bez względu na wybrane miejsce na międzywęźlach, dochodzi do 7 mm². Daje się jednak zauważyć duże zróżnicowanie tego parametru. Ściany źdźbła osiągają średnio 0,78 mm grubości i wykazują niewielkie wahania w tym względzie skoro współczynnik zmienności przyjmuje wartość 18,6%. Źdźbło perzu jest zazwyczaj puste. Tylko sporadycznie niektóre międzywęźla, głównie najwyższego piętra, są wypełnione. Pole powierzchni wolnej, a więc nie zarośniętej komórkami, wynosi przeciętnie 1,52 mm². Stąd łatwo obliczyć, że pole powierzchni ścian

stanowi blisko 80% powierzchni przekroju źdźbła. Można uznać pęd perzu jako mocny i nie poddający się łatwo złamaniu, czy uszkodzeniu. Stwierdzenie to potwierdzają obserwacje polowe.

Tabela 2

Charakterystyka morfologiczno-anatomiczna źdźbła *A. elongatum*
Morphological and anatomical characteristics of stem of *A. elongatum*

Cecha (miano) Features	Średnia wartość Mean value	Odchylenie standardowe Standard deviation	Współczynnik zmienności The coefficient of variation VC (%)
Średnica źdźbła Culm diameter (mm)	2,78	10,75	17,2
Grubość ścian Wall thickness (mm)	0,78	11,08	18,6
Powierzchnia przekroju poprzecznego źdźbła Cross-sectional area of stem (mm ²)	6,82	4,03	59,09
Powierzchnia źdźbła zajęta przez ściany Blade area occupied by the walls (mm ²)	5,30	2,94	55,47
Niewypełniona powierzchnia źdźbła Unfilled surface of stem (mm ²)	1,52	1,50	98,68
Udział pola powierzchni ścian w ogólnej powierzchni źdźbła The share of the walls in the total blade surface area (%)	79,95	12,47	15,60

Zauważono również, że powyższe parametry anatomiczne są zróżnicowane w swych wartościach w zależności od usytuowania na pędzie (tab. 3). Międzywęźla u podstawy pędu wykazują blisko 2,5-krotnie większą powierzchnię przekroju poprzecznego niż międzywęźla pod kłosami, podobnie jak obecność powierzchni ścian w ogólnej powierzchni przekroju poprzecznego źdźbła.

Zauważono również, że powyższe parametry anatomiczne są zróżnicowane w swych wartościach w zależności od usytuowania na pędzie (tab. 3). Międzywęźla u podstawy pędu wykazują blisko 2,5-krotnie większą powierzchnię przekroju poprzecznego niż międzywęźla pod kłosami, podobnie jak obecność powierzchni ścian w ogólnej powierzchni przekroju poprzecznego źdźbła.

Porównując wyniki badań anatomicznych nad perzem wydłużonym z rezultatami prac innych autorów, zwłaszcza Mikołajczak (1981) i Stańko-Bródkowej (1968), dotyczących traw pastewnych można zauważyć, że oceniany gatunek nie wyróżnia się korzystnie parametrami anatomicznymi istotnymi dla wartości pokarmowej. Tym samym badania tego rodzaju wyznaczają mu miejsce w sferze pozapaszowej.

Reakcja na nawożenie jest znaczącą cechą biologiczną traw uprawnych. W przypadku *Agropyron elongatum* wysokość pędów generatywnych jest w niewielkim stopniu modyfikowana nawożeniem (tab. 4). Przy porównaniu pędów z powierzchni nie nawożonych do pochodzących z powierzchni nawożonych najwyższą dawką nawozu, różnica dochodziła zaledwie do 7%. Natomiast duże zmiany pod wpływem nawożenia wykazują blaszki liściowe. Stwierdzono bowiem wzrost ich długości o 50%, a szerokości nawet o 63%. Zauważono też, że pod wpływem nawożenia rośliny wykształcają nawet o

90% więcej pędów generatywnych. Przedstawiona reakcja tego gatunku jest w decydującej mierze bardziej wyrazista niż u traw nitrofilnych (Falkowski i in., 1996 a; Vogel i Moore, 1998).

W badaniach biologicznych skoncentrowano się na wielkości plonu biomasy, czyli nadziemnych części pędów. Zwrócono również uwagę na wielkość plonu nasion.

Tabela 3

Zróżnicowanie morfologiczno-anatomiczne źdźbła na różnych wysokościach pędu *A. elongatum*
Morphological and anatomical diversity of stem at different shoot heights of *A. elongatum*

Cecha Features	Międzywęzła Internodes	Średnia wartość Mean value (mm ²)	Odchylenie standardowe Standard deviation	Współczynnik zmienności The coefficient of variation VC (%)
Powierzchnia przekroju poprzecznego źdźbła Cross-sectional area of stem	pod kwiatostanem at the inflorescence	3,85	2,25	58,44
	u podstawy at the base	9,27	4,63	49,99
Powierzchnia źdźbła zajęta przez ściany Blade area occupied by the walls	pod kwiatostanem at the inflorescence	2,89	1,40	48,44
	u podstawy at the base	7,46	3,24	43,43
Niewypełniona powierzchnia źdźbła Unfilled surface of stem	pod kwiatostanem at the inflorescence	0,96	1,10	114,58
	u podstawy at the base	1,81	1,66	91,71
Udział pola powierzchni ścian w ogólnej powierzchni źdźbła The share of the walls in the total blade surface area (%)	pod kwiatostanem at the inflorescence	79,95	15,72	19,78
	u podstawy at the base	82,75	10,64	12,86

Tabela 4

Właściwości biologiczne perzu wydłużonego *A. elongatum*
The biological properties of tall wheatgrass *A. elongatum*

Poziom nawożenia Level of fertilisation Kg·ha ⁻¹	Wysokość pędów generatywnych The height of generative shoots (cm)	Liczba pędów generatywnych na 1 m ² The number of generative shoots per 1 m ²	Blaszka liściowa Leaf blade (mm)	
			długość length	szerokość width
Kontrola — Control	177	80	17,8	5,5
60N : 20P : 30K	188	125	27,3	6,0
120N : 20P : 30K	190	155	26,5	9,0

Prace nad plonowaniem upraw uwzględniały zdolność perzu do wielokrotnego odrastania oraz szerokość rozstawu rzędów podczas wysiewu nasion. Jak się okazuje z plantacji uprawnej stworzonej przez wysiew nasion w rozstawie 25 cm oraz przy zastosowaniu nawożenia 60 kg fosforu i 60 kg potasu, zaaplikowanego wczesną wiosną oraz 115 kg azotu w okresie wegetacji, z 1 hektara można uzyskać nawet 164 dt suchej masy (tab. 5). Plon pierwszego odrostu stanowi blisko połowę wielkości plonu całorocznego. Wielkość plonu dalszych odrostów jest mniejsza, bez względu na sposób wysiewu nasion. Pod ostatni czwarty odrost nie podano azotu. Dodać też należy, iż odrosty

zbierane w fazie wegetatywnej — pierwszy uzyskano w ciągu 55 dni wegetacji, drugi po blisko 40 dniach odrastania, trzeci po 50, a czwarty po 65 dniach. Wyniki badań własnych z tego zakresu dają podstawę do określenia czy zasadne jest pozyskiwanie w celach energetycznych aż czterech odrostów w okresie wegetacji.

Tabela 5

Plonowanie upraw *A. elongatum*
Yield of *A. elongatum*

Odrost Regrowth	Plon suchej masy (dt·ha ⁻¹) uzyskany przy rozstawie rzędów Dry matter yield (dt·ha ⁻¹) obtained at the row distance	
	25 cm	50 cm
I	80	76
II	34	29
III	30	19
IV	20	18
Razem — Total	164	142

W przypadku badań nad pozyskiwaniem plonu nasion i fitomasy dostrzeżono, że na ich wielkość ma znaczny wpływ umiarkowane nawożenie mineralne (tab. 6). Rośliny nawożone dostarczają około 11,5 tony biomasy, to jest o 38% więcej niż nie nawożone.

W odniesieniu do plonu nasion wpływ nawożenia nie jest tak jednoznaczny. Najwięcej nasion zebrano z powierzchni nawożonej podstawową dawką 60 kg N·ha⁻¹ — blisko 15 dt w przeliczeniu na 1 ha, to znaczy aż o 64% więcej w odniesieniu do roślin nie nawożonych. Natomiast podwojenie dawki azotu nie spowodowało osiągnięcia największego plonu nasion. Jest to rezultat bujnego rozwoju części wegetatywnych roślin oraz częściowego ich wylegania. Ponadto rośliny wykształcały znacznie drobniejsze nasiona, na co wskazuje masa tysiąca nasion. Kwestie te korespondują z wynikami badań Falkowskiego i in. (1996 a) nad trawami nasiennymi.

Tabela 6

Zdolność wytwarzania biomasy i nasion *A. elongatum*
The ability of biomass and seed production of *A. elongatum*

Poziom nawożenia Level of fertilisation (kg·ha ⁻¹)	Plon s.m. roślin Yield of DM plants (t·ha ⁻¹)	Plon nasion Yield of seed (dt·ha ⁻¹)	MTN Thousand-seed weight (g)
Kontrola — Control	8,3	9,0	7,5
60 N : 20P : 30K	11,7	14,8	7,9
120 N : 20P : 30K	11,3	12,5	7,0
NIR- LSD _{0,05}	0,93	1,45	0,60

Zwrócono także uwagę na jakość ziarniaków perzu wydłużonego. W świetle badań własnych i informacji uznać należy, że cechą charakterystyczną *Agropyron elongatum* jest niewątpliwie wysoka zdolność kiełkowania krótko po zbiorze nasion. W ciągu 6 lat prowadzenia obserwacji nad tym gatunkiem, w latach 2003–2008, stwierdzono zdolność kiełkowania na poziomie około 90%. Niższą zdolność kiełkowania ziarniaków zauważono jedynie w roku 2006 — 83% oraz w 2008 — 70%. Stwierdzono również, że ziarniaki posiadają stosunkowo dobrą zdolność kiełkowania już krótko po zbiorze. Dodać należy, że

wysoką zdolność kiełkowania na poziomie 70–99% oznaczano także na ziarniakach kilkuletnich pochodzących z wcześniej uzyskanych materiałów hodowlanych.

W badaniach nad składem chemicznym *Agropyron elongatum* ograniczono się do pierwszego odrostu zdominowanego przez pędy generatywne ścięte przed ich kwitnieniem oraz drugiego odrostu, w którym znajdowały się tylko pędy wegetatywne. Ponieważ w roku zakładania doświadczenia warunki przyrodniczo-klimatyczne sprzyjały rozwojowi roślin pozyskano już taką masę runi, która nadawała się do skoszenia. Poddano ją również jakościowym badaniom analitycznym. Wszystkie otrzymane wyniki zamieszczono w tabeli 7.

Tabela 7

Skład chemiczny perzu wydłużonego *A. elongatum* (g·kg⁻¹ s.m.)
Chemical composition of Tall Wheatgrass *A. elongatum*

Składnik Component	Rok siewu Year of sowing	Rok pełnego użytkowania Year of full exploitation	
		I odrost I regrowth	II odrost II regrowth
Białko ogólne — Crude protein	152,1	129,6	217,9
Cukry — Sugars	24,61	19,92	26,45
Celuloza — Cellulose	277,42	301,12	230,06
Hemicelulozy — Hemicelluloses	243,92	241,46	208,62
Ligniny — Lignins	26,50	17,80	15,40
ADF	303,92	318,92	245,46
NDF	547,84	560,38	454,08
Popiół surowy — Crude ash	126,03	116,05	124,05
Wapń — Calcium	7,41	7,61	7,21
Magnez — Magnesium	0,74	0,64	0,97
Fosfor — Phosphorus	3,42	3,21	4,10
Potas — Potassium	35,51	29,07	48,82
Sód — Sodium	0,46	0,33	0,47
Krzem — Silicon	3,44	6,58	7,52
N-NO ₃	0,006	0,048	1,016

Jak się okazuje w roku zasiewu rośliny perzu jego rośliny zawierały ponad 500 g węglowodanów strukturalnych w kg s.m., przy udziale niewielkim lignin. Podobna sytuacja miała miejsce w pierwszym odroście pełnego użytkowania perzu. Kształtowanie się zawartości celulozy i hemiceluloz na tak wysokim poziomie uznać należy za cechę bardzo korzystną w aspekcie energetycznym, co zauważają także, w przypadku innych gatunków traw Rogalski i in. (2005), Kozłowski i in. (2007), a także Harkot i in. (2007). Można sądzić, że ten niski poziom lignin jest cechą charakterystyczną tego gatunku. Taką cechą jest także niska zawartość cukrów. Poziom białka okazał się zróżnicowany. Najniższą jego zawartość stwierdzono w stadium generatywnym roślin, czyli w I odroście. Przeciwnie w tym względzie jest odrost II, który tworzyły pędy wegetatywne. Perz wydłużony wyróżnia się niskim poziomem popiołu surowego, czego wyrazem jest udział około 120 g·kg⁻¹ s.m. Podobnie jest w innych gatunkach traw (Barbieri i in., 2006; Stout i Jung, 1992; Szűcs i in., 2005). Jest to bardzo korzystna cecha w przypadku używania go na cele energetyczne. Jednakże ilości wykrywanych w tym popiele pierwiastków są w nim stosunkowo do innych traw zaskakująco duże, choć zbliżone do popiołu drzewnego. Jeżeli

potwierdzą się one w dalszych badaniach to właściwość ta może z kolei obniżyć pozytywną cechę popielności w energetycznym wykorzystaniu tej trawy. Zawartość wapnia i fosforu z żywieniowego punktu widzenia, kształtuje się na poziomie optymalnym, przy równoczesnym niedoborze magnezu i sodu. Dostrzegalny jest blisko dwukrotny nadmiar potasu.

Natomiast gatunek ten odkłada niewielkie ilości krzemu. Również w minimalnym stopniu kumuluje azot azotanowy, chociaż nawożenie azotowe upraw zaznacza w jego przypadku swoją obecność. Odnosząc wyniki badań nad składem chemicznym perzu wydłużonego do właściwości chemicznych traw flory rodzimej opisanych przez Falkowskiego (1982) można stwierdzić, że przed nowym taksonem zarysowują się możliwości wielorakiego jego wykorzystania.

WNIOSKI

1. Wyniki badań własnych nad biologią, morfologią, anatomią i składem chemicznym *Agropyron elongatum* zwiększają wiedzę o tym gatunku zaaklimatyzowanym w naszym kraju.
2. Perz wydłużony wyróżnia się znacznie wieloma cechami biologicznymi i chemicznymi w stosunku do traw rodzimej flory.
3. Niektóre cechy, zwłaszcza wysoki plon biomasy i nasion, wyraźnie predysponują perz wydłużony do uprawy i jego wykorzystania na cele fitoenergetyczne, zwłaszcza na drodze wyzwalania energii cieplnej spalania.

LITERATURA

- Barbieri P. A., Echeveria H. E., Saint Roza H. R., Pilone L. I. 2006. Nitrogen use efficiency from urea applied to a tall wheatgrass (*Elytrigia elongata*) prairie In a sodic soil. *Agronomy J.* 180: 535 — 544.
- Celińska A. 2009. Charakterystyka różnych gatunków upraw energetycznych w aspekcie ich wykorzystania w energetyce zawodowej. *Polityka Energetyczna*, 12: 59 — 71.
- Dubas W. 2005. Możliwości ograniczenia produkcji biomasy pochodzącej z roślin energetycznych z przeznaczeniem jej na cele energetyczne. www.biomasa.org.
- Falkowski M., Kozłowski S., Witkowska B. 1978. Charakterystyka anatomiczno-morfologiczna blaszek liściowych odmian *Lolium multiflorum*. *Acta Agrobotanica*, 31, 1/2 :85 — 94.
- Falkowski M. 1982. *Trawy polskie*. Praca zbiorowa pod redakcją M. Falkowski. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- Falkowski M., Kukułka I., Kozłowski S. 1996. Właściwości biologiczne roślin łąkowych. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu.
- Falkowski M., Kukułka I., Kozłowski S. 1996 a. Wykształcanie pędów generatywnych a plonowanie plantacji nasiennych traw. *Biul. IHAR* 199: 99 — 107.
- Grzybek A. 2003. Kierunki zagospodarowania biomasy na cele energetyczne. *Wiś Jutra*, 9 (62): 10 — 11.
- Harkot W., Warda M., Sawicki J., Lipińska H., Wyłupek H., Czanecki Z., Kulik M. 2007. Możliwości wykorzystania runi łąkowej do celów energetycznych. *Łąkarstwo w Polsce* 10: 59 — 67.
- Hauptvogel P., Podyma W., Góral S. 1997. Morfologiczne zróżnicowanie ekotypów trzcinnika piaskowego *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 41: 173 — 181.
- Kochanowska R., Gamrat R. 2007. Uprawa miskanta cukrowego (*Miscanthus sacchariflorus* (Maxim.) Hack.) — zagrożeniem dla polskich pól i lasów? *Łąkarstwo w Polsce*, 10: 223 — 228.

- Kozłowski S., Kukułka I. 1981. Ocena jakościowa odmian życicy wielokwiatowej na podstawie cech anatomicznych, morfologicznych i fitochemicznych. *Biuletyn Oceny Odmian*, 9, 1–2: 141 — 149.
- Kozłowski S., Zielewicz W., Lutyński A. 2007. Określenie wartości energetycznej *Sorghum sacharatum*, *Zea mays* i *Malva verticillata*. *Łąkarstwo w Polsce*, 10: 131 — 140.
- Kozłowski S., Swędrzyński A. 2010. Możliwości wykorzystania trzcinika piaskowego w kontekście jego biologicznych, chemicznych i fizycznych właściwości. *Łąkarstwo w Polsce*, 13: 48 — 54.
- Książak J., Faber A. 2007. Ocena możliwości pozyskania biomasy z mozgi trzcinowatej na cele energetyczne. *Łąkarstwo w Polsce*, 10: 141 — 148.
- Majtkowski W. 2008. Wydmuchrzyca wydłużona. *Agroenergetyka* 3: 12 — 16.
- Martyniak D., Martyniak J. 2009. Nowa energetyczna trawa. *Farmer* 18: 28 — 29.
- Martyniak D., Martyniak J., Żurek G. 2010. Miejsce nowej trawy energetycznej w infrastrukturze obszarów wiejskich i możliwości technologicznego jej wykorzystania. *Materiały XV Konferencji naukowo-technicznej pt. Rola infrastruktury i techniki rolniczej w zrównoważonym rolnictwie*. Kielce 11–12.03. 2010 r.
- Mikołajczak Z. 1981. Wpływ fazy rozwojowej i poziomów nawożenia na zawartość włókna surowego i tkanek niestrawnych w trawach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 241: 81 — 96.
- Niedziółka I., Zuchniarz A. 2006. Analiza energetyczna wybranych rodzajów biomasy pochodzenia roślinnego. *Motorol*, 8 A: 232 — 237.
- Rogański M., Sawicki B., Bajonko M., Wieczorek A. 2005. Wykorzystanie rodzimych gatunków traw jako odnawialnych źródeł energii. W: *Alternatywne źródła energii. Dobroziejstwa i zagrożenia* (red.: M. Ciaciura) Szczecin-Wisefka.
- Rogulska M., Jaworski Ł. 2005. Potrzebne plantacje. *Aeroenergetyka*, 4 (14): 17 — 20.
- Stańko-Bródkowa B. 1968. Zależność między budową anatomiczną wybranych gatunków traw i turzyc a ich wartością pokarmową. *Roczniki nauk Rolniczych*, F, 77: 1.
- Szczukowski S., Tworowski J. 2006. Zamiany w produkcji i wykorzystanie biomasy w Polsce. *Praktyczne aspekty wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Plan energetyczny województwa podlaskiego*, 25.
- Vogel K. P., Moore K. J. 1998. Forage yield and quality of tall wheatgrass accessions in the USDA germplasm collection. *Crop Sci.* 38: 509 — 512.
- Wojciechowska U. 2006. Unijny plan działania w sprawie biomasy. *Czysta Energia* 1:16 — 18.
- Zielewicz W., Kozłowski S. 2008. Możliwość obniżenia poziomu nawożenia w uprawie sorga cukrowego. *Łąkarstwo w Polsce* 11: 223 — 235.
- Żurek G., Martyniak D., Martyniak J. 2010. Minor grass species-increasing biodiversity for pasture, forage and bioenergy. *Abstract, 2nd German-Polish Forum on Eco-Innovation: Fostering R&C*.