

Badania wytrzymałości na zerwanie materiału roślinnego z wykorzystaniem nowoczesnego stanowiska pomiarowego

P. GOLIŃSKI

Katedra Łąkarstwa i Krajobrazu Przyrodniczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Investigations on tensile strength of plant material using a modern measuring stand

Abstract. Investigations were carried out in years 2008–2009 on plant material obtained from two cultivar testing experiments in Brody. Leaf blades were collected randomly in 30 replications at the stage of pasture maturity from each plot. Simultaneously, biometric studies were performed involving the determination of the leaf weight as well as the width of leaf blades. Tensile strength of rachilla was assessed using inflorescences of various grass genotypes of the *Lolium-Festuca* complex derived from experiments in Brody and in Szelejewo in the first year of their utilisation. A prototype measuring stand was used to carry out experiments on the tensile strength of leaf blades as well as rachillae of different grass genotypes. It was found that in tensile strength investigations of plant material such as the employed in these studies leaf blades and rachillae as well as seed retention strength in spikelet of various grass genotypes, it is feasible to use a modern measuring stand whose main element was a test machine operating in the range from 30 N to 300 mN on the basis of subassemblies of the HBM Company.

Key words: grass, leaf tensile strength, rachilla, seed retention strength

1. Wstęp

Nowoczesne metody i techniki pomiarowe znajdują coraz większe zastosowanie w rozwiązywaniu problemów badawczych w łąkarstwie. Jedną z cech fizycznych, która wpływa na pastwiskowe wykorzystanie runi jest nakład pracy pasących się zwierząt potrzebny na pobranie dziennej dawki pokarmowej. Właściwość ta determinuje masę kęsa, tempo pobierania runi, zwłaszcza przez bydło, a w konsekwencji efekty przetworzenia paszy trawiastej w rynkowe surowce zwierzęce. W strukturze runi pastwiskowej dominują liście, toteż badania siły potrzebnej na zerwanie blaszek liściowych decydują o ogólnym nakładzie pracy włożonej w pobranie paszy (ROGAŁSKI i KOZŁOWSKI, 1981). Cecha fizyczna, jaką jest wytrzymałość na zerwanie blaszek liściowych, jest także przydatna w ocenie jakościowej odmian hodowlanych traw (FALKOWSKI i ROGAŁSKI, 1977). Zróżnicowanie genotypów traw w tym zakresie pozwala na odpowiednią selekcję materiałów hodowlanych w kierunku doskonalenia odmian pastwiskowych (ROGAŁSKI

i DOMAŃSKI, 1983). Dotychczasowe badania wytrzymałości na zerwanie liści traw były prowadzone z wykorzystaniem prostych urządzeń działających na zasadzie dynamometrów (EVANS, 1967; FALKOWSKI i ROGALSKI, 1977; MARTENS i BOOYSEN, 1968; THERON i BOOYSEN, 1968). Aktualnie istnieje możliwość zastosowania nowoczesnych urządzeń pomiarowych, znacznie zwiększających wiarygodność badań i trafność wnioskowania. Przykładem tego typu sprzętu jest Texture Analyzer TA-XT2, stosowany przez badaczy amerykańskich (MACADAM i MAYLAND, 2003).

Inną cechą fizyczną, wymagającą skwantyfikowania z punktu widzenia zwiększenia wydajności plantacji nasiennych traw oraz selekcji form odpornych na osypywanie ziarniaków jest siła wiązania nasion w kłoskach oraz wytrzymałość na zerwanie osi kłoska i osadek kłoskowych (COOLBEAR i wsp., 1997). W procesie dojrzewania traw zachodzą daleko idące zmiany fizyczne i fizjologiczne w elementach struktury kwiatostanu (SEXTON i ROBERTS, 1982). U wielu gatunków traw prowadzą one do osypywania ziarniaków, co przekreśla wielokrotnie wysoki potencjał nasienny ich odmian hodowlanych (HUMPHREYS i MARSHALL, 2000; LORENZETTI, 1993). Konieczne staje się więc rozpoznanie tego zjawiska za pomocą precyzyjnych urządzeń pomiarowych, monitorujących zjawisko osypywania w aspekcie różnicowania genotypów traw oraz elementów technologii zbioru sterujących tym procesem.

Celem badań była ocena możliwości zastosowania nowoczesnego stanowiska pomiarowego do analizy wytrzymałości na zerwanie materiału roślinnego, z uwzględnieniem blaszek liściowych i osadek kłoskowych oraz siły wiązania ziarniaków w kłosku różnych genotypów traw.

2. Materiał i metody

Badania przeprowadzono w latach 2008–2009 na materiale roślinnym pozyskiwanym z kilku doświadczeń polowych założonych w Stacji Doświadczalnej Katedry Łąkarstwa i Krajobrazu Przyrodniczego w Brodach oraz w Hodowli Roślin Szelejewo. Do oceny wytrzymałości na zerwanie blaszek liściowych różnych genotypów traw wykorzystano materiał analityczny z doświadczeń założonych w Brodach w 2007 i 2008 roku w układzie bloków losowanych, w trzech powtórzeniach, na poletkach o powierzchni 10 m² (1 m × 10 m), w których testowano wartość użytkową diploidalnych i tetraploidalnych odmian i rodów hodowlanych *Lolium perenne* (odpowiednio, 16 i 15 genotypów), *Festuca pratensis* (15 genotypów), *Festuca arundinacea*, *Phleum pratense* oraz *Dactylis glomerata* (każdy gatunek po 10 genotypów). Doświadczenia założono na glebie w typie płowych, o składzie mechanicznym piasków gliniastych mocnych, zaliczanej do klasy bonitacyjnej IIIa – IIIb. Gleba ta charakteryzowała się wysoką zasobnością w przyswajalny fosfor i magnez, bardzo wysoką w potas oraz lekko kwaśnym odczynem (pH = 5,5). W latach użytkowania pozyskiwano trzy odrosty oraz stosowano nawożenie NPK w dawkach, odpowiednio, 120 kg ha⁻¹ N, 40 kg ha⁻¹ P₂O₅ i 80 kg ha⁻¹ K₂O. Blaszkę liściową pobierano losowo z każdego poletka w stadium dojrzałości pastwiskowej runi w 30 replikacjach. Badania prowadzono w każdym odroście na blaszkach liściowych pierwszego w pełni wykształconego liścia, licząc od szczytu

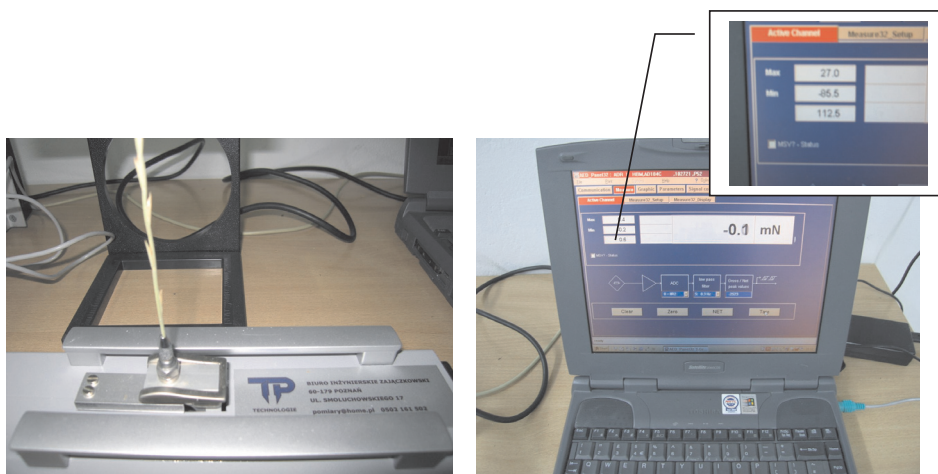
pędu. Analizę wytrzymałości na zerwanie blaszek liściowych wykonano na materiale świeżym, w dniu zbioru liści. Jednocześnie prowadzono badania biometryczne, polegające na określeniu masy liści oraz szerokości blaszek liściowych.

Do badań wytrzymałości na zerwanie osadek kłoskowych i siły wiązania ziarniaków w kłosku wykorzystano kwiatostany różnych genotypów traw kompleksu *Lolium-Festuca* z doświadczeń nasiennych, w pierwszym roku użytkowania, w Brodach i Szelejewie. Badaniami objęto odmiany Mitoś i Turtetra oraz ród hodowlany SZD 1023 *Lolium multiflorum*, odmiany Diament i Solen *Lolium perenne*, odmiany Cykada i Skra *Festuca pratensis*, a także odmiany Agula i Felopa *Festulolium braunii*. Kwiatostany gromadzono w okresie czerwiec-sierpień, klasyfikując je do odpowiedniej fazy rozwojowej według skali BBCH. Założenia metodyczne co do klasyfikacji kłosek w kwiatostanach i kwiatów/ziarniaków w kłoskach podano w innej pracy (GOLIŃSKA, 2009).

W badaniach wytrzymałości na zerwanie blaszek liściowych, a także osadek kłoskowych różnych genotypów traw zastosowano prototypowe stanowisko pomiarowe. Zasadniczym elementem tego stanowiska jest maszyna wytrzymałościowa do zrywania materiału biologicznego w zakresach 30 N i 300 mN w oparciu o podzespoły firmy HBM (Höttinger Baldwin Messtechnik). Jej elementami składowymi są czujniki tensometryczne siły o odpowiednich zakresach znamionowych i specjalne wzmacniacze



Fot. 1. Stanowisko pomiarowe do mierzenia wytrzymałości na zerwanie materiału roślinnego
Phot. 1. The measuring stand for estimation of tensile strength of plant material



Fot. 2. Czujnik tensometryczny PW 4 MC 3 i rejestrator cyfrowy siły wiązania ziarniaków w kłosku

Phot. 2. Tensiometric sensor PW 4 MC 3 and digital registrator for seeds retention strength in spikelet

pomiarowe z przetwarzaniem analog/cyfra o rozdzielczości 24 bity. Wzmacniacze zostały połączone w układzie interfejsu szeregowego RS-485 o konfiguracji magistralowej, umożliwiając łatwe przełączanie między czujnikami. Każdy wzmacniacz typu AD 104C posiada pamięć typu flash niezależną od zasilania. Czujniki skompensowane mechanicznie są w znacznym stopniu uniezależnione od niecentrycznego przełożenia siły, gwarantując dużą dokładność (0,02%). Wzmacniacz dzięki filtracji cyfrowej gwarantuje dokładność na poziomie 0,01%. Całość połączono z układem rejestratora cyfrowego pracującego z zastosowaniem systemu operacyjnego MS Windows. W ocenie wytrzymałości na zerwanie blaszek liściowych traw wykorzystano jednostkę podstawową, w której procedura pomiarowa, za wyjątkiem zamontowania materiału roślinnego na przyrządzie, odbywa się automatycznie (fot. 1). Z kolei do analizy wytrzymałości na zerwanie osadek kłoskowych oraz siły wiązania ziarniaków w kłoskach użyto platformy z czujnikiem PW 4 MC 3 najnowszej generacji (fot. 2). Proces zrywania osadek kłoskowych przebiega ręcznie przy pomocy specjalnego uchwytu i pincety.

Uzyskane dane empiryczne poddano ocenie statystycznej, wykorzystując analizę wariancji dla doświadczeń jednoczynnikowych ortogonalnych. Istotność zróżnicowania wyników w latach użytkowania weryfikowano testem Fischera na poziomie ufności $p = 0,95$ (ELANDT, 1964).

3. Wyniki i dyskusja

3.1. Wytrzymałość na zerwanie blaszek liściowych traw

Wyniki badań nad wytrzymałością na zerwanie liści traw wskazują na duże zróżnicowanie siły potrzebnej do zerwania blaszki liściowej pomiędzy gatunkami (tab. 1). W ujęciu wartości średnich za cały okres badań, najmniejszą wytrzymałością na zerwanie liści odznaczały się diploidalne genotypy życicy trwałej. Większej, o 19,8% siły należy użyć do zerwania blaszek liściowych *Festuca pratensis*. Z kolei zerwanie liści tymotki łąkowej i tetraploidalnych genotypów życicy trwałej wymaga siły jeszcze większej, odpowiednio, o 42,6 i 59,3% w odniesieniu do *Lolium perenne* 2n. Jednak największą wytrzymałością na zerwanie odznaczają się liście *Festuca arundinacea* i *Dactylis glomerata*. W porównaniu do diploidalnych genotypów życicy trwałej jest ona, odpowiednio, prawie 3-krotnie i 5-krotnie większa. Z metodycznego punktu widzenia warto odnotować bardzo małe wartości współczynnika zmienności dla gatunków traw o największej wytrzymałości na zerwanie liści, a mianowicie kupkówki pospolitej 4,5% i kostrzewy trzcinowej 6,1%, natomiast większy poziom współczynnika zmienności w przypadku życicy trwałej 2n (15,4%). Jest to z pewnością związane ze zdecydowanie większą liczbą badanych genotypów *Lolium perenne* 2n (16) i większym ich zróżnicowaniem względem siebie niż u *Dactylis glomerata* i *Festuca arundinacea* (po 10).

Tabela 1. Wytrzymałość na zerwanie liści traw w całym okresie badań
Table 1. Leaf tensile strength of grasses in total investigation period

Gatunek Species	Liczba genotypów No. of genotypes	Średnia Mean (N)	Zakres Range (N)	Odchylenie standardowe Standard deviation (N)	Współczynnik zmienności Variation coefficient (%)
<i>Dactylis glomerata</i>	10	22,16	16,57–29,46	0,97	4,5
<i>Festuca arundinacea</i>	10	14,50	11,41–16,49	0,87	6,1
<i>Festuca pratensis</i>	15	4,36	2,78–6,37	0,50	12,2
<i>Lolium perenne</i> 2n	16	3,64	1,60–5,12	0,50	15,4
<i>Lolium perenne</i> 4n	15	5,80	2,95–8,90	0,74	14,5
<i>Phleum pratense</i>	10	5,19	4,65–5,86	0,61	14,5

Trawy pastewne różnią się budową morfologiczną. Z tego względu interesujące są badania wytrzymałości na zerwanie liści w odniesieniu do wybranych cech biologicznych (FALKOWSKI i wsp., 1986; ZHANG i wsp., 2004). Zdaniem ROGALSKIEGO i KOZŁOWSKIEGO (1981), istnieje związek siły potrzebnej na zerwanie liści traw z ich długością i szerokością. Dane zamieszczone w tabeli 2 wskazują, że najmniejszą wytrzymałością na zerwanie blaszki liściowej, w przeliczeniu na jednostkę masy liścia, odznaczają się genotypy *Festuca pratensis*. W odniesieniu do jednostki suchej masy siła potrzebna do zerwania liścia tego gatunku jest o 42,2% mniejsza niż *Phleum pratense* i aż o 70,4% mniejsza, w porównaniu do diploidalnych genotypów *Lolium perenne*. Największą wytrzymałością

na zerwanie odznaczają się liście *Dactylis glomerata*, 4,3-krotnie większą od *Festuca pratensis*, 2-krotnie większą od *Phleum pratense* i o 57% większą od diploidalnych genotypów *Lolium perenne*, szczególnie predysponowanych na pastwiska. Wyniki te różnią się znacznie od danych prezentowanych przez ROGALSKIEGO i KOZŁOWSKIEGO (1981), którzy stwierdzili, że wytrzymałość na zerwanie liści odmian kupkówki pospolitej była większa jedynie o 19,6% od odmian tymotki łąkowej. Na tak duże zróżnicowanie wyników miały wpływ niewątpliwie inny zestaw odmian poddanych analizie oraz precyzja pomiarów, ze względu na zaawansowanie techniczne urządzeń pomiarowych.

Tabela 2. Wytrzymałość na zerwanie liści traw w odniesieniu do masy i szerokości liścia
Table 2. Leaf tensile strength of grasses in regard to leaf weight and width

Gatunek Species	Cecha biologiczna Biological trait			Wytrzymałość na zerwanie liścia Leaf tensile strenght		
	Masa blaszki liściowej Leaf blade weight		Szerokość blaszki liś- ciowej Leaf blade width (mm)	N g ⁻¹ z.m.-GM	N g ⁻¹ s.m.-DM	N mm ⁻¹
	z.m. – GM (g)	s.m. – DM (g)				
<i>Dactylis glomerata</i>	1,15	0,33	8,0	19,30	67,98	2,77
<i>Festuca arundinacea</i>	0,76	0,26	7,3	19,00	55,13	1,99
<i>Festuca pratensis</i>	1,48	0,34	5,1	2,95	12,82	0,85
<i>Lolium perenne</i> 2n	0,36	0,08	3,4	10,20	43,33	1,07
<i>Lolium perenne</i> 4n	0,61	0,15	4,6	9,51	39,46	1,26
<i>Phleum pratense</i>	0,86	0,23	6,2	6,03	22,18	0,84

Analiza wytrzymałości na zerwanie liści traw, w ujęciu wartości średnich, dostarcza wielu ciekawych informacji w związku z możliwością dokładnego skwantyfikowania tej cechy. Jednak zdecydowanie większą wartość, zwłaszcza z punktu widzenia prac hodowlanych, posiada ocena tej cechy w odniesieniu do selekcji genotypów wykorzystywanych do kreowania nowych odmian traw pastwiskowych (ROGALSKI i wsp., 1994). Przykładem badań z tego zakresu mogą być wyniki siły potrzebnej na zerwanie liści genotypów dwóch skrajnych, pod tym względem, traw, to znaczy *Lolium perenne* (tab. 3) i *Dactylis glomerata* (tab. 4). Wśród badanych diploidalnych odmian i rodów hodowlanych *Lolium perenne* zróżnicowanie w wytrzymałości na zerwanie liści wyniosło 220%. Najmniejszą wartością tej cechy odznaczał się ród 0800D, natomiast największą – ród VV 1/97. Tym samym wyniki ułatwiają hodowcy ocenę materiałów z punktu widzenia łatwości pobierania runi przez zwierzęta. Należy także odnotować duże zróżnicowanie badanych genotypów w zakresie odchylenia standardowego i współczynnika zmienności. Wahania w poziomie współczynnika zmienności, przy tej samej liczbie replikacji, kształtowały się od 6,0% (ród VV S/97) do 32,9% (odmiana Mara). Wskazują one na wyrównanie materiałów hodowlanych i z tego tytułu stanowią także cenną pomoc dla hodowcy. Podobna sytuacja ma miejsce w ocenie wytrzymałości na zerwanie liści genotypów *Dactylis glomerata* (tab. 4). Zróżnicowanie pomiędzy badanymi odmianami i rodami wyniosło 77,8%. Pozytywnie, z punktu widzenia wytrzymałości na zerwanie, wyróżnił się ród 10R01/08.

Z kolei największej siły na zerwanie blaszki liściowej należy użyć w odniesieniu do rodu 82R01/08. Uzyskane wartości współczynnika zmienności wskazują na dobre wyrównanie badanych materiałów, skoro wahania w tym zakresie wyniosły od 2,4 (odmiana Intensiv) do 5,7% (odmiana Barexcel).

Tabela 3. Wytrzymałość na zerwanie liści diploidalnych odmian i rodów *Lolium perenne*
Table 3. Leaf tensile strength of diploid cultivars and strains of *Lolium perenne*

Genotyp Genotype	Średnia Mean (N)	Odchylenie standardowe Standard deviation (N)	Współczynnik zmienności Variation coefficient (%)
Barplus	4,20	0,75	18,1
Mara	2,61	0,85	32,9
Olaf	4,35	0,38	9,1
VV S/97	2,38	0,13	6,0
VV A/97	3,65	0,45	12,7
VV 6/97	4,90	1,21	25,9
VV 4/97	1,98	0,25	13,4
VV 2/97	5,06	0,66	13,3
VV 1/97	5,12	0,67	13,2
203138	3,51	0,22	6,1
2005D	4,52	0,46	10,2
2000D	2,13	0,24	22,7
0800D	1,60	0,18	22,7
20067	5,11	0,45	9,0
20058	2,77	0,26	11,6
20026	4,30	0,85	19,8
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,574	–	–

Tabela 4. Wytrzymałość na zerwanie liści odmian *Dactylis glomerata*
Table 4. Leaf tensile strength of cultivars of *Dactylis glomerata*

Genotyp Genotype	Średnia Mean (N)	Odchylenie standardowe Standard deviation (N)	Współczynnik zmienności Variation coefficient (%)
Barexcel	18,08	1,03	5,7
Baridana	20,91	1,10	5,2
Intesiv	23,08	0,56	2,4
507197	24,69	1,15	4,7
89R01	27,75	1,04	3,8
87R01/08	21,88	1,11	5,1
82R01/08	29,46	1,30	4,5
77R01/08	21,52	1,06	5,0
69R01/08	17,61	0,74	4,3
10R01/08	16,57	0,66	4,0
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,876	–	–

3.2. Wytrzymałość na zerwanie elementów struktury kłoska traw

W wybranych odmianach traw kompleksu *Lolium-Festuca* analizowano wytrzymałość na zerwanie osi kłoska w fazie BBCH 87 (tab. 5). Jak się okazało, spośród odmian *Lolium multiflorum* najmniejszą siłą potrzebną do zerwania osi kłoska odznaczał się ród SZD 1023. W przypadku odmian Mitoś i Turtetra wielkość tej siły była większa, odpowiednio, o 19,1 i 12,9%. Wykazanych różnic nie udało się jednak udowodnić statystycznie, prawdopodobnie ze względu na dużą zmienność wyników badań empirycznych. Podobna sytuacja miała miejsce w przypadku odmian *Lolium perenne*. W przypadku *Festuca pratensis*, odmiana Cykada wykazywała się siłą potrzebną do zerwania osi kłoska o 6,1% mniejszą niż Skra. Uzyskane różnice wytrzymałości na zerwanie osi kłoska były statystycznie istotne. Z kolei u *Festulolium braunii* stwierdzono mniejszą wielkość tej siły u odmiany Felopa, o 12,6% w porównaniu do odmiany Agula. Udowodnienie różnic w wytrzymałości na zerwanie osi kłoska ma duże znaczenie w ocenie genotypów traw, z punktu widzenia podatności ziarniaków na osypywanie (ELGERSMA i wsp., 1988) oraz ich wymłacalności w procesie zbioru plantacji nasiennych (COOLBEAR i wsp., 1997).

Tabela 5. Wytrzymałość na zerwanie osadki kłoskowej traw kompleksu *Lolium-Festuca* w fazie BBCH 87 w zależności od odmiany hodowlanej

Table 5. Rachilla tensile strength of grasses from *Lolium-Festuca* complex in BBCH 87 stage depending on cultivar

Gatunek Species	Odmiana Cultivar	Wytrzymałość na zerwanie – Tensile strength		
		Średnia – Mean (mN)	S _D * (mN)	V _C ** (%)
<i>Lolium multiflorum</i>	Mitoś	23,1	9,0	39,0
	Turtetra	21,9	11,8	53,7
	SZD 1023	19,4	8,3	42,6
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		ns	–	–
<i>Lolium perenne</i>	Diament	47,3	10,6	22,5
	Solen	43,0	12,1	28,1
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		ns	–	–
<i>Festuca pratensis</i>	Cykada	48,9	11,2	23,0
	Skra	52,1	13,7	26,3
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		2,94	–	–
<i>Festulolium braunii</i>	Agula	52,4	10,9	20,9
	Felopa	45,8	12,4	27,2
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}		6,56	–	–

* – odchylenie standardowe – standard deviation; ** – współczynnik zmienności – variation coefficient

W tabeli 6 zamieszczono wyniki badań nad wytrzymałością na zerwanie osadek kłoskowych poszczególnych kłosek w kwiatostanie odmian traw kompleksu

Lolium-Festuca w fazie BBCH 87. W każdej analizowanej odmianie obserwowano zależność charakterystyczną dla gatunku, a mianowicie zróżnicowanie wielkości siły, niezbędnej do zerwania osadek kłoskowych, w zależności od lokalizacji kłoska w kwiatostanie. Kłoski osadzone niżej odznaczały się mniejszą wytrzymałością na zerwanie ich osadek niż położone wyżej. Następnym takim stanem jest większa podatność na osypywanie ziarniaków wchodzących w skład kłosków w środkowej i szczytowej części kwiatostanu. Największe zróżnicowanie wytrzymałości na zerwanie osadek kłoskowych, szczególnie u odmian *Lolium multiflorum*, odnotowano w kłoskach oznaczonych numerami od 9 do 10.

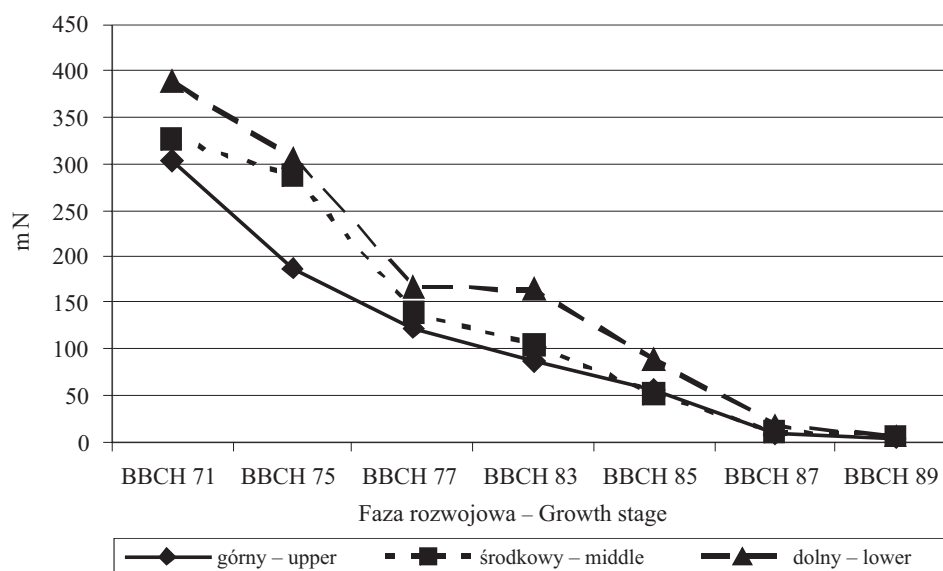
Wytrzymałość na zerwanie osadki kłoskowej kwiatów/ziarniaków, a tym samym siłę wiązania kwiatów/ziarniaków w kłosku, analizowano na przykładzie odmian hodowlanych *Festuca pratensis*, z uwzględnieniem lokalizacji kłoska w kwiatostanie. W odniesieniu do odmiany Cykada wyniki badań tej cechy w kolejnych fazach rozwojowych zamieszczono na rycinie 1. Uzyskane dane wskazują, że siła wiązania ziarniaków w kłosku była najmniejsza dla kwiatów/ziarniaków zlokalizowanych w kłoskach w górnej strefie kwiatostanu i rosła wraz z przemieszczaniem się w dół osi kłosa, zwłaszcza w fazach rozwojowych BBCH 71-83. Od fazy BBCH 85 wartości tej cechy w kłoskach, niezależnie od strefy ich lokalizacji w kwiatostanie, były podobne.

Tabela 6. Wytrzymałość na zerwanie osadki kłoskowej kolejnych kłosków w kwiatostanie traw kompleksu *Lolium-Festuca* w fazie BBCH 87 w zależności od odmiany hodowlanej (mN)

Table 6. Rachilla tensile strength of successive spikelets in grass inflorescence from *Lolium-Festuca* complex in BBCH 87 stage depending on cultivar (mN)

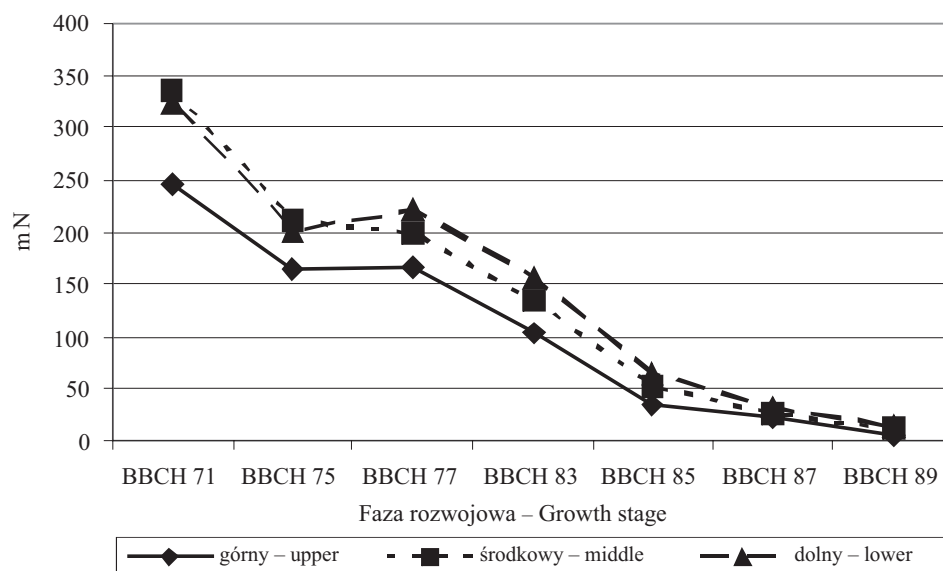
Odmiana Cultivar	Numer kolejnego kłoska na osi kłosa – Number of successive spikelet on rachis											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Lolium multiflorum</i>												
Mitos	34,3	32,0	24,6	25,4	26,7	32,3	27,2	23,1	22,5	11,3	11,1	6,3
Turtetra	33,4	20,2	32,3	44,2	26,4	24,0	24,7	24,3	10,1	7,2	8,6	7,5
SZD 1023	32,4	28,7	23,4	21,2	25,4	19,8	23,4	21,2	12,2	9,8	8,8	6,5
<i>Lolium perenne</i>												
Diamant	60,2	63,2	63,1	53,2	43,3	40,1	46,7	43,2	47,8	38,9	38,7	29,6
Solen	56,6	58,9	56,1	43,5	45,2	32,2	52,9	28,0	38,5	49,6	25,4	29,4
<i>Festuca pratensis</i>												
Cykada	55,3	47,8	55,1	47,8	48,6	56,5	55,0	59,7	56,9	51,1	26,6	26,0
Skra	51,5	46,6	59,0	49,5	50,8	64,2	56,1	65,1	69,9	58,9	27,0	26,5
<i>Festulolium braunii</i>												
Agula	59,9	58,0	57,6	38,3	67,0	53,9	62,2	35,4	61,1	55,6	41,7	38,2
Felopa	62,0	57,9	58,4	47,8	45,5	43,1	48,4	43,0	53,5	44,4	23,3	22,6

W przypadku odmiany Skra stwierdzono podobne zależności (ryc. 2). W fazach rozwojowych BBCH 85-89 siła potrzebna do zerwania osadki kłoskowej była podobna w kłoskach położonych w różnych strefach kwiatostanu. Największe zróżnicowanie tej cechy w zależności od lokalizacji kłoska w kwiatostanie odnotowano w fazach rozwojo-



Ryc.1. Siła wiązania ziarniaków w kłosku w zależności od lokalizacji kłoska w kwiatostanie odmiany Cykada *Festuca pratensis* w kolejnych fazach rozwojowych

Fig. 1. Seed retention strength in spikelet depending on spikelet site in inflorescence of cv. Cykada *Festuca pratensis* in successive growth stages



Ryc. 2. Siła wiązania ziarniaków w kłosku w zależności od lokalizacji kłoska w kwiatostanie odmiany Skra *Festuca pratensis* w kolejnych fazach rozwojowych

Fig. 2. Seed retention strength in spikelet depending on spikelet site in inflorescence of cv. Skra *Festuca pratensis* in successive growth stages

wych BBCH 71-83. Największą siłą potrzebną do zerwania osadki kłoskowej cechowały się kłoski zlokalizowane w dolnej części kwiatostanu odmiany Skra *Festuca pratensis*. Podobnie jak w przypadku osi kłoska, stwierdzenie różnic w wytrzymałości na zerwanie osadki kłoskowej ułatwi ocenę genotypów traw z punktu widzenia podatności ziarniaków na osypywanie (ELGERSMA i wsp., 1988; KELMAN i CULVENOR, 2003) oraz ich wymłacalności w procesie zbioru plantacji nasiennych (COOLBEAR i wsp., 1997). Skwantyfikowanie tej cechy może być także pomocne w selekcji materiałów hodowlanych w kierunku odmian silniej wiążących ziarniaki w kłoskach, a tym samym odpornych na osypywanie (BOELT i STUDER, 2010; ELGERSMA i VAN WIJK, 1997).

4. Wnioski

- W badaniach wytrzymałości na zerwanie materiału roślinnego, jaki stanowiły w niniejszej pracy blaszki liściowe i osadki kłoskowe, a także w ocenie siły wiązania ziarniaków w kłosku różnych genotypów traw, można z powodzeniem stosować nowoczesne stanowisko pomiarowe, którego zasadniczym elementem jest maszyna wytrzymałościowa, pracująca w zakresach 30 N i 300 mN, w oparciu o podzespoły firmy HBM.
- Przeprowadzenie precyzyjnych pomiarów wytrzymałości na zerwanie blaszek liściowych stwarza możliwość oceny różnych genotypów traw w obrębie gatunku oraz dokonania porównań pomiędzy gatunkami, z punktu widzenia struktury fizycznej runi pastwiskowej. Spośród badanych traw, najmniejszą wytrzymałość na zerwanie blaszek liściowych stwierdzono u diploidalnych genotypów *Lolium perenne*, a największą u *Dactylis glomerata*.
- Udowodnienie różnic w wytrzymałości na zerwanie osadek kłoskowych oraz siły wiązania ziarniaków w kłosku pozwala na wskazanie genotypów odpornych na osypywanie ziarniaków, a tym samym może przyczynić się do postępu biologicznego w hodowli traw. Korzystnie pod tym względem wyróżniły się odmiany Mitoś *Lolium multiflorum*, Diament *Lolium perenne*, Skra *Festuca pratensis* i Agula *Festulolium braunii*.
- Postęp w zakresie zastosowań nowatorskiego sprzętu umożliwia skwantyfikowanie wielu cech runi i jej komponentów, istotnych w aspekcie paszowego i pozapaszowego wykorzystania użytków zielonych, a także w optymalizacji procesów technologicznych na łąkach, pastwiskach i plantacjach nasiennych traw.

Literatura

BOELT B., STUDER B., 2010. Breeding for grass seed yield. In: Handbook of plant breeding, vol. 5. Fodder crops and amenity grasses. Boller B., Posselt U.K., Veronesi F. (eds), Springer, 161-174.

- COOLBEAR P., HILL M.J., WIN PE, 1997. Maturation of grass and legume seed. In: Forage seed production. vol. 1. Temperate species. Fairey D.T., Hampton J.G. (eds), CABI, Wallingford, 71-103.
- ELANDT R., 1964. Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczeń rolniczych. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, s. 595.
- ELGERSMA A., LEEUWANGH J.E., WILMS H.J., 1988. Abscission and seed shattering in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Euphytica*, 39, Supplement 3, 51-57.
- ELGERSMA A., VAN WIJK A.J.P., 1997. Breeding for higher seed yields in grasses and forage legumes. In: Forage seed production. vol. 1. Temperate species. Fairey D.T., Hampton J.G. (eds), CABI, Wallingford, 243-270.
- EVANS P.S., 1967. Leaf strength studies of pastures grasses: I. Apparatus, techniques and some factors affecting leaf strength. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*, 69, 171-174.
- FALKOWSKI M., ROGALSKI M., 1977. Wytrzymałość liści na zerwanie – nowy miernik w ocenie jakościowej traw. *Biuletyn Oceny Odmian*, 6, 2 (10), 69-73.
- FALKOWSKI M., ROGALSKI M., KUKUŁKA I., KOZŁOWSKI S., 1986. Plant tensile strength as a work expenditure index of grazing animals. *Proceedings of the 11th General Meeting of the EGF, Troia*, 494-497.
- GOLIŃSKA B., 2009. Badania nad siłą wiązania ziarniaków w kłoskach *Lolium multiflorum*. *Łąkarstwo w Polsce*, 12, 37-46.
- HUMPHREYS M., MARSHALL A., 2000. Herbage breeding and seed production: past, present and future. *Proceedings of the International Symposium "Conventional and ecological grassland management"*, Tartu, 46-52.
- KELMAN W.M., CULVENOR R.A., 2003. The genetic correlation of panicle shattering with the intact rachilla form of seed retention in *Phalaris aquatica* L. *Euphytica*, 130, 405-411.
- LORENZETTI F., 1993. Achieving potential herbage seed yields in species of temperate regions. *Proceedings of the XVII International Grassland Congress, Hamilton*, 1621-1628.
- MACADAM J.W., MAYLAND H.F., 2003. The relationship of leaf strength to cattle preference in tall fescue cultivars. *Agronomy Journal*, 95, 414-419.
- MARTENS P.O., BOOYSEN P. de V., 1968. A tensilmeter for the measurement of the tensile strength of grass leaf blades. *Proceedings of Grassland Society of South Africa*, 3, 51-56.
- ROGALSKI M., DOMAŃSKI P., 1983. Próba oceny jakości gatunków i odmian traw na podstawie ich wytrzymałości liści na zerwanie. *Biuletyn oceny Odmian*, 10, 1 (15), 155-164.
- ROGALSKI M., KOZŁOWSKI S., 1981. Praca włożona w zrywanie liści i pędów jako cecha charakterystyczna odmian traw. *Biuletyn oceny Odmian*, 9, 1-2 (13-14), 117-123.
- ROGALSKI M., KOZŁOWSKI S., KRYSZAK J., GOLIŃSKI P., 1994. Wyniki badań nad wytrzymałością na zerwanie liści polskich odmian uprawowych *Dactylis glomerata*. *Roczniki AR w Poznaniu*, 260, *Rolnictwo* 44, 109-115.
- SEXTON R., ROBERTS J.A., 1982. Cell biology of abscission. *Annual Review of Plant Physiology*, 33, 133-162.
- THERON E.P., BOOYSEN P. de V., 1968. The tensile properties of ten indigenous grasses. *Proceedings of Grassland Society of South Africa*, 3, 57-61.
- ZHANG J.M., HONGO A., AKIMOTO M., 2004. Physical strength and its relation to leaf anatomical characteristics of nine forage grasses. *Australian Journal of Botany*, 52 (6), 799-804.

Investigations on tensile strength of plant material using a modern measuring stand

P. GOLIŃSKI

Department of Grassland and Natural Landscape Sciences, Poznan University of Life Sciences

Summary

The aim of these investigations was to assess possibilities of application of a modern measuring station for the analysis of tensile strength of plant material including: leaf blades and rachillae and also seed retention strength in spikelet from various grass genotypes. Investigations were carried out in years 2008-2009 on plant material obtained from several field experiments established in Experimental Station of Department of Grassland and Natural Landscape Sciences in Brody and Plant Breeding Szelejewo Ltd. For analysis of leaf tensile strength the various grass genotypes: *Lolium perenne* (16 2n and 15 4n cultivars), *Phleum pratense* (10 cvs), *Festuca pratensis* (15 cvs), *Festuca arundinacea* (10 cvs) and *Dactylis glomerata* (10 cvs) were used. Plant material originated from two cultivar testing experiments established in Brody in 2007 and 2008 in random block design in three replications on 10 m² plots. Leaf blades were collected randomly in 30 replications at the stage of pasture maturity from each plot. Simultaneously, biometric studies were performed involving the determination of the leaf weight as well as the width of leaf blades. Tensile strength of rachillae was assessed using inflorescences of various grass genotypes of the *Lolium-Festuca* complex derived from experiments in Brody and in Szelejewo in the first year of their utilisation. A prototype measuring stand was used to carry out experiments on the tensile strength of leaf blades as well as rachillae of different grass genotypes. The basic element of the station was a testing machine for measuring tensile strength of plant material in the range of 30 N to 300 mN designed on the basis of a subassemblies of the Höttinger Baldwin Messtechnik (HBM) Company. The components of the machine included force tensiometric sensors of appropriate nominal ranges, special measuring amplifiers with analogue/digital convertors of 24 bit resolution. The amplifiers were connected serially by RS-485 interface of bus-type configuration allowing easy switching between sensors. Each AS 104C amplifier was equipped in flash-type memory independent of the power supply. The entire system was connected to a digital recording system operating in conjunction with the MS Windows operating system. Grass leaf blade tensile strength was estimated using the basic unit, while a special platform equipped in a PW 4 MC 3 sensor of the latest generation was applied to analyse the tensile strength of rachillae and seed retention strength.

It was found that in tensile strength investigations of plant material such as the employed in these studies leaf blades and rachillae as well as seed retention strength in spikelet of various grass genotypes, it is feasible to use a modern measuring stand whose main element was a test machine operating in the range from 30 N to 300 mN on the basis of subassemblies of the HBM Company. Performance of precise tensile strength measurements of leaf blades made it possible to evaluate different grass genotypes within a given species as well as to make comparisons between species from the point of view of pasture sward physical structure. Evidence of differences in tensile strength of grass rachillae and seed retention strength in spikelet made it possible to indicate genotypes resistant to kernels shedding and, consequently, could contribute to biological advance in grass breeding. Progress made in the implementation of novel equipment has opened up possibili-

ties of quantification of many sward attributes as well as its components essential from the point of view of both fodder as well as non-fodder grassland utilisation and optimisation of technological processes employed on meadows, pastures and seed grass plantations.

Recenzent – Reviewer: *Henryk Czyż*

Adres do korespondencji – Address for correspondence:

Prof. dr hab. Piotr Goliński

Katedra Łąkarstwa i Krajobrazu Przyrodniczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

ul. Wojska Polskiego 38/42, 60-627 Poznań

tel. 61 848-74-14, fax 61 848-74-24

e-mail: pgolinsk@up.poznan.pl