

Wpływ porażenia *Puccinia graminis* Pers. na zawartość makroelementów w wybranych odmianach *Poa pratensis* L. w zależności od nawożenia azotem

Beata Grygierzec

Zakład Łąkarstwa – Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków, Polska

Abstrakt. Badania przeprowadzono w latach 2005–2007 w Stacji Doświadczalnej Małopolskiej Hodowli Roślin – HBP zlokalizowanej w Skrzyszowicach koło Krakowa (220 m n.p.m.). Obiektami doświadczalnymi były plantacje nasienne czterech pastewnych odmian wiechliny łąkowej (Balin, Duna, Skiz, Skrzyszowicka), na których stosowano zróżnicowane nawożenie azotowe: w jednej dawce (jesienią) w ilości: 30 kg N·ha⁻¹ oraz w dwóch dawkach – wczesną wiosną i jesienią, w ilościach: 90 kg N·ha⁻¹ (60 i 30), 120 kg N·ha⁻¹ (60 i 60), 120 kg N·ha⁻¹ (90 i 30) oraz 150 kg N·ha⁻¹ (90 i 60).

Celem badań było określenie wpływu porażenia *Puccinia graminis* na zawartość makroelementów (N, P, K, Ca, Mg i Na) w wybranych odmianach wiechliny łąkowej.

Do oznaczeń składu mineralnego pobierano po 250 roślin zdrowych oraz porażonych, w fazie pełni kłoszenia. W średnich próbkach oznaczono: zawartość suchej masy – metodą suszarkową, azot ogólny – metodą Kjeldahla, zawartość fosforu, potasu, wapnia, magnezu i sodu – metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej AAS po mineralizacji na sucho w piecu muflowym.

Największe porażenie wszystkich odmian (71–93%) przez *Puccinia graminis* stwierdzono w obiektach kontrolnych oraz nawożonych dawkami azotu 120 (90 i 30) kg i 150 (90 i 60) kg N·ha⁻¹, w ostatnim roku badań. Natomiast najmniejsze porażenie występowało w roślinach obiektów nawożonych dawkami azotu: 30 kg N·ha⁻¹ (jedorazowo) oraz 90 kg N·ha⁻¹ (60 i 30 kg N·ha⁻¹), w pierwszym roku badań.

Rośliny zdrowe charakteryzowały się większą zawartością azotu ogólnego, fosforu, potasu i sodu niż rośliny porażone.

Największą różnicę w zawartości azotu ogólnego pomiędzy roślinami zdrowymi a porażonymi stwierdzono w przypadku odmiany Duna (42%), fosforu oraz potasu – odmiany Skiz (odpowiednio 33 i 43%), natomiast sodu – odmiany Balin (25%).

Rośliny zainfekowane przez *Puccinia graminis*, w odniesieniu do zdrowych, były bardziej zasobne w wapń oraz magnez.

słowa kluczowe: *Poa pratensis*, odmiany, *Puccinia graminis*, makroelementy

WSTĘP

Darń wieloletnich traw jest doskonałym siedliskiem mikroorganizmów. W Polsce na trawach stwierdzono występowanie 71 gatunków grzybów, z tego około 20 gatunków wyrządzających szkody gospodarcze (Prończuk, 2000). Występowanie chorób powodowanych przez grzyby w uprawach traw pastewnych może stanowić znaczne zagrożenie dla rozwoju tych roślin, a w konsekwencji dla ich plonowania. Czynniki modyfikującymi rozwój oraz nasilenie chorób mogą być między innymi: rodzaj siedliska, sposób uprawy i pielęgnacji, odporność stosowanych odmian (Prończuk, Czembor, 1998; Prończuk, 2000), nawożenie azotem (Mikołajska, 1980; Panasiewicz i in., 2006), ale także zmienne warunki pogodowe (Pecio, Danyte, 2008). Największe szkody mogą wyrządzać choroby w zasiewach monokulturowych, jednorodnych genetycznie, które sprzyjają rozwojowi wyspecjalizowanych patogenów (Simmonds, 1987; Liszewski, 2008). Do najważniejszych z nich należy *Puccinia graminis*. Grzyb ten poraża głównie pochwy liściowe, źdźbła i kwiatostany tworząc na nich uredospory i telia, łatwe do rozpoznania (Prończuk, 2000).

Ocena wielkości szkód powodowanych przez *Puccinia graminis* u traw jest trudna. Meyer (1982) oraz Welty (1992) podają, że straty mogą sięgać nawet do 93%, z kolei Wakuliński i in. (2006) twierdzą, że nawet do 100%. Dotychczas prowadzone badania z trawami dotyczyły wpływu porażenia przez grzyby na wielkość i jakość plonu nasion, zaś niewiele prac poświęconych było wpływowi porażenia na zawartość w roślinach podstawowych składników pokarmowych – makroelementów.

Stąd też celem niniejszej pracy było określenie wpływu porażenia *Puccinia graminis* na zawartość makroelementów (N, P, K, Ca, Mg i Na) w suchej masie czterech pastewnych odmian wiechliny łąkowej w zależności od nawożenia azotem.

Autor do kontaktu:

Beata Grygierzec
e-mail: rrgolab@cyf-kr.edu.pl
tel. +48 12 6624361

Praca wpłynęła do redakcji 12 lipca 2012 r.

METODYKA BADAŃ

Badania przeprowadzono w latach 2005–2007 w Stacji Doświadczalnej Małopolskiej Hodowli Roślin – HBP zlokalizowanej w Skrzyszowicach (50°20'00" N, 20°15'00" E) koło Krakowa (220 m n.p.m.). Doświadczenie realizowano w układzie losowanych bloków w czterech powtórzeniach, na poletkach o powierzchni 10 m² (1 m x 10 m). Obejmowało ono rok siewu i trzy lata użytkowania. Obiekty doświadczalne założono na czarnoziemie zdegradowanym wytworzonym z lessu, o pH_{KCl} 6,5; zawartość przyswajalnego P wynosiła 53, K – 121 i Mg – 46 mg·kg⁻¹; zawartość N organicznego 1,8 g i węgla ogólnego 16,2 g·kg⁻¹ gleby. pH oznaczano w 1 mol·dm⁻³ KCl metodą potencjometryczną, zawartość: węgla ogólnego metodą Tiurina w modyfikacji Oleksynowej, azotu ogólnego metodą Kjeldahla przy użyciu aparatu firmy Kjeltec, przyswajalnego fosforu metodą Egnera-Riehma kolorymetrycznie, przyswajalnego potasu metodą Egnera-Riehma przy zastosowaniu fotometrii płomieniowej, oraz przyswajalnego magnezu metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej AAS, po ekstrakcji w 0,0125 mol CaCl₂·dm⁻³.

Obiektami doświadczalnymi były cztery pastewne odmiany wiechliny łąkowej: Balin, Duna, Skiz oraz Skrzyszowicka. O doborze odmian uwzględnionych w badaniach zdecydował dostęp do bezpłatnego materiału siewnego. Trzy pastewne odmiany wiechliny łąkowej: Duna, Skiz oraz Skrzyszowicka są własnością MHR – HBP z o.o. w Krakowie. Materiał siewny odmiany Balin otrzymano również bezpłatnie bezpośrednio od hodowcy, czyli firmy DLF Trifolium A/S Dansk Planteforaedling. Ponadto tematyka badawcza Stacji Doświadczalnej MHR – HBP była skorelowana z tematyką przedstawioną w pracy.

Plantację nasienną założono jesienią 2004 roku, wysiewano po 7 kg·ha⁻¹ nasion czterech odmian wiechliny łąkowej, w rozstawie rzędów 50 cm.

W nawożeniu stosowano fosfor w ilości 35 kg P·ha⁻¹, w formie superfosfatu potrójnego (40% P₂O₅), potas – 83 kg K·ha⁻¹, w postaci soli potasowej wysokoprocenowej (60% K₂O). Nawozy fosforowe i potasowe stosowane były jednorazowo, jesienią po zebraniu nasion traw i przykoseniu poletek.

Nawożenie azotowe zastosowano w formie saletry amonowej (34%) w ilościach:

30 kg N·ha⁻¹ w jednej dawce (jesienią);

90 kg N·ha⁻¹ w dwóch dawkach (60 kg wczesną wiosną i 30 kg jesienią);

120 kg N·ha⁻¹ w dwóch dawkach (60 kg wczesną wiosną i 60 kg jesienią);

120 kg N·ha⁻¹ w dwóch dawkach (90 kg wczesną wiosną i 30 kg jesienią);

150 kg N·ha⁻¹ w dwóch dawkach (90 kg wczesną wiosną i 60 kg jesienią).

Kontrolę stanowiły rośliny obiektów, w których nie stosowano nawożenia mineralnego.

Chemiczne zwalczanie chwastów dwuliściennych na plantacjach nasiennych przeprowadzono corocznie na początku kwietnia (po ruszeniu wegetacji) i jesienią, stosując Aminopielik D 450 SL w ilości 3 l·ha⁻¹. Niszczenie chwastów jednoliściennych (takich jak miotła zbożowa i wiechlina roczna) odbywało się w okresie wschodów chwastów, tj. w końcu sierpnia lub na początku września, preparatem Dual 960 EC w dawce 2 l·ha⁻¹. Przed zbiorem nasion ręcznie usunięto pojedyncze chwasty. Ścieżki przejazdowe, a także pojedyncze rośliny wiechliny rocznej opryskiwano punktowo Roundupem, w dawce 4 l·ha⁻¹.

Pastewne odmiany wiechliny łąkowej regularnie obserwowano i monitorowano rozwój chorób. Ocena polową kończono w chwili zbioru plantacji nasiennej, tj. po koszeniu, które wykonywano kosiarką pokosową w fazie pełnej dojrzałości ziarniaków (ziarniaki nie dawały się rozgnieść w dłoni) – co przypadało na początek lipca.

Choroby oznaczano wstępnie na podstawie objawów na plantacji nasiennej, posługując się opisami podanymi przez Baldwiną (1990) oraz Simleya i in. (1992). Jednak do oceny przystępowano, gdy porażenie na jednym lub kilku obiektach było widoczne i wynosiło co najmniej 5%.

Do oceny polowej zastosowano 9-stopniową skalę według metodyki Prończuka (1993). Przyjęte stopnie skali określały następujące stopnie porażenia: 9° (0%) – oznacza stan najkorzystniejszy pod względem rolniczym, czyli brak objawów chorobowych, 8° – ślady porażenia (1–5%), natomiast 2° – uszkodzenie bardzo duże, tzw. brak zieleni (90–100%) i 1° – miejsca pozbawione roślinności.

Diagnozę polową potwierdzano analizą w laboratorium. Za każdym razem do analiz pobierano po 100 roślin z każdego poletka. Fragmenty chorych roślin, po odkażeniu powierzchniowym (3–5% NaClO przez 1 minutę) i opłukaniu wodą destylowaną, wykładano do szalek z wilgotną bibułą (komory wilgotne) oraz na pożywki sztuczne PDA lub MPA (10 g maltoza, 2,5 g pepton, 15 g agar z dodatkiem kwasu cytrynowego). Komory wilgotne pozostawiono w temperaturze pokojowej, a wynik inkubacji sprawdzano po 3 dniach przy użyciu mikroskopu. Z kolei inkubację na pożywkach sztucznych przeprowadzano w stałej temperaturze 18°C. Po 4–5 dniach pojawiające się kolonie odszczepiano do szalek na podłożu MPA, a następnie poddano je przemianom działaniu światła NUV 360, 12/12 godz. Oznaczanie grzybów przeprowadzono po około 20 dniach inkubacji, posługując się dostępnymi opisami w opracowaniach: Baldwiną (1990), Kwaśnej i in. (1991) oraz Simleya i in. (1992).

W celu oznaczenia składu mineralnego w suchej masie odmian pobrano do badań rośliny w identycznej fazie rozwojowej – pełni kłoszenia, mając na uwadze to, iż skład mineralny jest układem dynamicznym i ulega zmianie. Z każdego poletka wybierano po 250 roślin zdrowych oraz porażonych przez *Puccinia graminis*. Następnie próbki roślin z powtórzeń połączono w próby zbiorcze, które poddano wysuszeniu i zmieleniu. W średnich próbach roślin

oznaczono: zawartość suchej masy – metodą suszarkową w temperaturze 105°C, azot ogólny – metodą Kjeldahla. Ponadto próby roślin poddano mineralizacji na sucho w piecu muflowym w temperaturze 450°C (Ostrowska i in., 1991), w celu oznaczenia zawartości fosforu, potasu, wapnia, magnezu i sodu – metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej AAS.

Uzyskane wyniki porażenia roślin przez *Puccinia graminis* poddano obliczeniom statystycznym, wykonując analizę wariancji za pomocą programu Statistica 6.0. Istotność różnic weryfikowano testem Tukeya na poziomie ufności $p=0,05$. Dla poszczególnych pierwiastków obliczono odchylenie standardowe oraz współczynnik zmienności – V (%).

Zawarte w pracy dane meteorologiczne za lata 2005–2007 pochodzą z byłej Stacji Doświadczalnej Małopolskiej Hodowli Roślin w Skrzyszowicach. Roczna suma opadów w latach badań wahała się od 463,8 do 615,9 mm, natomiast suma opadów z okresu wegetacji zawierała się w przedziale od 345,2 do 537,6 mm. Średnia roczna temperatura wynosiła od 6,5 do 6,8°C, a w okresie wegetacji – 11,8–12,6°C.

Średnia roczna suma opadów z wielolecia (lata 1971–2000) wynosiła 663 mm, a w okresie wegetacji 435 mm. Z kolei średnia roczna temperatura osiągnęła 8°C, zaś w okresie wegetacji – 14,4°C.

Biorąc pod uwagę wielkość opadów atmosferycznych należy stwierdzić, że w latach badań 2005–2007 ilość opadów była zbliżona do tej z okresu wielolecia. Pod względem średniej temperatury lata badań należy uznać za mniej sprzyjające rozwojowi rdzy, gdyż *Puccinia graminis* jest patogenem bezwzględny, jej występowaniu sprzyjają szczególnie bardzo suche rejon uprawowe lub cieplejsze lata. Okres wielolecia cechował się wyższą średnią temperaturą w miesiącach wegetacji i wyższą średnią temperaturą roczną niż lata badań.

WYNIKI I DYSKUSJA

Najmniejsze porażenie przez *Puccinia graminis* obserwowano w odmianach Balin i Skrzyszowicka w obiektach nawożonych jednorazowo azotem w ilości 30 kg N·ha⁻¹, a także w odmianach Duna i Skiz w obiektach nawożonych 90 kg N·ha⁻¹ (w dwóch dawkach), w pierwszym roku badań (tab. 1). Z kolei największe porażenie wszystkich odmian (sięgające 71–93%) wykazano w obiektach kontrolnych oraz nawożonych dawkami azotu 120 (90 i 30) kg i 150 (90 i 60) kg N·ha⁻¹, w ostatnim roku badań.

Nawożenie azotem jest najbardziej efektywnym czynnikiem plonotwórczym spośród wszystkich mineralnych składników pokarmowych (Kozłowska i in., 2007), sprzyja porażeniu liści przez rdze, ponieważ są one dłużej zielone, a przez to bardziej narażone na infekcje (Adamiak i in., 2000).

Średnia zawartość azotu ogólnego w suchej masie odmian wiechliny łąkowej była zróżnicowana, zależnie od wielkości oraz terminu nawożenia azotem, roku badań, jak również od porażenia roślin (tab. 2). Rośliny zdrowe wszystkich odmian cechowały się wyższą zawartością tego składnika niż rośliny porażone przez *Puccinia graminis*. Przy czym największą różnicę w zawartości azotu pomiędzy roślinami zdrowymi i porażonymi (sięgającą 42%) stwierdzono w odmianie Duna, w obiektach nawożonych azotem w ilości 150 (90 i 60) kg N·ha⁻¹. Ponadto tylko u tej odmiany stwierdzono wyższy współczynnik zmienności dla zawartości azotu ogólnego w roślinach porażonych (wynoszący 15,0%), podczas gdy u innych odmian stwierdzono zależność odwrotną.

Istotny jest także fakt, iż różnica w ilości tego składnika pomiędzy roślinami zdrowymi i porażonymi była najmniejsza w odmianie Balin, czyli tam, gdzie obserwowano najmniejsze porażenie, a więc w roślinach obiektów nawożonych jednorazowo dawką azotu 30 kg N·ha⁻¹, i wynosiła 0,1 g N·kg⁻¹ s.m.

Tabela 1. Średnie porażenie odmian wiechliny łąkowej przez *Puccinia graminis* w latach 2005 i 2007 [%]

Table 1. Mean infection of *Poa pratensis* cultivars by *Puccinia graminis* in years 2005 and 2007 [%].

Dawka azotu Nitrogen dose [kg·ha ⁻¹]		Odmiany; Cultivars							
A	B	Balin		Duna		Skiz		Skrzyszowicka	
		2005	2007	2005	2007	2005	2007	2005	2007
0	0	23	85	28	91	21	80	19	76
0	30	9	46	12	57	15	51	10	48
60	30	11	53	10	68	13	62	18	52
60	60	14	62	18	75	18	70	15	63
90	30	17	82	21	90	19	75	16	71
90	60	15	89	25	93	24	84	20	84
NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}		6,78	11,2	5,02	9,64	5,18	8,78	3,81	11,3

A – wczesną wiosną; in early spring

B – jesienią; in autumn

Tabela 2. Średnia zawartość azotu w suchej masie odmian *Poa pratensis* [g N·kg⁻¹ s.m.]
Table 2. Mean content of nitrogen in *Poa pratensis* cultivars [g N kg⁻¹ DM].

Dawka azotu Nitrogen dose [kg·ha ⁻¹]		Odmiany; Cultivars							
		Balin		Duna		Skiz		Skrzeszowicka	
A	B	I	II	I	II	I	II	I	II
0	0	16,5	16,0	18,1	17,8	17,3	16,8	15,9	15,4
0	30	18,6	18,5	20,3	19,5	17,6	16,9	17,4	17,0
60	30	20,3	19,7	22,7	21,8	19,2	18,5	19,6	18,8
60	60	22,4	21,8	21,5	18,6	22,6	21,8	19,3	18,9
90	30	23,1	17,4	25,2	15,7	24,5	18,2	22,7	17,4
90	60	21,9	16,5	24,6	14,3	23,7	19,3	23,8	16,3
Sd		2,53	2,17	2,68	2,69	3,17	1,85	3,02	1,38
V [%]		12,4	11,9	12,1	15,0	15,2	9,9	15,3	8,0

Objaśnienia; Explanations:

A – wczesną wiosną; in early spring B – jesienią; in autumn

I – rośliny zdrowe; uninfected plants II – rośliny porażone; infected plants

Sd – odchylenie standardowe; standard deviation

V – współczynnik zmienności; variation coefficient

Spśród analizowanych odmian największym zróżnicowaniem zawartości fosforu charakteryzowały się rośliny porażone odmiany Skiz, współczynnik zmienności wynosił 33,3% (tab. 3). W odmianie tej wykazano również największą różnicę w zawartości tego składnika pomiędzy roślinami zdrowymi i porażonymi, wynoszącą 33%, w obiektach nawożonych dawką azotu 120 (90 i 30) kg N·ha⁻¹. Natomiast najmniejsza różnica w zawartości fosforu pomiędzy roślinami zdrowymi i porażonymi została stwierdzona w odmianie Duna, w obiektach nawożonych jednorazowo jesienią najniższą dawką azotu (30 kg N·ha⁻¹), wynosiła ona 0,01 g P·kg⁻¹ s.m.

Wyższy współczynnik zmienności obliczono dla zawartości fosforu w porażonych odmianach: Duna oraz Skrzeszowicka. Odwrotną zależność zaobserwowano w odmianie Balin, gdzie współczynnik zmienności był wyższy dla ilości tego makroelementu w roślinach zdrowych (24,1%).

Rośliny zdrowe czterech odmian wiechliny łąkowej cechowały się wyższą średnią zawartością potasu niż rośliny porażone (tab. 4). Przy czym największą różnicę (sięgającą ponad 40%) w zawartości tego składnika pomiędzy roślinami zdrowymi i porażonymi stwierdzono w odmianie Skiz, w obiektach nawożonych maksymalną dawką azotu – 150 kg N·ha⁻¹, podzieloną na dwie części. Wyższe zróżnicowanie ilości potasu wykazano w roślinach zdrowych odmian: Duna, Skiz oraz Skrzeszowicka. Wyjątkiem pod tym względem była odmiana Balin, gdzie większe zróżnicowanie zawartości tego makroelementu (29,8%) obserwowano w roślinach porażonych.

Najmniejsza różnica w zawartości potasu pomiędzy roślinami zdrowymi i porażonymi wynosiła 0,3 g K·kg⁻¹ s.m., w odmianie Balin, w obiektach nawożonych jednorazowo jesienią najniższą dawką azotu (30 kg N·ha⁻¹), czyli tam gdzie obserwowano najmniejsze porażenie.

Tabela 3. Średnia zawartość fosforu w suchej masie odmian *Poa pratensis* [g P·kg⁻¹ s.m.]
Table 3. Mean content of phosphorus in *Poa pratensis* cultivars [g P kg⁻¹ DM].

Dawka azotu Nitrogen dose [kg·ha ⁻¹]		Odmiany; Cultivars							
		Balin		Duna		Skiz		Skrzeszowicka	
A	B	I	II	I	II	I	II	I	II
0	0	1,62	1,57	1,49	1,36	1,51	1,42	1,53	1,51
0	30	1,85	1,64	1,73	1,72	2,86	2,54	1,92	1,78
60	30	2,56	2,51	2,04	1,95	3,12	2,97	1,83	1,80
60	60	2,48	2,32	2,31	2,26	3,04	2,71	2,14	2,05
90	30	3,14	2,78	2,65	2,53	2,19	1,46	2,67	2,58
90	60	2,85	2,60	3,12	3,08	2,05	1,57	2,81	2,74
Sd		0,58	0,51	0,60	0,61	0,64	0,70	0,50	0,49
V [%]		24,1	22,9	27,0	28,4	26,2	33,3	23,2	23,4

Objaśnienia – patrz tab. 2; Explanations – see Table 2

Tabela 4. Średnia zawartość potasu w suchej masie odmian *Poa pratensis* [g K·kg⁻¹ s.m.]
Table 4. Mean content of potassium in *Poa pratensis* cultivars [g K kg⁻¹ DM].

Dawka azotu Nitrogen dose [kg·ha ⁻¹]		Odmiany; Cultivars							
		Balin		Duna		Skiz		Skrzeszowicka	
A	B	I	II	I	II	I	II	I	II
0	0	11,9	10,4	13,4	11,8	12,5	10,1	13,8	12,0
0	30	14,2	13,9	15,1	12,6	14,9	10,8	16,0	12,8
60	30	15,1	13,2	17,0	14,9	17,6	15,3	16,9	13,4
60	60	19,4	18,9	20,2	18,5	19,2	16,0	18,3	17,2
90	30	22,6	21,5	24,8	17,4	25,7	16,3	23,4	18,5
90	60	23,2	22,8	23,1	15,9	25,4	14,6	24,7	16,9
Sd		4,69	5,00	4,53	2,63	5,42	2,71	4,30	2,72
V (%)		26,4	29,8	23,9	17,3	28,2	19,5	22,8	18,0

Objaśnienia – patrz tab. 2; Explanations – see Table 2

Tabela 5. Średnia zawartość wapnia w suchej masie odmian *Poa pratensis* [g Ca·kg⁻¹ s.m.]
Table 5. Mean content of calcium in *Poa pratensis* cultivars [g Ca kg⁻¹ DM].

Dawka azotu Nitrogen dose [kg·ha ⁻¹]		Odmiany; Cultivars							
		Balin		Duna		Skiz		Skrzeszowicka	
A	B	I	II	I	II	I	II	I	II
0	0	1,96	2,73	2,08	2,61	2,15	2,74	1,86	2,14
0	30	2,09	3,15	2,15	2,78	2,11	2,58	2,46	2,57
60	30	2,36	3,19	2,05	3,94	2,49	3,01	2,71	2,95
60	60	2,58	4,02	2,64	3,56	2,36	3,25	2,63	2,98
90	30	3,41	4,77	3,57	4,29	3,07	3,62	3,09	3,61
90	60	3,92	5,28	2,86	4,15	3,57	3,89	3,48	4,09
Sd		0,78	1,01	0,60	0,71	0,58	0,51	0,55	0,70
V [%]		28,7	26,2	23,3	20,0	22,0	15,9	20,4	23,0

Objaśnienia – patrz tab. 2; Explanations – see Table 2

Średnia zawartość wapnia w odmianach wiechliny łąkowej była zróżnicowana (tab. 5). Rośliny wszystkich odmian porażone przez *Puccinia graminis* cechowały się wyższą zawartością tego składnika niż rośliny zdrowe. Przy czym największą różnicę w zawartości wapnia pomiędzy roślinami porażonymi i zdrowymi, sięgającą 29%, stwierdzono w odmianie Balin, w obiektach nawożonych dawką azotu 120 (90 i 30) kg N·ha⁻¹.

Natomiast najmniejsza wykazana różnica w zawartości tego składnika wynosiła 0,11 g Ca·kg⁻¹ s.m., w odmianie Skrzeszowicka, w obiektach nawożonych jednorazowo jesienią najniższą dawką azotu (30 kg N·ha⁻¹). Większy współczynnik zmienności dla zawartości wapnia stwierdzono w przypadku roślin zdrowych trzech odmian wiechliny łąkowej: Balin, Duna, a także Skiz. W przypadku odmiany Skrzeszowicka rośliny porażone wykazywały większe zróżnicowanie w kumulacji wapnia niż rośliny zdrowe.

Obliczone współczynniki zmienności dla zawartości magnezu w roślinach zdrowych i porażonych były różne dla wybranych odmian (tab. 6). W odmianie Skrzeszowicka wyższe dla roślin zdrowych, a w odmianach Balin, Duna i Skiz dla porażonych. Odmiana Duna cechowała się największymi różnicami w zawartości magnezu pomiędzy roślinami porażonymi i zdrowymi, w obiektach nawożonych azotem 120 (90 i 30) kg oraz 150 (90 i 60) kg N·ha⁻¹, sięgającymi kolejno 33 i 34%. Z kolei najmniejsza stwierdzona różnica w zawartości tego makroelementu pomiędzy roślinami porażonymi i zdrowymi wynosiła 0,02 g Mg·kg⁻¹ s.m., w odmianie Balin w obiektach kontrolnych.

Rośliny zdrowe pastewnych odmian wiechliny łąkowej cechowały się wyższą średnią zawartością sodu niż rośliny porażone (tab. 7). Przy czym największą różnicę (sięgającą 25%) w zawartości tego składnika pomiędzy roślinami zdrowymi i porażonymi stwierdzono w odmianie Balin, w obiektach nawożonych azotem w ilości 150 kg N·ha⁻¹,

Tabela 6. Średnia zawartość magnezu w suchej masie odmian *Poa pratensis* [g Mg·kg⁻¹ s.m.]
Table 6. Mean content of magnesium in *Poa pratensis* cultivars [g Mg kg⁻¹ DM].

Dawka azotu Nitrogen dose [kg·ha ⁻¹]		Odmiany; Cultivars							
		Balin		Duna		Skiz		Skrzeszowicka	
A	B	I	II	I	II	I	II	I	II
0	0	0,63	0,65	0,52	0,68	0,48	0,53	0,71	0,8
0	30	0,72	0,81	0,47	0,59	0,57	0,61	0,65	0,74
60	30	0,70	0,79	0,73	0,82	0,50	0,58	0,87	0,93
60	60	0,95	1,23	0,65	0,87	0,72	0,83	1,26	1,31
90	30	1,28	1,39	0,85	1,26	0,95	1,07	1,19	1,28
90	60	1,32	1,45	0,78	1,19	0,86	1,12	1,42	1,62
Sd		0,30	0,34	0,15	0,27	0,20	0,26	0,32	0,34
V [%]		32,6	32,7	22,3	30,0	28,8	32,7	31,2	31,0

Objaśnienia – patrz tab. 2; Explanations – see Table 2

Tabela 7. Średnia zawartość sodu w suchej masie odmian *Poa pratensis* [g Na·kg⁻¹ s.m.]
Table 7. Mean content of sodium in *Poa pratensis* cultivars [g Na kg⁻¹ DM].

Dawka azotu Nitrogen dose [kg·ha ⁻¹]		Odmiany; Cultivars							
		Balin		Duna		Skiz		Skrzeszowicka	
A	B	I	II	I	II	I	II	I	II
0	0	0,34	0,27	0,21	0,18	0,19	0,15	0,39	0,34
0	30	0,29	0,28	0,30	0,25	0,35	0,31	0,46	0,41
60	30	0,52	0,43	0,57	0,49	0,28	0,23	0,38	0,30
60	60	0,45	0,37	0,52	0,46	0,54	0,47	0,61	0,52
90	30	0,76	0,59	0,63	0,51	0,50	0,36	0,57	0,45
90	60	0,68	0,51	0,54	0,39	0,68	0,52	0,53	0,39
Sd		0,15	0,10	0,12	0,10	0,11	0,08	0,10	0,08
V [%]		30,5	26,3	30,0	29,6	29,2	26,8	19,4	19,5

Objaśnienia – patrz tab. 2; Explanations – see Table 2

podzieloną na dwie części (90 i 60 kg). Również w odmianie Balin wykazano najmniejszą różnicę w zawartości sodu pomiędzy roślinami zdrowymi i porażonymi wynoszącą 0,01 g Na·kg⁻¹ s.m., w obiektach nawożonych jednorazowo jesienią najniższą dawką azotu (30 kg N·ha⁻¹).

Wyższe zróżnicowanie ilości sodu stwierdzono w zdrowych roślinach odmian: Balin, Duna oraz Skiz. Wyjątkiem pod tym względem była odmiana Skrzeszowicka, gdzie nieznacznie większe zróżnicowanie tego makroelementu (19,5%) obserwowano w roślinach porażonych.

W uprawie traw, *Puccinia graminis* uważana jest za chorobę o szczególnej szkodliwości i wyjątkowo dewastacyjnym charakterze. Straty plonu w przypadku odmian podatnych w warunkach epifitozy mogą być bardzo duże (Wakuliński i in., 2006). Tak silna reakcja roślin jest rezultatem deficytu wodnego wywołanego gwałtownym wzrostem transpiracji porażonych roślin na skutek zniszczenia skórki źdźbeł, pochw i blaszek liściowych w miej-

scach tworzenia się uredyniów i teliów grzyba. Porażone rośliny przedwcześnie zasychają, a w kłosach zamiast w pełni wykształconych ziarniaków powstaje jedynie pośląd (Zamorski i in., 2004).

Uszkodzenia traw powodowane przez grzyby mają wpływ na ilościowe i jakościowe zmiany w zawartości składników mineralnych (Grygierzec, Radkowski, 2006). Szczególną rolę spośród tych składników należy przypisać obecności fosforu i potasu, dodatkowo wpływających na stężenie takich barwników roślinnych, jak chlorofil i karoten (Falkowski i in., 2000). Obecność potasu w roślinach odgrywa ponadto dużą rolę w kształtowaniu się stosunków ilościowych innych pierwiastków (Benedycki i in., 2001). Przy dużej zawartości potasu w roślinności trawiastej z reguły obniża się poziom sodu oraz magnezu i na ogół uwiadcza się to także w stężeniu wapnia. Według Grzegorzycy i Gołębiowskiej (2004) zawartość wapnia w trawach jest nie tylko cechą gatunkową, ale także odmianową.

W roślinach wapń bierze udział między innymi w metabolizmie azotu, a jego nadmiar wywołuje przyspieszony proces starzenia, zaznaczający się zmniejszoną zawartością chlorofilu. Składnik ten pełni funkcję regulatora w pobieraniu soli mineralnych oraz oddziałuje na proces transpiracji (Falkowski i in., 2000). Istotne jest również wzajemne powiązanie magnezu i wapnia. Pierwiastki te konkurują o przenośnik przez błony cytoplazmatyczne. W przeprowadzonych badaniach większa zawartość magnezu w roślinach porażonych jest trudna do wyjaśnienia, chociaż podobne rezultaty uzyskali Grygierzec i Radkowski (2006). *Puccinia graminis* bowiem przerastając przez tkankę roślinną nie wydziela toksyn, a więc nie powoduje nadmiernego uwalniania się tego składnika z komórek roślin, co ma miejsce w przypadku porażenia roślin przez inne patogenny. Wówczas stwierdza się zwiększoną zawartość magnezu w roślinności porażonej niż zdrowej. Najprawdopodobniej wyższą ilość tego makroelementu w roślinach porażonych przez rdzę można łączyć z tym, że wytwarzały one większą ilość liści broniąc się w ten sposób przed zamieraniem. W liściach natomiast znajduje się chlorofil, którego składnikiem jest magnez. W glebie obiektów z wiechliną łąkową oznaczono niskie ilości potasu oraz magnezu, również nie stosowano dodatkowego nawożenia magnezem, a nawożenie potasem (z wyjątkiem obiektów kontrolnych) było stałe we wszystkich obiektach – 83 kg K·ha⁻¹.

WNIOSKI

1. Największe porażenie wszystkich odmian (71–93%) przez *Puccinia graminis* stwierdzono w obiektach kontrolnych oraz nawożonych dawkami azotu 120 (90 i 30) kg i 150 (90 i 60) kg N·ha⁻¹, w ostatnim roku badań.

Najmniejsze porażenie występowało w roślinach obiektów nawożonych dawkami azotu: 30 kg N·ha⁻¹ (jednorazowo) oraz 90 kg N·ha⁻¹ (dawka dzielona na dwie części 60 i 30 kg N·ha⁻¹), w pierwszym roku badań.

2. Rośliny zdrowe charakteryzowały się większą zawartością azotu ogólnego, fosforu, potasu i sodu niż rośliny porażone.

3. Największą różnicę w zawartości azotu ogólnego pomiędzy roślinnością zdrową a porażoną stwierdzono w odmianie Duna, fosforu oraz potasu w odmianie Skiz, natomiast sodu w odmianie Balin.

4. Wybrane odmiany zainfekowane przez *Puccinia graminis*, w odniesieniu do zdrowych, były bardziej zasobne w wapń oraz magnez.

LITERATURA

Adamiak J., Kurowski T.P., Stępień A., 2000. Wpływ sposobu nawożenia na rozwój chorób pszenicy jarej i jęczmienia ozimego. Fol. Univ. Agric. Stetin., 211: 13-17.
Baldwin N.A., 1990. Turfgrass pest and diseases. The Sport Turf Research Institute Bingley, 1-58.

Benedycki S., Benedycka Z., Grzegorzczak S., 2001. Zawartość i akumulacja N, P, K, Ca, Mg, i Na w ziołach i *Lolium perenne* w zależności od nawożenia. Pam. Puł., 125: 43-48.
Falkowski M., Kukulka I., Kozłowski S., 2000. Właściwości chemiczne roślin łąkowych. Poznań, 66-97.
Grygierzec B., Radkowski A. 2006. Effect of *Puccinia graminis* ssp. Pers. infection on the macroelements content in selected grass species. Ecol. Chem. Engin., 13(1-2): 61-65.
Grzegorzczak S., Gołębiewska A., 2004. Kształtowanie się zawartości niektórych składników mineralnych w *Lolium perenne* L. i *Festuca pratensis* L. uprawianych w siewie czystym i mieszankach z *Plantago lanceolata* L. Ann. UMCS, Sectio E, 59(1): 457-460.
Kozłowski W., Sulewska H., Panasiewicz K., 2007. Efektywność nawożenia azotem pszenicy ozimej w zależności od sposobu uprawy roli. Fragm. Agron., 24(3): 238-243.
Kwaśna H., Chelkowski J., Zajkowski P., 1991. Flora Polski. T. XXII. Grzyby niedoskonałe. Strzępczakowe. Gruźelkowane. Sierpik (Fusarium). PAN Warszawa-Kraków, 158 ss.
Liszewski M., 2008. Reakcja dwóch form jęczmienia jarego pastewnego na zróżnicowane technologie uprawy. Zesz. Nauk. UP Wrocław., 565, 108 ss.
Meyer W.A., 1982. Breeding disease-resistant cool-season turfgrass cultivars for the United States. Plant Diseases., 66: 341-344.
Mikołajska J., 1980. Wpływ intensywnego nawożenia mineralnego na występowanie chorób traw łąkowych. Zesz. Nauk. WSR, Olsztyn, 298-305.
Ostrowska A., Gawliński S., Szczubialka Z., 1991. Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. Katalog. Wyd. IOŚ, Warszawa, 334.
Panasiewicz K., Kozłowski W., Sulewska H., 2006. Występowanie chorób grzybowych na jęczmieniu jarym w zależności od wybranych czynników agrotechnicznych. Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 46(1): 684-687.
Pecio A., Danyte V., 2008. Wpływ warunków pogody na porażenie zbóż jarych patogenami liści i kłosów. Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 48(2): 499-503.
Próńczuk S., 1993. Systemy oceny traw gazonowych. Biul. IHAR, 186: 127-132.
Próńczuk M., 2000. Choroby traw – występowanie i szkodliwość w uprawie na nasiona i użytkowaniu trawnikowym. Monogr. Rozpr. Nauk. IHAR, Nr 4, 183 ss.
Próńczuk M., Czembor E., 1998. Infection of *Puccinia graminis* to *Deschampsia caespitosa* under sun and shade conditions. W: Breeding for a multifunctional agriculture. Boller B. et al., (eds.) Zürich-Reckenholz, Schwyzerland, ss. 215-217.
Simley R.W., Dernoeden P.H., Clark B.B., 1992. Compendium of turfgrass diseases. The American Phytopath. Society, Minesota, 98 ss.
Simmonds N.W. 1987. Podstawy hodowli roślin. PWRiL, Warszawa, 450 ss.
Wakuliński W., Nowicki B., Zamorski Cz. 2006. Podatność form ozimych x *Triticosecale* Wittmack na porażenie przez *Puccinia graminis* Pers. Post. Ochr. Rośl., 46(1): 395-400.
Welty R.E. 1992. Diseases of grass seed crops and their control in Northwest USA. I.H.S.P.R.G. Newsletter 16, 6-8.
Zamorski Cz., Nowicki B., Schollenberger M., Wakuliński W. 2004. Podatność polskich materiałów hodowlanych pszenicy na rdzę żdźbłową. Biul. IHAR, 231: 83-93.

B. Grygierzec

EFFECT OF *Puccinia graminis* PERS. INFECTION
ON THE MACROELEMENTS' CONTENT IN SELECTED
POA PRATENSIS L. CULTIVARS DEPENDING
ON NITROGEN FERTILIZATION

Summary

Investigations were conducted in the years 2005–2007 at the Malopolska Experimental Plant Breeding Station – HBP located at Skrzyszowice near Krakow (220 m a.s.l.). The experimental treatments included seed production plantations of four fodder cultivars of meadow grass (*Poa pratensis*): Balin, Duna, Skiz and Skrzyszowicka, on which diversified nitrogen fertilization was applied: one dose of 30 kg N ha⁻¹ (in autumn) and two doses early in spring and in autumn, at rates of 90 kg N ha⁻¹ (60 and 30), 120 kg N ha⁻¹ (60 and 60), 120 kg N ha⁻¹ (90 and 30) and 150 kg N ha⁻¹ (90 and 60).

The research aimed to determine the degree of plant infection with *Puccinia graminis* on macroelement (N, P, K, Ca, Mg and Na) content in selected cultivars of meadow grass.

The greatest infection of all cultivars (71–93%) by *Puccinia graminis* was registered on the control treatment and on treatments with nitrogen doses of 120 (90 and 30) kg and 150 kg (90 and 60) kg N ha⁻¹ in the final year of the investigations. On the other hand the lowest infection occurred on plants from the treatments fertilized with nitrogen doses of 30 kg N ha⁻¹ (single application) and 90 kg N ha⁻¹ (a split application of 60 and 30 kg N ha⁻¹), in the first year of the research.

Healthy plants were characterized by bigger content of total nitrogen, phosphorus, potassium and sodium than the diseased plants.

The biggest difference in total nitrogen content between healthy and diseased plants was registered for Duna cv. (42%), in phosphorus and potassium contents for Skiz cultivar, respectively 33 and 43%, while in sodium for cultivar Balin (25%).

Selected cultivars infected by *Puccinia graminis* were more abundant in calcium and magnesium than healthy plants.

key words: *Poa pratensis*, cultivars, *Puccinia graminis*, macroelements