

Wzór cytowania:

Zielewicz W., Wróbel B., Szulc P., Sychalski B., Klarzyńska A., Paszkiewicz-Jasińska A. 2022. Wpływ stosowania biokondycjonerów glebowych na zawartość fosforu i potasu w runi *Lolium perenne* (L.) odmiany Maja. *Technika Rolnicza, Ogrodnicza, Leśna* 1: 69-76.



Technika Rolnicza, Ogrodnicza, Leśna

Strona internetowa czasopisma: <https://tech-rol.eu/>

Wpływ stosowania biokondycjonerów glebowych na zawartość fosforu i potasu w runi *Lolium perenne* (L.) odmiany Maja

Waldemar Zielewicz^{a*}, Barbara Wróbel^b, Piotr Szulc^a, Bartosz Sychalski^b, Agnieszka Klarzyńska^b, Anna Paszkiewicz-Jasińska^b

^aUniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

^bInstytut Technologiczno-Przyrodniczy – Państwowy Instytut Badawczy w Falentach, Raszyn

Article info

Data przyjęcia: 03.06.2022

Data akceptacji: 22.08.2022

Keywords

życica trwała
efektywne mikroorganizmy
EM-1
PRP SOL,
Physio-Mescal G18
właściwości chemiczne
zawartość fosforu
zawartość potasu

Celem badań było porównanie wpływu wybranych biokondycjonerów glebowych oraz tradycyjnego nawożenia P+K+Ca (superfosfat potrójny granulowany, sól potasowa, węglan wapnia) na zmiany zawartości fosforu oraz potasu w runi życicy trwałej (*Lolium perenne* L.) odmiany Maja. Badania przeprowadzono w Stacji Doświadczalnej Katedry Łąkarstwa i Krajobrazu Przyrodniczego na terenie Rolniczego Zakładu Doświadczalnego Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Doświadczenie założono w układzie bloków losowych z trzema powtórzeniami. Zastosowano dwa czynniki doświadczalne: nawożenie biokondycjonerami i tradycyjnymi nawozami mineralnymi zawierającymi fosfor, potas i wapń (Physio-Mescal G18, PRP-SOL, EM-1 - Efektywne Mikroorganizmy, EM-1+Ca oraz P+K+Ca). Jako drugi czynnik zastosowano nawożenie azotowe (0 i 150 kg N·ha⁻¹ w dawkach dzielonych po 50 kg N·ha⁻¹ pod odrost). Zastosowanie tradycyjnych nawozów mineralnych w kombinacji P+K+Ca okazało się najbardziej efektywne pod względem akumulacji w roślinach fosforu i potasu. Przeprowadzone doświadczenie wykazało także, że oba biokondycjonery: Physio-Mescal G18 i PRP SOL mogą stanowić pewną alternatywę dla tradycyjnego nawożenia mineralnego P+K+Ca. W stosunku do tradycyjnych nawozów mineralnych biokondycjonery zawierające w swoim składzie wapń oraz dodatki biologicznie aktywne mogą pomóc w utrzymaniu i modyfikacji potencjału biologicznego gleby oraz jej żyzności. Stosowanie biokondycjonerów PRP SOL i Physio-Mescal G18 przyniosło pozytywny efekt w postaci wyższej akumulacji w roślinach P i K w porównaniu do kontroli. Dodatkowa aplikacja nawozu wapniowego w kombinacji stosowania preparatu mikrobiologicznego EM-1+Ca przyniosła także zadawalające efekty w postaci lepszego zaopatrzenia roślin w te składniki mineralne. Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono także pozytywny wpływ nawożenia azotem na wyższą akumulację w runi P i K.

*The aim of study was to compare the effect of selected soil bioconditioners and traditional P+K+Ca mineral fertilization (triple granulated superphosphate, potassium salt, calcium carbonate) on the changes in the content of phosphorus and potassium in the biomass of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) cv. Maja. The research was conducted at the Experimental Station of the Department of Grassland and Natural Landscape Sciences at the Agricultural Experimental Station of the Poznań University of Life Sciences. The experiment was established in a randomized block design with three replications. The first experimental factor was fertilization with bioconditioners and traditional mineral fertilizers without nitrogen (Physio-Mescal G18, PRP-SOL, EM-1 - Effective Microorganisms, EM-1+Ca and P+K+Ca). As a second factor was nitrogen fertilization applied in two levels (0 and 150 kg N·ha⁻¹ in divided doses of 50 kg N·ha⁻¹ per regrowth). The combination of traditional mineral fertilizers proved to be the best in terms of phosphorus and potassium accumulation in plants. The experiment showed that Physio Mescal G 18 and PRP SOL bioconditioners may be a certain alternative in this respect to traditional mineral fertilisation with P+K+Ca. In relation to traditional mineral*

* Autor do korespondencji: waldemar.zielewicz@up.poznan.pl

fertilisers, bioconditioners containing calcium may help to maintain and modify the biological potential of the soil and its fertility. Based on the obtained results, a positive effect of nitrogen fertilisation on the higher accumulation of P and K in the sward was also observed. Also, the application of bioconditioners PRP SOL and Physio mescal G 18 resulted in a higher accumulation of P and K in plants, compared to the control. The additional application of calcium fertilizer in combination with the application of the microbial preparation EM-1 + Ca brought satisfactory effects in the form of better P and K supply to the plants.

Artykuł udostępniony na licencji CC BY 4.0:

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

1. Wstęp

Trawy są bogatym źródłem składników pokarmowych dla przeżuwaczy i stanowią przez cały rok znaczną część ich dawki pokarmowej [1]. O wartości pokarmowej czy żywieniowej traw decyduje – oprócz zawartości masy organicznej oraz strawności i smakowitości – także zawartość mineralnych składników, zapewniających funkcje fizjologiczne organizmów zwierzęcych. Ma to szczególne znaczenie w przypadku pasz z użytków zielonych, które są podstawową, a niekiedy jedyną, paszą spożywaną latem przez przeżuwacze. Na zawartość składników pokarmowych w trawach wpływa wiele czynników, takich jak: gatunek, odmiana, warunki klimatyczne, pora roku, termin zbioru, nawożenie, a w szczególności stosowanie nawozów azotowych [2,3]. Życica trwała (*Lolium perenne* L.) jest bardzo popularnym gatunkiem wykorzystywanym w czystych zasiewach lub w mieszankach z innymi gatunkami traw i roślin bobowatych [4]. Życica trwała wymaga odpowiedniego nawożenia, aby zmaksymalizować swoją produktywność i wartość pokarmową [5]. W związku z dbałością o środowisko naturalne, podejmowane są działania zmierzające do ograniczenia stosowania nawozów mineralnych w rolnictwie bez pogorszenia jakości paszy [6,7].

Jednym z błędów w nawożeniu użytków zielonych jest pomijanie nawożenia wapniem podczas całego okresu ich użytkowania. Brak corocznego stosowania nawozów wapniowych prowadzi do systematycznego obniżania się odczynu gleby. Wprowadzany w nawozach wapń wpływa na efektywność wykorzystywania azotu podawanego w nawozach, jak również uruchamianego przez mikroorganizmy glebowe na skutek mineralizacji oraz wiązanego z powietrza przez bakterie z rodzaju *Rhizobium* współżyjące z roślinami bobowatymi obecnymi na użytkach zielonych. Niedobór wapnia w korzeniach spowalnia podziały komórkowe hamując ich rozwój, a w pączkach nadziemnych powoduje ich obumieranie. Nawożenie wapniem wpływa także na wzrost zawartości w roślinach takich składników pokarmowych jak fosfor i molibden oraz na neutralizację toksycznego glinu i manganu, które ograniczają wzrost korzeni [8,9]. Wapń jest szczególnie ważnym pierwiastkiem z punktu wartości pokar-

mowej roślin, gdyż spadek koncentracji wapnia w paszy prowadzi u zwierząt do hipokalcemii, zakłóceń w pracy układu nerwowego i mięśni. Niedobory wapnia w płynach ustrojowych zwierząt prowadzą do resorpcji tego pierwiastka z nerek i kości [10].

Biostymulanty i biokondycjonery glebowe to grupa związków, substancji (pierwiastków śladowych, enzymów, regulatorów wzrostu roślin, alg morskich) i mikroorganizmów stosowanych poprzez oprysk na rośliny lub na glebę w celu regulowania i wzmocnienia procesów fizjologicznych w roślinach uprawnych, dzięki czemu stają się one bardziej odporne na stresy oraz bardziej wydajne [11,12]. Wpływając na procesy biochemiczne, morfologiczne i fizjologiczne, biostymulanty i biokondycjonery glebowe poprawiają efektywność wykorzystania składników pokarmowych w roślinach [13]. Murawska i wsp. [14] wykazali korzystny wpływ biostymulantów na rozwój systemu korzeniowego, zdolność zatrzymywania wody, zawartość chlorofilu i tempo fotosyntezy, co przyczynia się do zwiększonego pobierania składników pokarmowych przez rośliny. Zastosowanie produktów wspomagających wzrost i rozwój roślin pozwala na zmniejszenie dawek stosowania nawozów mineralnych, a w szczególności dawek N. Sosnowski i wsp. [15] stwierdzili pozytywny wpływ biostymulantów i biokondycjonerów glebowych na wartość pokarmową różnych gatunków traw pastewnych. Sulewska i wsp. [16] podają, że kilka preparatów bakteryjnych jest już stosowanych w rolnictwie i ogrodnictwie dając obiecujące efekty w postaci podnoszenia urodzajności gleby. Pozytywne efekty stosowania biokondycjonerów i polepszaczy glebowych w uprawianych roślinach odnotowali w swoich badaniach Trawczyński i Bogdanowicz [17] oraz Sosnowski i Jankowski [18]. Niezwykle ważne przy stosowaniu preparatów zawierających szczepy bakteryjne są warunki pogodowe, gdyż zaleca się je aplikować podczas deszczu i w odpowiedniej temperaturze powietrza. Prawdopodobnie na skutek błędów w ich aplikacji notowane są doniesienia o braku zadawalających efektów po zastosowaniu użyźniaczy i polepszaczy glebowych w uprawach polowych [19,20].

PRP-SOL, według charakterystyki producenta – firmy PRP S.A. (Procedes Roland Pigeon), to nawóz mineralny, mający pozytywny wpływ na szereg para-

metrów gleby, prowadzący do wzrostu jej żyzności i urodzajności. Jest nawozem wspomagającym biologiczną aktywność gleby, produkowanym na bazie węglanu wapnia, który jest dodatkowo wzbogacony o pierwiastki śladowe. Dzięki specyficznym związkom mineralnym nawóz ten ma za zadanie stymulowanie rozwoju fauny glebowej. Wapń, mikroelementy oraz wyciąg z alg morskich zawarte w tym nawozie, wpływają na polepszenie pobierania przez rośliny fosforu i potasu oraz pierwiastków śladowych. Dodatkowo, z rezerw mineralnych gleby, uruchamiane są fosfor i potas, które dotychczas były niedostępne dla roślin [21, 16].

Kolejnym, innowacyjnym nawozem, który uzyskał status nawozu ekologicznego jest **Physio-Mescal G18** (świadectwo kwalifikacji produktu nr NE/97/2007, wystawione przez IUNG w Puławach). Nawóz ten, według informacji producenta, poprawia strukturę i stabilizuje odczyn gleby, stymuluje aktywność enzymatyczną mikroorganizmów glebowych, dzięki temu wpływa na lepsze przyswajanie składników pokarmowych przez rośliny. Ponadto wpływa pozytywnie na rozwój systemu korzeniowego, zwiększając powierzchniowo zasięg pobierania z gleby składników mineralnych przez rośliny. Nawóz ten zalecany jest do stosowania na glebach kwaśnych w uprawach polowych oraz na pastwiskach [22].

EM – Efektywne Mikroorganizmy. Twórcą technologii EM jest profesor Teruo Higa z Uniwersytetu Ryukyu w Japonii, który od lat 60. ubiegłego wieku badał efekty stosowania mikroorganizmów w bionażowaniu upraw. Ostateczny skład wdrożonego preparatu EM ogłoszony został w 1982 r. pod nazwą „Technologii – Efektywne Mikroorganizmy (EM[™])”. W skład preparatu weszło 81 rodzajów mikroorganizmów nadających się do spożycia przez ludzi, spośród około dwóch tysięcy uznanych za pożyteczne i nie szkodzące zdrowiu [23]. Oryginalne mikroorganizmy EM[™] pochodzą z gleby japońskiej wyspy Okinawa, ze źwacza hodowanych tam krów, a także mikroorganizmy pozyskane z mleczarni produkujących przetwory mleczarskie. Najważniejsze gatunki zawarte w tym preparacie mikrobiologicznym to bakterie kwasu mlekowego (*Lactobacillus casei*, *Streptococcus lactis*), bakterie fotosyntetyzujące (*Rhodospseudomonas palustris*, *Rhodobacter spae*), drożdże (*Saccharomyces albus*, *Candida utilis*), promieniowce (*Streptomyces albus*, *S. griseus*) oraz pleśnie (*Aspergillus oryzae*, *Mucor hiemalis*) [24].

Hipotezą badawczą było założenie, że zastosowanie biokondycjonerów glebowych wpłynie na modyfikację składu mineralnego runi życicy trwałej w porównaniu do tradycyjnego nawożenia nawozami mineralnymi NPK oraz kontroli absolutnej – bez nawożenia.

Celem przeprowadzonych badań było porównanie i określenie wpływu nawożenia wybranymi biokondycjonerami glebowymi (Physio-Mescal G18,

PRP-SOL) i preparatem EM (Efektywne Mikroorganizmy) oraz standardowymi nawozami mineralnymi na zawartość P i K w runi życicy trwałej (*Lolium perenne* L.) odmiany Maja w zasiewie polowym.

2. Metodyka badań

Badania przeprowadzono w roku 2008 w Stacji Doświadczalnej Katedry Łąkarstwa i Krajobrazu Przyrodniczego na terenie Rolniczego Zakładu Doświadczalnego Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu (52°43' N, 16°30' E).

Gleba, na której założono doświadczenie to piasek gliniasty lekki, o miąższości poziomu próchnicznego wynoszącej ponad 30 cm, należący do klasy bonitacyjnej IIIb. Gleba charakteryzowała się 16% udziałem części spławialnych, zawartością próchnicy na poziomie 1,24%, odczynem obojętnym oraz wysoką zawartością fosforu (181 g P₂O₅ w kg⁻¹ s.m. gleby), średnią zawartością potasu (229 g K₂O w kg⁻¹ s.m. gleby) i niską magnezu (45,1 g MgO w kg⁻¹ s.m. gleby). Według międzynarodowej klasyfikacji WRB glebę zaliczono do Albic Luvisols, a według Soil Taxonomy do Typic Hapludalfs, pod względem uziarnienia do piasku gliniastego [25].

Wysiewu nasion życicy trwałej (*Lolium perenne* L.) odmiany Maja na poletkach doświadczalnych dokonano ręcznie jesienią 2006 roku w ilości 30,0 kg·ha⁻¹. Doświadczenie założono metodą bloków losowych w trzech powtórzeniach, na poletkach o powierzchni 7,5 m² (1,5 m x 5,0 m). W celu ograniczenia efektu brzegowego oddziaływania nawozów między poletkami, na których aplikowano poszczególne nawozy pozostawiono nienawożone pasy o szerokości 0,5 m.

Zastosowano dwa czynniki doświadczalne. Jako pierwszy czynnik zastosowano nawożenie biokondycjonerami i tradycyjnymi nawozami mineralnymi bez stosowania azotu: Physio-Mescal G18, PRP-SOL, EM-1 – Efektywne Mikroorganizmy, EM-1 – Efektywne Mikroorganizmy + Ca, P+K+Ca. Jako drugi czynnik zastosowano nawożenie azotowe w dwóch dawkach: 0 i 150 kg N·ha⁻¹.

W doświadczeniu fosfor aplikowano w postaci superfosfatu potrójnego granulowanego 46% P₂O₅, potas w postaci soli potasowej 60% K₂O, wapń w postaci wapna nawozowego 48% CaO. Do nawożenia azotem w poszczególnych wariantach stosowano saletrę amonową 34% N. Kontrolę stanowiły poletka bez nawożenia i z nawożeniem tylko samą saletrą amonową. Wiosną przed ruszeniem rośliny stosowano następujące dawki biokondycjonerów glebowych i nawozów mineralnych w nawożeniu standardowym:

- Physio-Mescal G18 (18% P₂O₅, 65% CaCO₃, 5% MgO oraz opatentowany ekstrakt z alg brunatnych Physio+) – 450 kg·ha⁻¹,

- PRP-SOL (30% CaO, 8% MgO, 3,5% Na oraz 3-5% prefiksów, zawierających 48 pierwiastków śladowych potrzebnych do prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin) – 200 kg·ha⁻¹,
- EM-1 – 1,0 litr EM-1 + 100 litrów wody·ha⁻¹,
- EM-1+Ca – 1,0 litr EM-1 + 100 litrów wody·ha⁻¹ + 100 kg·ha⁻¹ CaCO₃,
- nawożenie standardowe P+K+Ca (superfosfat potrójny + sól potasowa + wapno węglanowe) – 80 kg·ha⁻¹ P₂O₅ + 80 kg·ha⁻¹ K₂O + 200 kg·ha⁻¹ CaCO₃.
- nawożenie azotowe (w wariacie z aplikacją N) – saletra amonowa – 150 kg N·ha⁻¹ (po 50 kg N·ha⁻¹ pod każdy odrost).

Życica trwała Maja jest średnio wczesną odmianą tetraploidalną zalecaną do użytkowania kośno-ławkowego oraz pastwiskowego. Rośliny są średnio wysokie (około 78 cm) odporne na mrozę i suszę [26].

Ruń koszone trzy razy w ciągu sezonu. Terminy pobierania próbek materiału roślinnego przeznaczonego do badań analitycznych z poszczególnych

odrostów przypadają: I odrost - 30.05., II odrost 10.07., III odrost 18.08. W ocenie składu chemicznego wykorzystano powszechnie stosowane metody analityczne, a mianowicie: zawartość fosforu oznaczono metodą kolorymetryczną, a potasu metodą spektrofotometrii płomieniowej typu Flapho.

Opracowanie statystyczne wyników wykonano przy wykorzystaniu programów Statistica i MS Excel. Istotność wpływu badanych czynników doświadczenia zweryfikowano za pomocą testu Tukeya przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

3. Warunki meteorologiczne

W trakcie trwania doświadczenia panowały zmienne warunki pogodowe (tab. 1). Rok badań charakteryzował się wyższymi średnimi temperaturami o 0,6°C w porównaniu do wielolecia. Suma opadów w porównaniu do wielolecia była niższa w roku badań o 12,9 mm·m². W okresie wegetacji suma opadów przekroczyła 90,0 mm·m², co było odnotowane w kwietniu (120,7 mm·m²) i w sierpniu (171,5 mm·m²).

Tab. 1. Warunki pogodowe w okresie wegetacji w RGD Brody w roku 2008 (źródło: opracowanie własne)

Miesiąc	Temperatura (°C)		Opady (mm·m ²)	
	Rok 2008	Średnia wieloletnia 1960-2007	Rok 2008	Średnia wieloletnia 1960-2007
III	4,2	2,8	75,7	38,8
IV	8,7	7,8	120,7	36,8
V	15,2	13,1	19,5	56,8
VI	19,1	16,4	8,6	63,6
VII	20,0	18,0	80,1	77,2
VIII	18,8	17,4	171,5	65,2
IX	13,9	13,2	29,8	49,3
X	10,0	8,6	74,9	40,6
Średnia roczna temperatura	13,7	13,1	-	-
Roczna suma opadów	-	-	580,8	593,7

4. Wyniki badań i dyskusja

4.1. Fosfor

Fosfor jest bardzo ważnym makroskładnikiem pokarmowym w żywieniu zwierząt. Optymalna zawartość P w paszy powinna wynosić 3,0 g·kg⁻¹ s.m. [27].

W prowadzonych badaniach średnia zawartość P w biomacie życicy trwałej odmiany Maja wynosiła od 2,72 do 3,67 g·kg⁻¹ w wariantach bez nawożenia azotem oraz od 2,90 do 4,00 g·kg⁻¹ w wariantach z aplikacją azotu pod każdy odrost (rys. 1).

Wpływ aplikacji biokondycjonerów i tradycyjnych nawozów mineralnych na kumulację fosforu w roślinach był istotny (tab. 2). Niezależnie od poziomu nawożenia azotem efekt ten był zauważalny w każdym

odroście. Najbardziej zauważalne reakcje na zastosowane nawożenie odnotowano w trzecim odroście.

W wariantach, na których nie stosowano azotu (0 N) najwyższą średnią zawartość tego składnika oznaczono w runi nawożonej tradycyjnymi nawozami mineralnymi P+K+Ca (3,61 g·kg⁻¹ P). Najefektywniejszym spośród badanych biokondycjonerów pod względem zwiększenia zawartości P w biomacie roślin życicy okazał się Physio-Mescal G18. Średnia zawartość fosforu z trzech odrostów życicy nawożonej tym nawozem wyniosła 3,51 g·kg⁻¹ s.m. i była niższa tylko o 2,8% (0,10 g·kg⁻¹ s.m.) od oznaczonej zawartości w roślinach z kombinacji, na których stosowano tradycyjne nawozy mineralne P+K+Ca. Podobną reakcję w tych kombinacjach można było zaobserwować także w wariacie z nawożeniem azotem. Najwyższe zawartości fosforu oznaczono w runi nawożonej

tradycyjnymi nawozami mineralnymi P+K+Ca (4,04 g·kg⁻¹ s.m) oraz biokondycjonerem Physio-Mescal G18 (3,96 g·kg⁻¹ s.m). Różnica w zawartości fosforu między średnią zawartością P w tych kombinacjach wyniosła zaledwie 0,08 g·kg⁻¹ s.m. (2,0%). Z kolei różnica między kombinacją P+K+Ca a kontrolą z nawożeniem N wyniosła 0,72 g·kg⁻¹ s.m., co stanowiło aż 21% mniej tego składnika w roślinach z wariantu kontrolnego.

Analizując średnie zawartości fosforu w biomacie życicy trwałej zauważono interesującą reakcję na stosowanie preparatu mikrobiologicznego EM-1. W kombinacji z aplikacją samego preparatu EM-1 nie

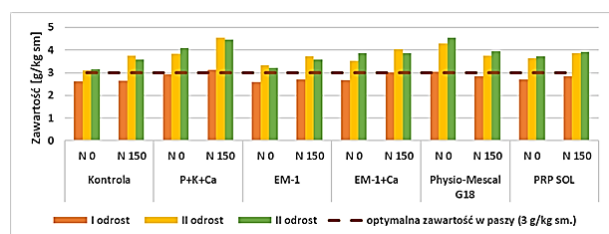
stwierdzono większych różnic w porównaniu do zawartości P w biomacie roślin pochodzących z kontroli (różnica 0,05 g·kg⁻¹ s.m.), co stanowiło wzrost jedynie o 1,6%. Natomiast łączne stosowanie preparatu mikrobiologicznego EM-1 z wapniem (kombinacja EM-1+Ca) spowodowało wzrost zawartości P w runi o 0,31 g·kg⁻¹ (9,7%). Zbliżony wynik średniej zawartości P w runi (3,45 g·kg⁻¹) jak w kombinacji z aplikacją EM-1+Ca oznaczono w przypadku stosowania biokondycjonera produkowanego na bazie wapnia jakim był PRP SOL. Uzyskane wyniki wskazują na to, że wapń zawarty w tym biokondycjonerze wykazał istotny wpływ na akumulację fosforu w runi.

Tab. 2. Wpływ kombinacji nawożenia na zawartość fosforu w runi życicy trwałej (g·kg⁻¹ s.m.) (opracowanie własne)

Czynniki	Poziomy czynnika	I odrost	II odrost	III odrost	Średnio
Aplikacja biostymulatorów	Kontrola	2,63a	3,43a	3,37a	3,14a
	P+K+Ca	3,02d	4,19d	4,27c	3,83a
	EM-1	2,63a	3,52a	3,41a	3,19a
	EM-1+Ca	2,85bc	3,79b	3,86b	3,50a
	Physio-Mescal G18	2,94cd	4,02c	4,26c	3,74a
Nawożenie azotem	0 kg·ha ⁻¹	2,72a	3,54a	3,67a	3,31a
	150 kg·ha ⁻¹	2,90b	4,03b	4,00b	3,64a
Średnio		2,81A	3,78B	3,83B	

Średnie oznaczone różnymi małymi literami w tej samej kolumnie różnią się istotnie (p ≤ 0,05).

Średnie oznaczone różnymi dużymi literami w tym samym wierszu różnią się istotnie (p ≤ 0,05).



Rys. 1. Zawartość fosforu w runi życicy trwałej w kolejnych odrostach (g·kg⁻¹ s.m.)

Azot stosowany w dawkach po 50 kg·ha⁻¹ pod odrost istotnie zwiększał akumulację P w roślinach we wszystkich odrostach życicy (tab. 2). Różnica w zawartościach P między wariantami bez nawożenia N a wariantami z aplikacją N pod każdy odrost wyniosła średnio 0,34 g·kg⁻¹ s.m. czyli blisko o 10%.

Wpływ zastosowania tradycyjnego nawożenia mineralnego i biokondycjonerów na zawartość P w roślinach życicy trwałej był różny w poszczególnych odrostach. Niezależnie od formy zastosowanego nawożenia średnia zawartość P była najmniejsza w biomacie z pierwszego pokosu (2,81 g·kg⁻¹ s.m.), natomiast istotnie większe ilości tego składnika gromadziły rośliny życicy w drugim (3,78 g·kg⁻¹) i trzecim pokosie (3,83 g·kg⁻¹).

Wzrost zawartości P w biomacie traw w kolejnych odrostach stwierdzili także Wyss i Kessler [28] oraz Pirhofer-Walzl i wsp. [3].

4.2. Potas

Potas jest gromadzony przez trawy w największych ilościach spośród wszystkich składników pokarmowych [29]. Optymalna zawartość potasu w trawach to 20-25 g na 1 kg s.m. paszy. Pobieranie potasu przez rośliny może być ograniczone przez takie czynniki jak: temperatura powietrza, susza, zagęszczenie gleby, niska zawartość P i N w glebie oraz zbyt wysokie lub zbyt niskie pH gleby [30].

W prowadzonych badaniach średnia zawartość K w biomacie życicy trwałej odmiany Maja wynosiła od 15,87 do 22,27 g·kg⁻¹ s.m. w wariantach bez nawożenia azotem oraz od 19,13 do 24,90 g·kg⁻¹ s.m. w wariantach z aplikacją azotu pod każdy odrost (rys. 2). Istotnie najmniejszą zawartość potasu stwierdzono w roślinach z pierwszego odrostu (średnio 18,73 g·kg⁻¹ s.m.), natomiast najwyższą jego zawartość oznaczano w biomacie roślin w trzecim odroście (21,35 g·kg⁻¹ s.m. – tab. 3).

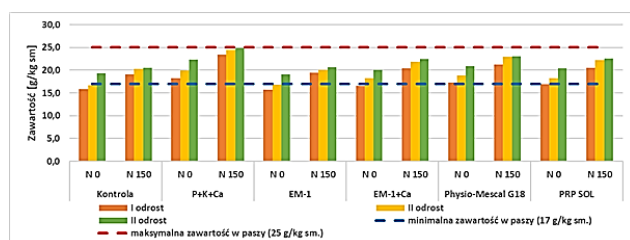
Tab. 3. Wpływ kombinacji nawożenia na zawartość potasu w runi życicy trwałej (g·kg⁻¹ s.m.) (opracowanie własne)

Czynniki	Poziomy czynnika	I odrost	II odrost	III odrost	Średnio z odrostów
Aplikacja biostymulatorów	Kontrola	17,5a	18,5a	19,9a	18,6a
	P+K+Ca	20,9d	22,2c	23,6c	22,2b
	EM-1	17,6ab	18,5a	19,9a	18,6a
	EM-1+Ca	18,5bc	20,1b	21,3b	19,9ab
	Physio-Mescal G18	19,3c	20,9b	22,0b	20,7ab
	PRP SOL	18,7c	20,2b	21,5b	20,2ab
Nawożenie azotem	0 kg·ha ⁻¹	16,8a	18,1a	20,4a	18,4a
	150 kg·ha ⁻¹	20,7b	22,0b	22,4b	21,7b
Średnio		18,73A	20,04B	21,35C	

Średnie oznaczone różnymi małymi literami w tej samej kolumnie różnią się istotnie ($p \leq 0,05$).

Średnie oznaczone różnymi dużymi literami w tym samym wierszu różnią się istotnie ($p \leq 0,05$).

Stosowanie biokondycjonerów i nawożenia tradycyjnymi nawozami mineralnymi miało istotny wpływ na zawartość K w biomacie roślin w każdym z odrostów, zarówno w wariacie bez nawożenia jak i z nawożeniem azotem (Rys. 2). W wariacie bez stosowania azotu najwięcej tego składnika akumulowały rośliny nawożone nawozami mineralnymi P+K+Ca oraz nawozem Physio-Mescal G18. W porównaniu do kontroli różnice w zawartości K w runi między tymi kombinacjami nawożenia wyniosły odpowiednio: 16,6% i 9,8%. Podobna zależność zauważalna była w wariacie z nawożeniem azotem, gdzie różnica między tymi samymi kombinacjami nawożenia a kontrolą wyniosła odpowiednio: 21,5% dla tradycyjnego nawożenia mineralnego oraz 12,2% dla Physio-Mescal G18. Również w przypadku potasu zauważalny był dodatni wpływ akumulacji tego składnika w roślinach pod wpływem stosowania nawozów wapniowych. W obu wariantach doświadczenia stosowania azotu i bez jego aplikacji w kombinacji EM-1 + Ca rośliny zawierały więcej tego składnika, średnio od 6,4 do 7,6 %, niż z aplikacją tylko samego preparatu mikrobiologicznego EM-1. Zbliżone poziomy akumulacji K w roślinach w porównaniu do Physio-Mescal G18 odnotowano w przypadku drugiego badanego biokondycjonera wapniowego jakim był PRP SOL. Tutaj również stwierdzono wzrost zawartości potasu w roślinach życicy trwałej w stosunku do kontroli, odpowiednio o 7,2% dla wariantu bez azotu i 8,9% w wariacie z aplikacją azotu.



Rys. 2. Zawartość potasu w runi życicy trwałej w kolejnych odrostach (g·kg⁻¹ s.m.)

Nawożenie azotem, podobnie jak w przypadku fosforu, pozytywnie wpłynęło na akumulację K w roślinach. W biomacie życicy trwałej nawożonej N, średnia zawartość K wzrosła o 3,3 g·kg⁻¹ s.m. (17,6%). Neto i wsp. [31] stwierdzili również pozytywny wpływ nawożenia N na zawartość K w blaszkach liściowych traw. Z kolei Gaj i wsp. [29] odnotowali istotny wzrost koncentracji K w trawach tylko w przypadku zastosowania nawozu N w dawce 60 kg·ha⁻¹, natomiast dalsze zwiększanie dawki N nie miało wpływu na zawartość K w biomacie traw. Według Staniak i Księżaka [32], na akumulację K w roślinach wpływa forma nawozu azotowego, gdzie azot azotanowy, w przeciwieństwie do amonowego, zwiększał zawartość K w roślinach.

5. Podsumowanie

Zastosowanie tradycyjnych nawozów mineralnych w kombinacji P+K+Ca okazało się najbardziej efektywne pod względem gromadzenia w roślinach fosforu i potasu. Również stosowanie biokondycjonerów PRP SOL i Physio-Mescal G18 przyniosło pozytywny efekt w postaci wyższej akumulacji w roślinach P i K w porównaniu do kontroli. Dodatkowa aplikacja nawozu wapniowego w kombinacji stosowania preparatu mikrobiologicznego EM-1 + Ca przyniosła także zadawalające efekty w postaci lepszego zaopatrzenia roślin w te składniki mineralne.

Przeprowadzone doświadczenie wykazało więc, że biokondycjonery Physio-Mescal G18 i PRP SOL mogą stanowić pewną alternatywę dla tradycyjnego nawożenia mineralnego P+K+Ca. Ponadto biokondycjonery zawierające w swoim składzie wapń oraz dodatki biologicznie aktywnie mogą pomóc w utrzymaniu i modyfikacji potencjału biologicznego gleby oraz jej żyzności.

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono także pozytywny wpływ nawożenia azotem na wyższą kumulację w runi P i K.

Bibliografia

- [1] Taweel H. Z., Tas T. B. M., Smit H. J., Elgersma A., Dijkstra J., Tamminga S.: Improving the quality of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) for dairy cows by selecting for fast clearing and/or degradable neutral detergent fiber. *Livest. Prod. Sci.* 2005, 96: 239–248.
- [2] Schlegel P., Wyss U., Arrigo Y., Hess H. D.: Mineral concentrations of fresh herbage from mixed grassland as influenced by botanical composition, harvest time and growth stage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2016, 219: 226–233.
- [3] Pirhofer-Walzl, K., Søegaard K., Høgh-Jensen H., Eriksen J., Sanderson M. A., Rasmussen J., Rasmussen J.: Forage herbs improve mineral composition of grassland herbage. *Grass Forage Sci.* 2011, 66: 415–423.
- [4] Delagarde R., Peyraud J. L., Delaby L., Faverdin P.: Vertical distribution of biomass, chemical composition and pepsin-cellulase digestibility in a perennial ryegrass sward: Interaction with month of year, regrowth age and time of day. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2000, 84: 49–68.
- [5] Olszewska M.: Effects of Cultivar, Nitrogen Rate and Harvest Time on the Content of Carbohydrates and Protein in the Biomass of Perennial Ryegrass. *Agronomy* 2021, 11: 468.
- [6] Shahabivand S., Padash A., Aghaee A., Nasiri Y., Rezaei P. F.: Plant biostimulants (*Funneliformis mosseae* and humic substances) rather than chemical fertilizer improved biochemical responses in peppermint. *Iran. J. Plant Physiol.* 2018, 8: 2333–2344.
- [7] Zielewicz W., Swędryńska D., Swędryński A.: Wpływ zróżnicowanych dawek polepszacza glebowego Soleflor i nawozów mineralnych na skład botaniczny i plonowanie runi motylkowato-trawiastej. *Łąkarstwo w Polsce*, 2015, 18: 267–279.
- [8] Grzebisz W., Goliński P., Potarzycki J.: Nawożenie użytków zielonych. Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 2014.
- [9] Filipek T., Skowrońska M.: Aktualne dominujące przyczyny oraz skutki zakwaszania gleb użytkowanych rolniczo w Polsce. *Acta Agrophysica*, 2013, 20(2): 283–294.
- [10] Fotyma M.: Nawożenie fosforem i potasem. Nawozy-Gleba-Roślina. Synteza badań przeprowadzonych w ramach programu CPBR 3.18. Puławy, IUNG, 1991, 50–52.
- [11] Sharma H. S. S., Fleming C., Selby C., Rao J. R., Martin T.: Plant biostimulants: A review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *J. Appl. Phycol.* 2014, 26: 465–490.
- [12] Yakhin O. I., Lubyayov A. A., Yakhin I. A., Brown P. H.: Biostimulants in plant science: A global perspective. *Front. Plant Sci.* 2017, 7: 2049.
- [13] Alam M. Z., Braun G., Norrie J., Hodges D. M.: Ascophyllum extract application can promote plant growth and root yield in carrot associated with increased root-zone soil microbial activity. *Can. J. Plant Sci.* 2014, 94: 337–348.
- [14] Murawska B., Gabrowska M., Spychaj-Fabisiak E., Wszelaczyńska E., Chmielewski J.: Production and environmental aspects of the application of biostimulators Asahi SL, Kelpak SL and stymulator Tytanit with limited doses of nitrogen. *Environ. Protec. Nat. Resour.* 2017, 28: 10–15.
- [15] Sosnowski J., Malinowska E., Jankowski K., Redzik P.: Morpho-chemical diversity in *Festuca pratensis* and *Lolium perenne* depending on concentrations of *Ecklonia maxima* extract. *Appl. Ecol. Env. Res.* 2016, 14: 369–379.
- [16] Sulewska H., Szymańska G., Pecio A.: Ocena efektów stosowania użyźniacza glebowego UGmax w uprawie kukurydzy na ziarno i kiszonkę. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2009, 54(4): 120–125.
- [17] Trawczyński C., Bogdanowicz P.: Wykorzystanie użyźniacza glebowego w aspekcie ekologicznej uprawy ziemniaka. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2007, 52(4): 9–97.
- [18] Sosnowski J., Jankowski K.: Wpływ użyźniacza glebowego na skład florystyczny i plonowanie mieszanek kostrzycy Brauna z koniczyną łąkową i lucerną mieszańcową. *Łąkarstwo w Polsce*, 2010, 13: 157–166.
- [19] Martyniuk S., Książek J.: Ocena pseudomikrobiologicznych biopreparatów stosowanych w uprawie roślin. *Polish Journal of Agronomy*, 2011, 6: 27–33.
- [20] Sosnowski J. Reaction of *Dactylis glomerata* L., *Festuca pratensis* Huds. and *Lolium perenne* L. to microbiological fertilizer and mineral fertilization. *Acta Sci. Pol., Agric.*, 2012., 1(1): 8–91.
- [21] Krzywy E.: Ocena wpływu substancji czynnej PRP na kształtowanie żyzności i urodzajności gleb. W: Dla rolnictwa czystego i produktywnego. PRP Polska, Warszawa, 2008, 31–32.
- [22] Timac Agro Polska: <https://pl.timacagro.com/> [Dostęp: 25.06.2022].
- [23] Higa T.: Rewolucja w ochronie naszej planety. Fundacja-Rozwój SGGW, Warszawa, 2003, 151–152.
- [24] Xu H. L., Wang R., Mridha M.: Effects of organic fertilizers and a microbial inoculants on leaf photosynthesis and fruit yield and quality of tomato plants. *J. Crop Prod.*, 2000, 3: 173–182.
- [25] Marcinek J., Komisarek J., Bednarek R., Mocek A., Skiba S., Wiatrowska K.: Polish soil classification. *Soil Science Annual*. 2011, 62, 3: 1–193.
- [26] Domański P. J.: Odmiany uprawne traw pastewnych i motylkowatych drobnonasiennych. W: Trawy i Rośliny Motylkowate. Biznes-Press sp. z o.o. Specjalny dodatek Agro Serwis, 2005, 27–45.
- [27] Falkowski M., Kukułka I., Kozłowski S.: Chemical Properties of Meadow Plants; Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu: Poznań, 2000, 132.

- [28] Wyss U., Kessler J.: The intensity of grassland management influences the mineral contents of the grass. *Agrar-forschung*, 2002, 9: 292–297.
- [29] Gaj R., Maciejewski T., Rębarz K.: Effect of irrigation and nitrogen fertilization on potassium content in the three grasses cultivated in field cultivation. *Zesz. Nauk. Uniw. Przyr. Wrocław*, 2014, 599: 7–16.
- [30] Grzebisz W., Bandurska H.: Potassium uptake by plants from soil - Mechanisms and conditions. *J. Elem.* 2004, 9: 27–36.
- [31] Neto G. B., Reis R. A., Ruggieri A. C.: Impacts of limestone and nitrogen top dressing application on the potassium content in the soil profile and marandu-grass leaf concentration. *Rev. Bras. Zootec.* 2009, 38: 1170–1175.
- [32] Staniak M., Księżak J.: Chemical composition of *Festulolium braunii*-*Trifolium pratense* mixtures in relations to nitrogen fertilisation and the share of components. *Water-Environ.-Rural Areas*, 2008, 8: 163–173.