

ADAM WONDRAUSCH

## PRACE NAD FOSFOREM I NAWOZAMI FOSFOROWYMI W POLSCE

Ogłoszenie w roku 1849 teorii mineralnego odżywiania się roślin i wskazania przez Liebiga na konieczność zwrotu glebie fosforu pobranego z pól wraz z plonami wywołało żywe zainteresowanie zarówno wśród rolników praktyków jak i naukowców. Toteż pod koniec XIX, a zwłaszcza na początku XX wieku ilość prac nad fosforem szybko wzrastała.

Warunki panujące wówczas u nas nie sprzyjały rozwojowi prac badawczych, a brak, poza zaborem austriackim, własnych wyższych uczelni powodował, że polskich prac publikowano niewiele. Należy jednak podkreślić, że te, które się ukazały, stały na wysokim poziomie i poruszały zagadnienia jeszcze obecnie aktualne, jak choćby prace szkoły Godlewskiego nad odżywianiem się fosforem i jego przeróbką przez rośliny, czy też badania Mikułowskiego-Pomorskiego dotyczące wpływu granulacji superfosfatu i tomasyny na ich działanie.

W okresie międzywojennym głównie dzięki działalności nowych ośrodków akademickich i Państwowego Instytutu Naukowego Gospodarstwa Wiejskiego tematyka prac została poszerzona, a liczba badań zwiększona.

Po drugiej wojnie światowej nastąpiły pewne zmiany w profilu prowadzonych badań. Zwrócono większą uwagę na zagadnienia praktyczne związane z intensyfikacją rolnictwa. Wzrost liczby wyższych uczelni i instytutów naukowych spowodował również znaczne zwiększenie wydawanych publikacji. Ogólna liczba publikacji traktujących o fosforze, wydanych do 1968 r. obejmuje ok. 320 pozycji. Można je podzielić na 4 grupy, a mianowicie na prace dotyczące:

- zawartości, form i sorpcji fosforu w glebie,
- pobierania fosforu i jego przemian w roślinie,
- efektywności działania nawozów fosforowych,
- metodyki oznaczania fosforu w glebach i roślinach.

Systematyczne badania zawartości fosforu w glebie zaczęto prowa-

dzić dopiero w okresie międzywojennym. Pojawia się wówczas wiele publikacji na ten temat.

Terlikowski [120] wykazał, że istnieje wyraźna współzależność między odczynem gleby a zawartością w niej fosforu rozpuszczalnego w 1-procentowym kwasie cytrynowym. Terlikowski i Michniewski [123], studiując rozmieszczenie połączeń fosforowych gleby w zależności od ukształtowania terenu, zauważyli pewne regularności między rzeźbą terenu a ilością i rozmieszczeniem fosforanów.

Michniewski [84] badał rozmieszczenie fosforu obok innych składników w różnych frakcjach profilów gleb wytworzonych z glin morenowych.

Formy fosforu w glebie, ich wzajemny stosunek i przemiany jakim podlegają, wiążą się ze zjawiskiem sorpcji. Zwrócono na to uwagę już dawno. W roku 1870 Godlewski i Dobrski [21] ogłosili pracę pt. *Opis doświadczeń własnych nad właściwościami sorpcyjnymi ziemi ornej*. Była to pierwsza publikacja polska traktująca o sorpcji kwasu fosforowego. Wspomniani badacze stwierdzili, że usunięcie składników zasadowych przez przemycie gleby kwasem solnym zmniejszyło znacznie sorpcję fosforu.

Dalsze prace z tego zakresu pojawiły się u nas dopiero w połowie XX wieku. W roku 1932 Wojtysiakowa [129] opublikowała obszernie studium o sorpcji kwasu fosforowego w kilku typach gleb różniących się właściwościami fizycznymi i chemicznymi. Autorka prześledziła wpływ różnych czynników, jak stężenie, czas, temperatura, zawartość zasad i substancji organicznej, na wielkość i przebieg sorpcji. Sorpcją superfosfatu w różnych warunkach glebowych zajmowali się również Maksimow i Ozimowska [79].

Badania zdolności chłonnych torfów w stosunku do  $PO_4$  i próbę wyjaśnienia mechanizmu sorpcji przez torfy podjęli Musierowicz i Nowicki [93]. Wykazali oni, że obok sorpcji chemicznej może przebiegać w torfach również sorpcja wymienna jonu  $PO_4$ . Stwierdzili też, że substancje humusowe torfu działają jako czynnik przeciwsorpcyjny w stosunku do  $PO_4$ . Sorpcją fosforu w glebie zajmowało się wielu badaczy polskich. Prace ich nie zostały tu wymienione, gdyż zagadnienie to nie stanowiło głównego tematu ich badań.

Uwstecznianie wniesionego do gleby superfosfatu badał Łukasze-wicz [74]. Ustalił on, że w warunkach laboratoryjnych już po jednym dniu połowa fosforanu jednowapniowego przeszła w połączenia nierozpuszczalne w wodzie.

Formy, w jakie przechodził łatwo przyswajalny dla roślin fosfor w glebach spod wieloletnich statycznych doświadczeń nawozowych, badali Łakomic [73], Moskali Petrovič [90] oraz Delcze-

wa - Walewa i Moskał [18]. Łakomiec oznaczył w nich zawartość ogólnego i przyswajalnego fosforu, a Moskał i współpracownicy określali formy, w jakie przechodził w tych warunkach fosfor superfosfatu i oznaczali wzajemny stosunek ilościowy tych form; stwierdzili, że nastąpiło zwiększenie ogólnej ilości fosforu, a w tym głównie fosforanu glinu i żelaza.

Przemieszczanie się fosforu rozpuszczalnego w wodzie w glebach o różnych właściwościach fizycznych i chemicznych badali Myszk a i Misztal [97].

Zmiany, jakim ulega fosfor w glebach organicznych były przedmiotem badań Okruszki [102]. Autor ten wykazał, że w miarę murszenia torfu procentowa zawartość fosforu wzrasta, ale powstałe połączenia są dla roślin coraz trudniej dostępne.

Boratyński [8] oznaczając organiczny fosfor w glebach Kujaw wskazał na znaczny udział tej formy w ogólnej zawartości fosforu gleb mineralnych. Temat ten podjął Brogowski [13], określając zawartość fosforu organicznego w glebach piaszkowych Polski. Formy i zawartość fosforu w glebach górskich oznaczała Wondrausch [132]. Sprawą udziału drobnoustrojów glebowych w przemianach fosforu i jego udostępnianiu roślinom zajmowali się Szember [113], Sobieszczanski [109], Myśkow [98], Gołębiowska [22] i inni.

Prace traktujące o pobieraniu i przemianach fosforu w roślinach ukazały się u nas dopiero w pierwszych latach XX wieku. Zapoczątkowała je Balicka-Iwanowska [1] w 1906 r. Stwierdziła, że przy braku fosforu nagromadzają się w roślinach mineralne formy tego składnika, a zahamowaniu ulega normalny proces przeróbki pobranych przez rośliny fosforanów na organiczną formę fosforu. W 3 lata później ukazała się praca Staniszkisa [111] *Znaczenie fosforu w życiu roślin, jego pobieranie i przerabianie*, oraz publikacja Jentysa *O stosunku ilościowym N:P w ziarnie jako wskaźniku braków pokarmowych ziemi*.

Sprawą oddziaływania zwiększających się dawek fosforu na zawartość różnych jego form w ziarnie zajmowali się Vorbrodt [112], Lewoniewska [56, 57], Korczewski i Majewski [42] oraz Majewski [75], zmianami wywołanymi nadmiernym żywieniem fosforem — Lityński [58, 59, 60], a wpływem wilgotności środowiska glebowego na pobieranie i zawartość fosforu w roślinie — Kuryłowicz [46].

Rośliny pobierają fosfor z soli kwasu ortofosforowego. Glixelli i Boratyński [20] w badaniach swych wykazali, że mogą one korzystać także z meta- i pirofosforanów.

Gorlach [23] badając wpływ głębokości umieszczania superfosfatu

w glebie na plon i zawartość fosforu w roślinie stwierdził, że efekt nawożenia zależał od gatunku roślin; tłumaczył to różnicą w szybkości rozwoju systemu korzeniowego rośliny i reagowaniu jej na niedobór fosforu.

W latach powojennych tematem szeregu prac było zagadnienie gospodarki fosforowej roślin i poznanie okresów krytycznych żywienia ich fosforem.

Badania z tego zakresu prowadzili z motylkowymi Nowotny - Mieczyska [101], Birecka i Włodkowski [5], z roślinami zbożowymi Lehmann [52-55], z lnem Skupińska [107, 108], a z łubinem pastewnym Lasota [49-51].

Dalszym rozwinięciem tych prac były prowadzone przez Szukalskiego [114-116] oraz Birecką i współpracowników [3, 6] badania nad wpływem zasobności nasion wzbogaconych w fosfor na wzrost i rozwój roślin. Autorzy stwierdzili, że niedobór fosforu w pierwszych fazach rozwoju rośliny obniża znacznie wzrost i plon roślin. Każdy gatunek roślin zachowuje się nieco inaczej, natomiast u odmian tego samego gatunku nie zaznaczają się różnice w reakcji na brak fosforu.

Efektywnością działania różnych form nawozów fosforowych zajmowano się od dawna, porównując skuteczność ich działania w doświadczeniach polowych. Nie były to jednak badania systematyczne. Te ostatnie podjęto dopiero pod koniec XIX w. Były to doświadczenia z mączką kostną, tomasyną i superfosfatem. Najdłużej prowadzone, bo aż do ostatnich prawie lat były doświadczenia z mączką fosforytową.

Badania przydatności mączek fosforytowych dla celów nawozowych zapoczątkował u nas w roku 1897 Mikułowski-Pomorski [87]. Porównując w doświadczeniach wegetacyjnych działanie fosforytów riazzańskich z superfosfatem i tomasyną stwierdził on dobre wykorzystanie fosforu z mączek. Zwyzki plonu wynosiły  $\frac{4}{5}$  nadwyżek uzyskanych przy pozostałych nawozach. Bliższe zajęcie się tą formą nawozów fosforowych nastąpiło kilkadziesiąt lat później po odkryciu w Rachowie własnych złóż niskoprocentowych fosforytów, które nie nadawały się do przeróbki na superfosfaty.

Opierając się na wstępnych wynikach doświadczeń wazonowych i polowych Vorbrodta zwrócił uwagę na możliwość ich wykorzystania do produkcji mączek. W 1927 r. powołano Komisję Fosforytową, z ramienia której przeprowadzono 7 doświadczeń łąkowych, 29 polowych, jedne dwu- i trzyletnich z żytem, koniczyną i owsem. Wyniki opracowane przez Vorbrodta [125] wykazały, że mączka fosforytowa o tak wysokim prze-miale (80% przechodziło przez sito o  $\phi$  oczek 0,088 mm) zastosowana w dawce 50 kg  $P_2O_5$  na hektar osiąga średnio  $\frac{2}{3}$  działania równej jej ilości tomasyny. Korzystne działanie mączek rachowskich zaznaczyło się nie tylko na glebach kwaśnych, lecz również na lekko kwaśnych, a na-

wet obojętnych. W okresie tym wykonano szereg prac w celu poznania warunków, jakie należy stworzyć dla bardziej efektywnego działania mączek fosforytowych.

Menciński [83] wykazał, że zwiększenie stopnia przemiału mączek powoduje uruchomienie zawartego w nich fosforu. Vovk [126] otrzymał korzystne rezultaty stosując fizjologicznie kwaśne nawożenie azotowe. Musierowicz wykazał [92, 94], że efektywność mączek fosforytowych wzrasta po kompostowaniu ich z torfem. Wiądrowski [128], Ostrowska i Menciński [104] w doświadczeniach wazonowych, a Terlikowski i współpracownicy [121] oraz Musierowicz i współpracownicy [96] również w doświadczeniach polowych wykazali, że wprowadzenie obok mączki fosforytowej, użytej jako główny nawóz fosforowy, niewielkiego dodatku łatwo rozpuszczalnych fosforanów (zabezpieczających roślinę w początkowych stadiach rozwoju) podniosło skuteczność działania mączek.

Ograniczenie po wojnie importu fosforytów i konieczność wykorzystania własnych surowców spowodowało, że sprawa mączek fosforytowych stała się aktualna. Komisja Fosforytowa Ministerstwa Przemysłu Chemicznego podjęła na szeroką skalę zakrojoną akcję, przeprowadzając w latach 1958–1962 cykl doświadczeń polowych z annofosem — mączką fosforytową o zwiększonym, w porównaniu z przedwojennym, stopniu przemiału (80% przechodziło przez sito o  $\phi$  0,06 mm).

W czteropolowym płodozmianie norfolkskim porównywano działanie annofosu z supertomasyną na różnych glebach o niskim pH i o niskiej zawartości fosforu przyswajalnego. Ogółem przeprowadzono 25 doświadczeń na łąkach torfowych i mineralnych, 128 doświadczeń polowych z ziemniakami, pszenicą jarą i jęczmieniem, koniczyną i strączkowymi oraz żytem i pszenicą ozimą. Dały one rezultaty pozytywne. Annofos okazał się nawozem, którego produktywność w stosunku do supertomasyny wynosiła w warunkach doświadczeń — przy stosowaniu niskich dawek azotu i potasu — średnio 60 do 70%.

Liczne badania laboratoryjne i vegetacyjne, przeważnie wazonowe, z wielu roślinami prowadzone były przez Lityńskiego i Goralskiego [63–65], Boratyńskiego i Turynę [12], Lityńskiego i Mazura [72], Mazura [80–82], Niklewskiego i Wenglikową [99]. Działanie annofosu porównywano z działaniem supertomasyny i mączek fosforytowych afrykańskich. W celu lepszego udostępnienia roślinom fosforu mączek fosforowych Śmierzchalska [117, 113] stosowała szczepienie bakteriami fosforowymi, Panak [105] fermentację annofosu z obornikiem, Jurkowska [40] zaś kompostowanie z węglem brunatnym.

Znaczną ilość prac poświęcono sprawie zbadania efektywności termo-

fosfatów. Już w okresie międzywojennym Górski i Strebeyko [30] oraz Górski i Terlikowski [33] ogłosili wyniki badań wegetacyjnych z termofosfatem sodowym — supertomasyną. W doświadczeniach polowych, w których porównywano jej działanie z superfosfatem, okazała się ona równorzędnym, a często nawet lepiej działającym nawozem fosforowym. Lityński i Gorlach stwierdzili, że granulacja supertomasyny, a więc zmniejszenie powierzchni styku, zmniejszało skuteczność działania nawozu [66, 67].

W roku 1953 polski przemysł chemiczny przekazał rolnikom próbną partię termofosfatów magnezowych, przy produkcji których zastosowano w miejsce sodu serpentyn lub dolomit. Ustaleniem wartości nawozowej termofosfatów magnezowych zajęły się liczne placówki naukowe, w tym również zakłady naukowe WSR.

Wszechstronne badania laboratoryjne, wegetacyjne wazonowe i polowe prowadzone w latach 1955–1966 przez Lityńskiego i współpracowników [69–71], Kuryłowicza i współpracowników [47, 48], Górskiego i współpracowników [24, 34, 36], Boratyńskiego i współpracowników [9–11], Kotera i współpracowników [44], Majewskiego i współpracowników [76, 77], Birecką i Tuchołkę [4] i Krzysztofowicz [45] wykazały dobre działanie termofosfatów magnezowych.

W latach powojennych, w związku z ograniczeniem produkcji nawozów fosforowych, podjęto badania nad zwiększeniem efektywności superfosfatu. Lepsze wykorzystanie fosforu starano się uzyskać przez zmniejszenie powierzchni zetknięcia nawozu z glebą i zbliżenie go do rośliny, a więc przez granulację i rzędowy wysiew wraz z ziarnem. Na korzystne działanie superfosfatu granulowanego za pomocą agaru wskazywał już w 1913 r. Mikułowski-Pomorski [86]. Doświadczenia wegetacyjne, przeważnie wazonowe, Byczkowskiego i Ostromęckiej [16, 17], Boguszeńskiego i współpracowników [7], Górskiego i współpracowników [25, 26, 28, 32, 35, 37], Bireckiej i współpracowników [2], Kotera i Bardzickiej [43] wykazały, że superfosfat granulowany działa lepiej niż superfosfat zwyczajny.

Tę wstępną orientacyjną ocenę potwierdziły wyniki 115 doświadczeń polowych ze zbożami jarymi i ozimymi. Wspomniane doświadczenia założone przez doświadczalnictwo terenowe IUNG wykazały, że na glebach reagujących na nawożenie fosforowe mała dawka superfosfatu (8 kg  $P_2O_5$ ) granulowanego, wysiana rzędowo z ziarnem daje prawie takie same zwyczki jak 30 kg superfosfatu zwyczajnego wysianego rzutowo. Przy rzutowym wysiewie obu form superfosfatu nieco lepsze wyniki uzyskiwano przy superfosfacie granulowanym.

W celu zmniejszenia kwasowości superfosfatu granulowanego stoso-

wano pudrowanie węglanem wapnia bądź neutralizację amoniakiem (Górski i Stupnicka [31]). Z nawozami jeszcze u nas w praktyce rolniczej nie stosowanymi, z fosforanem amonu, przeprowadzili doświadczenia wegetacyjne Górski i Krotowiczówna [27], a z metafosforem wapnia — Majewski i Janiszewska [78] oraz Lityński i Jurkowska [68]. Stwierdzono korzystne ich działanie zarówno na glebach kwaśnych jak obojętnych.

Wartość nawozową dwufosfatu sprawdzono w okresie międzywojennym za pomocą licznych doświadczeń polowych. Okazał się on nawozem bardzo dobrym, nie ustępującym superfosfatowi.

W badaniach naukowych dużą rolę odgrywa dobór metodyki, toteż ze wzrostem prac nad fosforem zwiększyła się również liczba prac metodycznych. Dotyczyły one głównie zawartości i form fosforu w glebach i roślinach oraz potrzeb nawożenia tym składnikiem.

Ilościowo największą grupę stanowią prace dotyczące oznaczania łatwo dostępnego dla roślin fosforu. Obejmują one zarówno orientacyjne polowe metody (Terlikowski i Królikowski [122]), szybkie testowe metody laboratoryjne (A. Wondrausch [130], J. Wondrausch [131], Miczyński i Gniłka [85]), jak i ilościowe Kac-Kacasa i Bartuziego [41] (przystosowanie metody Egnera-Riehma do gleb węglanowych) oraz Okruszki [103] (zastosowanie 0,5 n HCl do oznaczania przyswajalnego  $P_2O_5$  w glebach torfowych).

Obszerne studium, którego celem była ocena izotopowych metod oznaczania przyswajalnego fosforu w glebie, przeprowadził Moskał [88]. Porównując je ze znanymi metodami chemicznymi, jak metodą Trouga, Braya-Kurtza, Egnera, Egnera-Riehma i anionitową oraz z wynikami doświadczeń wazonowych doszedł do wniosku, że metody izotopowe dają jednakowe możliwości oceny przyswajalnego fosforu w glebie, jak metody Egnera, Egnera-Riehma i anionitowa.

Oznaczeniu za pomocą izotopu  $P^{32}$  sorpcji fosforanów w wyciągach glebowych poświęcone są dwie prace tego autora [89, 91]. Porównawcze badania metod chemicznych i metody Neubauera prowadzili Górski i Dąbrowska [29].

Oznaczanie fosforu przyswajalnego za pomocą ekstrakcji biologicznej (pomidory) zaproponowali Terlikowski i Filutowicz [119]. Mikrobiologiczną metodę oznaczania potrzeb nawożenia gleb fosforem za pomocą azotobaktera opracowała Ziemięcka [133]. Górski i Nowosielski [38] zastosowali w tym celu grzyb *Cunninghamella elegans*, a Nowosielski [100] i Walczyna [127] — *Aspergillus niger*.

Specyficznym działaniem kwasu szczawiowego na fosforany glebowe zajmował się Gigiel [19]. Kwas ten rozpuszcza mineralne formy fosfo-

ru w glebie, nie naruszając organicznych połączeń tego składnika. Wyniki prac Gigla były później wykorzystane przez Musierowicza i Brogowskiego [95] do opracowania metody oznaczania fosforu mineralnego i organicznego w glebach. Metodyka oznaczania mineralnego i organicznego fosforu w glebie oraz uruchamianie fosforu glebowego za pomocą elektrodializy były tematem dalszych prac Brogowskiego [13-15].

Oznaczaniem fosforu w materiale roślinnym oraz jego form zajmował się Lityński [61, 62]. Metodyce oznaczania fosforu nukleinowego poświęcił on obszerne studium.

Tematem prac Sozańskiego i Broniarza [110] oraz Reynera, Ruziewicza i Skrodzkiego [106] było również oznaczanie fosforu w roślinie.

Jak z tego krótkiego i niepełnego przeglądu widać, badania nad nawożeniem fosforowym w Polsce nie ustępują na ogół analogicznym pracom prowadzonym w krajach bardziej rozwiniętych. Głównym niedociągnięciem dotychczasowych naszych badań jest brak oceny ekonomicznej zalecanych zabiegów nawozowych.

Minęło już 150 lat od czasu ogłoszenia teorii mineralnego odżywiania się roślin. Zdawałoby się, że główne problemy związane z fosforem i nawożeniem fosforowym powinny być już w pełni opracowane. Duże postępy mamy w poznaniu roli fosforu w metabolizmie roślin, w poznaniu form fosforu glebowego, nadal jednak nie potrafimy skutecznie przeciwdziałać tak ważnemu z punktu widzenia rolnictwa procesowi uwsteczniania fosforu wprowadzonego do gleby.

W rozwiązywaniu tych zagadnień nie powinno braknąć i nauki polskiej.

#### LITERATURA

- [1] Balicka-Iwanowska G.: Rozpr. Wyd. Mat. Prizr. A.U., t. 6, 1906, s. 3.
- [2] Birecka H., Lisiewicz A., Lehmann K., Szekalski A.: Roczn. Nauk rol., 73-A-3, 1956, 327-2.
- [3] Birecka H., Tuchołka Z.: Roczn. Nauk rol., 73-A-1, 1956, s. 1.
- [4] Birecka H., Tuchołka Z., Kuźmińska K., Wojtecka R.: Roczn. Nauk rol., 72-A-2, 1956, s. 255.
- [5] Birecka H., Włodkowski M.: Roczn. Nauk rol., 81-A-3, 1960, s. 511.
- [6] Birecka H., Włodkowski M., Skupińska J.: Roczn. Nauk rol., 85-A-1, 1962, s. 29.
- [7] Boguszewski W., Wszyńska-Śmierchalska K.: Pam. puł., z. 2, 1961, s. 195.
- [8] Boratyński K.: Roczn. Nauk rol., t. 48, 1939, s. 77.
- [9] Boratyński K., Roszykowska S., Turyna Z.: Roczn. Nauk rol., 70-A-3, 1955, s. 583.
- [10] Boratyński K., Turyna Z.: Roczn. glebozn., dod. do t. 13, 1963, s. 289.

- [11] Boratyński K., Turyna Z.: Zesz. nauk. WSR Wroc., nr 12, Rol. III, 1958, s. 45.
- [12] Boratyński K., Turyna Z.: Zesz. nauk. WSR Wroc., nr 33, Rol. 12, 1960, s. 3.
- [13] Brogowski Z.: Roczn. glebozn., t. 16, 1966, z. 1, s. 209.
- [14] Brogowski Z.: Roczn. glebozn., t. 16, 1966, z. 1, s. 193.
- [15] Brogowski Z.: Zesz. probl. Post. Nauk rol., z. 40, 1963, s. 193.
- [16] Byczkowski A., Ostromięcka M.: Roczn. Nauk rol., 69-A-2, 1954, s. 151.
- [17] Byczkowski A., Ostromięcka M.: Roczn. Nauk rol., 66-A-4, 1953, 5.
- [18] Delczewa-Walewa D., Moskal S.: Roczn. glebozn., t. 18, 1968, z. 2, s. 523.
- [19] Gigiel J. A.: Roczn. Nauk rol., t. 11, 1924, s. 481.
- [20] Gixelli S., Boratyński K.: Roczn. Nauk rol., t. 30, 1933, z. 3, s. 333.
- [21] Godlewski E., Dobrski J.: Opis doświadczeń własnych nad właściwościami sorpcyjnymi ziemi ornej. 1870.
- [22] Godlewska J., Jakubisiak B.: Roczn. glebozn., dod. do t. 14, 1964, s. 129.
- [23] Gorlach E.: Zesz. nauk. WSR Krak., nr 5, Rol. 4, 1958, s. 29.
- [24] Górski M., Barszczak T.: Roczn. Nauk rol., 72-A-1, 1955, s. 227.
- [25] Górski M., Birecka H.: Biul. CIR, nr 4, 1952.
- [26] Górski M., Birecka H.: Roczn. Nauk rol., 69-A-2, 1954, s. 137.
- [27] Górski M., Krotowiczówna J.: Nawozy sztuczne, 1923.
- [28] Górski M., Krzysztofowicz J.: Roczn. Nauk rol., 77-A-2, 1957, s. 173-215.
- [29] Górski M., Dąbrowska I.: Roczn. glebozn., t. 10, 1961, s. 397.
- [30] Górski M., Strebeyko P.: Nawozy sztuczne, nr 12, 1933, s. 28.
- [31] Górski M., Stupnicka H.: Roczn. Nauk rol., t. 72, 1955, 157.
- [32] Górski M., Birecka H., Stupnicka H.: Roczn. Nauk rol., t. 69, 1954, s. 138.
- [33] Górski M., Terlikowski F.: Uprawa Roli i Nawożenie, t. 6, 1934, 11-139.
- [34] Górski M., Wyszyńska K.: Roczn. Nauk rol., 80-A-2, 1959, 193.
- [35] Górski M., Wyszyńska K.: Roczn. Nauk rol., 72-A-2, 1956, s. 179.
- [36] Górski M., Wyszyńska K.: Prace Działu Żywnienia Roślin i Nawożenia IUNG, 1956, s. 85.
- [37] Górski M., Wyszyńska K.: Roczn. Nauk rol., 73-A-4, 1956, s. 435.
- [38] Górski M., Nowosielski O.: Roczn. glebozn., t. 4, 1955, s. 117.
- [39] Jentys S.: Roczn. Nauk rol., t. 4, 1909, z. 2.
- [40] Jurkowska H.: Zesz. nauk. WSR Krak., nr 2, 1957, s. 119.
- [41] Kac-Kacas M., Bartuzi J.: Roczn. Nauk rol., 92-A-2, 1964, s. 313.
- [42] Korczewski M., Majewski F.: Roczn. Nauk rol., t. 22, 1929, s. 213.
- [43] Koter M., Bardzicka B.: Zesz. nauk. WSR Olszt., nr 1, 1956, 107-118.
- [44] Koter M., Panak K.: Zesz. nauk. WSR Olszt., nr 3, 1958, 3-23.
- [45] Krzysztofowicz J.: Roczn. glebozn., t. 12, 1962, 229-235.
- [46] Kuryłowicz B.: Roczn. Nauk rol., t. 48, 1939, s. 1.
- [47] Kuryłowicz B., Gąsiorowski S.: Post. Nauk rol., R. 4 (9), 1957, nr 1, 45.
- [48] Kuryłowicz B., Koper S.: Roczn. Nauk rol., 76-A-1, 1957, s. 30.
- [49] Lasota T.: Roczn. Nauk rol., 88-A-4, 1964, s. 855.
- [50] Lasota T.: Roczn. Nauk rol., 88-A-3, 1964, s. 523.
- [51] Lasota T.: Roczn. Nauk rol., 85-A-1, 1962, s. 47.

- [52] Lehmann K.: Roczn. Nauk rol., 84-A-2, 1961, 215.
- [53] Lehmann K.: Roczn. Nauk rol., 84-A-3, 1961, s. 409.
- [54] Lehmann K.: Roczn. Nauk rol., 84-A-4, 1961, s. 733.
- [55] Lehmann K.: Roczn. Nauk rol., 85-A-1, 1962, s. 133.
- [56] Lewandowska S.: Roczn. Nauk rol., t. 6, z. 1, 1912, 99.
- [57] Lewandowska S.: Pam. puł., t. 10, 1929, s. 191.
- [58] Lityński T.: Uprawa Roślin i Nawożenie, t. 7, 1935, s. 335.
- [59] Lityński T.: Acta Soc. Bot., t. 13, 1936, 313.
- [60] Lityński T.: Prz. Dośw. rol., t. 2, 1939, nr 8, s. 370.
- [61] Lityński T.: Prace rol.-leś. PAN, nr 21, 1936, s. 1.
- [62] Lityński T.: Roczn. Chem., t. 15, 1935, s. 37.
- [63] Lityński T., Gorlach E.: Przem. chem., t. 40, 1963, nr 2, s. 92.
- [64] Lityński T., Gorlach E.: Zesz. nauk. WSR Krak., nr 10, Rol. 7, 1960, 99.
- [65] Lityński T., Gorlach E.: Zesz. nauk. WSR Krak., nr 10, Rol. 7, 1960, s. 77.
- [66] Lityński T., Gorlach E., Kotas M.: Spraw. PAN, nr 8, 1951, 711.
- [67] Lityński T., Gorlach E.: Roczn. Nauk rol., 67-A-3, 1953, s. 71.
- [68] Lityński T., Jurkowska H.: Zesz. nauk. WSR Krak., Rol. 2, 1957, s. 65.
- [69] Lityński T., Jurkowska H.: Zesz. nauk. WSR Krak., Rol. 1, 1956, s. 119.
- [70] Lityński T., Jurkowska H., Gorlach E.: Zesz. nauk. WSR Krak., Rol. 1, 1956, s. 103.
- [71] Lityński T., Jurkowska H.: Zesz. nauk. WSR Krak., Rol. 1, 1956, s. 111.
- [72] Lityński T., Mazur K.: Post. Nauk rol., R. 10 (15), nr 1 (79), 1963, s. 27.
- [73] Łakomiec J.: Roczn. glebozn., t. 13, 1963, s. 2, s. 565.
- [74] Łukaszewicz W.: Roczn. Nauk rol., t. 32, 1934, 79.
- [75] Majewski F.: Acta Soc. Bot. Pol., t. 7, 1930/31, s. 467.
- [76] Majewski M., Majewska W.: Roczn. Nauk rol., 81-A-3, 1960, s. 483.
- [77] Majewski F., Majewska W., Janiszewska Z.: Roczn. Nauk rol., 82-A-1, 1960.
- [78] Majewski F., Janiszewska Z.: Roczn. Nauk rol., 84-A-2, 1961, s. 237.
- [79] Maksimow A., Ozimowska I.: Roczn. Nauk rol., t. 44, 1938.
- [80] Mazur K.: Roczn. glebozn., dod. do t. 19, 1968, s. 214.
- [81] Mazur K.: Acta Agr. et Silv. Ser. Agr., t. 6, nr 1, 1966, s. 25.
- [82] Mazur K.: Acta Agr. et Silv. Ser. Agr., t. 5, 1965, s. 67.
- [83] Menciński J.: Roczn. Nauk rol., dod. t. 44, 1938, nr 19.
- [84] Michniewski: Roczn. Nauk rol., t. 15, 1926, s. 236.
- [85] Mieczyski J., Gniłka W.: Roczn. Nauk rol., 68-A-4, 1954, s. 647.
- [86] Mikułowski-Pomorski F.: Zeit. f. Land. Versuchswesen Oesterreich, t. 17, 1913, s. 1043.
- [87] Mikułowski-Pomorski: Spraw., Lwów 1897.
- [88] Moskal S.: Dział Wydawnictw SGGW, 1964, s. 81.
- [89] Moskal S., Barszczak T.: Roczn. glebozn., t. 17, 1966, z. 1, s. 45.
- [90] Moskal S., Petrovič M.: Roczn. glebozn., dod. do t. 14, 1964, s. 81.
- [91] Moskal S., Sroczyński W.: Roczn. glebozn., t. 13, 1963, z. 2, s. 343.
- [92] Musierowicz A.: Roczn. Nauk rol., t. 20, 1928, s. 371.
- [93] Musierowicz A., Nowicki R.: Kosmos, t. 61, Ser. A, 1936, s. 39.

- [94] Musierowicz A.: Roczn. Nauk rol., t. 21, 1929, z. 2, s. 248.
- [95] Musierowicz A., Brogowski Z.: Roczn. glebozn., dod. do t. 7, 1958, s. 181.
- [96] Musierowicz A., Koter M., Wondrausch A.: Roczn. Nauk rol., t. 53, 1949, z. 1, s. 51.
- [97] Myszk A., Misztal M.: Ann. UMCS Ser. E, t. 19, 1965, s. 189.
- [98] Myśków W.: Roczn. Nauk rol., Ser. D, t. 88, 1960.
- [99] Niklewski M., Wenglikowska E.: Zesz. nauk. WSR Szczec., nr 13, 1964, s. 21.
- [100] Nowosielski O.: Roczn. Nauk rol., 88-A-1, 1964, s. 157.
- [101] Nowotny-Miczyńska A., Zienkiewicz J.: Roczn. Nauk rol., t. 71, 1955, s. 199.
- [102] Okruszko H.: Roczn. glebozn., dod. do t. 14, 1964, s. 183.
- [103] Okruszko H.: Wiad. IMUZ, t. 4, 1964, z. 2, s. 9.
- [104] Ostrowska M., Menciński J.: Roczn. Nauk rol., t. 26, 1931, s. 297.
- [105] Panak H.: Zesz. nauk. WSR Olszt., t. 12, 1962, z. 2, s. 305.
- [106] Reysner S., Ruziewicz S., Skrodzki M.: Roczn. Nauk rol., 70-A-1, 1954.
- [107] Skupińska J.: Roczn. Nauk rol., 85-A-3, 1962, s. 461.
- [108] Skupińska J.: Roczn. Nauk rol., 85-A-4, 1962, z. 4, s. 573.
- [109] Sobieszański J.: Zesz. nauk. WSR Wrocl., Rol. 14, 1961, s. 109.
- [110] Sozański S., Broniarz J.: Roczn. Nauk rol., t. 61, 1952, s. 234.
- [111] Staniszkis W.: Roczn. Nauk rol., t. 4, 1909, z. 2.
- [112] Strebeyko P.: Acta Soc. Bot. Pol., t. 11, z. 2, 1934, s. 213.
- [113] Szemper A.: Ann. UMCS Ser. E, t. 15, 1962, s. 133.
- [114] Szukalski H.: Roczn. Nauk rol., 84-A-4, 1961, s. 89.
- [115] Szukalski H.: Roczn. Nauk rol., 84-A-3, 1961, s. 463.
- [116] Szukalski H.: Roczn. Nauk rol., 85-A-1, 1962, s. 107.
- [117] Śmierchalski K.: Roczn. Nauk rol., 85-A-2, 1962.
- [118] Śmierchalski K.: Post. Nauk rol., nr 5, 1965, s. 27.
- [119] Terlikowski F., Filutowicz A.: Roczn. Nauk rol., t. 50, 1948, s. 12.
- [120] Terlikowski F.: Roczn. Nauk rol., t. 22, 1929, s. 427.
- [121] Terlikowski F., Koter M.: Roczn. Nauk rol., t. 53, 1949, z. 1, s. 76.
- [122] Terlikowski F., Królikowski L.: Roczn. Nauk rol., t. 21, 1929, z. 2, s. 285.
- [123] Terlikowski F., Michniewski S.: Roczn. Nauk rol., t. 18-1927, s. 193.
- [124] Vorbrodt W.: Roczn. Nauk rol., t. 6, 1912, z. 1, s. 1.
- [125] Vorbrodt W., Wyd. Kom. Fosf. Zw. Rol. Zakł. Dośw., Kraków 1931.
- [126] Vovk B.: Roczn. Nauk rol., t. 22, 1929, s. 89.
- [127] Walczyna J.: Roczn. glebozn., t. 16, 1966, z. 1, s. 275.
- [128] Wiadowski A.: Roczn. Nauk rol., t. 29, 1933, s. 407.
- [129] Wojtysiakowa M.: Roczn. Nauk rol., t. 27, 1932, s. 65.
- [130] Wondrausch A.: Ann. UMCS Sec. E, t. 7, 1952, s. 161.
- [131] Wondrausch J.: Ann. UMCS Sec. E, t. 6, 1951, s. 429.
- [132] Wondrausch J.: Ann. UMCS Sec. E, t. 15, 1962, s. 1.
- [133] Ziemięcka J.: Roczn. Nauk rol., t. 21, 1929, z. 2, s. 267.

