

ROLNICTWO ZA GRANICĄ

URSZULA WOJCIESKA

*Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach***SKŁADNIKI POKARMOWE, ICH WYKORZYSTANIE
I ROLA FIZJOLOGICZNA W ŚWIETLE DONIESIEN
WYGŁOSZONYCH NA KONFERENCJI ISNA
W NEW DELHI**

Konferencja odbyła się w dniach 1—4 lutego 1977 pod patronatem Indyjskiego Komitetu Stosowania Technik Izotopowych w Rolnictwie i Biologii. Konferencja poświęcona była możliwościom podniesienia produktywności roślin i zwierząt oraz jakości produktów rolnych przy zastosowaniu techniki izotopowej i technik pokrewnych. Obrady odbywały się w audytoriach Laboratorium Izotopowego Indyjskiego Instytutu Rolniczego w New Delhi. Obrady miały częściowo charakter plenarny, szczególnie w przypadku referatów i wykładów. Zagadnienia specjalistyczne były omawiane w sekcjach, na które wpłynęło ponad 200 komunikatów. Większość z nich została wygłoszona, jednakże ze względu na brak czasu część komunikatów została przedstawiona w postaci obszernych streszczeń.

Wydzielono następujące sekcje:

1. Gospodarowanie zasobami zwierzęcymi
2. Fizjologia produktywności roślin zbożowych, motylkowych i oleistych
3. Zapasy wody, a produktywność roślin
4. Efektywność zużycia nawozów w różnych systemach gospodarowania
5. Walka ze szkodnikami i chorobami roślin.

Krótkie omówienie najważniejszych prac prezentowanych na konferencji przedstawiłam w oddzielnym artykule (Postępy Nauk Rolniczych Nr 1/78). Tutaj zostaną przedstawione ciekawsze prace związane z zaopatrzeniem roślin w składniki pokarmowe, ich wykorzystaniem i efektywnością.

W ostatnich latach stosowanie nawozów mineralnych, przy jednoczesnym włączeniu do uprawy odmian wysokoplennych przyczyniło się do szybkiego wzrostu produktywności roślin. Zużycie nawozów w skali

światowej wzrastało szybko, ponieważ nawożenie mineralne stało się najłatwiejszym i najczęściej stosowanym sposobem w zwiększaniu produkcji. Spośród trzech podstawowych składników pokarmowych (NPK) azot najskuteczniej wpływał na zwiększenie plonu roślin. Dostępne dane wskazują jednak, że efektywność jego zużycia w wypadku ogromnej większości roślin nie przekracza 50%. W przeszłości zajmowano się w głównie tą częścią składników pokarmowych, która została pobrana i efektywnie zużyta przez roślinę. Obecnie zwraca się coraz częściej uwagę na pulę składników nawozowych pozostających w glebie. Naczelnym zadaniem jest zwiększenie pobrania stosowanych nawozów przez rośliny, co pozwoliłoby na podniesienie ich produktywności, a z drugiej strony ograniczyło by stopień skażenia środowiska, w szczególności zbiorników wodnych, przez niewykorzystaną pulę nawozów mineralnych. Na obecnym etapie konieczne staje się więc ustalenie ilości składników pokarmowych jaka jest niezbędna i jaka może być pobrana, zarówno przez rośliny pod które nawożenie jest stosowane, jak i poprzez rośliny przychodzące w latach następnych. Brak dostatecznej wiedzy na temat możliwości zwiększania wydajności i zużycia składników pokarmowych może być szybko uzupełniony przez stosowanie w doświadczeniach polowych, a nawet i w doświadczeniach wazonowych, nawozów znakowanych. Badania z nawozami azotowymi i fosforowymi, znakowanymi ^{15}N i ^{32}P , prowadzone przez Subbiah, dostarczyły cennych informacji odnośnie ich losu i zachowania w systemie gleba—roślina. Z doświadczeń przeprowadzonych przez Kamath i współpracowników wynikało, że występują znaczne różnice międzyodmianowe w wykorzystywaniu fosforu. Krzyżówka kukurydzy Deccan mogła pobierać głównie fosfor podany w nawozach, podczas gdy Ganga-Safed-2 i Ganga 5 bardziej efektywnie zużywały fosfor glebowy. Obserwowane różnice w zdolności odżywiania się fosforem zostały przypisane właściwościom systemu korzeniowego tych odmian. W innym doświadczeniu odmiany Kisan i Ganga 5 bardziej nadawały się do uprawy na zasolonych glebach, systematycznie nawadnianych, niż pozostałe uwzględnione w doświadczeniu. Różne zachowanie się tych odmian mogło być rezultatem różnic w pojemności jonowymiennej korzeni i ich porowatości. Według Gupty pobieranie fosforu podanego w nawozach malało wraz ze stopniem zasolenia gleby. Zmiany w ilości pobranego P znalazły odzwierciedlenie w plonie suchej masy roślin.

Muttakar i współpracownicy porównywali działanie fosforanów o różnej zawartości P jedno- i dwuamonowych ortofosforanów i czteroamonowych pirofosforanów stosowanych pod pszenicę i kukurydzę rosnące na glebach różniących się pod względem zawartości wapnia. Nie stwierdzili oni znacznych różnic w plonie suchej masy, zawartości

fosforu i jego koncentracji w roślinie oraz w procentowym wykorzystaniu nawozu fosforowego w wypadku pszenicy jak i kukurydzy w zależności od typu nawozu. Ilość podanego fosforu miała natomiast istotny wpływ na poziom określanych parametrów. Dla obu roślin pirofosforany okazały się lepszym źródłem fosforu niż ortofosforany.

Z danych omówionych przez Arunachalam i Rangaswami wynikało, że zarówno wydzieliny korzeniowe jak i organizmy rizosfery mają zdolność rozkładu nierozpuszczalnych form fosforu. W rezultacie rośliny rosnące w warunkach niesterylnych pobierały więcej P niż rośliny rosnące w warunkach sterylnych.

Subbarao i współpracownicy przedstawili badania nad pobieraniem nawozów fosforowych przez wysokoplonujące odmiany ryżu na tle zróżnicowanego nawożenia azotem. Stwierdzono znaczną zmienność w plonie odmian ryżu wziętych do doświadczeń i w procesie P pobranego z nawozów w zależności od poziomu nawożenia azotem i fosforem. Wzrastające dawki azotu wywierały korzystny wpływ na pobieranie fosforu. Badania wykazały znaczne różnice w zdolności poszczególnych odmian do pobierania fosforu w warunkach umiarkowanego i bardzo dobrego zaopatrzenia w azot. Wyniki te mogą przyczynić się do zwiększenia efektywności zużycia nawozów i zwiększenia produktywności odmian ryżu.

Badania nad wykorzystaniem nawozów (makro- i mikroślądników) prowadzili również Neptune i Murcha. Na glebie zasobnej w azot dawki do 120 kg N/ha i termin jego stosowania nie miały wpływu na plon fasoli. Wystąpiły jednak różnice we współczynniku wykorzystania azotu w zależności od dawki i terminu stosowania. Na glebie mniej zasobnej w ten pierwiastek plon fasoli i współczynnik wykorzystania azotu wzrastał wraz ze wzrostem dawki do 60 kg N/ha, lecz nie miało to wpływu na wykorzystanie fosforu. Wykorzystanie fosforu zależało, wyraźnie od rozmieszczenia nawozów fosforowych w glebie. Współczynnik wykorzystania cynku z nawozów na ogół nie przekraczał 4%.

Dev i Rennie przedstawili ciekawe badania nad porównaniem efektywności azotu mineralnego w zależności od jego formy. Doświadczenie prowadzono w kamerach wzrostowych na glebie brunatnej i na głębokim czarnoziemiu. Stosowanie azotu powodowało znaczny wzrost w plonie suchej masy roślin i w ilości pobranego azotu. Najbardziej wydajny był azot w formie azotowej, a następnie azot amonowy i mocznik. Ostatnie miejsce pod względem wydajności zajmował azotan amonu. Dawki nawozów miały istotny wpływ na stopień odzyskania przez rośliny podanego N, które przy 75 ppm N wynosiło 47, 42 i 34% w glebie brunatnej i 65, 54 i 50% w wypadku czarnoziemiu wtedy, kiedy źródłem azotu był odpowiednio KNO_3 , $(NH_4)_2SO_4$ i $(NH_2)_2CO$.

Przy 150 ppm N, odpowiednie wartości wynosiły 62, 46 i 45% na glebie brunatnej i 75, 51 i 53% na czarnoziemie. Odzyskanie azotu z NH_4NO_3 wynosiło kolejno 17 i 43%.

Dużo spośród prezentowanych prac omawiało przemieszczanie i retencję mikroskładników w glebie. Ciekawe wyniki przedstawił Das. Badał on zachowanie żelaza, magnezu, kobaltu i cynku w zależności od typu gleby. Analizując poziom ich rozmieszczenie wykazał procentowy spadek zawartości żelaza, molibdenu i magnezu do głębokości 10 cm; w głębszych warstwach zawartość tych pierwiastków utrzymała się na stałym poziomie. Największa zawartość kobaltu i cynku występowała na głębokości 4 cm i szybko spadała w głąb profilu glebowego. W doświadczeniu uwzględniony został również wpływ czynników zewnętrznych na ruchliwość i retencję cynku w różnych typach gleb. Cynkowi poświęconych było bardzo dużo doniesień. Przyczyną skłaniającą do zajmowania się tym pierwiastkiem jest jego niedobór na ogromnej większości terenów uprawnych Indii. Sinha przedstawił wyniki nad dyfuzją cynku w glebie, a Singh, Franklin i Gupta zajmowali się sorpcją tego pierwiastka w glebach normalnych i silnie zasolonych. Duży wpływ na zachowanie się cynku w glebie miał stopień jej uwodnienia, o czym donosili Sen i Deb. Przedstawiono ponadto prace nad interakcją cynku i boru oraz cynku i miedzi w roślinie. Wykorzystaniem cynku z gleby i nawozów przez kukurydzę rosnącą na różnych glebach zajmowali się Iyengar i Deb.

Do ciekawszych prac dotyczących pobierania i funkcji fizjologicznych składników pokarmowych należały:

Chatterje i Agarwala przedstawili wynik nad współdziałaniem między żelazem i molibdenem w roślinie. Niedobór żelaza powodował zmniejszone pobieranie molibdenu i ograniczał transport Mo z korzeni do pędu. Zarówno deficyt molibdenu jak i deficyt żelaza zmniejszały aktywność dehydrogenazy bursztynianowej.

Deficyt cynku wywiera wpływ na biosyntezę związków makromolekularnych i aktywność enzymatyczną u kukurydzy o czym donosili Sharma, Kandala i Rathore.

Nadmierne zaopatrzenie roślin w metale ciężkie zakłócało absorpcję żelaza z pożywki. Według Sharma i współpracowników, nadmiar magnezu, cynku i kobaltu ograniczał absorpcję żelaza przez korzenie jęczmienia, podczas gdy nadmiar niklu podwyższał jego pobieranie, a ponadto zwiększał transport żelaza z korzeni do pędów. Nadmiar miedzi nie wywierał istotnego wpływu na pobieranie tego pierwiastka.

Badania nad pobieraniem i transportem oraz chemiczną charakterystyką ołowiu w roślinach przedstawił Athalye wraz ze współpracownikami. Największe ilości ołowiu nagromadzały się w korzeniach.

W części nadziemnej koncentracja ołowiu malała w kierunku wierzchołka. Chemiczna analiza materiału roślinnego wykazała, że ok. 60% ołowiu pobranego przez rośliny występowało we frakcjach składających się z form jonowych soli jak: szczawiany, fosforany i węglowodory.

Badiger i Deshpande wykazali, że intensywne przewietrzanie pożywki i wysokie stężenie fosforu ograniczały pobieranie cynku. Liście kukurydzy, niedoborowe pod względem Zn i zasobne w P, cechowała niska zawartość białka. Aktywność rybonukleazy i peroksydazy była większa w liściach ubogich w Zn, natomiast aktywność anhidrazy węglanowej wzrastała w miarę zwiększania się koncentracji Zn w liściach. Autorzy sugerowali możliwość wykorzystania aktywności rybonukleazy jako wskaźnika w wykrywaniu niedoboru Zn w roślinach.

Według Pandey i Kannan absorpcja i transport żelaza w roślinach zależy bardzo wyraźnie od koncentracji soli N, P, K w środowisku. Przy niskich poziomach siarczanu amonu i mocznika transport Fe do pędu był nieznacznie podwyższony; wysokie koncentracje siarczanu potasu redukowały transport tego pierwiastka do pędu.

Kandala i współpracownicy stwierdzili jakościowe i ilościowe różnice w poziomie wolnych aminokwasów i cukrów w normalnych roślinach kukurydzy i w roślinach rosnących w warunkach deficytu mikroelementów (Zn, Fe, Mn, Mo, Cu i B). Niedobór wymienionych pierwiastków, z wyjątkiem Fe, powodował wzrost puli wolnych aminokwasów. W warunkach niedoboru mikroelementów malała zawartość heksoz, a wzrastała zawartość pentoz. Zawartość sacharozy także wykazywała spadek w warunkach niedoboru mikroelementów, z wyjątkiem niedoboru Mn. Badania nad fotosyntetycznym wiązaniem $^{14}\text{CO}_2$ wykazały, że niedobór mikroelementów prowadził na ogół do mniejszej inkorporacji ^{14}C do heksoz przy jednoczesnym wzroście jego zawartości w pentozach. Przy niedoborze mikroelementów stwierdzono ponadto więcej ^{14}C w glicynie, alaninie i serynie, podczas gdy włączanie ^{14}C do innych aminokwasów malało.

Abrol i Nair przedstawili wyniki badań nad asymilacją azotu w różnych stadiach wzrostu i rozwoju pszenicy. Poszczególne odmiany różniły się reakcją na nawożenie azotowe, mierzoną wzrostem aktywności reduktazy azotanowej wraz ze wzrostem ilości azotu zawartego w glebie. Badania nad asymilacją NO_3^- przez różne części roślin wykazały, że główna ilość ogólnej puli NO_3^- była redukowana w blaszkach liści górnych; udział rozwijających się kłosów w tym względzie był bardzo mały. Przyczyną tego jest najprawdopodobniej istnienie fizjologiczno-anatomicznej bariery dla transportu NO_3^- do kłosów.

Srivastava wraz ze współpracownikami wykazali istnienie ścisłej zależności między aktywnością enzymów odpowiedzialnych za syntezę

RNA i białek, a ilością i jakością białek w rozwijających się liścieniach Bengal gram (strączkowa roślina pastewna).

Niebezpieczeństwo nagromadzenia się węglowodorów w organach zapasowych roślin, jako rezultat stosowania azotu mineralnego, kryzys energetyczny, wysoki koszt produkcji nawozów mineralnych oraz zanieczyszczenie środowiska, skłoniły do wznowienia, zaniedbanych w minionym okresie, badań nad biologicznym wiązaniem azotu. W świetle prac zreferowanych przez Gibsona badania w ciągu ostatnich trzech lat zostały posunięte daleko naprzód. Do najcenniejszych osiągnięć należą:

- a) Wykrycie możliwości przeprowadzania manipulacji genami odpowiedzialnymi za wiązanie azotu cząsteczkowego między różnymi rasami i gatunkami bakterii, nawet takimi, które nie posiadają zdolności do wiązania azotu cząsteczkowego.
- b) Poznanie zjawiska wnikania do korzeni wielu gatunków roślin z rodziny *Graminaceae* bakterii *Spirillum lipoferum* lub tworzenie przez nie w rizosferze tych roślin systemów zdolnych do wiązania azotu.
- c) Stwierdzenie, że pewne rasy *Rhizobium* mogą wiązać azot w kulturach izolowanych. Pozwala to przypuszczać, że rasy te posiadają wszystkie informacje genetyczne, niezbędne dla syntezy i funkcjonowania nitrogenazy, co pozwoli na prowadzenie ścisłych badań fizjologicznych nad mechanizmami regulującymi wiązanie azotu przez te bakterie.
- d) Poznanie zarówno samego procesu infekcji i formowania brodawek korzeniowych u roślin motylkowych jak również mechanizmu wiązania azotu przez niemotylkowe rośliny z gromady okrytonasiennych.
- e) Kontrola wiązania azotu przez rośliny niższe i poznanie tworzonych przez nie układów symbiotycznych.

Subbarao przedstawił badania nad wolnożyjącymi mikroorganizmami wiążącymi N_2 , występującymi na terenie Indii. Gatunki bakterii *Beijerinckia* dominowały w zasięgu korzeni orzeszków ziemnych i kakao. Kilka ras *Azotobacter chroococcum* występowało na plantacjach różnych gatunków roślin, zarówno jednorocznych jak i wieloletnich. Niektóre rasy azotobacteria okazały się jednocześnie stymulatorami wzrostu. Korzenie roślin zbożowych i traw zawierały bakterie *Spirillum* we współżyciu z innymi mikroorganizmami. Oczyszczanie kultur doprowadziło do wyizolowania kilku czystych ras *Spirillum*. Wiele z nich charakteryzowało się wiązaniem obfitej ilości azotu, rasy wyizolowane z sorga wiązały do 330 mg N/g jabłczanu wapnia. Występowały wyraźne różnice odmianowe i gatunkowe w zdolności współżycia rośliny gospodarza ze *Spirillum*. Wiele spośród ras *Spirillum* powodowało wydłużanie korzeni i pędów pszenic uprawianych w warunkach kontrolnych.

Duże zainteresowanie wzbudziły badania nad rozkładem znakowanego ^{14}C materiału roślinnego zaprezentowane przez Zauerbeck'a. Do-

świadczenia były prowadzone w warunkach polowych na mikropoletkach z różnymi typami gleb w klimacie umiarkowanym Niemiec i w warunkach tropikalnych Costa Rica. Pomijając duże straty, sięgające 65% podczas pierwszego roku, mineralizacja stabilnych pozostałości i przemiana produktów przebiega według funkcji logarytmicznej przy półokresie trwającym od 5 do 6 lat. Zakładając, że zarówno wprowadzenie, jak i rozkład resztek roślinnych w każdym roku przebiega z podobną intensywnością, możliwe jest wyliczenie ilości ostatecznie wytworzonego materiału humusowego; wielkość ta na ogół nie przekracza 1/4 ogółu materii organicznej. Doświadczenia, w których każdego roku dodawano materiał znakowany, potwierdziły te wyliczenia. Stąd też, gdyby większość istniejącego humusu glebowego podlegała podobnemu schematowi rozkładu jak materiał znakowany, stwierdzona obecnie zawartość węgla w glebach nie mogłaby być ani zwiększona ani utrzymana na istniejącym poziomie. Wyniki doświadczeń z ^{14}C , łącznie z prowadzonymi obecnie badaniami nad przemianą produktów, sugerują występowanie dwu całkowicie odrębnych puli materii organicznej. Mniejsza, labilna frakcja, zależy od rodzaju uprawianych roślin, a w skład jej wchodzi pozostałości roślinne, jak również większość zhumifikowanych produktów. Większa, stabilna faza, jest rezultatem działania czynników glebotwórczych i nie może w znacznym stopniu podlegać wpływom uprawianych roślin i nawożenia.

W kolejnym wystąpieniu, Sauerbeck przedstawił wyniki badań nad formowaniem i losami korzeni w glebie. W przeciwieństwie do części nadziemnej roślin, ogólna masa korzeni nie może być dokładnie określona. Znaczna jej część jest tracona w czasie ich mechanicznego wydzielania z gleby. Inna część zamiera już w trakcie rozwoju roślin, a produkty jej mikrobiologicznego rozkładu są zazwyczaj pomijane w analitycznej ocenie, podobnie jak wydzieliny korzeniowe.

Opublikowane dotychczas dane nad formowaniem korzeni, metabolizmem korzeniowym i przemianami związków w samych korzeniach są niepełne. W pracach tych nie spotyka się danych odnośnie całkowitej ilości materii organicznej, która dostaje się do gleby przez system korzeniowy roślin. Dotychczasowe dane nie odzwierciedlają też całkowitej ilości energii, którą roślina przekazuje do gleby, aby pokryć swoje zapotrzebowanie na wodę i składniki pokarmowe. Stąd też z zainteresowaniem zostały przyjęte wyniki badań dające bardziej dokładny obraz całkowitego „wkładu” materii organicznej do gleby przez korzenie roślin oraz ilości CO_2 wydzielonego z gleby w wyniku oddychania samej gleby, oddychania korzeni i rozkładu masy korzeniowej. Doświadczenia z zastosowaniem izotopów, w których obiektem badań była gorczyca i pszenica, wykazały, że całkowita ilość węgla w glebie,

uzyskana ze znakowanych korzeni w czasie sprzętu roślin, jest o 20—50% wyższa niż ilość uzyskana z tych korzeni po mechanicznym ich wydzieleniu z gleby. Badania wykazały ponadto, że ilość węgla zmineralizowanego w okresie wzrostu roślin trzykrotnie przewyższała ilość węgla stwierdzoną w czasie sprzętu roślin dojrzałych. Około 80% całkowitej ilości wytworzonego $^{14}\text{CO}_2$ pochodziło z mikrobiologicznego rozkładu korzeni i innych organicznych substancji wydzielonych przez korzenie a tylko 20% było produktem oddychania korzeni. Łączna ilość CO_2 pochodząca z rozkładu i oddychania korzeni znacznie przewyższała ilość CO_2 wydzielonego w procesie oddychania samej gleby. Dane te ilustrują jak intensywne są przemiany zachodzące w rizosferze i jak ogromna ilość materiału i energii jest zaangażowana w tym procesie. Stąd też, rola korzeni roślin i „przemiana” materii organicznej zawartej w glebie, nie może być oceniana tylko na podstawie ich ilości mierzonej w czasie zbioru. Odgrywają one dużą rolę jako źródło humusu jak i energii dla procesów mikrobiologicznych. Według autora całkowite zużycie asymilatów w glebie wskazuje, że 1/3 siły asymilacyjnej roślin jest niezbędna dla wytworzenia systemu korzeniowego i podtrzymania jego funkcji fizjologicznych.

Wyniki najciekawszych badań o dużym znaczeniu praktycznym:

1. Określono sposób ukorzeniania się, zdolność systemu korzeniowego do pobierania składników pokarmowych, wyczerpywanie składników pokarmowych oraz powierzchnię gleby objętej systemem korzeniowym dla szeregu odmian ryżu, pszenicy, bawełny i jęczmienia. Stwierdzono występowanie dużych różnic międzygatunkowych i międzyodmianowych w określonych parametrach. Wyniki tych badań ułatwią rozmieszczenie upraw w zależności od zasobności gleb, co pozwoli na równomierne wykorzystanie składników pokarmowych i zapewni prawidłowy wzrost i rozwój uprawianych roślin terenów suchych.

2. Stosując nawozy znakowane wykazano, że straty składników pokarmowych (dotyczy to głównie azotu) w wyniku wypłukiwania poza strefę systemu korzeniowego są bardzo duże. Stwierdzenie to skłania do wprowadzenia takich zmian w sposobie i terminie ich podawania, aby straty te ograniczyć do minimum.

3. Określono różnice odmianowe w pobieraniu mikroelementów takich jak Zn, Cu i Mn przez pszenicę. Wyniki tych doświadczeń wykorzystywane są przy doborze właściwych odmian na poszczególne gleby w zależności od ich zasobności w wymienione pierwiastki.

4. W oparciu o aktywność peroksydaz w korzeniach opracowano metodę szybkiej selekcji odmian ryżu odpornych na suszę. Natomiast różnice w izoenzymach peroksydaz, wykazały dodatnią korelację z odpornością roślin na porażenie pleśnią.