

WPŁYW STANU NATLENIEŃ GLEBY NA PLON I SKŁAD MINERALNY
JĘCZMIENIA JAREGO

W. Stępniewski, S. Łabuda*, G. Przywara

Zakład Agrofizyki PAN w Lublinie i *Akademia Rolnicza w Lublinie

Zagadnienie wpływu stanu natlenienia na wzrost i plon jęczmienia było przedmiotem badań od wielu lat. Wcześniejsze prace tego typu dotyczą wpływu zalania gleby na wzrost jęczmienia [1, 15] i zwracają uwagę na fakt, że niedotlenienie korzeni w okresie tworzenia się organów generatywnych rośliny jest szczególnie niekorzystne, gdyż prowadzi do sterylizacji pyłku i w konsekwencji do znacznego zmniejszenia plonu ziarna. Krótkotrwałe zalew w innych fazach rozwojowych rośliny nie musi powodować obniżenia plonu [1, 15, 18]. Stosunkowo wcześniej stwierdzono też zdolność jęczmienia do wytwarzania wewnętrznych przestrzeni międzykomórkowych, stanowiących drogę transportu gazów [2, 3, 16, 17].

W późniejszych pracach stwierdzono, że zalanie gleby hamuje pobieranie N, P, K przez jęczmień i powoduje zmniejszenie ich zawartości w roślinie [4, 5, 10]. Zmniejszenie tempa wzrostu roślin i pobierania N, P, K było wyraźniejsze we wcześniejszych fazach rozwoju roślin, ale równocześnie zmiany te były mniej trwałe niż w fazach późniejszych [10]. Podobny do zalania gleby wodą skutek wywołuje obniżenie stężenia tlenu w powietrzu glebowym zmniejsza-

jące zarówno masę roślin, jak i zawartość w nich fosforu i potasu [11].

Geisler [7] stwierdził, że przy niskich stężeniach tlenu dwutlenek węgla w stężeniach 0,01-0,02 m^3m^{-3} wywierał korzystny wpływ na wzrost korzeni i plon jęczmienia, natomiast 0,08 m^3m^{-3} CO_2 hamowało wzrost korzeni i powodowało obniżenie plonu całkowitego, widoczne szczególnie przy wyższych stężeniach tlenu ($> 0,07 \text{m}^3\text{m}^{-3}$). Jedyna praca ujmująca wpływ natlenienia wyrażonego za pomocą wskaźnika ODR [11] podaje, że wzrost korzeni jęczmienia ustaje przy $\text{ODR} < 25 \mu\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$, natomiast obniżenie plonu wystąpiło przy $\text{ODR} < 67 \mu\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

METODYKA BADAŃ

Doświadczenie założono 30 kwietnia 1980 r. na glebie lessowej w plastikowych wazonach o wysokości 20 cm, średnicy 20 cm i pojemności 6 dm^3 wypełnionych glebą w ilości odpowiadającej 6 kg gleby suchej. Gleba ta pobrana była z poziomu A_p profilu brunatnego lessowego. Charakteryzuje się ona zawartością 1,66% substancji organicznej, 38% frakcji spławialnej i $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 5,7$ oraz $\text{pH}_{\text{KCl}} = 5,0$. Glebę tę po pobraniu z pola przesiano przez sito 5 mm i do każdej odważki na pojedynczy wazon dodawano oddzielnie nawozy w postaci roztworu $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{KCl}$ w ilości 0,05 g N i 0,08 g K na 1 kg suchej gleby oraz sproszkowany $\text{CaHPO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ w ilości odpowiadającej 0,04 g P na 1 kg gleby. Gęstość gleby po napełnieniu wazonów wynosiła 1,2 Mg m^{-3} . Bezpośrednio po napełnieniu wazonów w każdym z nich zasiano po 33 ziarna jęczmienia, wprowadzając je na głębokość 1,5-2 cm i rozmieszczając równomiernie na powierzchni wazonu.

Od momentu siewu do zbioru wilgotność gleby utrzymywano w granicach 0,22-0,15 kg kg⁻¹, co odpowiadało ciśnieniu ssącemu 20-80 kPa.

W fazach krzewienia, strzelania w źdźbło i kwitnienia zastosowano dziesięciodniowe stesy tlenowe. Stesy te stosowano wprowadzając do wazonów mieszanki gazowe zawierające 0, 3, 5, 10 i 21% tlenu. Otrzymano je mieszając azot z powietrzem atmosferycznym poprzez system oporników z gipsu. Dodatkowy poziom stresu tlenowego stanowiły wazony z podtapianiem gleby zawierające w dnie otwór o średnicy 1 cm, które wstawiono do naczynia z wodą, tak aby poziom wody w wazonie był 10 cm poniżej powierzchni gleby. Dla każdego poziomu natlenienia stosowano cztery wazony jako powtórzenia. Przepływ mieszanek gazowych ustalono na poziomie 100 cm³ min⁻¹ w każdym wazonie. Nie stosowano żadnych dodatkowych zabezpieczeń przeciwko dyfuzji powietrza atmosferycznego w głąb gleby, poza samoczynnym zeszlamowaniem powierzchni gleby w wyniku jej podlewania. Warunki tlenowe w glebie w okresie stresu charakteryzowano za pomocą wydatku dyfuzji tlenu (ODR), który mierzono na głębokości 10 cm. Pomiarów przeprowadzono w każdym wazonie 3 razy w czasie trwania stresu stosując równocześnie 6 elektrod. Tak więc wartość ODR charakteryzująca dany poziom natlenienia była średnią z 72 pojedynczych pomiarów.

Pomiary ODR przeprowadzano metodą zmodyfikowaną przez Gawlika i współautorów [6] za pomocą aparatu z automatyczną kontrolą efektywnego potencjału [12], który utrzymywano na poziomie -0,65 V względem nasyconej elektrody kalomelowej. Wymiary elektrod platynowych wynosiły 0,5 x 4 mm, a czas polaryzacji - 4 min.

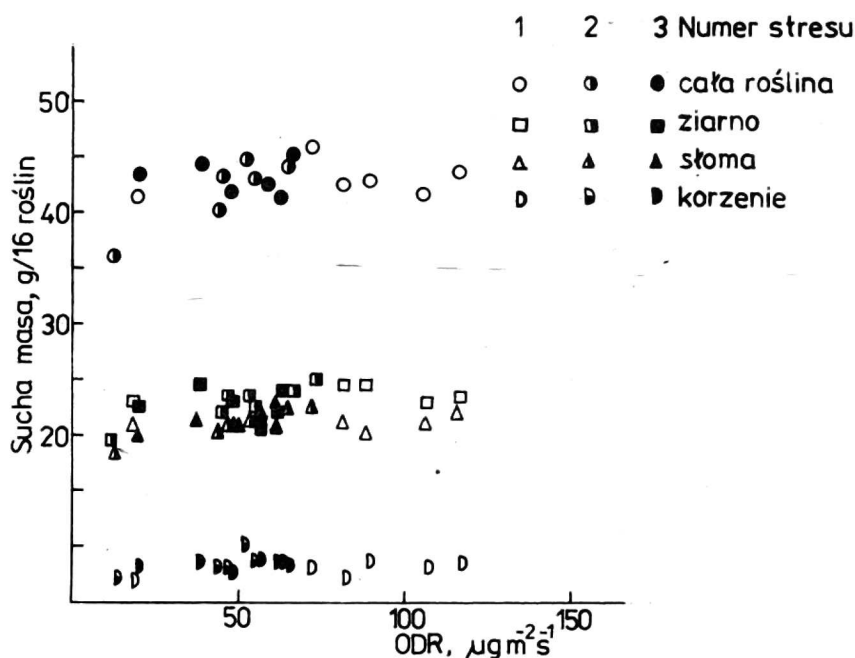
Po osiągnięciu dojrzałości pełnej rośliny ścięto, zaś korzenie wypłukano z gleby i oznaczono suchą masę ziarna, słomy i korzeni.

Następnie rośliny poddano analizie na zawartość N, P, K, Fe i Mn. Azot oznaczano na analizatorze Kjehl-Foss-Automatic 16 210. Po zmineralizowaniu na sucho wykonano oznaczenia fosforu metodą wanadomolibdenową [13], potasu metodą foto-płomieniową [13], oraz żelaza i manganu metodą adsorpcyjnej spektrometrii atomowej [14] stosując spektrometr AAS 1N.

OMÓWIENIE WYNIKÓW I WNIOSKI

Zależność plonu od wydatku dyfuzji tlenu przedstawiono na rysunku 1. Zarówno w przypadku całkowitej masy roślin, jak i poszczególnych jej składowych, tj. ziarna, słomy i korzeni istotne obniżenie obserwowano przy ODR poniżej $15 \mu\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Jedyne właściwie punkty leżące poniżej tej wartości pochodzą z obiektu podtopionego w fazie strzelania w źdźbło. Porównując tę wartość z uzyskaną przez Leteya i współautorów [11] wartością krytyczną dla wzrostu korzeni jęczmienia i wynoszącą $25 \mu\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$ oraz z wartością $67 \mu\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$ powodującą obniżenie masy części naziemnych jęczmienia, a także z uzyskaną przez Glińskiego i współautorów [8] wartością $25 \mu\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$ powodującą ograniczenie wschodów jęczmienia należy stwierdzić, iż uzyskana przez nas stosunkowo niska wartość graniczna ODR wynika z krótkotrwałości stosowanego stresu (10 dni), podczas gdy Letey i współautorzy [11] stosowali warunki stresowe przez okres 16-19 dni, zaś wymagania tlenowe jęczmienia w czasie wschodów wydają się być większe, niż w okresie późniejszym.

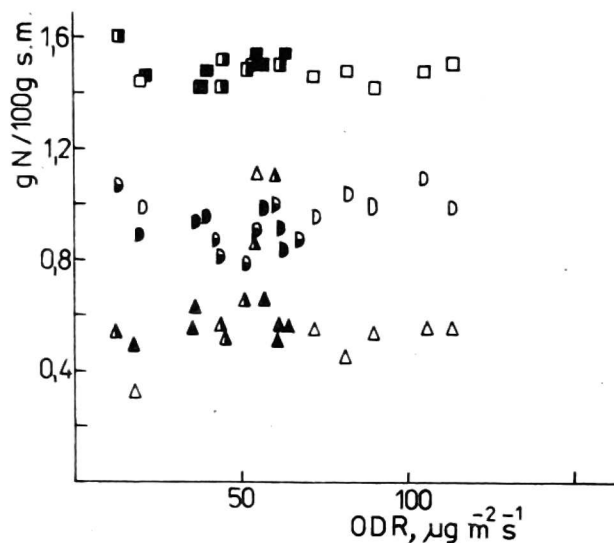
Zawartość N, P, K, Fe i Mn w korzeniach, słomie i ziarnie jęczmienia w zależności od ODR przedstawiają rysunki 2-6.



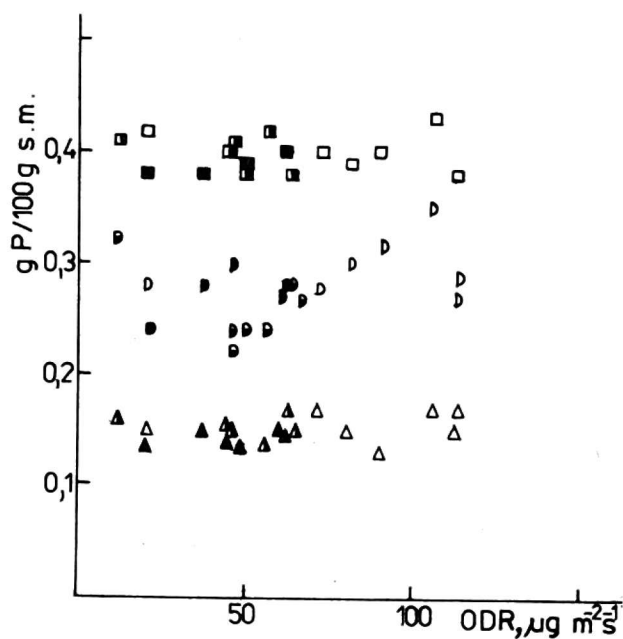
Rys. 1. Zależność suchej masy ziarna, słomy i korzeni jęczmienia oraz całkowitej masy roślin (16 roślin w wazonie) od ODR; najmniejsza istotna różnica wynosi 5,0 g dla ziarna, 5,2 g dla słomy i 1,8 g dla korzeni oraz 6,5 g dla całkowitej masy roślin

Nie widać tu zróżnicowania zawartości P, P i K w jęczmieniu w całym uzyskanym zakresie ODR od 10 do 110 $\mu\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Zawartość żelaza w ziarnie i słomie nie ulegała zmianom w całym przedziale ODR uzyskanym w warunkach doświadczenia. W przypadku korzeni stwierdzono znaczny, lecz bez jakiegoś wyraźnego trendu, rozrzut wyników. Zawartość Mn w ziarnie nie ulegała zmianom w uzyskanym przedziale ODR, natomiast w przypadku korzeni obserwowano duży rozrzut wyników. W słomie wystąpiła wyraźna tendencja do akumulacji Mn przy ODR poniżej 25 $\mu\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

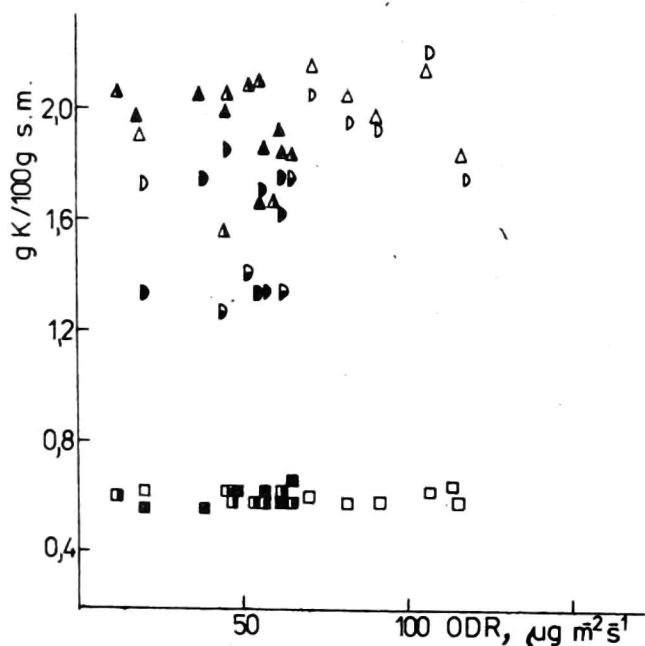
Pobranie poszczególnych składników w funkcji ODR przedstawiono na rysunkach 7-11. Nie wystąpiło tu wyraźne zróżnicowanie pobrania N tak całkowitego, jak i w poszczególnych częściach rośliny. Pobranie fosforu przez ziarno oraz pobranie całkowite tego pierwiastka wykazuje tendencję zniżkową przy ODR poniżej 15 $\mu\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$, co wynika z omówionych poprzednio tendencji spadku masy ziarna w tym zakresie ODR. Pobranie fosforu przez słomę i korzenie nie zmienia się,



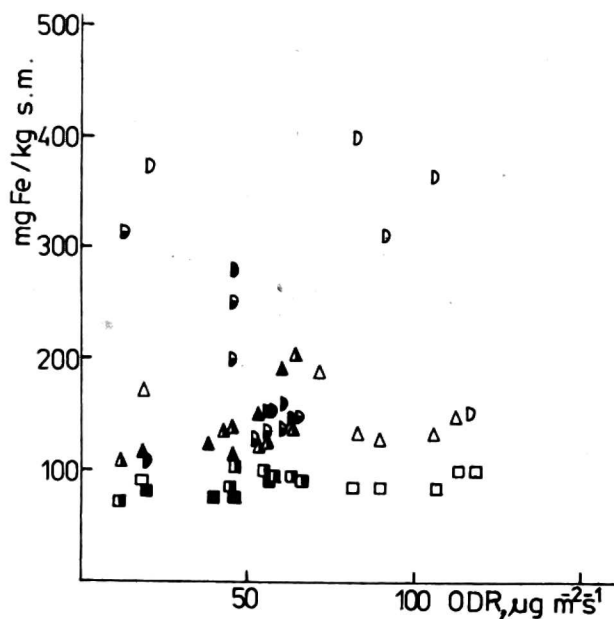
Rys. 2. Zawartość azotu w jęczmieniu w zależności od ODR; objaśnienia jak do rysunku 1



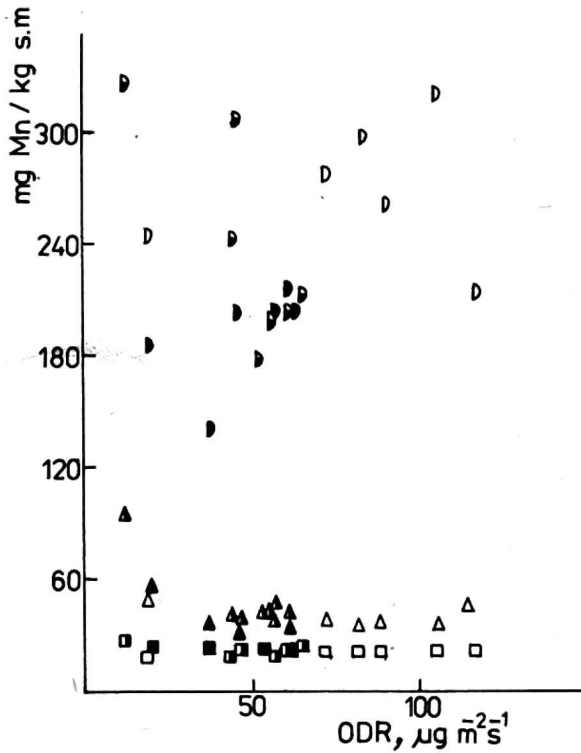
Rys. 3. Zawartość fosforu w jęczmieniu w zależności od ODR; objaśnienia jak do rysunku 1



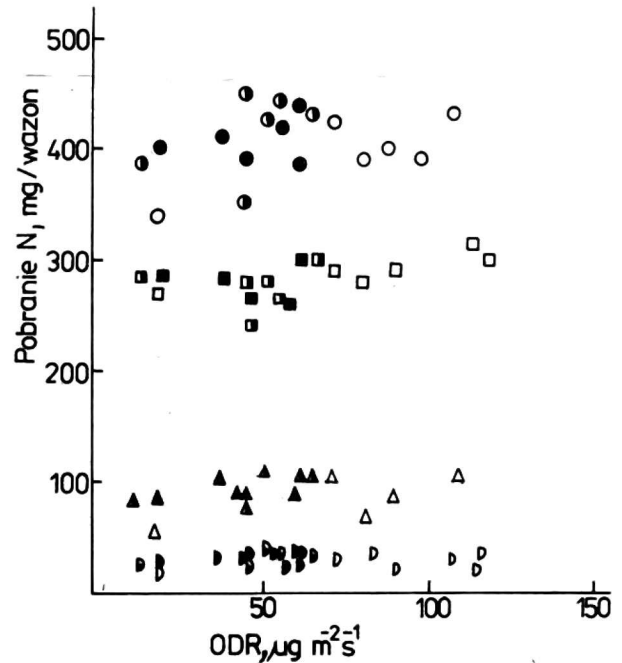
Rys. 4. Zawartość potasu w jęczmieniu w zależności od ODR; objaśnienia jak do rysunku 1



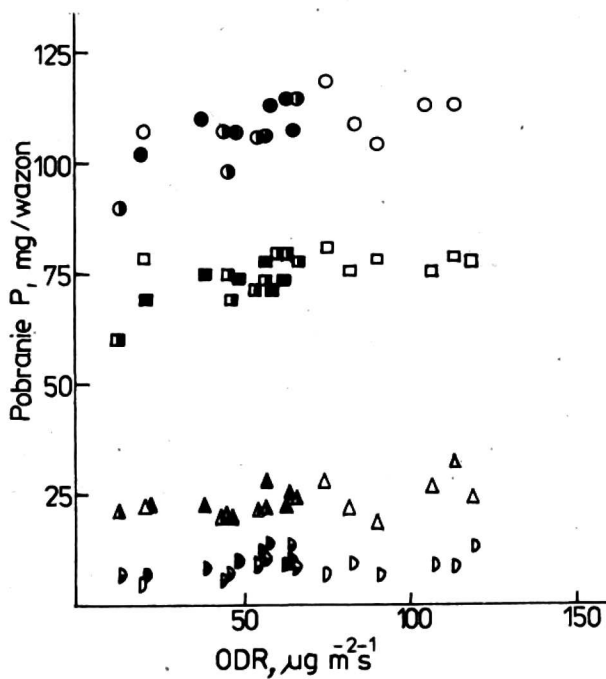
Rys. 5. Zawartość żelaza w jęczmieniu w zależności od ODR; objaśnienia jak do rysunku 1



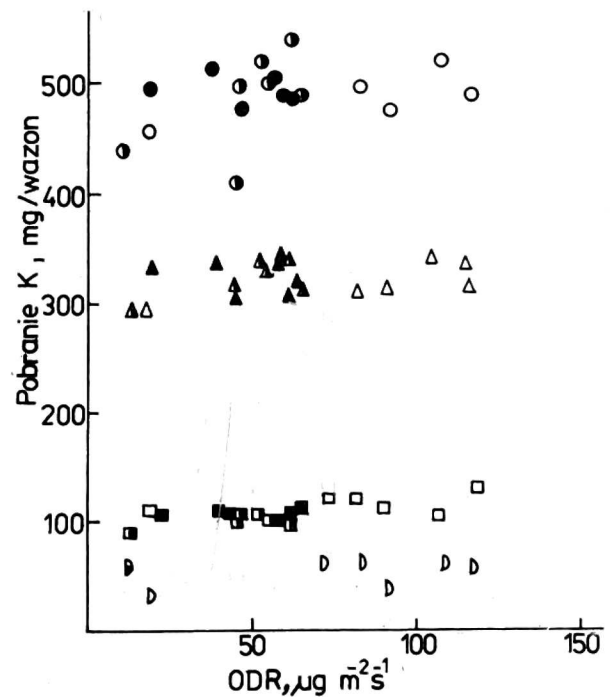
Rys. 6. Zawartość manganu w jęczmieniu w zależności od ODR; objaśnienia jak do rysunku 1



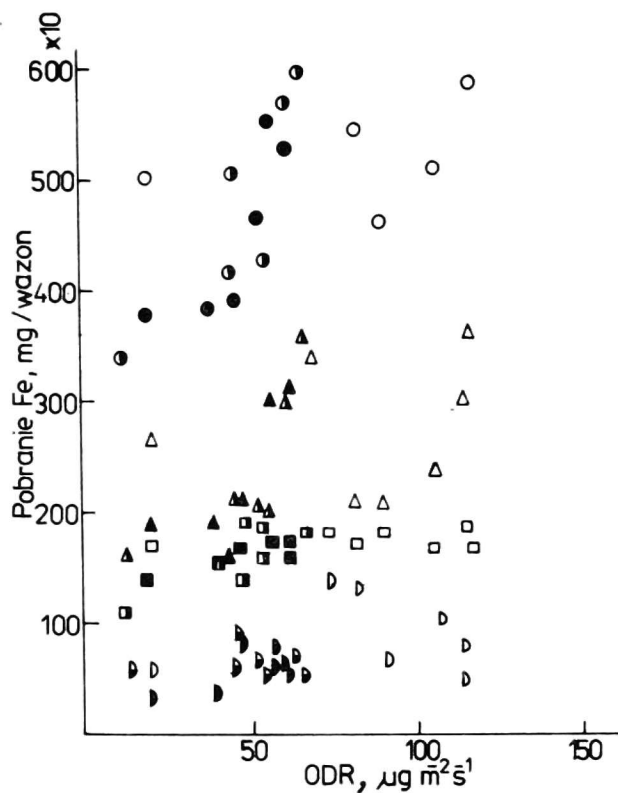
Rys. 7. Zależność pobrania azotu przez jęczmień od ODR; objaśnienia jak do rysunku 1



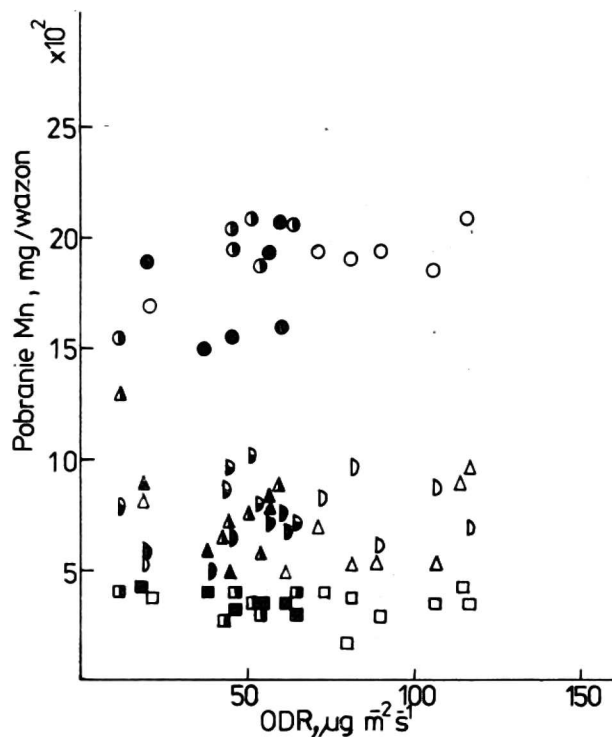
Rys. 8. Zależność pobrania fosforu od ODR; objaśnienia jak do rysunku 1



Rys. 9. Zależność pobrania potasu od ODR; objaśnienia jak do rysunku 1



Rys. 10. Zależność pobrania żelaza od ODR; objaśnienia jak do rysunku 1



Rys. 11. Zależność pobrania manganu od ODR; objaśnienia jak do rysunku 1

natomiast w całym uzyskanym przedziale ODR. Pobranie potasu przez poszczególne części jęczmienia nie ulegało zmianom w zależności od ODR, pobranie zaś całkowite wykazywało tendencję zniżkową przy ODR poniżej $15 \mu\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$. W przypadku żelaza nie wystąpiły różnice w pobraniu przez korzenie i ziarno, natomiast pobranie przez słomę oraz pobranie całkowite było wyraźnie mniejsze przy ODR poniżej $50 \mu\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Jeśli chodzi o mangan, to zaznaczyła się tu tendencja zniżkowa pobrania całkowitego przy ODR poniżej $50 \mu\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$ i wzrostowa pobrania w słomie przy ODR poniżej $15 \mu\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$ bez zróżnicowania pobrania w korzeniach i w ziarnie.

PODSUMOWANIE

Dziesięciodniowy stress tlenowy, charakteryzujący się wartościami ODR poniżej $15 \mu\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$, powodował obniżenie plonu ziarna i

masy całkowitej jęczmienia oraz całkowitego pobrania fosforu przy wzroście stężenia i pobrania Mn w słomie. Przy ODR poniżej $50 \mu\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$ wystąpiło zmniejszenie całkowitego pobrania Fe i Mn.

LITERATURA

1. Aleksandrowa A.Z., Skazkin F.D.: Diejstwie izbytocznowo uwłaźnienia poczwy na jaczmięń w razlicznyje periody jewo razwitia. Dakł. Akad. Nauk SSSR, 1964, 159, 205-207.
2. Barber D.A., Ebert M., Evans N.T.S.: The movement of $^{15}\text{O}_2$ through barley and rice plants. J. Exp. Bot., 1962, 13, 397-403.
3. Bryant A.F.: Comparison of anatomical and histological differences between roots of barley seedlings grown in aerated and non-aerated solutions. Plant Physiol., 1934, 9, 389-391.
4. Drew M.C., Sisworo E.J.: The development of waterlogging damage in young barley plants in relation to plant nutrient status and changes in soil properties. New Phytol., 1979, 82, 301-314.
5. Drew M.C., Sisworo E.J., Saker L.R.: Alleviation of waterlogging damage to young barley plants by application of nitrole and a synthetic cytokinin, and comparison between the effects of waterlogging, nitrogen deficiency and root excision. New Phytol., 1979, 82, 315-329.
6. Gawlik J., Malicki M., Stępniewski W.: The problem of effective voltage control in measurements of ODR in soil. Pol. J. Soil Sci., 1977, 10, 9-16.
7. Geisler G.: Interactive effects of CO_2 and O_2 in soil on root and top growth of barley and peas. Plant Physiol., 1967, 42, 305-307.
8. Gliński J., Stępniewski W., Łabuda S., Przywara G.: Graniczne wartości ODR i Eh w glebie dla wschodów wybranych roślin uprawnych. Roczn. Glebozn., 1984, 31, 1, 3-10.
9. Koter M., Panak H.: Kolorymetryczne oznaczanie kwasu fosforowego w substancji roślinnej metodą wanadomolibdenową. Chem. Anal., 1960, 4, 317-324.
10. Leyshon A.J., Sheard R.W.: Influence of short term flooding on the growth and plant nutrient composition of barley. Can. J. Soil Sci., 1974, 34, 463-473.
11. Letey J., Stolzy L.M., Voloras N., Szuszkiewicz T.E.: Influence of soil oxygen on growth and mineral concentration of barley. Agron. J., 1962, 54, 538-540.
12. Malicki M., Walczak R.: A gauge of the redox potential and the oxygen diffusion rate in the soil with an automatic regulation of the cathode potential. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 1983, 220, (II), 447-451.

13. Nowosielski O.: Metody oznaczania potrzeb nawożenia. PWRiL 1974. Warszawa,
14. Pinta M.: Absorpcyjna spektrometria atomowa. Zastosowania w analizie chemicznej. PWN, 1977, Warszawa.
15. Sawickaja N.N.: Wlijanie izbytocznowo uwłażnienia poczwy na rastienia jaczmenia w raznyje periody ich razwitia. Dokł. Akad. Nauk SSSR, 1959, 128, 850-852.
16. Van der Heide H., Boer-Bolt B.M., Van Raalte M.H.: The effect of a low oxygen content of the medium on the roots of barley seedlings. Acta Botan. Neerl, 1963, 12, 231-247.
17. Vlamis J., Davios A.R.: Effects of oxygen tension an certain physiological responses of rice, barley and tomato. Plant Physiol., 1944, 19, 33-51.
18. Yu P.T., Stolzy L.M., Letey J.: Servival of plants under prolonged flooded conditions. Agron. J., 1969, 61, 844-847.

В. Стемпневски, С. Лабуда, Г. Пшивара

ВЛИЯНИЕ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЧВЫ КИСЛОРОДОМ
НА УРОЖАЙ И МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

Р е з ю м е

Яровой ячмень сорта Арамир, выращиваемый в опытах в сосудах в фольговом тоннеле на бурой лессовой почве (горизонт Ap), подвергали дифференцированным кислородным условиям в почве (10 дней) во время одной из 3 фаз развития: кущения, выхода в трубку и цветения. Применяли 6 уровней обогащения почвы кислородом, 5 из которых получили через ввод в почву газовых смесей с дифференцированным содержанием кислорода 0-21%. Шестой уровень получили через подтопление почвы снизу и удерживание зеркала воды на расстоянии 10 см от поверхности почвы. Кислородные условия в почве характеризовали при помощи показателя ODR. По достижении спелости растения собрали, определили массу соломы, корней и зерна, а также содержание N, P, K, Fe и Mn. Отмечено понижение урожая зерна и общего урожая, рост со-

держания Mn в соломе, а также уменьшение полного отбора P и рост количества Mn, аккумулированного в соломе, при величинах ODR ниже $20 \mu\text{g m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Уменьшение полного отбора Fe отмечилось уже при ODR ниже $50 \mu\text{g m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

W. Stępniewski, S. Łabuda, G. Przywara

THE INFLUENCE OF SOIL OXYGEN AVAILABILITY ON YIELD
AND MINERAL COMPOSITION OF SPRING BARLEY

S u m m a r y

Spring barley, cultivar Aramir, grown in pots filled with a loess brown soil (A_p horizon) was subjected to differentiated oxygen conditions in the soil for 10 days in one of the following development stage: tillering, stem elongation and blossoming. Six oxygen availability levels were applied 5 of which were obtained by forcing gas mixtures containing differentiated oxygen concentrations from 0,00 to $0,21 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. The sixth level was obtained by soil submergence and maintaining water level 10 cm below soil surface. Soil oxygen availability was characterized with the ODR index. The plants were harvested at full ripeness and after determination of grain, straw, and root mass were analysed for N, P, K, Fe and Mn content. At ODR values below $20 \mu\text{g m}^{-2} \text{s}^{-1}$ a decrease in Mn content and accumulation in straw was observed. A decrease in total Fe and Mn uptake occurred already at ODR $50 \mu\text{g m}^{-2} \text{s}^{-1}$.