

MIECZYŚLAW WOJTASIK

WSP w Bydgoszczy

WPŁYW WARUNKÓW POWIETRZNYCH GLEBY NA JEJ AKTYWNOŚĆ ENZYMATYCZNĄ I PLONOWANIE PSZENICY JAREJ

Wstęp

Degradacja środowiska wskutek zagęszczenia gleby przejawia się w mechanicznym utrudnieniu rozwoju systemów korzeniowych roślin oraz w następstwach związanych ze stanem natlenienia gleby (1, 16). Zawartość powietrza w profilu glebowym zmienia się dynamicznie, zależnie od zmian porowatości całkowitej i wilgotności gleby (15). Porowatość całkowita gleby jest skorelowana z jej gęstością objętościową w stopniu – 0,97 (23) lub – 0,99 (8). Według Veihmeyera i Hendricksona (20) krytyczne wielkości porowatości całkowitej wynoszą 32–36 %, podobne wielkości podaje Waszczenko (21). Zdaniem Hiddinga i Van Der Berga (10) rozwój korzeni żyta i kukurydzy zostaje zahamowany, gdy porowatość całkowita spada poniżej 40 %. Również Kozicz (11) jako wielkość graniczną porowatości całkowitej dla owsa i pszenicy jarej wymienia 40,7 %.

Według Trzeckiego (19) w procesie zagęszczania gleby najpierw maleje objętość porów o średnicy większej od 12 μm , przewodzących powietrze. Zdaniem Domżała i współautorów (3) minimum porowatości powietrznej w glebach mineralnych dla roślin zbożowych wynosi 10–15, dla buraków cukrowych 15–20, pomidorów 20–30, dla traw 8–12 %. Stolzy i Letey (17) jako wartość krytyczną porowatości powietrznej dla słonecznika, jęczmienia, bawełny podają 15–25 %, niezależnie od gleby i temperatury powietrza, natomiast Dołgow i Modina (2) wymieniają 10;15 %, bez względu na gatunek uprawianej rośliny. Według Wesselinga i Van Vijka (22) najniższa dopuszczalna wartość porowatości powietrznej wynosi 10 %.

Krytyczną porowatością, przy której stężenie tlenu w glebie osiąga zero, jest 12–20 % (1), w innym zaś przypadku 7 % (4). Bardziej uniwersalnym wskaźnikiem dostępności tlenu dla korzeni roślin, niż jego stężenie w powietrzu glebowym, jest mikrodyfuzja tlenu (ODR) (15). Krytyczne wielkości ODR (w $\mu\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$) dla wzrostu korzeni jęczmienia wynoszą 25 (12), natomiast dla pszenicy 40, przy czym wielkość 50 uważa się za limitującą wzrost korzeni pszenicy (14). Krytyczną wartością ODR dla wschodów pszenicy według Hanksa i Thorpa (9) jest 80 $\mu\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Podobnie jak ODR zmienia się w glebie jej potencjał oksydoredukcyjny (Eh) (6, 16). Krytyczną wartością potencjału redoks dla wschodów pszenicy jest 370 mV (16).

Wraz ze zmianami porowatości powietrznej i wskaźnikami stosunków tlenowych w glebie zmienia się również aktywność enzymatyczna gleby (5, 13). Zdaniem Segniego i współautorów (13) w miarę przyrostów porów dużych, o średnicy 30–200 μm rośnie aktywność ureazy. Gliński i współautorzy (5) wraz ze wzrostem mikrodyfuzji tlenu (ODR) otrzymali malejącą aktywność dehydrogenazy a rosnącą katalazy. Tazabekow i Tazabekowa (18) stwierdzili dodatni związek plonów buraków cukrowych z aktywnością dehydrogenazy, a także, choć w mniejszym stopniu, ureazy.

W 1984 r. na trzech obiektach glebowych (głina lekka silnie spiaszczona pylasta, piasek gliniasty mocny oraz utwór pyłowy zwykły) przeprowadzono doświadczenia wazonowe z pszenicą jarą „Alfa”, różnicując porowatość całkowitą gleby co 5,5 %, od 28–31 do 52–54 %. Każda z tych gleb wydała najwyższy plon ziarna i słomy pszenicy jarej przy porowatości całkowitej zbliżonej do wartości środkowej w założonym przedziale zmienności. Natomiast aktywność katalazy i dehydrogenazy przy porowatościach gleby odpowiadających najlepszemu plonowaniu pszenicy osiągała najniższe wielkości. Aktywność ureazy miała bardziej złożony charakter, zależny od wilgotności gleby.

W roku 1985 doświadczenie rozszerzono na trzy odmiany pszenicy jarej „Alfa”, „Jara” oraz „Sappo”. Przeprowadzono je na glebie czarnoziemnej I kompleksu przydatności rolniczej, o składzie gliny lekkiej silnie spiaszczonej, pobranej ze Sławęcinka k. Inowrocławia z głębokości 2–9 cm. Gleba ta o gęstości właściwej $2,52 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ zawierała 13 % cząstek mniejszych od 0,002 mm, próchnicy 4,15 %, pH w 1 M KCL – 7,0, P – 12,6, K – 16,6, Mg – 7,3 mg/100 g gleby. Jako wazonów użyto plastikowych wiader o pojemności 5 l, perforowanych w dnie i ścianie bocznej, zagłębionych równo z powierzchnią gleby na poletku przy budynku ATR w Bydgoszczy. Zróżnicowano porowatość całkowitą gleby w 5 wariantach co około 6 % (Tab. 1), poprzez zmiany objętości gleby w wazonach od 5 do 3,34 l, przy zachowaniu tej samej masy gleby wynoszącej w stanie suchym 6 kg. Nasiona wysiano 1.04.85 r. przyjmując końcową obsadę (ustaloną po wschodach) 20 roślin na wazon, co w przeliczeniu na 1 m^2 stanowi 577 roślin. Dawki nawozów ustalono wg Żurbickiego (24) w ilości na 1 wazon: N – 0,90, P – 0,26, K – 0,50 g. Fosfor i potas zastosowano w całości przed siewem, azot podzielono na dwie części, z których 1/3 dawki dano przed siewem, a resztę 18.05 (tuż przed fazą strzelania w źdźbło). Doświadczenie założono w czterech powtórzeniach. Chwasty usuwano ręcznie, zbiór przeprowadzono 16.08.1985 r.

Wykonano 21 pomiarów wilgotności gleby, po 3 pomiary ODR i potencjału redoks, pięciokrotnie zaś oznaczano aktywność ureazy, katalazy i dehydrogenazy. Wszystkie oznaczenia wykonano dla gleby na głębokości 1–5 cm. Próbkę gleby do oznaczenia aktywności enzymatycznej trzykrotnie pobrano przy wilgotności przekraczającej połowę pojemność wodną gleby przy pF 2,54 (16.04, 7.05, 17.08.1985 r.), dwukrotnie zaś (27.06, 1.07.1985) przy wilgotności niewiele niższej od ppw.

Wilgotność gleby oznaczano metodą suszarkowo–wagową; ODR i potencjał redoks przy użyciu 6 elektrod z końcówkami platynowymi ϕ 0,5, długości 4 mm. Aktywność katalazy oznaczono metodą gazometryczną, a ureazy i dehydrogenazy metodami Galstiana w 3 powtórzeniach.

Wyniki i dyskusja

Średnie wilgotności gleby we wszystkich wariantach doświadczenia przekraczały wielkość połowej pojemności wodnej przy pF 2,54, wynoszącą 19,57 % wagowych (Tab. 1). W roku 1985 (według stacji IMUZ w Bydgoszczy) opad w maju przekroczył średnią z lat 1931–60 o 40,2, w czerwcu o 54,6, a w sierpniu aż o 149,1 mm. Zatem rośliny, z wyjątkiem kwietnia i pierwszych dwóch dekad lipca, wegetowały w warunkach prawie ciągłego nadmiaru wody. Średnie wielkości wilgotności, ustalone z pominięciem 1–2–dniowych okresów, kiedy wazony były całkowicie zalane wodą, wskazują (Tab. 1), iż porowatość powietrzna gleby zaledwie w dwóch pierwszych wariantach doświadczenia była większa od wielkości krytycznej przyjętej jako 10 %. Krytycznego stanu stosunków powietrznych gleby nie potwierdziły

wyniki pomiarów potencjału redoks i, z wyjątkiem pierwszych 3 tygodni, również ODR. Wielkości tych wskaźników pomierzone 27 czerwca pozwalają przypuszczać, jakoby w wazonach o największym zagęszczeniu gleby istniały najlepsze warunki tlenowe. Sugestia ta znalazła częściowo potwierdzenie w średnich dla trzech odmian plonach ziarna pszenicy (Tab. 2), a zwłaszcza w plonach ziarna pszenicy „Alfa”, które w kolejnych wariantach doświadczenia ukształtowały się następująco: 6,34; 6,92; 8,52; 8,38; oraz 9,14 g na wazon.

Analizując związek mikrodyfuzji tlenu (ODR) oraz potencjału redoks z porowatością całkowitą gleby można zauważyć dwie fazy. Pierwsza – gdy malejącym wielkościom porowatości gleby odpowiada bardzo wyraźny spadek wartości ODR i łagodniejszy potencjał redoks. Stan taki stwierdzono w czasie 3 tygodni od chwili zróżnicowania porowatości gleby (Tab. 1 – pomiar 17.04.1985). Wielkości potencjału redoks nie spadły w tym czasie poniżej granicznej wartości (400 mv) pomiędzy metabolizmem tlenowym i beztlenowym (15), natomiast ODR w wazonach 4 i 5 wariantu było bliskie wielkości krytycznej dla wschodów pszenicy ozimej i jęczmienia, podawanej przez Stępniewskiego i Glińskiego (16) w wysokości $8 \mu\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Faktycznie, wraz ze spadkiem porowatości gleby i ODR, malało tempo wschodów pszenicy jarej. Na przykład 9 kwietnia liczba wzeszłych roślin pszenicy „Alfa”, w procentach w stosunku do liczby ziaren wysianych, układała się w kolejnych wariantach doświadczenia następująco: 68, 59, 50, 23, 18. Różnice te zanikły w następnych 6 dniach (do 15.04.85). W drugiej fazie stosunki tlenowe nie wykazywały prostej zależności od porowatości gleby. Wykształcił się „nowy” system tlenowy gleby (Tab. 1), który znajdował odbicie w rozwoju roślin, a następnie w plonach słomy i ziarna (Tab. 2).

Aktywność ureazy początkowo (16.04.85) nie wykazywała związku z porowatością gleby, w pozostałych terminach przyjmowała wartości mniejsze dla warunków o wyższej mikrodyfuzji tlenu i lepszym rozwoju roślin. Aktywność katalazy oraz dehydrogenazy we wszystkich terminach obserwacji wykazywała tendencję paraboliczną z minimum wartości w pobliżu środkowego wariantu porowatości gleby. Aproksymując średnie wielkości tych wskaźników wielomianem drugiego stopnia (Rys. 1) otrzymano, iż minimum aktywności ureazy odpowiada porowatości całkowitej równej 40,3 %, natomiast najmniejsza wartość dehydrogenazy odpowiada porowatości 39,5, a katalazy 39,3 %. Maksimum plonu słomy wystąpiło przy porowatości całkowitej gleby 43,7, a ziarna przy 37,6 %.

WNIOSKI

1. Stosunki tlenowe w glebie (ODR i potencjał redoks) wykazywały prosty związek z wielkościami porowatości całkowitej gleby w pierwszych kilkunastu dniach po założeniu doświadczenia. W dalszym okresie zależność ta miała zasadniczo odmienny charakter.
2. Aktywność ureazy, katalazy i dehydrogenazy przyjmowała najniższe wartości przy porowatościach gleb odpowiadających najwyższym plonom pszenicy jarej.
3. Największe średnie wielkości plonów ziarna pszenicy jarej otrzymano przy porowatości całkowitej gleby 37,6 %, natomiast słomy przy 43,7 %.

Doktorowi inż. Zbigniewowi Pawluczukowi składam serdeczne podziękowania za wykonanie oznaczeń aktywności enzymatycznej gleby.

- (1) Adams E.P., Blake G.R., Martin P.W., Boetler D.H.: Influences of soil compaction on crop growth and development. *Trans. of the 7-th Congr. of Soil Sci. Madison, Wisc., 1, 1960, 607-615*
- (2) Dołgow S.J., Modina S.A.: O niektórych zakonmiernostiach zawisimosti urozajnosti sielskochozjajstwiennych kultur ot pŁotnosti poczw. *Tieor, Wopr. Obrab. Poczw., Leningrad 1969*
- (3) Domżał H., Słównska-Jurkiewicz H., Turski R.: Gleboznastwo z elementami geologii i mechaniki gleby. *Lublin AR 1976, s. 160*
- (4) Flühler H., Stolzy L.H., Ardakani M.S.: A statistical approach to define soil aeration in respect to denitrification. *Soil Sci. 122, 1976, 115*
- (5) Gliński J., Stępniewska Z., Kasiak A.: Zmiany aktywności enzymatycznej gleb w warunkach zróżnicowanej zawartości tlenu i wilgotności. *Rocz.Gleb. 34, 1983, 1-2, 53-59*
- (6) Gliński J., Stępniewski W.: Procesy biologiczne i chemiczne w glebie uzależnione od stanu natlenienia. *Probl.Agrof. 44, 1984, 58*
- (7) Grable A.R., Siemer E.G.: Effects of bulk density, aggregate size and soil water suction on oxygen diffusion, redox potentials and elongation of corn roots. *Soil Sci. Soc.Am.Proc. 32, 1968, 180*
- (8) Grin A.M.: Zawisimost infiltracionnoj sposobnosti ot fizycznych i chemicznych swojstw poczw. *Poczwowiedienije 8, 1972, 66-73*
- (9) Hanks R.J., Thorp F.C.: Seedling emergence of wheat as related to soil moisture content, bulk density, oxygen diffusion rate, and crust strength. *Soil Sci. Soc.Am.Proc. 20, 1956, 307*
- (10) Hidding A.P., Van Der Berg C.: The relation between pore volume and the formation of root systems in soil with sandy layers. *Trans of the 7-th Intern. Congr. of Soil Sci. Madison, Wisc. 1, 1960, 369-373*
- (11) Kozicz J.: WpŁywu ogniatającego działania kół w różnym stopniu obciążonego ciągnika na właściwości fizyczne gleby oraz na wzrost, rozwój i plon niektórych roślin uprawnych. *Zesz.Probl.Post. Nauk Rol. 112, 1971, 67-73*
- (12) Letey J., Stolzy L.H., Valoras N., Suszkiewicz T.E.: Influence of oxygen diffusion rate on sunflower growth at various soil and air temperatures. *Agron J. 54, 1962, 316*
- (13) Segni P., Cericignani G., De Nobili M., Pagliai M.: A positive trend among two soil enzyme activities and a range of soil. *Biol.Bioch. 17, 1985, 2, 255-256*
- (14) Silberbush M., Gornat B., Goldberg D.: Effect of irrigation a point source (trickling) on oxygen flux and on root extension in the soil. *Pl.Soil 52: 1979, 507*
- (15) Stępniewski W., Gliński J.: Procesy transportu gazów w glebie i skład powietrza glebowego. *Probl. Agrof. 42, 1984, 115*
- (16) Stępniewski W., Gliński J.: Reakcja roślin na stan aeracji gleby. *Probl.Agrof. 45, 1985, 76*
- (17) Stolzy L.H., Letey J.: Measurement of oxygen diffusion rates with platinum microelektrode. III Correlation of plant response to soil oxygen diffusion rates. *Hilgardia 35 (20), 1964, 567-576*
- (18) Tazabekow T.T., Tazabekowa E.T.: Wlijanije okulturiwanija na biologiczeskiju aktiwnost poczw Zailijskogo Ałatau. *Poczwow. 5, 1985, 65-70*
- (19) Trzecki S.: Intensyfikacja uprawy mechanicznej a kształtowanie się fizycznych i niektórych chemicznych właściwości gleb oraz związane z nią przeobrażenia profilu glebowego. *Zesz.Probl.Post.Nauk Roln. 177, 1976, 245-256*
- (20) Veihmeyer F., Hendrickson A.H.: Soil density and root penetration. *Soil Sci. 65, 1948, 487-493*
- (21) Waszczenko I.M.: Wlijanije fizycznych swojstw czernoziemowidnych supieszczanych poczw na korniewuju sistiemu płodowych rastienij. *Poczwow. 8, 1970, 73-80*

- (22) Wesseling J., Van Vijk W.R.: Land drainage in relation to soil crops. 1. Soil physical conditions in relation to drain depth Aeration of the soil (...) *Agronomy Journ. Madison* 7, 1957, 461–472
- (23) Wojtasik M.: Stan zagęszczenia gleb wytworzonych z glin zwałowych. Praca doktorska – maszynopis. Bydgoszcz 1978
- (24) Żurbicki Z.: *Metodyka doświadczeń wazonowych*. Warszawa PWRiL 1974

Tabela 1. Właściwości powietrzne i wodne gleby

Tabela 1. Air and water properties of soil

Wariant doświadcz. Variant of experiment	Porowatość całkowita % Total porosity — %		Średnia wilgotność gleby Mean moisture of soil		Porowatość powietrzna % Air porosity %	ODR $\text{ug m}^{-2}\text{s}^{-1}$			Potencjał redoks mV Redox potential mV		
	początkowa initial	śred. w okresie vegetacji mean in growing season	% wagowych weight %	% objętoś. yolume %		17.IV.	7.V.	27.VI.	16.IV.	9.V.	27.VI.
1	52,4	50,6	19,59	24,4	26,2	172	159	130	477	592	482
2	46,4	45,2	20,79	28,7	16,5	142	178	135	465	603	488
3	40,5	39,6	21,73	33,1	6,5	105	189	150	452	617	484
4	34,5	34,8	21,00	34,5	0,3	15	165	145	425	615	495
5	28,6	29,2	20,81	29,3 ^x	-0,1	11	152	150	418	585	510

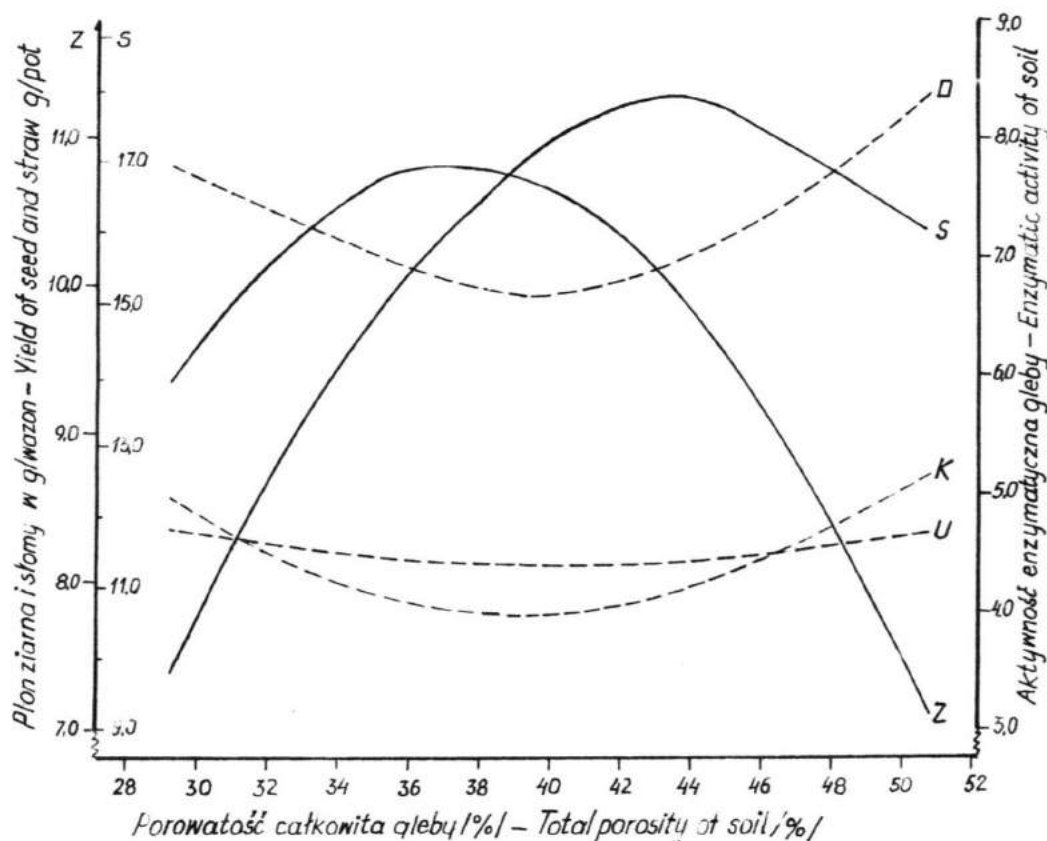
x — wielkość obliczona na podstawie gęstości gleby rozpułchnionej na głębokości kilku cm
pod wpływem nadmiaru wody

— value calculated using bulk density of loosed soil in depth of few cm after irrigation

Tabela 2. Aktywność enzymatyczna gleby oraz plony pszenicy jarej

Tabela 2. Enzymatic activity of soil and yields of spring wheat

Wariant doświadczenia Variant of experiment	Aktywność enzymatyczna gleby Enzymatic activity of soil			Średni plon pszenicy jarej w g na wazon Mean of spring wheat yield in g per pot	
	ureaza urease mgN-NH ₄ 10g/24 h	dehydrogenaza dehydrogenase mgTTC/10g/24h	katalaza catalase 2g/1 min	ziarno grain	słoma straw
1	4,70	8,55	5,08	7,39	15,79
2	4,46	7,11	4,70	9,00	17,61
3	4,38	6,44	3,48	12,52	19,04
4	4,60	7,20	4,43	8,86	12,40
5	4,68	7,62	4,91	9,91	10,60



Rys. 1. Wpływ porowatości całkowitej (x) na aktywność ureazy (U), dehydrogenazy (D), katalazy (K) oraz plon ziarna (Z) i słomy (S) pszenicy jarej. Równania dla 15 spostrzeżeń, jednostki – jak w Tab. 2.

$$U = 0,0023 x^2 - 0,188 x + 8,218, r = 0,896;$$

$$D = 0,0128 x^2 - 0,984 x + 25,629, r = 0,953;$$

$$K = 0,0097 x^2 - 0,758 x + 18,862, r = 0,837;$$

$$Z = -0,0200 x^2 - 1,529 x - 17,912, r = 0,714;$$

$$S = -0,0379 x^2 + 3,316 x - 54,712, r = 0,897.$$

Fig. Effect of total soil porosity (x) on activity of urease (U), dehydrogenase (D), catalase (K), seed yield (Z) and straw (S) of spring wheat. Equations for 15 perceptions, units – as in tab. 2.

THE EFFECT OF AIR-SOIL CONDITIONS ON ENZYMATIC ACTIVITY AND SPRING-WHEAT YIELD

Summary

Differences of total soil porosity from 28–31 to 52–54 % depending on the oxygen diffusion rate (ODR), redox potential, urease, dehydrogenase and catalase activity, as well as spring-wheat yield were investigated in pot trial experiment. Oxygen relations of soil (ODR and redox potential) were connected directly with total porosity of soil by three weeks after start of experiment. The soil enzymatic activity generally decreased when soil conditions were most favourable for plant growth. The highest spring-wheat yield was associated with 37,6 % of total soil porosity for seed and 43,7 % for straw.