A R T Y K U Ł Y

ANATOL BRZOZA
Instytut Ekonomiki Rolnej
Warszawa

WPŁYW JAKOŚCI GLEBY I NAWOŻENIA NA PLONY

Opracowanie niniejsze stanowi fragment szerszej pracy nad efektywnością nakładów w gospodarstwach chłopskich. Rzutuje to w pewien sposób na dobór materiału wyjściowego. Całość pracy oparta jest na indywidualnych wynikach rachunkowości rolnej [1] z trzech rejonów: środkowo-zachodniego (poznańsko-bydgoskie), południowo-wschodniego (kieleckie, krakowskie, rzeszowskie) z wyłączeniem rejonów podgórskich (i lubelskie) oraz wschodnio granicznego (białostockie). Analizę ograniczono do typowej dla danego rejonu grupy obszarowej, o wąskim (ca 1 ha) przedziale obszaru użytków rolnych, co wyeliminowało wpływ obszaru i uszczupliło liczebność materiału wyjściowego, zwłaszcza w rejonie środkowo-zachodnim.

Publikowany fragment dotyczy analizy wpływu jakości gleby i nawożenia na plony: pszenicy, żyta i na tzw. plon przeliczeniowy. Plon przeliczeniowy stanowi przeciętną rzeczywistych plonów 4 zbóż, ziemniaków (140 q ziemniaków = 20 q zboża) i buraków cukrowych (240 q buraków = 20 q zboża). Jakość gleby wyrażona została we wskaźniku bonitacji gleby w tzw. hektarach przeliczeniowych (od 0.6 do 1,8) z uwzględnieniem rejonowego zróżnicowania tych wskaźników. Różnica jednej klasy gleby wynosi ca 0,2 hektara przeliczeniowego. Nawożenie wyrażone zostało w czystym składniku NPK nawozów mineralnych i obornika na 1 ha gruntów ornych. Jest to więc nie rzeczywiste nawożenie pod poszczególne rośliny (takich danych indywidualne wyniki rachunkowości nie zawierają) a siła nawozowa całego gospodarstwa. Daje to możliwość odpowiedzi na pytanie: o ile wzrośnie plon danej rośliny, jeśli siła nawozowa gospodarstwa wzrośnie o jednostkę. Z punktu widzenia polityki nawozowej ma to o tyle sens, że np. nawozy sztuczne z tytułu kontraktacji bynajmniej nie są stosowane w gospodarce chłopskiej wyłącznie pod roślinę kontraktowaną. Zarazem sposób ten pozwala na przybliżone uchwycenie następczego działania nawozów, zwłaszcza obornika.

Analiza ma na celu uchwycenie różnej efektywności i siły związku tych czynników z plonem pomiędzy rejonami i w ramach rejonów. W tym celu przeprowadzony został rachunek regresji cząstkowej (roz-

[1] Indywidualne wyniki rachunkowości gospodarstw chłopskich, IER, 1956/57.

dzielczej) i korelacji łącznej i cząstkowej pomiędzy plonami: pszenicy, żyta i plonem przeliczeniowym a jakością gleby i nawożeniem [1]. Otrzymano następujące liniowe równania regresji:

Rejon środkowo-zachodni

$$X_p = 10{,}10 + 1{,}03\,X_2 + 0{,}040\,X_3;\ \bar{S} = 5{,}60;\ R_{1.23} = 0{,}42;\ n = 11;\ M_1 = 20{,}25$$

$$X_z = 10{,}54 + 4{,}00\,X_2 + 0{,}017\,X_3;\ \bar{S} = 2{,}84;\ R_{1.23} = 0{,}53;\ n = 16;\ M_1 = 18{,}56$$

$$X_{pl} = 4{,}93 + 8{,}91\,X_2 + 0{,}033\,X_3;\ \bar{S} = 2{,}65;\ R_{1.23} = 0{,}81;\ n = 16;\ M_1 = 21{,}50$$

Rejon południowo-wschodni

$$X_p = 9{,}12 + 5{,}31\,X_2 + 0{,}015\,X_3;\ \bar{S} = 4{,}80;\ R_{1.23} = 0{,}34;\ n = 53;\ M_1 = 19{,}11$$

$$X_z = 7{,}99 + 5{,}49\,X_2 + 0{,}014\,X_3;\ \bar{S} = 3{,}92;\ R_{1.23} = 0{,}42;\ n = 53;\ M_1 = 17{,}98$$

$$X_{pl} = 6{,}78 + 6{,}30\,X_2 + 0{,}023\,X_3;\ \bar{S} = 3{,}09;\ R_{1.23} = 0{,}61;\ n = 53;\ M_1 = 19{,}79$$

Rejon wschodni graniczny

$$X_p = -1{,}70 + 13{,}01\,X_2 + 0{,}022\,X_3;\ \bar{S} = 4{,}06;\ R_{1.23} = 0{,}60;\ n = 20;\ M_1 = 13{,}90$$

$$X_z = 1{,}44 + 5{,}40\,X_2 + 0{,}038\,X_3;\ \bar{S} = 4{,}23;\ R_{1.23} = 0{,}42;\ n = 20;\ M_1 = 12{,}48$$

$$X_{pl} = 5{,}40 + 8{,}90\,X_2 + 0{,}038\,X_3;\ \bar{S} = 2{,}28;\ R_{1.23} = 0{,}82;\ n = 20;\ M_1 = 14{,}80$$

gdzie:

X_p — plon pszenicy;
X_z — plon żyta;
X_{pl} — plon przeliczeniowy;
X_2 — jakość gleby;
X_3 — nawożenie;
$R_{1.23}$ — współczynnik korelacji wielorakiej;
$\bar{S}$ — błąd standardowy wyniku;
n — liczba przypadków;
M_1 — średni plon.

Jak z powyższego wynika, z punktu widzenia formalnego, 3-krotny błąd standardowy mieści się w granicach średniego wyniku, jest jednak (szczególnie dla pszenicy) bliski tej granicy. Korelacja łączna mieści się w zasadzie w granicach średniej siły związku (dla plonu przeliczeniowego jest dość silna). Mimo to, liczebność, szczególnie w rejonie środkowo-zachodnim i po części we wschodnim granicznym nakazuje ostrożność we wnioskowaniu.

Dla ułatwienia analizy przedstawimy uzyskane wyniki w podziale głównym nie według rejonów, a według roślin. Jednocześnie dla większej przejrzystości regresja plonu w stosunku do jakości gleby wyrażona

[1] Rachunek przeprowadziła inż. Maria Sokołowska z Zakładu Ogólnej Ekonomiki IER.

zostanie nie we współczynniku hektara przeliczeniowego, a we wskaźniku klasy gleby. Jak już wspomniano, klasie gleby odpowiada ca 0,2 powyższego współczynnika. Mnożąc współczynnik regresji w stosunku do gleby przez 0,2 uzyskamy wpływ netto przejścia o jedną klasę gleby na plon. Dla większej współmierności między wpływem jakości gleby i nawożenia na plon, obliczono wielkości względne w postaci średnich współczynników elastyczności plonu w stosunku do jakości gleby i nawożenia według wzorów:

$$E_{12.3} = \frac{b_2 M_2}{M_1} \text{ i } E_{13.2} = \frac{b_3 M_3}{M_1}$$

gdzie:

1 = plon danej rośliny,
2 = jakość gleby,
3 = nawożenie,
$b_2 = 0{,}2\, b_{12.3}$ — regresja netto plonu względem zmiany jakości gleby o jedną klasę,
$b_3 = b_{13.2}$ — regresja netto plonu względem zmiany nawożenia o 1 kg NPK,
M_1 — przeciętny plon,
M_2 — przeciętna jakość gleby,
M_3 — przeciętne nawożenie.

Analizę uzupełniono dodatkowo współczynnikami korelacji cząstkowej pomiędzy plonem i jakością gleby (z wyłączeniem nawożenia) — $r_{12.3}$, plonem i nawożeniem (z wyłączeniem wpływu jakości gleby) — $r_{13.2}$ oraz prostą korelacją pomiędzy jakością gleby i nawożeniem r_{23}.

Zacznijmy od analizy wpływu jakości gleby i poziomu nawożenia na plony **pszenicy** w podziale na rejony. Współczynnik a mówi nam, że po obniżeniu jakości gleby o jedną klasę i wyłączeniu wpływu nawożenia, plon pszenicy w rejonie środkowo-zachodnim obniżył się w stosunku do przeciętnego plonu (M_1) z 20,25 do 11,05 q, czyli o 45%, w rejonie południowo-wschodnim analogicznie z 19,11 do 14,38 q, czyli o 25% i w rejonie wschodnim granicznym z 13,90 do 8,08 q, czyli o 43%. O sile wpływu jakości gleby o jedną klasę oraz o stopniu wyeliminowania wpływu nawożenia, mówią nam odpowiednie współczynniki regresji pomnożone przez odpowiednie średnie ($0{,}2 b_{12.3} M_2$ i $b_{13,2} M_3$). W rejonie środkowo-zachodnim obniżenie jakości gleby o jedną klasę spowodowało spadek plonu o 0,24 q, a wyeliminowanie nawożenia o 8,96 q. Analogicznie w rejonie południowo-wschodnim odpowiednie wielkości kształtują się, dla gleby: —1,33 q, dla nawożenia: —3,40 q, a w rejonie wschodnim granicznym: dla gleby: —2,4 q, dla nawożenia: —3,50 q. Poprawa jakości gleby o jedną klasę powoduje przeciętnie (dla całej zbiorowości) wzrost plonu pszenicy w środkowo-zachodnim o 0,21 q, a we wschodnim granicznym o 2,60 q. Zwiększenie nawożenia na gospodarstwo o 1 kg czystego składnika zwiększa plon pszenicy w badanych gospodarstwach rejonu środkowo-zachodniego o 4 kg, a w rejonie wschodnim granicznym tylko o 2,2 kg. Rejon południowo-wschodni zajmuje pod względem efektywności gleby miejsce pośrednie (1,06 q). Efektywność dodatkowego nawożenia w stosunku do plonu pszenicy jest w tym rejonie najmniejsza (1 kg czystego składnika na gospodarstwo daje przyrost plonu o 1,5 kg).

Tabela 1

Regresja i korelacja pomiędzy plonami: pszenicy, żyta oraz plonem przeliczeniowym a jakością gleby i nawożeniem

Rejon	a	$0.2b_{12.3}$	$b_{13.2}$	$0.2E_{12.3}$	$E_{13.2}$	$R_{1.23}$	$r_{12.3}$	$r_{13.2}$	r_{23}	M_1	M_2	M_3
					Pszenica							
Środkowo-zachodni	11,05	0,21	0,040	0,01	0,44	0,42	0,05	0,37	0,42	20,25	1,16	224
Południowo-wschodni	14,38	1,06	0,015	0,06	0,18	0,34	0,29	0,21	—0,04	19,11	1,24	227
Wschodni graniczny	8,08	2,60	0,022	0,17	0,22	0,60	0,31	0,19	0,75	13,90	0,93	158
					Żyto							
Środkowo-zachodni	14,17	0,80	0,017	0,05	0,20	0,53	0,30	0,34	0,41	18,56	1,07	213
Południowo-wschodni	13,44	1,10	0,014	0,08	0,18	0,42	0,37	0,25	—0,04	17,98	1,24	227
Wschodni graniczny	5,46	1,08	0,038	0,08	0,48	0,66	0,16	0,41	0,75	12,48	0,93	158
					Plon przeliczeniowy							
Środkowo-zachodni	12,56	1,78	0,033	0,09	0,33	0,81	0,60	0,61	0,41	21,50	1,07	213
Południowo-wschodni	13,03	1,26	0,023	0,08	0,26	0,61	0,50	0,47	—0,04	19,79	1,24	227
Wschodni graniczny	7,14	1,78	0,038	0,11	0,41	0,82	0,36	0,53	0,75	14,80	0,93	158

[1] $a = M_1 - 0{,}2b_{12,3}M_2 - b_{13.2}M_3$ — czyli przy całkowitym wyłączeniu wpływu nawożenia i przy obniżeniu jakości gleby o jedną klasę.

Współczynniki elastyczności, wykazujące relatywną regresję plonu względem przyrostu jakości gleby i przyrostu nawożenia na gospodarstwo, układają się podobnie, jak współczynniki regresji. Zarazem jednak relatywna efektywność przyrostu nawożenia jest, we wszystkich rejonach, silniejsza w stosunku do pszenicy, niż efektywność poprawy jakości gleby o jedną klasę. Szczególnie silna jest pod tym względem rozpiętość w rejonie środkowo-zachodnim, najmniejsza — we wschodnim granicznym.

Nawożenie i jakość gleby można do pewnego stopnia potraktować jako nakłady homogeniczne. Ich wspólnym mianownikiem jest bowiem kategoria nazywana żyznością. W związku z tym można je do siebie przyrównać i postawić pytanie: ile kg czystego składnika na 1 ha równoważy w plonie pszenicy efektywność poprawy jakości gleby o jedną klasę? Odpowiada na to relacja 0,2 $b_{12.3} : b_{13.2}$. Wynosi ona dla rejonu środkowo-zachodniego 5,3 kg czystego składnika (NPK), dla południowo-wschodniego analogicznie 71 kg i dla wschodniego granicznego 118 kg.

Współczynnik korelacji wielorakiej, objaśniający siłę związku plonu pszenicy z łącznym działaniem jakości gleby i nawożenia jest najwyższy w rejonie wschodnim granicznym, najsłabszy w rejonie południowo-wschodnim. Pochodne tego współczynnika — współczynniki korelacji netto (cząstkowe) wskazują praktycznie na brak związku plonu pszenicy z poprawą jakości gleby, natomiast stosunkowo silny związek z nawożeniem. W rejonie wschodnim granicznym związek z glebą okazał się silniejszy niż z nawożeniem. W południowo-wschodnim siła związku jest mniej więcej wyrównana (z pewną przewagą dla gleby), ale ogólnie słaba. Warto zauważyć, że w rejonie wschodnim granicznym silna stosunkowo korelacja łączna, przy słabej korelacji cząstkowej, objaśnia się silnym związkiem korelacyjnym pomiędzy glebą a nawożeniem. Innymi słowy, w gospodarstwach białostockich nawożenie idzie w parze z jakością gleby. Do sprawy tej powrócimy w dalszej części. W tym miejscu warto jednak zwrócić uwagę na fakt, że siła regresji i korelacji nie musi się kształtować (w pewnych granicach) jednakowo. Regresja jest miarą efektywności krańcowej (w wypadku regresji liniowej krańcowa równa się przeciętnej), tzn. siły wpływu zmiennej niezależnej na zależną. Korelacja mówi o sile związku — o powszechności tego wpływu w badanej populacji. Np. w rejonie wschodnim granicznym przy spełnieniu określonych warunków (z wyłączeniem nawożenia), a więc np. przy odpowiednich nakładach pracy, odpowiednich odmianach, odpowiedniej agrotechnice itp. polepszenie jakości gleby o jedną klasę zwiększa plon pszenicy o 2,6 q. Należy jednakże przypuszczać, że w większości gospodarstw warunki te nie są spełnione, o czym świadczy stosunkowo niewysoka wartość współczynnika korelacji cząstkowej $r_{12.3} = 0{,}31$. Jednocześnie współczynnik korelacji prostej, na wielkość którego obok jakości gleby wpływa i nawożenie i inne czynniki, z którymi jakość gleby idzie w parze, jest wyższy i wynosi w tym rejonie: $r_{12} = 0{,}58$. Oczywiście wprowadzenie tych dodatkowych elementów może równie dobrze podnieść, jak i obniżyć współczynnik regresji i korelacji. Słaby współczynnik korelacji nakazuje ostrożność w uogólnianiu na daną populację wyniku uzyskanego w postaci współczynnika regresji. Zarazem nie należy zapominać, że regresja cząstkowa może zawierać w sobie mniejszy lub

większy stopień abstrakcji od rzeczywistości, która charakteryzuje się organicznym powiązaniem czynników. Na przykład prawidłowością rejonu wschodniego granicznego okazuje się być silny związek między jakością gleby i nawożeniem, który przy zastosowaniu regresji i korelacji cząstkowej zostaje rachunkowo rozbity.

Przy porównywaniu wyników w układzie międzyrejonowym należy się liczyć z faktem, że przeciętny stopień jakości gleby i poziom nawożenia (oraz jego wewnętrzna struktura) nie są jednakowe. Przeciętny wskaźnik glebowy dla gospodarstw uprawiających pszenicę w rejonie środkowo-zachodnim odpowiada mniej więcej III klasie gleby, w południowo-wschodnim mieści się pomiędzy III i II klasą, a we wschodnim granicznym między V i IV klasą. Można przypuszczać, że zależność plonu od jakości gleby ma pewną tendencję malejącą (tzn. przy przechodzeniu w obrębie niższych klas efekty są większe, niż w obrębie wyższych). Podobnie ma się rzecz z nawożeniem. Nawożenie w białostockim jest niższe niż w środkowo-zachodnim i południowo-wschodnim. Nawożenie w południowo-wschodnim jest w przybliżeniu na takim samym poziomie, co w środkowo-zachodnim, ale można przypuszczać, że w drobnych gospodarstwach rejonu południowo-wschodniego udział obornika w czystym składniku NPK jest wyższy niż w średniorolnych gospodarstwach rejonu środkowo-zachodniego. W pracy natomiast przyjęto założenia: 1° — liniowej zależności (jeśli zależność jest krzywoliniowa, to wyniki stanowią przeciętną); 2° — jednakowej efektywności czystego składnika w nawozach mineralnych i oborniku. Prócz tego przeciętna relacja N:P:K w poszczególnych rejonach jest różna. Właściwie dla samego nawożenia należałoby ułożyć równanie o przynajmniej 6 zmiennych — NPK w oborniku i NPK w nawozach mineralnych. Poza tym efektywność nawożenia na różnych glebach jest różna. Wszystko to wskazuje z jak wielką ostrożnością należy podchodzić do interpretacji prezentowanych wyników.

Niewątpliwie zaskakujący okazał się w rejonie środkowo-zachodnim brak związku między jakością gleby a plonem pszenicy. Wydaje się jednak, że można to objaśnić nie po prostu błędem zbyt małej populacji, a przypuszczeniem, że w badanych gospodarstwach tego rejonu pszenica z reguły uprawiana jest na najlepszych gruntach. W rezultacie zmiana jakości gleby całego gospodarstwa (a tylko takie dane posiadamy) może praktycznie iść w parze z minimalną zmianą jakości gleby pod pszenicą. W rejonie białostockim z tytułu zacofanej gospodarki (często trójpolówka) i w rejonie południowo-wschodnim (ze względu na znacznie wyższy udział pszenicy w strukturze zasiewów) współzmienność między jakością gleby całego gospodarstwa i jakością gleby pod pszenicą jest na pewno znacznie silniejsza.

Spróbujmy zreasumować dotychczasowe rozważania. Zwracaliśmy uprzednio uwagę na fakt, że absolutne i relatywne wielkości współczynników regresji cząstkowej i korelacji cząstkowej kształtują się dość często rozbieżnie. Regresja może być silna przy słabej korelacji i odwrotnie. Przy wyprowadzaniu jednak ostatecznych wniosków należy jednocześnie brać pod uwagę obydwa współczynniki. W tym celu posłużymy się liczbą oderwaną, mającą znaczenie relatywne; a mianowicie iloczynem tych współczynników. Odpowiednie wielkości dla pszenicy w podziale na rejony kształtują się w sposób następujący:

Rejon	$0{,}2b_{12,3} \cdot r_{12.3}$	$b_{13,2} \cdot r_{13.2}$
Środkowo-zachodni	0,01	0,015
Południowo-wschodni	0,31	0,003
Wschodni graniczny	0,81	0,004

Ogólnie zatem można jeszcze raz stwierdzić, że znaczenie poprawy jakości gleby gospodarstwa w kształtowaniu się plonów pszenicy jest szczególnie silne w rejonie wschodnim granicznym, słabsze w południowo-wschodnim, a w środkowo-zachodnim (w analizowanej populacji) brak jest istotnego wpływu tego czynnika. Innymi słowy, pszenica silniej **wykorzystuje** wzrost jakości gleby gospodarstwa w rejonie wschodnim granicznym niż w południowo-wschodnim, a bardzo słabo w rejonie środkowo-zachodnim. Natomiast przyrost siły nawozowej gospodarstwa ma znacznie większe znaczenie dla kształtowania się plonów pszenicy w rejonie środkowo-zachodnim (pszenica silniej korzysta ze wzrostu nawożenia na gospodarstwo) niż w rejonach wschodnim granicznym i południowo-wschodnim. Można zatem przypuszczać, że dodatkowa siła nawozowa kierowana jest w tych rejonach pod inne rośliny.

* *
*

Analiza regresji i korelacji żyta w stosunku do jakości gleby i poziomu nawożenia na 1 hektar w badanych gospodarstwach daje nieco odmienny układ w ramach poszczególnych rejonów i między rejonami. Plon wyjściowy — po wyłączeniu wpływu jakości gleby i nawożenia — spada o około 45% w rejonach środkowo-zachodnim i południowo-wschodnim i o około 57% w rejonie wschodnim granicznym w stosunku do przeciętnego plonu żyta w tych rejonach. W rejonie środkowo-zachodnim obniżenie jakości gleby o jedną klasę zmniejsza plon żyta (w stosunku do średniego) o 0,86 q, wyłączenie wpływu nawożenia — o 3,63 q. W rejonie południowo-wschodnim odpowiednio: obniżenie o klasę gleby — o 1,36 q, a wyeliminowanie nawożenia — o 3,18 q. We wschodnim granicznym: obniżenie o klasę — o 1,00 q i wyeliminowanie nawożenia o 6,2 q. Poprawa jakości gleby powoduje przeciętnie dla całej zbiorowości w rejonie środkowo-zachodnim wzrost plonu żyta o 0,8 q, w rejonie południowo-wschodnim o 1,1 q, we wschodnim granicznym o 1,08 q. Zwiększenie siły nawozowej gospodarstwa o 1 kg czystego składnika powoduje wzrost plonu żyta w rejonie środkowo-zachodnim o 1,7 kg, w południowo-wschodnim o 1,4 kg, we wschodnim granicznym o 3,8 kg. Elastyczność względem jakości gleby jest we wszystkich rejonach podobna i znacznie słabsza, zwłaszcza w rejonie wschodnim granicznym w odniesieniu do elastyczności względem poziomu nawożenia. Efekt polepszenia jakości gleby o jedną klasę odpowiada w plonie żyta w rejonie wschodnim granicznym 28 kg, w środkowo-zachodnim — 47 kg, i w południowo-wschodnim — 78 kg, czystego składnika nawożenia na 1 hektar użytków rolnych w gospodarstwie.

Korelacja łączna ($r_{1.23}$) jest względnie najsilniejsza w rejonie wschodnim granicznym z tym, że korelacja cząstkowa plonu żyta z nawożeniem jest silniejsza niż z glebą. W rejonie środkowo-zachodnim korelacja

łączna jest względnie silna, a korelacja cząstkowa z glebą i nawożeniem jest zbliżona (nieco silniejsza z nawożeniem). W południowo-wschodnim korelacja łączna jest stosunkowo najsłabsza, a korelacja z glebą silniejsza niż korelacja z nawożeniem.

Podobnie jak to uczyniono przy rozpatrywaniu pszenicy, spróbujemy i w przypadku żyta wyrazić relatywne znaczenie gleby i nawożenia badanych gospodarstw dla poziomu plonów żyta w poszczególnych rejonach.

Rejon	$0{,}2b_{12,3} \cdot r_{12.3}$	$b_{13,2} \cdot r_{13.2}$
Środkowo-zachodni	0,24	0,006
Południowo-wschodni	0,41	0,004
Wschodni graniczny	0,17	0,016

Jak wynika z powyższych liczb, wpływ poprawy jakości gleby gospodarstwa na kształtowanie się plonów żyta ma największe znaczenie w rejonie południowo-wschodnim, najsłabsze w rejonie wschodnim granicznym. Rejon środkowo-zachodni zajmuje miejsce pośrednie.

Żyto zatem bardziej korzysta z poprawy jakości gleby gospodarstwa w rejonie południowo-wschodnim niż w rejonie środkowo-zachodnim, zwłaszcza silniej niż w rejonie wschodnim granicznym. Natomiast wykorzystanie wzrostu siły nawozowej gospodarstwa przez żyto kształtuje się odwrotnie: najsilniej w rejonie wschodnim granicznym, najsłabiej w rejonie południowo-wschodnim. Rejon środkowo-zachodni zajmuje tu miejsce pośrednie, ale bliskie do rejonu południowo-wschodniego. Widocznie w tych rejonach siła nawozowa gospodarstw kierowana jest pod inne rośliny.

* *
*

Rozpatrzmy wreszcie zależność plonu przeliczeniowego czterech zbóż, ziemniaków i buraków cukrowych od jakości gleby i siły nawozowej gospodarstw porównawczo między rejonami. Plon wyjściowy po obniżeniu jakości gleby o jedną klasę i wyłączeniu wpływu nawożenia obniża się najsilniej, bo o ca 53% w rejonie wschodnim granicznym, o 44% w rejonie południowo-wschodnim i o 42% w środkowo-zachodnim. Obniżenie jakości gleby o jedną klasę obniża najsilniej średni plon przeliczeniowy w rejonie środkowo-zachodnim (o 1,90 q), nieco słabiej we wschodnim granicznym (o 1,66 q) i stosunkowo najsłabiej w rejonie południowo-wschodnim (o 1,56 q). Odwrotnie działa wyłączenie wpływu nawożenia. W środkowo-zachodnim plon przeliczeniowy obniża się z tego tytułu o 7,04 q, we wschodnim granicznym o 6,00 q, w południowo-wschodnim o 5,20 q. Charakterystyczne jest, że rozpiętości międzyregionalne wpływu tych czynników na plon przeliczeniowy uległy istotnemu spłaszczeniu. Współczynniki regresji plonu względem jakości gleby i nawożenia w rejonach środkowo-zachodnim i wschodnim granicznym są bardzo zbliżone i wyższe niż w rejonie południowo-wschodnim. Wzrost o jedną klasę gleby odpowiada w rejonie środkowo-zachodnim 54 kg, w południowo-wschodnim 52 kg i we wschodnim granicznym 48 kg czy-

stego składnika w stosunku do plonu przeliczeniowego. Wielkości te są zatem bardzo zbliżone, co pozwala sugerować przyjmowanie przy kalkulacji jakości gleby równowartość jednej klasy gleby na około 50 kg czystego składnika NPK.

Elastyczność względem przyrostu nawożenia jest we wszystkich rejonach silniejsza niż względem polepszenia jakości gleby. Jednocześnie elastyczność względem przyrostu siły nawożowej jest najwyższa w rejonie wschodnim granicznym (najniższy poziom przeciętnego nawożenia i najniższy przeciętny wskaźnik jakości gleby) i najniższa w rejonie południowo-wschodnim (stosunkowo najlepsze gleby i najwyższe nawożenie ogółem na 1 ha). Można więc mówić o wyższej efektywności dodatkowego nawożenia w warunkach słabszych gleb i niższego poziomu nawożenia. Podobnie zresztą kształtują się relacje międzyrejonowe współczynników elastyczności względem poprawy jakości gleby. Są one wyższe w rejonie słabych gleb i niskiego nawożenia, niż w rejonie lepszych gleb i stosunkowo wysokiego (szczególnie obornikowego) nawożenia.

Łączna korelacja plonu przeliczeniowego z jakością gleby i nawożeniem jest szczególnie silna w rejonach środkowo-zachodnim i wschodnim granicznym. Korelacja cząstkowa zarówno względem gleby, jak i nawożenia jest najsilniejsza w rejonie środkowo-zachodnim.

W rejonie wschodnim granicznym w stosunku do rejonu południowo-wschodniego plon przeliczeniowy wykazuje silniejszą korelację z nawożeniem, słabszą z jakością gleby. Zastosowanie iloczynu współczynnika regresji i korelacji cząstkowej, dla ilustracji znaczenia gleby i nawożenia w stosunku do plonu przeliczeniowego w poszczególnych rejonach, dało następujący wynik:

Rejon	$0{,}2b_{12,3} \cdot r_{12.3}$	$b_{13,2} \cdot r_{13.2}$
Środkowo-zachodni	1,07	0,020
Południowo-wschodni	0,63	0,011
Wschodni graniczny	0,64	0,020

Znaczenie czynnika jakości gleby okazało się w danym przypadku większe w rejonie środkowo-zachodnim, niż w rejonach południowo-wschodnim i wschodnim granicznym, w tych dwóch rejonach w stosunku do plonu przeliczeniowego jest ono podobne. (Należy pamiętać o odmiennej relacji zbóż (w tym pszenicy i żyta) do ziemniaków i buraków cukrowych w tych rejonach).

Jeśli chodzi o nawożenie, to jego znaczenie jest podobne w rejonie środkowo-zachodnim i wschodnim granicznym. Czynnik ten odgrywa mniejszą rolę w gospodarstwach rejonu południowo-wschodniego (drobne gospodarstwa o dużej obsadzie inwentarza żywego na 1 ha użytków). Innymi słowy, poprawa jakości gleby gospodarstwa jest szczególnie efektywnie wykorzystywana (w drodze zwyżki ogólnego poziomu plonów) w warunkach rejonu środkowo-zachodniego, a przyrost nawożenia daje najmniejsze efekty w rejonie południowo-wschodnim. Dodatkowe nawozy efektywniej jest lokować w poznańskim, bydgoskim i białostockim, niż w kieleckim, krakowskim czy rzeszowskim.

* *
*

Na marginesie analizy współczynników korelacji zwróciliśmy uwagę na silny związek pomiędzy zmiennymi objaśniającymi — glebą i nawożeniem — na gospodarstwo w rejonie wschodnim granicznym. Jak wynika z tabeli 1 zachodzi silna rozbieżność w kształtowaniu się tego współczynnika w różnych rejonach. W rejonie środkowo-zachodnim jest on znacznie niższy niż we wschodnim granicznym, a w południowo-wschodnim jest bliski zera (ze znakiem „minus"). Powstaje pytanie, jakie są przyczyny takiego zróżnicowania? Wydaje się, że pewne wyjaśnienie kryje się w zestawieniu kształtowania się współczynnika r_{23} z przeciętnym poziomem jakości gleby M_2 i przeciętnym poziomem nawożenia M_3.

Rejon	M_2	Wskaźnik przyrostu	M_3	Wskaźnik przyrostu	r_{23}
Wschodni graniczny	0,93		158		0,75
		113		134	
Środkowo-zachodni (plon przeliczeniowy)	1,07		213		0,41
		108		105	
Środkowo-zachodni (pszenica)	1,16		224		0,42
		107		101	
Południowo-wschodni	1,24		227		—0,04

Widzimy więc charakterystyczną współzmienność wielkości współczynnika korelacji z przeciętnym poziomem jakości gleby i nawożenia. Im niższa jakość gleby, tym niższe nawożenie i wyższy współczynnik korelacji pomiędzy jakością gleby i nawożeniem. Poprawa warunków glebowych powoduje jednocześnie wzrost siły nawozowej gospodarstwa. Jednocześnie jednak przyrostowi jakości gleby odpowiada coraz wolniejszy przyrost poziomu nawożenia. Oczywiście jest to wyjaśnienie bardzo powierzchowne, wymagające pogłębienia. Wykracza to jednak poza ramy tego artykułu.

* *
*

Dotychczas zajmowaliśmy się analizą porównawczą efektywności wzrostu jakości gleby i poziomu nawożenia na poszczególne rośliny, mając przede wszystkim na uwadze zróżnicowanie rejonowe. Spróbujmy z kolei zestawić tę efektywność porównawczo pomiędzy pszenicą i żytem (plon przeliczeniowy jako przeciętna z plonów różnych roślin nie wchodzi do tej analizy). Jeszcze raz gwoli jasności przypominamy, że dysponujemy danymi o jakości gleby i nawożeniu nie pod poszczególne rośliny, a w stosunku do całego gospodarstwa.

Rozpatrzmy na podstawie powyższej tabeli najbardziej charakterystyczne relacje plonów pszenicy i żyta w stosunku do jakości gleby i nawożenia w poszczególnych rejonach. Obniżenie jakości gleby o jedną klasę i wyłączenie wpływu nawożenia w rejonie środkowo-zachodnim powoduje silniejszy spadek plonów pszenicy niż żyta. „Wyjściowy" plon żyta jest wyższy niż plon pszenicy. Jak wskazują współczynniki regresji, ob-

niżenie jakości gleby o jedną klasę słabiej oddziaływuje na plony pszenicy niż żyta (pszenica uprawiana jest z reguły na lepszych glebach). Decydujące znaczenie dla kształtowania się plonów pszenicy w tym rejonie ma poziom nawożenia. Świadczy o tym zarówno odpowiedni współczynnik regresji, jak i korelacji cząstkowej. Należy zarazem zauważyć, że w tym rejonie efekt polepszenia (względnie obniżenia) jakości gleby o jedną klasę daje (w porównaniu z innymi rejonami) stosunkowo niskie efekty w plonach żyta. Iloczyny odpowiednich współczynników regresji i korelacji wskazują ogólnie na relatywnie silniejsze znaczenie wzrostu jakości gleby gospodarstwa dla żyta (dominującego w strukturze roślin zbożowych tego rejonu) w stosunku do pszenicy. Odwrotnie — wzrost siły nawozowej gospodarstwa rzutuje w tym rejonie znacznie silniej na plony pszenicy niż żyta.

Tabela 2

Regresja i korelacja pomiędzy plonami pszenicy i żyta a jakością gleby i nawożeniem

Roślina	M_1	a	$0{,}2 \cdot b_{12.3}$	$b_{13.2}$	$R_{1.23}$	$r_{12.3}$	$r_{13.2}$	$0{,}2b_{12.3} \times r_{12.3}$	$b_{13.2} \times r_{13.2}$
				Środkowo-zachodni					
Pszenica	20,25	11,05	0,21	0,040	0,42	0,05	0,37	0,01	0,015
Żyto	18,56	14,17	0,80	0,017	0,53	0,30	0,34	0,24	0,006
				Południowo-wschodni					
Pszenica	19,11	14,38	1,06	0,015	0,34	0,29	0,21	0,31	0,003
Żyto	17,98	13,44	1,10	0,014	0,42	0,37	0,25	0,41	0,004
				Wschodni graniczny					
Pszenica	13,90	8,08	2,60	0,022	0,60	0,31	0,19	0,81	0,004
Żyto	12,48	5,46	1,08	0,038	0,66	0,16	0,41	0,17	0,016

W rejonie wschodnim granicznym obraz tych relacji jest w pewnym sensie przeciwstawny w stosunku do rejonu środkowo-zachodniego. Czynnik glebowy (poprawa jakości gleby gospodarstwa) rzutuje przede wszystkim na plony pszenicy, natomiast siła nawozowa gospodarstw (jej wzrost) odbija się na plonach żyta. Upraszczając można powiedzieć, że dodatkowa lepsza gleba kierowana jest w tym rejonie pod pszenicę, dodatkowe nawożenie bezpośrednio (lub pośrednio — z tytułu następstwa roślin) pod żyto.

Rejon południowo-wschodni zajmuje miejsce pośrednie. Czynnik glebowy i nawozowy mniej więcej równomiernie rozkładają swoje efekty pomiędzy pszenicę i żyto (z pewną przewagą dla żyta, które w tym rejonie zajmuje stosunkowo mały udział w strukturze zasiewów).

Ogólnie można stwierdzić stosunkowo ograniczone możliwości uzyskania istotnej zwyżki plonu z tytułu przesunięcia pszenicy na lepsze gleby w rejonie środkowo-zachodnim i po części południowo-wschodnim, nato-

miast w rejonie wschodnim granicznym możliwości te są istotne (w tym ostatnim należy pamiętać o silnym sprzężeniu między jakością gleby i poziomem nawożenia).

Jak wynika z uzyskanych wyników (tabl. 2), przeciętne plony pszenicy we wszystkich rejonach są około 1—1,5 q wyższe niż plony żyta. Powstaje pytanie, czy i na ile wynika to z biologicznych właściwości pszenicy, jako rośliny z natury bardziej plennej niż żyto, a na ile z faktu, że pszenica z reguły uprawiana jest na lepszych glebach, na lepszych stanowiskach, i jest silniej nawożona.

Nie dysponując danymi bezpośrednimi spróbowaliśmy na to pytanie odpowiedzieć pośrednio, a mianowicie, czy i w jakim stopniu — po wyeliminowaniu wpływu jakości gleby i nawożenia — zwiększenie udziału pszenicy w strukturze zasiewów roślin zbożowych wpływa na przeciętny plon 4 zbóż. W tym celu obliczone zostało równanie regresji X_1 — przeciętnego plonu 4 zbóż w stosunku do trzech zmiennych: X_2 — % pszenicy w zasiewach zbóż, X_3 — siły nawozowej gospodarstwa (nawozy mineralne i obornik w czystym składniku na 1 ha użytków rolnych gospodarstwa) i X_4 — jakości gleby (we wskaźniku hektara przeliczeniowego); (0,2 współczynnik = jednej klasie gleby) dla całej populacji 83 gospodarstw w trzech badanych rejonach łącznie) [1].

Uzyskano następujące równanie regresji:

$$X_1 = 2{,}71 - 0{,}007\,X_2 + 0{,}029\,X_3 + 7{,}73\,X_4; \quad \bar{S}_{1.234} = 3{,}41$$
$$r_{1,234} = 0{,}69; \qquad 0{,}2b_{14.23} = 1{,}55$$

Jak wynika z powyższego równania zwiększeniu siły nawozowej gospodarstw o 1 kg czystego składnika odpowiada zwyżka plonu o ca 3 kg; poprawa jakości gleby o jedną klasę zwiększa ten plon o ca 1,5 q. Związek plonu z siłą nawozową i jakością gleby okazał się w skali trzech rejonów podobny:

$$r_{13.24} = 0{,}49; \qquad r_{14,23} = 0{,}48$$

Natomiast analiza nie wykazała żadnego wpływu udziału pszenicy w strukturze zasiewów na poziom przeciętnego plonu 4 zbóż, ani żadnego związku między tymi wielkościami ($r_{12.34} = 0{,}03$ — odmienność znaku współczynnika korelacji bliskiego zeru w stosunku do współczynnika regresji, również bliskiego zeru, wynika z zaokrągleń rachunkowych). Sugeruje to ostrożność w nadziejach na istotne zwiększenie plonów zbóż z tytułu mechanicznego zwiększenia obszaru pod pszenicą. W zależności od rejonu czynnikiem decydującym są tu bądź możliwości przesunięcia pszenicy na lepsze gleby (wschodni graniczny), bądź zwiększenie siły nawozowej gospodarstw (rejon środkowo-zachodni), bądź obydwa czynniki łącznie.

Na podstawie powyższej analizy można sformułować następujące wnioski:

1. Rozpatrując porównawczo (pomiędzy trzema rejonami) efekty poprawy jakości gleby w stosunku do **ogólnego** poziomu plonów, można stwierdzić, że czynnik ten odgrywa szczególną rolę w rejonie środkowo-

[1] Obliczenie przeprowadziła mgr inż. Eliza Kurek z Zakładu Ogólnej Ekonomiki IER.

-zachodnim. Innymi słowy, różnice ekonomiczne pomiędzy gospodarstwami z tytułu różnic w jakości gleby w tym rejonie odgrywają istotniejszą rolę niż w rejonie wschodnim granicznym o podobnej jakości gleby i obszarze gospodarstw.

2. Rejon wschodni graniczny nie ustępuje rejonowi środkowo-zachodniemu pod względem efektywności dodatkowego nawożenia. Poprawa siły nawozowej gospodarstw w tym rejonie może dać istotne i szybkie wyniki w podniesieniu jego produktywności.

3. Różnicująca rola jakości gleby odgrywa stosunkowo najmniejszą rolę w rejonie południowo-wschodnim, tzn. w rejonie drobnych gospodarstw na stosunkowo lepszych glebach. W gospodarstwach tego rejonu występują oznaki nasycenia nawozowego, przynajmniej przy obecnej relacji obornika do nawozów mineralnych.

4. Efektywność wzrostu siły nawozowej gospodarstw, przeciętnie dla trzech analizowanych rejonów, wyraża się relacją: 1 kg czystego składnika w oborniku i nawozach mineralnych = ±3 kg plonu przeliczonego w zbożu. Poprawa jakości gleby o jedną klasę daje w efekcie przeciętny przyrost plonu około 1,5 q w przeliczeniu na zboże. Względnie — jedna klasa gleby = około 50 kg „siły nawozowej" gospodarstw.

5. Nawożenie jest silnie skorelowane z jakością gleby w warunkach słabych gleb. W miarę wzrostu jakości gleby związek ten słabnie.

6. Zwiększenie udziału pszenicy w strukturze zasiewów zbożowych nie powoduje wzrostu przeciętnego plonu 4 zbóż, jeśli procentowemu wzrostowi udziału pszenicy nie towarzyszy — w zależności od rejonu — bądź poprawa jakości gleby, bądź wzrost siły nawozowej, bądź też obydwa czynniki łącznie. Nakazuje to ostrożność w rozszerzaniu powierzchni uprawy pszenicy kosztem innych roślin.

АНАТОЛЬ БЖОЗА
Институт экономики сельского хозяйства
Варшава

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ПОЧВЫ И ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ

Резюме

В статье обсуждаются итоги сопоставимого анализа влияния качества почвы в крестьянских хозяйствах, размеров и состава вносимых в землю минеральных и органических удобрений на урожайность пшеницы, ржи и на так наз. пересчетную урожайность (средняя урожайность четырех зерновых, картофеля и сахарной свеклы, пересчитанная на зерновые) в трех районах Польши. Анализ сделан на основании методов регрессии и частной корреляции.

Релятивное значение фактора плодородия почвы оказалось сильнее в районе интенсивного хозяйства и с высоким уровнем сельского хозяйства по сравнению с районом, ведущим экстенсивное хозяйство. Но по эффективности и значению роста способности вношения удобрений, район, ведущий экстенсивное хозяйство, не уступает, если не превышает района более интенсивного.

Дифференцирующая роль качества почвы имеет довольно небольшое значение в районах мелких хозяйств со сравнительно лучшими почвами. В хозяйствах этого района выступают признаки насыщения удобрениями.

Средняя эффективность роста способности вношения удобрений в обследуемых хозяйствах выражается величиной: $b_3 \pm 0{,}03$ q, а средняя эффективность улучшения качества почвы на 1 класс: $b_2 \pm 1{,}5$ q прироста урожайности, выраженного в зерне.

Исследовано также влияние увеличения доли пшеницы в посевах зерновых на среднюю урожайность этих культур. Анализ не выявил регрессии средней урожайности зерновых по отношению к процентной доли пшеницы в посевах, где не принималось во внимание влияние качества почвы и применения удобрений.

ANATOL BRZOZA
The Institute of Agricultural Economics
Warsaw

THE INFLUENCE OF SOIL TYPE AND FERTILIZATION ON CROPS

Summary

The article discusses the results of comparative analysis into the influence of soil type and degree of fertilization on crops of wheat, rye and the so called calculated crop (average crop of the four cereals, potatoes and sugar beet expressed as grain) on peasant farms in three regions of Poland. The analysis was based on regressive methods and particle correlations.

The relative importance of the soil factor was greater in regions of intensive farming and high agricultural tradition than in regions of more extensive farming. Nevertheless, with regard to the effective use and amount of fertilization, regions of extensive farming do not benefit, unless application is greater than in regions of higher intensity.

The differentiating role of soil type plays the smallest part in regions of good farming and relatively better soils. In farms of this region there are signs of manuring saturation.

The average effectiveness of the increase in the amount of fertilization in the farms which were analysed is expressed by: $b_3 = \pm 0.03$ q and the average improvement to first class soil types by: $b_2 = \pm 1.15$ q the increased yield expressed in terms of grain.

The influence of the increased amount of wheat sown on the average yield of grain crops was also investigated. The analysis did not reveal deterioration of the average grain yield relative to the percentage part of wheat sown, and after the influence of soils and fertilization had been removed.