

**Jerzy Rejman**

*Instytut Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego PAN  
w Lublinie*

## EKONOMICZNY ASPEKT OBNIŻENIA PRODUKTYWNOŚCI GLEB PŁOWYCH W TERENACH LESSOWYCH

### Wstęp

Badania nad plonowaniem roślin w urzeźbionym terenie lessowym były prowadzone na Lubelszczyźnie od szeregu lat. Jako podstawę porównawczą przyjmowano w nich plon na wierzchowinie lub nieerodowanej glebie płowej. Badania wykazały znaczne zróżnicowanie relatywnego plonu różnych roślin w poszczególnych latach (niezależnie od zabiegów agrotechnicznych), co świadczy o dominującym wpływie warunków klimatycznych. Wyraźne różnice plonów stwierdzano również w poszczególnych latach, a w zależności od lokalizacji poletek przyczyn zróżnicowania dopatrywano się w oddziaływaniu czynnika topograficznego (badania prowadzone na poletkach zlokalizowanych wzdłuż linii przekrojowych poprzecznych do osi zlewni) lub glebowego (badania prowadzone na poletkach zlokalizowanych w różnych częściach zlewni). Największą liczbę badań przeprowadzono nad plonowaniem roślin zbożowych, a tylko pojedyncze nad burakiem cukrowym, marchwią, kukurydzą oraz roślinami paszowymi. Oddziaływanie czynnika topograficznego na plonowanie związane jest ze zróżnicowaniem mikroklimatu i rozmieszczenia składników nawozowych oraz próchnicy w różnych elementach rzeźby (5), natomiast gleboznawcy upatrują przyczyn zróżnicowania plonów w zmianach właściwości gleb (9, 17, 18). Problem zróżnicowania plonów w terenach urzeźbionych podejmowano również w badaniach zagranicznych. Przyczyn obniżki plonów upatrywano w zmniejszeniu zawartości substancji organicznej, pogorszeniu struktury i wzroście zagęszczenia gleby, obniżeniu zawartości wody dostępnej dla roślin i niedoborze składników pokarmowych oraz zmniejszeniu miąższości gleby (1, 2, 3, 16).

Długoletni okres użytkowania rolniczego terenów lessowych oraz towarzysząca temu erozja spowodowały znaczne przekształcenia gleb polegające na spłyceniu profilu („proces ogławiania”) lub nadbudowie gleby materiałem depozycyjnym. Zmiany te odzwierciedla klasyfikacja wyróżniająca gleby nieerodowane, o różnym stopniu (klasie) zerodowania, i deluwialne (17). Gleba nieerodowana charakteryzuje się pełną sekwencją poziomów genetycznych gleby płowej (Ap-Eet-B1t-B2t-BC-C-Cca). W glebie słabo zerodowanej poziom Ap jest utworzony przy współdziałaniu poziomu

B1t, w średnio – z B2t, silnie – BC, a w bardzo silnie zerodowanej przy udziale skały macierzystej (lessu węglanowego). Wprawdzie w tradycyjnym opisie erozji wierzchowina jest obszarem, w którym erozja nie występuje, a erodowane są zbocza, to jednak w terenach lessowych w obu tych przypadkach występuje mozaika gleb nieerodowanych, o różnym stanie zerodowania oraz deluwialnych. Jak dotąd badania nad przestrzennym rozmieszczeniem gleb przeprowadzono w czterech obiektach Płaskowyżu Nałęczowskiego obejmujących zlewnię (14) lub jej fragment (15, 18, 19). Wyniki tych badań umożliwiają ocenę udziału poszczególnych gleb w terenie lessowym oraz stwarzają możliwość oceny produktywności gleb pod warunkiem ustalenia zależności między plonowaniem i stanem zerodowania gleby. Zależność tę oceniano w badaniach prowadzonych zarówno na poletkach zlokalizowanych wzdłuż linii przekrojowych zlewni, jak i zlokalizowanych w różnych częściach zlewni. Analizę ograniczono do podstawowych zbóż z uwagi na zbyt małą liczebność, a zatem i reprezentatywność badań z innymi roślinami.

Celem pracy było wyznaczenie wskaźnika plonowania roślin zbożowych dla zerodowanych gleb płowych wytworzonych z lessu oraz ocena wpływu stanu zerodowania na potencjał produkcyjny terenów lessowych na przykładzie obiektów Płaskowyżu Nałęczowskiego, skartowanych pod względem budowy gleb.

### Metodyka

Na podstawie danych literaturowych opracowano bazę danych obejmującą 19 lat badań nad plonowaniem roślin zbożowych przeprowadzonych na Płaskowyżu Nałęczowskim (Wyż. Lubelska) w okresie 1977–2008. W bazie uwzględniono jedynie te badania, w których wyróżniono stan (klasę) zerodowania gleby lub można było go określić na podstawie opisu budowy gleby (1) oraz te, w których analizą plonu objęta była nieerodowana gleba płowa (2). Wielkość plonu na tej glebie przyjęto jako plon referencyjny, stanowiący podstawę porównawczą plonowania. W wartościach bezwzględnych średnia wielkość plonu pszenicy ozimej wyniosła 4,7, pszenicy jarej 5,2 i jęczmienia jarego 3,6 t·ha<sup>-1</sup>, ze współczynnikami zmienności od 24 do 27%.

Łącznie baza danych obejmowała 26 doświadczeń polowych, w tym 11 z jęczmieniem jarym, 8 z pszenicą jarą i 7 z pszenicą ozimą. Jedynie w trzech z nich ocenę plonowania roślin przeprowadzono na glebie nieerodowanej, na wszystkich czterech klasach zerodowania i glebie deluwialnej (8, 13), w ośmiu doświadczeniach – na 5 glebach (4, 9, 12), w dziesięciu – na 4 glebach (5) oraz w pięciu – na 3 (6). Najczęściej badania prowadzono (poza glebą nieerodowaną) na glebie deluwialnej (26 badań) oraz słabo zerodowanej (24 badania). Mniej licznie reprezentowane były gleby bardzo silnie (16), średnio (11) i silnie (10) zerodowane. W bazie danych zebrano wyniki badań prowadzonych na poletkach zlokalizowanych w obrębie jednego zbocza (11 badań), dwóch naprzeciwległych zboczy (12) oraz na wierzchowinie (3). Dla zebranych danych wyznaczono podstawowe parametry statystyczne (wartość średnia, odchylenie standardowe, współczynnik zmienności). Wartość średnią relatywnego plonu

dla analizowanych roślin zbożowych przyjęto jako wskaźniki plonowania na glebach o danym stopniu (klasie) zerodowania i na glebie deluwialnej.

Ocenę wpływu erozji na produktywność gleb przeprowadzono dla czterech obiektów Płaskowyżu Nałęczowskiego, w których wykonano opis budowy gleb w siatce przestrzennej 10 x 10 m, 20 x 20 m lub 25 x 25 m (14, 15, 18, 19); (tab. 1). Obiekty różniły się topografią (zlewnia, fragment zlewni), czasem użytkowania rolniczego oraz okresem stosowania orki traktorowej. Zlewnię w Bogucinie włączano stopniowo do użytkowania rolniczego w latach 1820, 1932 i 1946, obiekt w Czesławicach najprawdopodobniej w XV, a w Elizówce w XIII w. Orkę traktorową stosowano od lat 50. ubiegłego wieku w Czesławicach i Elizówce (gospodarstwa doświadczalne UP w Lublinie), natomiast w Bogucinie od lat 70. ubiegłego wieku. W każdym ze skartowanych obiektów została określona liczba gleb nieerodowanych, o różnym stopniu zerodowania i deluwialnych. Na podstawie stosunku liczby poszczególnych gleb do ogólnej liczby opisanych pedonów wyznaczono procentowy udział gleb w badanym obszarze. Udział gleb nieerodowanych zawierał się w przedziale 9,8-25,0%, zerodowanych 41,0-53,5% (w tym bardzo silnie zerodowanych 0,6-7,4%) i deluwialnych 28,7-49,2%. Dla każdego ze skartowanych obszarów wyznaczono pozorną zmianę areалу – jego zmniejszenie dla powierzchni zajętej przez gleby zerodowane i powiększenie dla gleb deluwialnych (iloczyn wskaźnika plonowania i rzeczywistej powierzchni). Na podstawie stosunku pozornej utraty areálu do jego rzeczywistej powierzchni wyznaczono wielkość obniżenia plonu dla danego obiektu.

Tabela 1

Parametry obszarów skartowanych gleboznawczo oraz procentowy udział gleb nieerodowanych, zerodowanych i deluwialnych, Płaskowyż Nałęczowski (Wyż. Lubelska)

Miejscowość	Bogucin	Czesławice	Elizówka I	Elizówka II
Obiekt	zlewnia	zbocze	fragment zlewni	fragment zlewni
Powierzchnia skartowana (ha)	5,7	3,8	7,6	20,2
Liczba opisanych profili	463	61	121	323
Źródło	Rejman i in., 2005	Rejman i in., 1998	Turski i in., 1992	Turski i Słowińska-Jurkiewicz, 1994
Gleba	udział poszczególnych gleb w obszarze badań (%)			
Nierodowana	25,0	9,8	20,7	13,3
Słabo zerodowana	27,9	13,1	17,4	18,0
Średnio zerodowana	12,1	8,2	10,7	13,9
Silnie zerodowana	5,7	13,1	14,0	14,2
Bardzo silnie zerodowana	0,6	6,6	5,8	7,4
Deluwialna	28,7	49,2	31,4	33,2

Źródło: opracowanie własne.

## Wyniki

### Wskaźnik plonowania roślin zbożowych

Analiza bazy danych wykazała tendencję zmniejszenia relatywnego plonu wszystkich roślin wraz ze wzrostem stopnia zerodowania gleby (tab. 2). Dla wszystkich gleb zerodowanych średnie obniżenie plonu w stosunku do gleby nieerodowanej wyniosło od 15% (dla pszenicy ozimej) do 16,9% (dla jęczmienia jarego). Nie jest to jednak spadek proporcjonalny w stosunku do wzrostu stopnia zerodowania gleby. Dla gleb przekształconych w mniejszym stopniu pod wpływem erozji (tj. od słabo do średnio zerodowanej) średnie obniżenie plonu zbóż zawierało się w przedziale od 9,0 do 9,9%. Wyraźne zmniejszenie plonu stwierdzono natomiast na glebie bardzo silnie zerodowanej (średnio o 25,9%), przy czym rośliną najmniej wrażliwą była pszenica jara (spadek plonu o 18,3%), średnio wrażliwą pszenica ozima (o 23,4%), a najbardziej jęczmień jary (o 33,4%).

Analizując dane, należy zwrócić uwagę na dużą zmienność wielkości relatywnego plonu na glebach zerodowanych (wyrażoną poprzez wartości odchylenia standardowego) oraz duży błąd względny (współczynnik zmienności). Wielkości te wskazują, że nie zawsze plon zbóż na glebach zerodowanych był mniejszy w porównaniu z uzyskanym na glebie nieerodowanej. Wśród zebranych danych większe plony (dochodzące maksymalnie do 116%) stwierdzano w 2 przypadkach na glebach słabo, średnio

Tabela 2

Parametry statystyczne relatywnego plonu zbóż na zerodowanych glebach płowych i glebie deluwialnej (100% – plon na nieerodowanej glebie płowej)

Roślina uprawna	Parametr statystyczny	Stan (klasa) zerodowania gleby				Gleba deluwialna
		słabo zerodowana	średnio zerodowana	silnie zerodowana	bardzo silnie zerodowana	
Pszenica ozima	wartość średnia (%)	90,7	89,7	88,6	76,6	98,5
	odchylenie std. (%)	10,1	15,7	-	17,0	21,6
	wsp. zmienności (%)	11,1	17,5	-	22,3	21,9
	liczebność (n)	7	3	1	6	7
Pszenica jara	wartość średnia (%)	87,1	89,2	83,4	81,7	120,8
	odchylenie std. (%)	8,2	2,6	6,4	25,6	42,8
	wsp. zmienności (%)	9,4	2,9	7,7	31,3	35,4
	liczebność (n)	8	4	5	4	8
Jęczmień jary	wartość średnia (%)	92,3	93,7	88,9	66,6	91,7
	odchylenie std. (%)	8,0	8,9	12,5	15,1	15,5
	wsp. zmienności (%)	8,6	9,5	14,1	22,7	16,9
	liczebność (n)	9	4	4	6	11
Rośliny zbożowe łącznie	wartość średnia (%)	90,1	91,0	86,1	74,1	102,5
	odchylenie std. (%)	8,6	8,9	8,9	18,6	29,7
	wsp. zmienności (%)	9,6	9,8	10,3	25,1	29,0
	liczebność (n)	24	11	10	16	26

Źródło: opracowanie własne.

i bardzo silnie zerodowanych oraz jeden raz na glebie silnie zerodowanej. Najmniejsze plony relatywne występowały zawsze na glebie bardzo silnie zerodowanej i wynosiły 44, 54 i 65% wielkości plonu na glebie nieerodowanej, odpowiednio dla jęczmienia jarego, pszenicy jarej i ozimej.

Średni plon relatywny zbóż na glebie deluwialnej był nieznacznie większy w porównaniu z plonem uzyskanym na glebie nieerodowanej i wynosił 102,5%. Największy plon relatywny stwierdzono dla pszenicy jarej (120,8%), przy czym na tak dużą jego wielkość wpływ miały dwa przypadki – 162,1% oraz 209,6% (12). Tak duże plony osiągnięto przy lokalizacji gleby deluwialnej w linii okresowego skoncentrowanego spływu powierzchniowego. Plon jęczmienia w innych pozycjach topograficznych gleby deluwialnej (zbocza zlewni), jak wskazują ci autorzy, był mniejszy i wyniósł 98,0-102,3%. Średni plon dla pszenicy ozimej wyniósł 98,5%, a dla jęczmienia jarego 91,7%. Plony zbóż na glebie deluwialnej cechowała największa zmienność, ze wskaźnikiem zmienności 29,7%.

W opracowanej bazie danych część badań, głównie na glebie bardzo silnie zerodowanej, prowadzono na zboczu południowym, przeciwległym do pozostałych gleb, co mogło wywrzeć wpływ na różnice wielkości plonu relatywnego (5). W związku z tym wyniki plonowania zestawiono w zależności od lokalizacji poletek w rzeźbie terenu (tab. 3). Zestawienie danych wskazuje jednak, że niezależnie czy badania prowadzone na jednym, czy na przeciwległych zboczach różnice plonów relatywnych pozostają na zbliżonym poziomie, z najmniejszymi wartościami średnimi dla gleby wytworzonej bezpośrednio z lessu węglanowego. Nie zawsze jednak wyniki badań plonowania są tak jednoznaczne. Z uwagi na występowanie gleb deluwialnych na pozycji wierzchowin w zestawieniu nie ujęto badań M a z u r a i O r l i k a (6) prowadzonych

Tabela 3

Parametry statystyczne relatywnego plonu zbóż na zerodowanych glebach pławych i glebie deluwialnej (100% – plon na nieerodowanej glebie pławej) w zależności od lokalizacji poletek

Lokalizacja poletek	Parametr statystyczny	Stan (klasa) zerodowania gleby				Gleba deluwialna
		słabo zerodowana	średnio zerodowana	silnie zerodowana	bardzo silnie zerodowana	
Jedno zbocze (n = 10)	wartość średnia (%)	89,8	87,8	85,4	72,2	101,4
	odchylenie std. (%)	6,3	5,6	4,7	5,5	27,5
	wsp. zmienności (%)	7,0	6,4	5,5	7,6	27,1
	liczebność (n)	10	7	5	4	10
Dwa zbocza (n = 12)	wartość średnia (%)	86,9	b.d.	76,7	74,1	103,1
	odchylenie std. (%)	9,0	b.d.	0,0	21,3	34,5
	wsp. zmienności (%)	10,4	b.d.	0,0	28,7	33,4
	liczebność (n)	10	b.d.	1	11	12
Fragment zlewni (n = 4)	wartość średnia (%)	99,0	96,5	89,4	81,9	103,1
	odchylenie std. (%)	4,2	9,8	10,8	0,0	7,5
	wsp. zmienności (%)	4,2	10,1	12,0	0,0	7,2
	liczebność (n)	4	4	4	1	4

Źródło: opracowanie własne.

w przekroju A-B-C, w których analizowano plonowanie na glebie bardzo silnie zerodowanej występującej na zboczu o wystawie południowej i wschodniej. Stwierdzili oni znaczne zróżnicowanie plonu w zależności od ekspozycji terenu. Na zboczu o wystawie południowej plon pszenicy ozimej był dwukrotnie większy w porównaniu z uzyskanym przy uprawie na polu o wystawie wschodniej, podczas gdy jęczmienia jarego był mniejszy o 22 i 32%.

Plony zbóż w układzie przestrzennym nie wykazują już tak wyraźnych różnic między glebami o różnym stopniu zerodowania, zachowując jednak trend spadkowy wraz z nasileniem erozji. Należy jednak podkreślić, iż w trzyletnich badaniach I g l i k (4) nie występowała gleba bardzo silnie zerodowana, natomiast w badaniach R e j m a n a i in. (13) ocenę plonowania prowadzono na stanowisku po trzyletniej uprawie lucerny.

#### Ocena produktywności gleb w urzeźbionym terenie lessowym

Analiza danych wykazała, że średnie obniżenie plonu zbóż spowodowane przekształceniem gleb płowych w wyniku erozji, w skartowanych pod względem ich budowy obiektach Płaskowyżu Nałęczowskiego, wyniosło od 4,1 do 6,1% wielkości plonu (tab. 4). Przyrost plonu powodowany udziałem gleb deluwialnych był niewielki i zawierał się w przedziale od 0,7% w Bogucinie do 1,2% w Czesławicach, a jego obniżenie wynikłe z obszaru zajmowanego przez gleby zerodowane wyniosło od 4,8 do 6,9%, odpowiednio dla Bogucina i Elizówki II. Dla Bogucina, będącego obiektem o najkrótszym okresie użytkowania rolniczego, 80% obniżka plonu wynikała z użytkowania gleb słabo i średnio zerodowanych, a 20% z uprawy na glebach silnie i bardzo silnie zerodowanych. W przypadku pozostałych obiektów większy udział w obniżce plonu był związany z glebami silnie i bardzo silnie zerodowanymi (56-63%).

Tabela 4

Obniżenie plonu w obrębie skartowanych gleboznawczo obszarów Płaskowyżu Nałęczowskiego (Wyżyna Lubelska), a – areal rzeczywisty; b – pozorna zmiana arealu (zmniejszenie powierzchni dla gleb zerodowanych, zwiększenie dla deluwialnych)

Gleba	Wskaźnik plonowania	Bogucin		Czesławice		Elizówka I		Elizówka II	
		a	b	a	b	a	b	a	b
Nierodowana	1,000	1,425	1,425	0,372	0,372	1,573	1,573	2,687	2,687
Słabo zerodowana	0,901	1,590	1,433	0,498	0,449	1,322	1,191	3,636	3,276
Średnio zerodowana	0,910	0,690	0,628	0,312	0,284	0,813	0,740	2,808	2,555
Silnie zerodowana	0,861	0,325	0,280	0,498	0,429	1,064	0,916	2,868	2,470
Bardzo silnie zerodowana	0,741	0,034	0,025	0,251	0,186	0,441	0,327	1,495	1,108
Deluwialna	1,025	1,636	1,677	1,870	1,916	2,386	2,445	6,706	6,872
Ogółem areal (ha)		5,700	5,467	3,801	3,636	7,599	7,192	20,200	18,968
Pozorna utrata arealu (ha)			0,233		0,165		0,407		1,232
Obniżka plonu w badanym obszarze (%)			4,1		4,3		5,4		6,1

Źródło: opracowanie własne.



Średnim wartościom obniżki plonów (tab. 4) można przypisać konkretne wielkości ekonomiczne. Przyjmując wielkość plonu pszenicy na poziomie  $5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (wartość średnia z bazy danych) oraz cenę jednostkową  $450 \text{ zł}\cdot\text{t}^{-1}$  wartość utraty plonu spowodowana przekształceniem gleby wskutek erozji zawiera się w przedziale od 92 do  $137 \text{ zł}\cdot\text{ha}^{-1}$ , a dla jęczmienia od 55 do  $83 \text{ zł}\cdot\text{ha}^{-1}$  ( $3,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  i  $380 \text{ zł}\cdot\text{t}^{-1}$ ).

### Dyskusja

W podsumowaniu 18-letnich badań nad plonowaniem roślin uprawnych w urzeźbionym terenie lessowym M a z u r (5) stwierdził, że na wielkość plonów oprócz zróżnicowania gleb pod względem procesów erozyjnych wpływ wywiera również lokalny mikroklimat warunkowany rzeźbą terenu. Wykazał on, że największe plony uzyskiwano w dolinie i na wierzchowinie, mniejsze na zboczu o wystawie północnej i najmniejsze na zboczu o wystawie południowej. Jednak w przeprowadzonych przez niego badaniach na wierzchowinie występowała gleba nieerodowana, na zboczu o wystawie północnej słabo zerodowana, południowej bardzo silnie zerodowana, a w dolinie deluwialna. Prowadząc badania w tym układzie doświadczalnym trudno jest oddzielić wpływ jaki ma na plonowanie gleba i rzeźba terenu. Ocena oddziaływania obu tych czynników jest tym bardziej utrudniona, iż w obrębie wierzchowiny i zboczy występuje mozaika gleb nieerodowanych, o różnym stanie zerodowania i deluwialnych (10, 15, 18, 19). O występowaniu gleb deluwialnych i słabo zerodowanych w pozycji wierzchowiny świadczą również niektóre badania prowadzone w przekrojach zlewni (6). Tak duże zróżnicowanie budowy gleb wynika z przekształcenia pierwotnej rzeźby terenów lessowych oraz pokrywających je gleb płowych w wyniku długoletniego użytkowania rolniczego oraz towarzyszącym temu procesom erozji. Przedstawiona analiza wpływu stanu zerodowania gleby na plonowanie objęła badania prowadzone zarówno w obrębie jednego, jak i dwóch naprzeciwległych zboczy oraz obszaru wierzchowiny. Można przypuszczać zatem, że wyliczone wskaźniki plonowania uwzględniają również częściowo oddziaływanie czynnika mikroklimatycznego, związanego z układem topograficznym. Wpływ ten nie jest jednak tak duży, aby przesłonić oddziaływanie zróżnicowanego stanu zerodowania gleby.

Wyniki badań nad plonowaniem roślin zbożowych świadczą o tym, że plon relatywny maleje wraz ze wzrostem stopnia (klasy) zerodowania gleby płowej i jest on wyraźnie najmniejszy na glebie bardzo silnie zerodowanej, tj. o warstwie ornej wytworzonej bezpośrednio z lessu węglanowego. Obniżenie produktywności gleb erodowanych łącznie jest najczęściej ze zmniejszeniem zawartości węgla organicznego, pogorszeniem struktury i wzrostem zagęszczenia gleby, zmniejszeniem ilości wody oraz składników pokarmowych dostępnych dla roślin (1, 2, 3, 16). Badania prowadzone na glebach płowych wytworzonych z lessu wskazują na pogorszenie się właściwości fizycznych gleb słabo i średnio zerodowanych (zmniejszenie zawartości agregatów wodoodpornych oraz porowatości gleb, zwiększenie gęstości gleby, obniżenie retencji wody użytecznej) oraz na ich poprawę w glebach silnie i bardzo silnie zerodo-

wanych. Wśród właściwości fizykochemicznych całkowita kationowa pojemność sorpcyjna wzrastała wraz ze stopniem zerodowania gleby, a stan wysycenia kompleksu sorpcyjnego gleb kationami wymiennymi o charakterze zasadowym był największy w glebach bardzo silnie zerodowanych, charakteryzujących się odczynem obojętnym lub lekko zasadowym (9, 17). Analizy zawartości węgla organicznego wskazują na występowanie istotnych różnic między glebami nieerodowanymi, zerodowanymi i deluwialnymi według jednych (8, 9) lub na ich brak według innych autorów (18).

Pogorszenie właściwości fizycznych gleb słabo i średnio zerodowanych znajduje odzwierciedlenie w obniżeniu wielkości relatywnego plonu zbóż, średnio o 9-10% w stosunku do gleby nieerodowanej (tab. 2). W miarę zwiększania zerodowania gleby, pomimo poprawy właściwości gleb (zmniejszenie gęstości, zwiększenie zawartości mezoporów, pojemności wodnej i retencji wody użytecznej oraz zmianie odczynu gleby do obojętnego), obserwujemy znaczne obniżenie plonów wynoszące 13 i 25%, odpowiednio dla gleb silnie i bardzo silnie zerodowanych. Oznacza to, że w glebach tych wystąpił czynnik oddziałujący w znacznie większym stopniu na plonowanie niż zmiana właściwości gleby. Różnice w wielkości obniżenia plonu na glebie silnie i bardzo silnie zerodowanej sugerują, że czynnikiem tym jest częściowa lub całkowita utrata poziomu wmywania (B1t). Można przyjąć, że ten poziom genetyczny spełnia funkcję „płaszczka” chroniącego głębsze poziomy genetyczne gleby przed utratą wody. O takiej roli poziomu B1t świadczą mniejsze wartości wilgotności chwilowej (aktualnej) stwierdzane na glebie bardzo silnie zerodowanej (pozbawionej poziomu wmywania) w porównaniu z pozostałymi glebami przy zachowanym poziomie B1t (9, 10). Sama poprawa właściwości gleby bardzo silnie zerodowanej jest w stanie równoważyć efekt utraty poziomu B1t jedynie w początkowym okresie wzrostu roślin. Świadczą o tym badania wykazujące, że różnicowanie parametrów biometrycznych jęczmienia jarego uprawianego na glebie bardzo silnie zerodowanej w porównaniu z jęczmieniem uprawianym na glebach słabo i średnio zerodowanych rozpoczyna się od fazy kwitnienia (10). Niezwykle cenne w ocenie wpływu erozji na plonowanie roślin są analizy zmienności przestrzennej plonów w obszarze skartowanym pod względem gleboznawczym. I g l i k (4) analizując 3-letnie badania z jęczmieniem jarym wykazała różne rozkłady zasięgów zmienności przestrzennej plonów w warunkach suszy, gwałtownego zdarzenia erozyjnego w okresie wschodów oraz w warunkach klimatycznych nieodbiegających od średnich wieloletnich. Jedynie w tym ostatnim przypadku zaobserwowano wyraźny ujemny wpływ stanu zerodowania gleby na wielkość plonu. Należy jednak zaznaczyć, że w obrębie analizowanego pola nie występowała gleba bardzo silnie zerodowana. Zróżnicowanie zmienności przestrzennej plonów przy tym samym nawożeniu i na tym samym polu w trzech kolejnych latach wskazuje na ograniczone możliwości wykorzystania zasad rolnictwa precyzyjnego w terenie lessowym, które może odnieść pozytywny efekt jedynie w odpowiednich warunkach klimatycznych.

W niniejszej pracy ocenę wpływu stanu zerodowania gleby na plon ograniczono jedynie do podstawowych roślin zbożowych. Badania nad plonowaniem prowadzono również z innymi roślinami, jednak były one nieliczne i nie pozwalały na utworzenie



reprezentatywnej bazy danych. Wskazują one na znacznie większe obniżenie plonu buraka cukrowego, marchwi i kukurydzy uprawianej na ziarno w porównaniu ze zbożami uprawianymi na glebie bardzo silnie zerodowanej, które wyniosło 40-60% wielkości uzyskanej na glebie nieerodowanej (5, 8). Są to rośliny o płytkim systemie korzeniowym lub dużym zapotrzebowaniu na wodę, co potwierdza, że różnice w plonach na glebach w terenie lessowym uzależnione są od warunków klimatycznych i zasobności gleb w wodę dostępną dla roślin.

W celu określenia produktywności gleb terenów lessowych zestawiono wskaźniki plonowania z procentowym udziałem gleb w skartowanych obiektach Płaskowyżu Nałęczowskiego. Ocena udziału na podstawie stosunku liczby opisanych gleb jest jedynie przybliżona, jednak jak dotąd jest to jedyny sposób wyznaczenia wielkości areалу zajmowanego przez poszczególne gleby. Ocena ta jest najbardziej dokładna w przypadku zlewni suchej doliny stanowiącej podstawową jednostkę geomorfologiczną i hydrologiczną. Jednak z uwagi na krótki czas użytkowania rolniczego zlewnia w Bogucinie nie jest aż tak typowa dla Wyżyny Lubelskiej. W pozostałych obiektach udział gleb silnie i bardzo silnie zerodowanych w powierzchni całkowitej był znacznie większy. Należy jednak zaznaczyć, że badaniami gleboznawczymi objęto w tych obiektach jedynie część zlewni, a procentowy udział gleb w obszarze zlewni lub fragmentów zlewni może różnić się od tego dla całej zlewni.

Na dominującą rolę erozji uprawowej we współczesnym przekształcaniu krajobrazu lessowego wskazują badania prowadzone w pasie lessowym Belgii przez V a n O o s t a i n. (20), a o wzroście jej znaczenia w przeobrażeniu stoków krótszych R e j m a n a (11). Zwiększenie roli erozji uprawowej wynika ze stosowania ciągników o coraz większej mocy, zwiększających prędkość orki płużnej i energii wprowadzanej do gleby, co powoduje przemieszczanie masy gleby na większą odległość podczas uprawy wzdłużstokowej. Przekształcenie budowy gleb ma również znaczenie środowiskowe. Jak wykazały badania R e j m a n a i n. (15) gleby bardzo silnie zerodowane oraz deluwialne są niemal 2-krotnie bardziej podatne na erozję wodną w porównaniu z glebami słabo i średnio zerodowanymi. Należy zatem oczekiwać nasilenia procesów erozji wraz ze wzrostem wielkości areálu zajmowanego przez gleby najbardziej zerodowane i deluwialne.

Ocena produktywności gleb wykazała, że średni spadek plonu zbóż szacowany jest na poziomie 4-6%. Otwartym problemem pozostaje czy wielkość ta może zachęcić rolników do powszechnego stosowania zabiegów przeciwozyjnych lub zmiany sposobu uprawy gleby poprzez zastąpienie tradycyjnej uprawy płużnej uprawą uproszczoną lub zerową.

## Wnioski

Przeprowadzona analiza baz danych plonowania podstawowych roślin zbożowych w terenach lessowych oraz skartowanych pod względem glebowym obiektów wykazała, że:

1. Średni plon wykazuje tendencję do obniżania wielkości wraz ze wzrostem stopnia (klasy) zerodowania gleby płowej oraz niewielkiego wzrostu na glebie deluwialnej.
2. Obniżenie plonu nie jest wprost proporcjonalne do wzrostu stanu zerodowania gleby; dla gleb z zachowanym poziomem B1t (słabo i średnio zerodowanej) jest ono niewielkie, natomiast dla gleb pozbawionych tego poziomu genetycznego i podlegających dalszemu ogłowieniu znacznie wzrasta.
3. Średnie obniżenie plonu zbóż w obrębie czterech obiektów Płaskowyżu Nałęczowskiego powodowane przekształceniem gleb płowych wskutek erozji zawiera się w przedziale od 4 do 6%.

## Literatura

1. Arriaga F. J., Lowery B.: Corn production on an eroded soil: effect of total rainfall and soil water storage. *Soil Till. Res.*, 2003, **71**: 87-93.
2. Bakker M. M., Govers G., Rounsevell M. D. A.: The crop productivity – erosion relationship: an analysis based on experimental work. *Catena*, 2004, **57**: 55-76.
3. Becher H. H., Schwertmann U., Sturmer H.: Crop yield reduction due to reduced plant available water caused by water erosion. In: S. A. Swaify, W. C. Moldenhauer and Lo A. (Eds.) *Soil Erosion and Conservation*, SCSA, Ankeny, Iowa, 1985, 365-373.
4. Iglík I.: Wpływ stanu zerodowania gleby płowej wytworzonej z lessu na aktywność biologiczną i plonowanie roślin. Rozprawa doktorska, Instytut Agrofizyki PAN, Lublin, 2009, 1-135.
5. Mazur Z.: Plonowanie roślin w urzeźbionym terenie lessowym w świetle wieloletnich badań. *Prace Nauk. IUNG*, **K11/1**, 1996, 17-27.
6. Mazur Z., Orlik T.: Plonowanie roślin w zróżnicowanych warunkach erodowanego terenu lessowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1985, **311**: 53-70.
7. Orlik T., Popławski E.: Nawożenie azotowe a plonowanie niektórych roślin uprawianych na polach zabezpieczonych przed erozją. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1985, **311**: 83-94.
8. Paluszek J.: Plonowanie roślin na obszarze erodowanych gleb płowych wytworzonych z lessu. *Prace Nauk. IUNG*, **K11/1**, 1996, 123-131.
9. Paluszek J., Słowińska-Jurkiewicz A.: Problematyka jakości gleb wytworzonych z lessu podlegających erozji wodnej. *Acta Agroph.*, *Rozprawy i Monografie*, 2004, **5**: 89-100.
10. Rejman J.: Crop growth on loess soil of various erosion class. In: J. Lipiec, R. Walczak, G. Józefaciuk (Eds.) *Plant growth in relation to soil physical conditions*. Institute of Agrophysics PAS, Lublin, 2004, 103-110.
11. Rejman J.: Wpływ erozji wodnej i uprawowej na przekształcenie gleb i stoków lessowych. *Acta Agroph.*, *Rozprawy i Monografie*, 2006, **136(3)**: 1-91.
12. Rejman J., Iglík I.: Topsoil reduction and cereal yields on loess soils of southern-east Poland. *Land Degradation and Development*, 2010, **21(4)**: 401-405.
13. Rejman J., Dębicki R., Paluszek J.: Plant yields and soil loss under soil conservation practices in eroded loess area. *ZALF Bericht*, 2001, **47**: 53-58.

14. Rejman J., Rodzik J., Zgłobicki W., Jadczyzyn J., Nowocień E.: Reorganizing field and landscape structures in context of building strategies for water and soil protection. Field trip guide. COST 634 Conference, Lublin, 15-17 Sep. 2005, 1-37.
15. Rejman J., Turski R., Paluszek J.: Spatial and temporal variations in erodibility of loess soil. *Soil Till. Res.*, 1998, **46**: 61-68.
16. Thomson A. L., Gantzer C. J., Anderson S. H.: Topsoil depth, fertility, water management and weather influences on yield. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1991, **55**: 1085-1091.
17. Turski R., Słowińska-Jurkiewicz A., Paluszek J.: Wpływ erozji na fizyczne właściwości gleby wytworzonej z lessu. *Rocz. Glebozn.*, 1987, **38(1)**: 37-49.
18. Turski R., Słowińska-Jurkiewicz A., Paluszek J.: The effect of erosion on the spatial differentiation of the physical properties of Orthic Luvisols. *International Agrophysics*, 1992, **6**: 123-136.
19. Turski R., Słowińska-Jurkiewicz A.: Gleby wytworzone z lessu. LTN, Lublin, 1994, 1-66.
20. Van Oost K., Van Muysen W., Govers G., Deckers J., Quine T. A.: From water to tillage dominated landform evolution. *Geomorphology*, 2005, **72**: 193-203.

Adres do korespondencji:

*dr hab. Jerzy Rejman, prof. IA PAN  
Polska Akademia Nauk  
Instytut Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego  
ul. Doświadczalna 4  
20-290 Lublin  
tel.: (81) 740-45-61  
e-mail: rejman@demeter.ipan.lublin.pl*

