

**Jan Jadczyzyn**

*Institut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy  
w Puławach*

## WPLYW SYSTEMÓW UPRAWY ROLI NA NASILENIE PROCESÓW EROZYJNYCH W WARUNKACH ZMIAN KLIMATU\*

### Wstęp

Rolnictwo jest jednym z działów gospodarki narodowej najbardziej uzależnionym od przebiegu warunków pogodowych i równocześnie odpowiada za wykorzystanie i kształtowanie największego areału ziemi. Na cele produkcji rolniczej w Polsce wykorzystuje się obecnie ponad 55% powierzchni kraju, w tym zdecydowaną większość (78%) stanowią grunty orne. Ponad 60% polskich gleb wytworzona została z utworów piaszczystych, łatwo przepuszczalnych o małych zdolnościach retencyjnych, na których dominuje opadowy typ gospodarki wodnej. Rolnictwo na tych obszarach jest w bardzo dużym stopniu uzależnione od przebiegu warunków pogodowych w sezonie wegetacyjnym, tj. od ilości i rozkładu opadów oraz temperatury powietrza. Rolnicze użytkowanie ziemi ma wpływ na wiele procesów zachodzących w litosferze, hydrosferze oraz atmosferze. Sposób użytkowania ziemi i system uprawy wpływa na ilość substancji organicznej i jej przemianę w węgiel organiczny, a następnie w dwutlenek węgla. Ma również znaczący wpływ na życie biologiczne, bioróżnorodność oraz obieg i jakość wody w ekosystemie. Zmiany zachodzące w ekosystemach rolniczych mają powolny charakter i są trudno dostrzegalne w krótkim okresie czasu, np. w życiu jednego pokolenia, ale ich skutki są często nieodwracalne. Z tego względu działania podejmowane przez rolnictwo należy analizować nie tylko w aspekcie produkcji żywności, ale również w kontekście ochrony zasobów przyrodniczych i warunków rozwoju całego społeczeństwa.

W ostatniej dekadzie w Europie Środkowej i w Polsce zaobserwowano wyraźny wzrost liczby zdarzeń ekstremalnych, takich jak lokalne ulewy, huraganowe wiatry i susze (8, 13). Ważnym czynnikiem kształtującym warunki agroklimatyczne, w tym proces fotosyntezy i stosunki wodne, jest usłonecznienie. Analiza długookresowych ciągów meteorologicznych wykazuje wyraźny wzrostowy trend rocznych sum usłonecznienia, szczególnie w ostatniej dekadzie (2000–2009) w Puławach, jak i w całym

---

\* Opracowanie wykonano w ramach zadania statutowego 4.2 i zdania 1.3 w programie wieloletnim IUNG - PIB

kraju (3, 7). Największe wzrosty przypadają w okresie od maja do sierpnia, tj. w miesiącach największego zapotrzebowania na wodę przez rośliny zbożowe i okopowe. Wzrost temperatury i usłonecznienia będzie czynnikiem przyspieszającym proces ewapotranspiracji i pogłębiania się występujących obecnie niedoborów wody w środowisku (3). Według *Z i e m n i c k i e j* (16) wzrost temperatury o 1°C oznacza ubytek 6 mm wody w bilansie w skali miesiąca, a przy wzroście o 2°C ponad 14 mm.

Według prognoz IPCC Międzyrządowego Panelu do Spraw Zmian Klimatu (17) klimat w dalszym ciągu będzie się ocieplał. W zależności od przyjętego scenariusza nastąpi wzrost temperatury od 0,3 do 0,9°C przy stałej (na dotychczasowym poziomie) emisji gazów cieplarnianych i aerozoli, do 4°C według krytycznego wariantu przy podwojeniu emisji CO<sup>2</sup> do poziomu 1550 ppm. Prognozy IPCC są na ogół zgodne co do globalnego ocieplenia, pewne rozbieżności występują natomiast w scenariuszach ilości opadów. W ramach projektu ACACIA (11) przygotowano scenariusze zmian opadu regionalnego dla Europy (11). Przewidują one wzrost opadu zimowego, szczególnie dla części północno-wschodniej (Skandynawii). Przewiduje się również zmiany w opadach w sezonie letnim, w tym wzrost opadu letniego w Europie Północnej.

Raport IPCC przewiduje równocześnie zwiększoną częstotliwość występowania i intensywność ekstremalnych zjawisk pogodowych. Wzrost intensywności opadów według tego raportu przyczyni się do niszczenia upraw, wzmożenia procesów erozyjnych i braku okresowej możliwości uprawy z powodu nadmiernego uwilgotnienia gleby. Regiony dotknięte przez częstsze susze będą narażone na degradację ziemi, większe ryzyko stresu wodnego i niższe plony.

W obliczu zapowiadanych zmian klimatu przed rolnictwem i innymi działami gospodarki stawiane są wyzwania mające na celu:

- minimalizację okresowych niedoborów i nadmiarów wody w środowisku poprzez bardziej racjonalną gospodarkę wodną,
- ochronę istniejących zasobów przyrody (gleba, woda, powietrze) i bioróżnorodności,
- zabezpieczenie (ilościowe i jakościowe) produkcji żywności.

Stosowany powszechnie w naszym kraju tradycyjny system uprawy roli destrukcyjnie wpływa na właściwości fizykochemiczne gleby (2, 12, 14). Orka i inne zabiegi pielęgnacyjne niszczą naturalną strukturę gleby, przyspieszają procesy parowania, przesuszania i mineralizacji próchnicy (2, 6). Ubytek substancji organicznej ma negatywny wpływ na strukturę gleby, pojemność wodną i sorpcyjną gleby oraz jej aktywność mikrobiologiczną. Stosowanie ciężkiego sprzętu i częste zabiegi uprawowe przyczyniają się do zagęszczenia warstwy podglebia, tworząc tzw. podeszwę płużną, która ogranicza infiltrację i retencję wody w głębszych partiach profilu (1, 4, 10) oraz powoduje rozwój procesów oksydoredukcyjnych. Zruszona w wyniku zabiegów spulchniających gleba narażona jest w większym stopniu na procesy erozji wodnej i wietrznej, większy spływ powierzchniowy i wymycie składników mineralnych i środków ochrony roślin do środowiska (12).

Wybór systemu uprawy roli ma kluczowe znaczenie dla ustabilizowania właściwości fizykochemicznych gleby, szczególnie wierzchniej warstwy, która jest bezpośrednio narażona na procesy erozji wodnej i wietrznej. Stabilizacja struktury gleby w następstwie ograniczenia zabiegów spulchniających lub ich całkowitego zaniechania w przypadku systemu bezpośredniego (zerowego) poprawia trwałość struktury gleby i zwiększa jej odporność na wymywanie i wywiewanie. Dodatkowym czynnikiem ochronnym może być również warstwa mulczu, która chroni glebę przed bezpośrednim działaniem kropli deszczu i wiatru oraz ogranicza tempo parowania wody (9). Wieloletnie wyniki badań nad systemami uprawy roli uzyskane w doświadczeniach przeprowadzonych na polach produkcyjnych potwierdziły ochronne funkcje systemów uproszczonych w stosunku do systemu tradycyjnego (15). Działania ochronne uwidoczniły się w zmniejszeniu spływu powierzchniowego, ilości wyerodowanej gleby, a także wzroście retencji wody w glebie (12, 14).

Przedstawione w pracy wyniki badań spływu powierzchniowego i zmycia gleby w mikrozelewni użytkowanej rolniczo stanowią tło dla zobrazowania wpływu i zmian czynników klimatycznych na nasilenie procesów erozji wodnej. Omówiono również niektóre badania nad wpływem konserwujących systemów uprawy roli na nasilenie procesów erozyjnych zachodzących na polach produkcyjnych.

### **Metodyka badań**

Ocenę wpływu poszczególnych systemów uprawy roli na nasilenie procesów erozyjnych w warunkach zmian klimatu analizowano na podstawie monitoringu spływu powierzchniowego i erozji gleby w mikrozelewni użytkowanej rolniczo oraz badań symulacyjnych erozji wodnej prowadzonych na polach uprawnych w technologii konserwującej i tradycyjnej. Mikrozelewnia o powierzchni 1,05 ha i tradycyjnym systemie uprawy położona jest w miejscowości Rogalów, w obrębie dorzecza Bystrej na Płaskowyżu Nałęczowskim. Występują w niej gleby płowe wytworzone z lessów i zaliczone do kompleksu pszennego dobrego oraz pszennego wadliwego. Mikrozelewnia uzbrojona jest w przepust z przelewem trójkątnym, echosondę oraz miernik natężenia przepływu. W bezpośrednim sąsiedztwie pola zainstalowany jest deszczomierz ARG-100 i dataloger do pomiaru opadu. W czasie deszczu erozyjnego prowadzony jest pomiar natężenia spływu powierzchniowego z mikrozelewni, pomiar przepływu kumulowanego oraz pobierane są próbki spływu do określenia ilości zawiesiny glebowej. Badania monitoringu prowadzono w latach 2002–2004. Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów obliczono zależności między wybranymi czynnikami opadu a procesami erozji wodnej. Określono zależność między chwilowym natężeniem deszczu erozyjnego a spływem powierzchniowym i stężeniem zawiesiny glebowej oraz zależność między ilością spływu powierzchniowego a erozją gleby dla opadów rocznych.

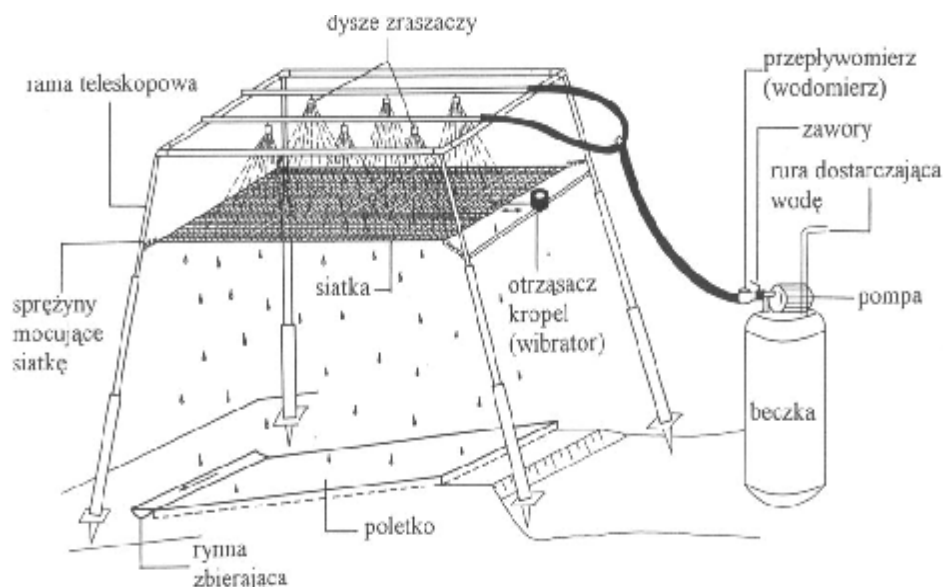
Badania wpływu konserwującej uprawy roli na spływ powierzchniowy i erozję gleby prowadzono na polach produkcyjnych w obiekcie Rogów (gm. Grabowiec, powiat zamojski). Pola badawcze zlokalizowane są na glebach płowych wytworzonych

z lessu, zaliczonych do typu gleb brunatnych wyługowanych i kompleksu pszennego dobrego. Badania symulacyjne erozji wodnej realizowano w trzech systemach uprawy roli:

- bezorkowym z siewem bezpośrednim,
- uproszczonym z zastosowaniem brony talerzowej,
- tradycyjnym.

Systemy uprawy roli badano w płodozmianie 3-polowym: groch – pszenica ozima – pszenica ozima. Pola produkcyjne o powierzchni 0,75 ha założono dla potrzeb wdrażania i kompleksowej oceny konserwujących systemów uprawy roli w roku 2003. Badania erozji realizowano w okresach 2003–2005 oraz 2006–2009. Pierwszy okres badań odnosił się do początku wdrażania technologii konserwujących. W drugim okresie dokonano pewnej modyfikacji technologii uprawy roli na polach siewu bezpośredniego, polegającej na jednorazowym zastosowaniu brony talerzowej do głębokości 8 cm. Z uwagi na większą stabilizację właściwości fizycznych gleby w systemach uproszczonych w pracy przedstawiono wyniki badań erozyjnych z drugiego okresu. Symulacje spływu powierzchniowego i erozji gleby prowadzono na mikropoletkach o wymiarach 1 x 2 m i nachyleniu 10%. Do symulacji opadów deszczu wykorzystano przenośną deszczownię konstrukcji Józefaciuka i Nowocienia (rys. 1). Deszczownia zbudowana jest z 10 dysz umieszczonych w górnej części metalowej konstrukcji na wysokości 2,2 m oraz siatki podłączonej do wibratora. Cała konstrukcja deszczowni obudowana jest płytą poliwęglanową dla osłony przed niekorzystnym działaniem wiatru. Badania prowadzono dwukrotnie w sezonie wegetacyjnym – na wiosnę (maj – początek czerwca) i jesienią (wrzesień – początek października). Łącznie w drugim okresie badań dla każdego systemu uprawy roli przeprowadzono po 36 symulacji opadów deszczu. Czas trwania i natężenie symulowanego opadu miały stałą wartość i wynosiły odpowiednio 20 min i  $1,41 \cdot \text{min}^{-1}$ . Zakres badań obejmował pomiary wilgotności gleby na mikropoletku przed i po zakończeniu symulacji, pomiary ilości spływu powierzchniowego i masy wymytej gleby oraz oznaczenie stopnia pokrycia gleby mulczem i przez rośliny. Wilgotność gleby mierzono na głębokości 0-10 cm wilgotnościomierzem cyfrowym TDR z dokładnością do 0,5%. Stopień pokrycia gleby (%) przez rośliny i mulcz na mikropoletkach obliczono na podstawie klasyfikacji zdjęć cyfrowych w programie ERDAS-IMAGINE.

Potencjalny wpływ zmian klimatu na nasilenie procesów erozyjnych i degradację gleby analizowano na podstawie prognoz klimatycznych przedstawionych w raporcie syntetycznym IPCC (17) i scenariusza zmian opadu regionalnego opracowanego w ramach projektu ACACIA (11).



Rys. 1. Schemat deszczowni przenośnej konstrukcji Józefaciuka i Nowocień.  
Źródło: E. Nowocień.

## Wyniki badań

### Monitoring erozji wodnej w mikrozewni rolniczej

Przebieg warunków pogodowych w okresie badań spowodował spływ powierzchniowy pochodzenia roztopowego w styczniu i marcu 2003 r. oraz wielokrotnie doprowadził do spływu erozyjnego w całym sezonie wegetacyjnym w 2004 roku. W okresie dwóch lat z mikrozewni wypłynęło 250 m<sup>3</sup> wody, w tym 205 m<sup>3</sup> w wyniku opadów erozyjnych w 2004 roku (tab. 1). Średnie stężenie zawiesiny glebowej w spływie dla deszczy erozyjnych w całym sezonie wynosiło 53,3 kg · m<sup>-3</sup>, a dla deszczy wiosennych występujących do fazy początku krzewienia owsa było prawie trzykrotnie większe i wynosiło 143 kg · m<sup>-3</sup>.

Tabela 1

Spływ powierzchniowy i erozja gleby w mikrozewni Rogalów w latach 2003–2004

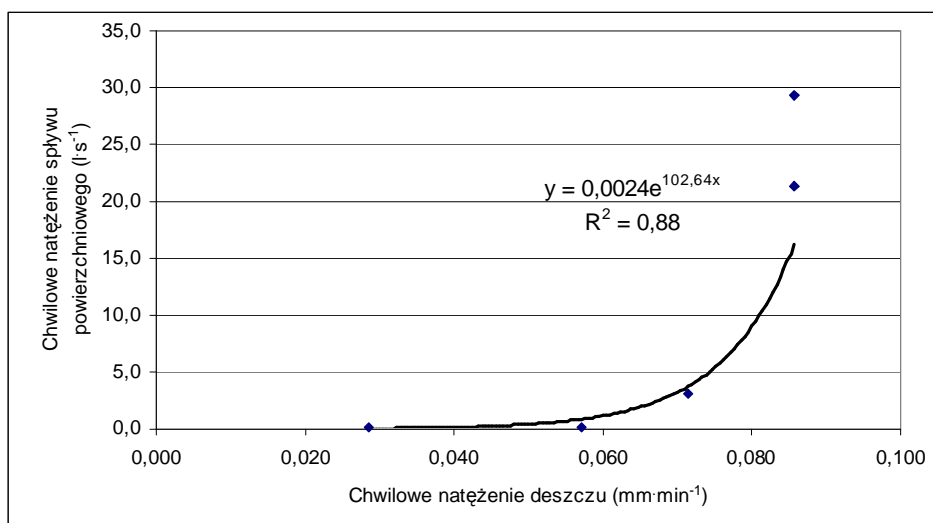
Rodzaj spływu powierzchniowego (rok)	Objętość spływu (m <sup>3</sup> )	Wydajność (mm)	Stosunek spływu do opadu		Erozja gleby (t · ha <sup>-1</sup> )
			erozyjnego (%)	ogólnego (%)	
Roztopowy (2003)	44,3	4,2	-	-	0,95
Opadowy (2004)	205,0	19,5	23,9	3,9	10,92

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki monitoringu opadu i spływu powierzchniowego w dniu 24 czerwca 2004 r. pozwoliły na opracowanie wzajemnych zależności między chwilowym natężeniem deszczu a spływem i stężeniem materiału glebowego w spływie. W dniu opadu owies w mikrozewni znajdował się w fazie wiechowania i stosunkowo dobrze chronił glebę przed bezpośrednim działaniem kropli deszczu i jej rozmywem. W czasie ponad dwugodzinnego opadu (140 min) o średnim natężeniu  $0,04 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ , a chwilowo dochodzącym do  $0,09 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ , z mikrozewni wypłynęło  $41,9 \text{ m}^3$  wody. Z uwagi na dobrą funkcję ochronną roślin średnie stężenie materiału glebowego w spływie było dwukrotnie mniejsze od średniego dla całego sezonu wegetacyjnego i wynosiło zaledwie  $28 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Jednak jego wartość ulegała dynamicznej zmianie w zależności od natężenia deszczu.

Związek między natężeniem deszczu erozyjnego a natężeniem spływu opisuje równanie wykładnicze  $y = 0,0024e^{102,64x}$ , dla którego współczynnik determinacji ( $R^2$ ) wynosi 0,88 (rys. 2).

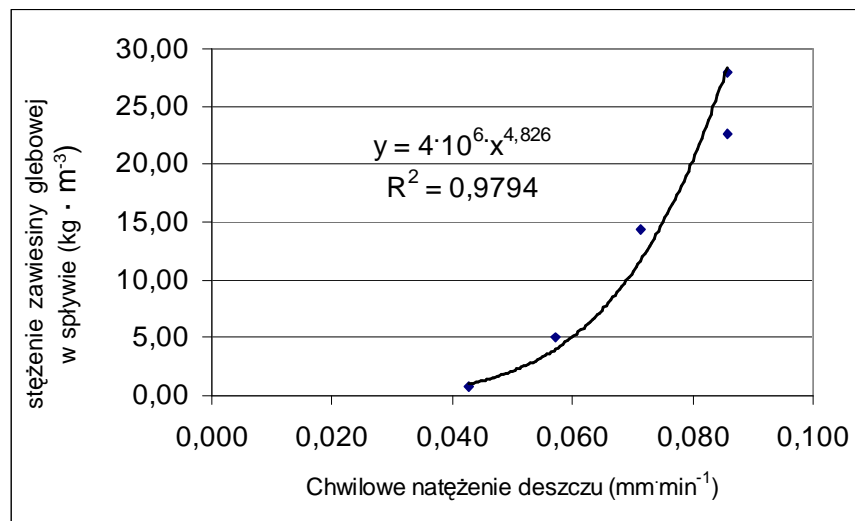
Wynika z niego, że wzrost natężenia deszczu powyżej  $0,07 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$  w analizowanych warunkach prowadził do gwałtownego przyrostu spływu powierzchniowego w mikrozewni. Podobna zależność wystąpiła między natężeniem deszczu a stężeniem zawiesiny glebowej w spływie opisana równaniem potęgowym  $y = 4 \cdot 10^6 \cdot x^{4,826}$ , dla którego  $R^2$  wynosi 0,98 (rys. 3). Wyznaczone równania, chociaż bazują na bardzo wąskim przedziale danych wejściowych, wskazują na olbrzymie znaczenie natężenia deszczu w generowaniu spływu powierzchniowego i erozji gleby. Przeprowadzone badania umożliwiły również obliczenie średniej zależności między spływem powierzchniowym i masą wyerodowanej gleby dla wszystkich deszczy erozyjnych w roku 2004



Rys. 2. Zależność między chwilowym natężeniem deszczu erozyjnego i spływem powierzchniowym w dniu 24 czerwca 2004 r. w mikrozewni rolniczej Rogalów

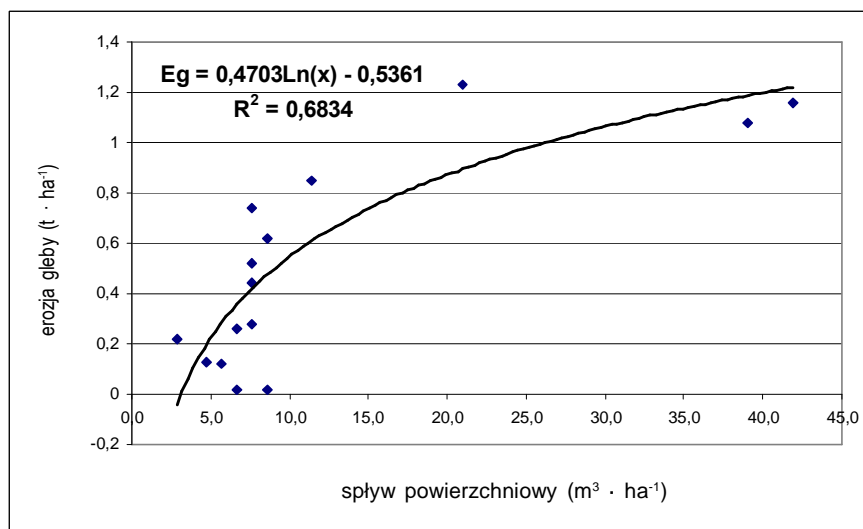
Źródło: opracowanie własne.

(rys. 4). Należy podkreślić, że stężenie zawiesiny glebowej w spływie powierzchniowym było znacznie zróżnicowane w poszczególnych okresach sezonu wegetacyjnego i zależało od stopnia rozwoju roślin okrywających glebę.



Rys. 3. Zależność między chwilowym natężeniem deszczu a stężeniem zawiesiny glebowej w dniu 24 czerwca 2004 r. w mikroglewni rolniczej Rogalów

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 4. Zależność między średnią ilością spływu powierzchniowego a erozją gleby dla deszczu erozyjnych w sezonie wegetacyjnym w 2004 r. w mikroglewni rolniczej Rogalów

Źródło: Jadczyzyn, 2010 (5).

### Nasilenie erozji wodnej na ochronnych systemach uprawy roli

Charakterystyczną cechą konserwujących technologii uprawy roli jest pozostawianie na powierzchni pola zmulczonych części nadziemnych roślin. W wyniku kilkuletniego okresu gromadzenia mulczu doszło do jego nadmiernej kumulacji, co było przeszkodą w prawidłowym działaniu siewnika do siewu bezpośredniego. W tej sytuacji zastosowano jednorazowo bronę talerzową i strunową w celu zmniejszenia ilości mulczu. W następstwie tego zabiegu stopień pokrycia mulczem zmniejszył się do 44,6%, wobec 68,0% w okresie przed wykonaniem zabiegu (tab. 2). Stopień pokrycia mulczem w systemie uproszczonym i tradycyjnym istotnie różnił się od jego stanu w systemie siewu bezpośredniego i wynosił odpowiednio 14,2 i 12,5%. System siewu bezpośredniego charakteryzował się nieco wyższym, ale statystycznie nieistotnym stanem uwilgotnienia gleby (tab. 2). Średnia dla wszystkich pomiarów wilgotność objętościowa wierzchniej warstwy gleby do głębokości 15 cm w tym systemie wynosiła 21,3%, przy 18,5% w systemie uproszczonym i 17,9% w tradycyjnym. Obliczony na tej podstawie rzeczywisty zapas wody w warstwie orno-próchnicznej o miąższości 30 cm w technologii zerowej (siew bezpośredni) wynosił 63,9 mm i był o 10,2 mm większy w porównaniu ze stwierdzonym w technologii tradycyjnej, a w przeliczeniu na powierzchnię różnica ta wynosiła  $102 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  (tab. 3). Badania nad oceną uproszczonych systemów uprawy roli prowadzone w Stacji Doświadczalnej IUNG-PIB w Jelczu Laskowicach na glebie płowej wytworzonej z piasków gliniastych mocnych wy-

Tabela 2

Właściwości gleby i erozji w systemach uprawy roli

Wyszczególnienie	Charakterystyki statystyczne	Technologia uprawy roli		
		tradycyjna	konserwująca	
			uproszczona	siew bezpośr.
Mulcz – pokrycie gleby (%)	średnia	<b>12,5 b</b>	<b>14,2 b</b>	<b>44,6 a</b>
	błąd standardowy	2,9	1,9	6,5
	przedział ufności -95%	6,5	10,2	31,3
	przedział ufności +95%	18,5	18,2	58,0
Wilgotność objętościowa wierzchniej warstwy gleby w warstwie 0-15 cm (%)	średnia	17,9 a	18,5 a	21,3 a
	błąd standardowy	2,5	1,5	2,2
	przedział ufności -95%	12,5	15,3	16,6
	przedział ufności +95%	23,3	21,8	26,0
Objętość splywu powierzchniowego ( $\text{ml} \cdot \text{m}^2$ )	średnia	11796 b	4602 a	3989 a
	błąd standardowy	973	697	559
	przedział ufności -95%	9809	3183	2850
	przedział ufności +95%	13783	6021	5127
Masa wymytego materiału glebowego ( $\text{g} \cdot \text{m}^2$ )	średnia	<b>340,9 b</b>	<b>90,6 a</b>	<b>57,4 a</b>
	błąd standardowy	49,6	23,7	24,8
	przedział ufności -95%	239,7	42,3	6,9
	przedział ufności +95%	442,1	138,9	107,9

Źródło: opracowanie własne.



Tabela 3

Charakterystyka stosunków wodnych w warstwie orno-próchnicznej gleby

Wyszczególnienie	Technologia uprawy roli		
	tradycyjna	konserwująca	
		uproszczona	siew bezpośredni
Wilgotność objętościowa (%)	17,9	18,5	21,3
Zapasy wody w 30 cm warstwie gleby (mm)	53,7	55,5	63,9
Zapasy wody w 30 cm warstwie gleby w przeliczeniu na powierzchnię ( $m^3 \cdot ha^{-1}$ )	537	555	639

Źródło: opracowanie własne.

kazały, że na skutek stabilizacji i zagęszczenia gleby wzrost retencji wody w systemach uproszczonych może sięgać nawet do głębokości 1 m (15).

Badania symulacyjne procesów erozji na mikropoletkach w Rogowie wykazały istotne różnice w objętości spływu powierzchniowego i ilości wyerodowanej gleby między systemami konserwującym i tradycyjnym (tab. 2). Średnia objętość spływu dla jednej symulacji (powtórzenia) w przeliczeniu na  $1 m^2$  powierzchni dla systemu siewu bezpośredniego wynosiła  $3989 ml \cdot m^{-2}$ , a systemu uproszczonego  $4602 ml \cdot m^{-2}$  i była prawie trzykrotnie mniejsza od występującej w systemie tradycyjnym –  $11796 ml \cdot m^{-2}$  (tab. 2). Odnotowano równocześnie statystycznie istotne różnice w ilości wymytego materiału glebowego między systemami uproszczonym i tradycyjnym (tab. 2). W systemie siewu bezpośredniego ilość wymytej gleby była sześciokrotnie mniejsza w stosunku do stwierdzonego w systemie tradycyjnym, a w systemie uproszczonym czterokrotnie mniejsza.

### Zmiany klimatyczne i ich potencjalny wpływ na procesy erozyjne gleby

Podstawowe zagrożenia dla rolnictwa i środowiska wynikają z prognozy zmian klimatu w XXI wieku, w tym głównie wzrostu temperatury oraz intensywności i rozkładu opadów w okresie jesienno-zimowym. Grunty orne w okresie jesienno-zimowym w większości nie posiadają okrywy roślinnej, a zboża ozime w małym stopniu pełnią funkcje ochronne dla gleby. W takich warunkach może wystąpić zwiększone ryzyko nasilenia spływu powierzchniowego, erozji gleby, wymycia i migracji pozostałości środków ochrony roślin i nawozów z obszarów rolniczych do środowiska. Wzrost temperatury zwiększy zdolność magazynowania pary wodnej w atmosferze, co przełoży się na większy potencjał opadów (8) i większą erozyjność deszczy. Zjawiska te przyspieszą tempo odpływu wód opadowych ze zlewni, skrócą obieg wody w środowisku, zmniejszą możliwości retencji wody w glebie, a w konsekwencji mogą doprowadzić do wzrostu zagrożenia powodziowego. Wystąpienie rzadszych, ale bardziej intensywnych deszczy w sezonie wegetacyjnym spowoduje wzrost spływu powierzchniowego i erozji gleby. Bazując na obliczonych zależnościach dla mikrozelewni Roga-

łów i opadu z dnia 24 czerwca 2004 r., można stwierdzić, że wzrost chwilowego natężenia deszczu o niespełna  $0,02 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$  z  $0,086$  do  $0,100 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$  (rys. 2) spowodowałby ponad dwukrotny wzrost spływu powierzchniowego do wartości  $68,81 \cdot \text{s}^{-1}$  i podwojenie stężenia zawiesiny glebowej w spływie do  $59,7 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Rolnicze użytkowanie gleb podlegającym erozyjnej degradacji bez zachowania podstawowych zasad ochrony będzie prowadziło do dalszego spłycenia poziomu próchnicznego, obniżenia żyzności i plonowania roślin, a w konsekwencji do zmniejszenia opłacalności i konkurencyjności działalności rolniczej.

Wzrost temperatury powietrza i usłonecznienia w miesiącach letnich zwiększy ewapotranspirację i przesuszenie gleby. W następstwie może też powiększyć strefę niedoboru wody (16) i częstotliwość występowania suszy w rolnictwie. Przesuszona gleba będzie stanowiła większe zagrożenie dla występowania erozji wietrznej. Od wielkości wzrostu temperatury będzie zależał wzrost stopnia deficytu wody i zaistnienie potrzeba ewentualnych zmian w zmianowaniu roślin uprawnych.

### **Znaczenie systemów uprawy roli dla ochrony zasobów glebowych i wodnych w warunkach zmian klimatu**

Wyniki badań świadczą o dobrej ochronie gleby przez systemy uproszczonej uprawy roli z zastosowaniem mulczu, a szczególnie przez siew bezpośredni (rys. 6 i 7). Całkowite zaniechanie orki lub znaczne ograniczenie zabiegów uprawowych stabilizuje strukturę gleby, czyni ją bardziej odporną na działanie deszczu i rozmywanie. Stosowanie warstwy mulczu zabezpiecza glebę przed bezpośrednim działaniem kropeł deszczu, amortyzuje ich energię kinetyczną i zwiększa równocześnie infiltrację wody w głąb gleby. W efekcie większa ilość wody opadowej może zostać retencjonowana na polu. Spływ z warstwy wytworzonego mulczu zawierającego znacznie mniejszą ilość materiału glebowego (tab. 2) zmniejsza erozję gleby oraz wymycie do środowiska próchnicy i składników mineralnych związanych w agregatach glebowych. Warstwa mulczu okrywająca glebę ogranicza parowanie oraz stabilizuje stosunki wodne w całym profilu glebowym, przez co zwiększa się dostępność wody dla roślin. Z porównywanych systemów uprawy roli największe funkcje ochronne wykazuje siew bezpośredni (uprawa zerowa) z zastosowaniem mulczu. System uproszczony wykazuje funkcje pośrednie pomiędzy siewem bezpośrednim a tradycyjnym systemem uprawy roli (rys. 8).

### **Podsumowanie**

Prognozowane zmiany klimatu stwarzają duże zagrożenie dla rolnictwa i środowiska. Wiązą się one z możliwością wzmocnienia procesów erozyjnych, szczególnie erozji wodnej, zwiększeniem odpływu wód opadowych ze zlewni użytkowanych rolniczo oraz większym ryzykiem wystąpienia lokalnych powodzi. Przewidywany wzrost temperatury może mieć wpływ na pogorszenie bilansu wodnego, rozszerzenie zasięgu



Rys. 5. Przepust przelewowy (konstrukcji E. Nowocienia) u wylotu mikrozelewni w Rogalowie  
Fot.: J. Jadczyzyn.



Rys. 6. Pszenica ozima 5 maja 2009 r. w uprawie zerowej (siew bezpośredni)  
Fot.: Jan Jadczyzyn.



Rys. 7. Pszenica ozima 5 maja 2009 r. uprawiana w systemie uproszczonym

Fot.: Jan Jadczyzyn.



Rys. 8. Pszenica ozima 5 maja 2009 r. uprawiana w systemie tradycyjnym

Fot. : Jan Jadczyzyn.

przestrzennego i częstości występowania suszy rolniczej. Wyniki badań nad systemami uprawy roli potwierdzają skuteczną ochronę gleby przed erozyjną degradacją przez siew bezpośredni, w mniejszym stopniu przez system uproszczonej uprawy roli. Wdrożenie tych technologii do praktyki rolniczej przyczyni się do lepszej ochrony gleby przed fizyczną i chemiczną degradacją i do poprawy bilansu wodnego i zmniejszenia skutków suszy. W dłuższym okresie czasu przyczyni się do stabilizacji plonowania roślin. Glebochronne systemy uprawy roli powinny być elementem polityki państwa wdrażanej w ramach Osi 2 PROW – poprawa środowiska naturalnego i obszarów wiejskich.

### Literatura

1. Biskupski A., Pabin J., Kukuła S., Włodek S., Kaus A.: Wpływ ugniatającego oddziaływania elementów jezdnych na właściwości fizyczne gleby oraz plonowanie jęczmienia jarego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1998, **460**: 405-412.
2. Davidson E. A., Acernan I. L.: Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils. *Biogeochemistry*, 1993, **20**: 161-193.
3. Górski T.: Zmiany warunków agroklimatycznych i długość okresu wegetacji roślin w ostatnim stuleciu. Komitet Narodowy IGBP ds. Międzynarodowego Programu Zmiany Geosfery i Biosfery PAN, Poznań, 2006, 65-77.
4. Dzielniak S.: Siew bezpośredni technologią alternatywną. *Mat. Konf. Nauk. „Siew bezpośredni w teorii i praktyce”*. Szczecin – Barzkowice, 1995, 9-19.
5. Jadczyzsyn J.: Procesy erozyjne w mikroglewni użytkowanej rolniczo. Wyd. WGRS Uniwersytet Warszawski, *Prace i Studia Geograficzne*, 2010, **43**.
6. Kinella J.: The effect of various tillage systems in soil compaction. In: *Farming for a better environment. A White Paper*, Soil and Water Conservation Society, Ankeny, Iowa, USA, 1995, 15-17.
7. Kozmiński Cz., Michalska B.: Zmienność usłonecznienia rzeczywistego w Polsce. *Acta Agroph.*, 2004, **3**: 291-305.
8. Kundzewicz Z., Szwed M., Radziejowski M.: Zmiany globalne i ekstremalne zjawiska hydrologiczne: powódzie i susze. Komitet Narodowy IGBP ds. Międzynarodowego Programu Zmiany Geosfery i Biosfery PAN, Poznań, 2006, 169-180.
9. Kuś J., Nawrocki S.: Współczesne rozwiązania w agrotechnice przeciwoerozyjnej. *Bibl. Fragm. Agron.*, 1998, **4B**: 273-283.
10. Pabin J., Kukuła S., Włodek S., Biskupski A., Kaus A.: Wpływ głęboszowania i ugniatania gleby przejazdami ciągników na jej właściwości fizyczne i plony korzeni buraka cukrowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1998, **460**: 395-403.
11. Parry M. L. (ed): *Assessment of potential effects and adaptations for climate change in Europe: The Europe ACACIA Project*. Jackson Environment Institute, University of East Anglia, Norwich, United Kingdom, 2000, pp. 324.
12. Smagacz J., Włodek S., Biskupski A., Krasowicz S., Jadczyzsyn J., Nowocień E., Podolski B., Czyż E., Niedźwiecki J., Weber R., Pecio A.: *Sprawozdanie z realizacji projektu Nr 6 ZR7 2006C/06735 „Opracowanie i wdrożenie energooszczędnych technik uprawy roli”*. IUNG-PIB Puławy, 2009.
13. Starckel L.: Klimat a człowiek w transformacji środowiska przyrodniczego polski. W: *Długookresowe przemiany krajobrazu Polski w wyniku zmian klimatu i użytkowania ziemi*. Komitet Narodowy IGBP ds. Międzynarodowego Programu Zmiany Geosfery i Biosfery PAN, Poznań, 2006, 9-15.

14. Włodek S., Smagacz J., Biskupski A., Krasowicz S., Jadczyzyn J., Nowocień E., Podolski B., Czyż E., Niedźwiecki J.: Sprawozdanie z realizacji projektu Nr 6 PO6 032 2001 C/5741 „Opracowanie i wdrożenie konserwującej technologii uprawy roli dla różnych warunków glebowo-klimatycznych Polski”. IUNG-PIB Puławy, 2005.
15. Włodek S., Biskupski A., Pabin J., Kaus A.: Plonowanie roślin oraz zmiany retencji wodnej gleby w różnych systemach uprawy roli. Inż. Rol., 2007, **3(91)**: 195-200.
16. Ziemińska A.: Globalne ocieplenie a efektywność opadów atmosferycznych. Acta Agroph., 2004, **3**: 293-397.
17. Zmiana klimatu. Raport syntetyczny IPCC, 2007. <http://www.ipcc-data.org/>

Adres do korespondencji:

*dr Jan Jadczyzyn*  
*Zakład Gleboznawstwa Eroзии i Ochrony Gruntów*  
*IUNG-PIB*  
*ul. Czartoryskich 8*  
*24-100 Puławy*  
*tel.: (81) 886 34 21, w. 362*  
*e-mail: janj@iung.pulawy.pl*