

Jan JADCZYSZYN\*, Włodzimierz MROCZKOWSKI, Stanisław GOSEK

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa  
Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy  
\* e-mail: JanJ@iung.pulawy.pl

## Erozyjne straty fosforu w doświadczeniu modelowym

Straty fosforu analizowano na podstawie wyników badań modelowych przeprowadzonych w warunkach deszczu naturalnego na Stacji Doświadczalnej w Puławach w latach 1999-2001. Badania wykonano na mikropoletkach o wymiarach 2 m x 1 m x 0,3 m i nachyleniu 10%, wypełnionych materiałem glebowym z poziomu orno-próchnicznego. Pod względem genetycznym przeanalizowano siedem typów gleb, a pod względem składu granulometrycznego - 10 gatunków gleb. Glebę w mikropoletkach w sezonie wegetacyjnym utrzymywano w czarnym ugorze. W okresie trzech lat w materiale glebowym wymytym z mikropoletek (zawiesinie glebowej) analizowano zawartość próchnicy i fosforu oraz stężenie formy rozpuszczonej fosforu w wodzie spływu powierzchniowego. W celu określenia bezpośredniego wpływu nawożenia fosforowego na stężenie fosforu w wodzie spływu powierzchniowego oraz jego zawartości w wymytym materiale glebowym wiosną trzeciego roku doświadczenia zastosowano nawożenie gleby superfosfatem. Badania spływu oraz strat fosforu i próchnicy glebowej prowadzono oddzielnie dla każdego deszczu erozyjnego. Wyniki badań wykazały wyraźny wzrost stężenia fosforu w wodach spływu i jego sumaryczne ilościowe wymycie z mikropoletek, na których zastosowano nawożenie fosforem. W wymytym materiale glebowym stwierdzono ponad 2-krotny wzrost próchnicy w stosunku do jej zawartości w mikropoletku.

**Słowa kluczowe:** spływ powierzchniowy, zmyw gleby, straty fosforu, straty próchnicy

### Wstęp

Rolnictwo jest głównym źródłem dostarczania składników biogennych do środowiska [1]. Fosfor jest pierwiastkiem mało mobilnym w glebie [2], ale jest równocześnie kluczowym składnikiem odpowiedzialnym za eutrofizację wód powierzchniowych [3, 4]. Zawartość przyswajalnego fosforu w glebach Polski nie jest duża, aż 38% gleb charakteryzuje się bardzo niską jego zawartością [5]. Fosfor pod wpływem opadów jest ługowany w głąb profilu glebowego oraz wymywany przez spływ powierzchniowy w formie rozpuszczonej i związanej z erodowanym materiałem glebowym [6, 7]. Szkodliwe działanie procesów erozyjnych jest powszechnie znane i niesie ze sobą wiele problemów środowiskowych związanych z degradacją gleby, zanieczyszczeniem wód powierzchniowych, ograniczeniem bioróżnorodności i trwałymi zmianami w krajobrazie rolniczym [8]. Spływ powierzchniowy i wody gruntowo-glebowe z obszarów przyrzecznych odpowiadają za przenoszenie 88% azotanów i aż 98% ortofosforanów [9]. Erozja nastęrcza również wiele problemów ekonomicznych dotyczących wymiernych strat w rolnictwie [10-14]. Na jakość wód spływających po stoku i odpływających ze zlewni wpływa-

ją przede wszystkim ukształtowanie terenu, użytkowanie oraz poziom nawożenia [15]. W zlewniach użytkowanych rolniczo poziom wymywanych biogenów jest zróżnicowany i może wynosić w przypadku fosforu ok. 0,5 kg/ha, azotu od 4,5 do 20 kg/ha, natomiast potasu od 2 do 17 kg/ha [16-19]. Chociaż ładunki fosforu w spływie powierzchniowym nie są ilościowo bardzo duże w porównaniu np. z wymywanym azotem, to ze względu na funkcję, jaką ten pierwiastek odgrywa w środowisku w procesie eutrofizacji wód powierzchniowych, jego znaczenie jest kluczowe. Z tego punktu widzenia istotna jest ocena wpływu nawożenia fosforowego na poziom wymycia tego pierwiastka w wyniku procesów erozyjnych.

Celem pracy jest ocena erozyjnych strat fosforu zarówno w formie rozpuszczonej w spływie powierzchniowym oraz w wymytm materiale glebowym w warunkach deszczu naturalnego z uwzględnieniem nawożenia fosforowego.

Analizę wymywania fosforu i próchnicy przeprowadzono na podstawie badań modelowych w mikropoletkach wypełnionych glebą o zróżnicowanym składzie granulometrycznym. Straty składników analizowano w wymywanym materiale glebowym oraz w formie rozpuszczonej w wodzie spływu powierzchniowego. Ocenie poddano gleby zróżnicowane pod względem typologicznym i uziarnienia. W celu podwyższenia zawartości fosforu w glebie do wartości średniej podanej w zaleceniach agrotechnicznych oraz oceny bezpośredniego wpływu nawożenia na erozyjne straty w części analizowanych gleb zastosowano jednorazowo nawożenie fosforowe.

## 1. Materiał i metody

Bazę eksperymentalną stanowiły modelowe mikropoletka (skrzynie drewniane) wypełnione materiałem glebowym o wymiarach 2,0 x 1,0 x 0,3 m (długość, szerokość i wysokość) i spadku podłużnym 10%. Skrzynie umieszczono w wykopanych dołkach na stoku w taki sposób, aby wierzchnia krawędź skrzyni wystawała około 5 cm ponad powierzchnię ziemi w celu zabezpieczenia przed dopływem wody powierzchniowej z przyległego pola. Wystającą część skrzyni obsypano na zewnątrz glebą wykopaną z dołka. Przywieziony z zewnątrz materiał glebowy z poziomu orno-próchnicznego umieszczono w skrzyni bezpośrednio na naturalnej warstwie podglebia zalegającego na głębokości 30 cm, zapewniając infiltrację wód opadowych w głąb profilu i podsiak wody. Mikropoletka wykonano w dwu powtórzeniach (rys. 1), a glebę w sezonie wegetacyjnym utrzymywano w czarnym ugorze. W badaniach prowadzonych w latach 1999-2001 wykorzystano 10 różnych gatunków gleb. Doświadczenie zlokalizowano w bezpośrednim sąsiedztwie stacji meteorologicznej IUNG-PIB Puławy, na której w sposób ciągły za pomocą pluwiografu manualnego (typ WSZ/PG 891) prowadzono pomiary opadów atmosferycznych. Na podstawie pomiarów określono wartość każdego opadu erozyjnego, następnie obliczono jego wartość średnią i maksymalną w danym roku oraz stosunek do opadu ogólnego. Opad erozyjny to pojedynczy opad, który wywołał spływ powierzchniowy i erozję gleby. W glebach złożonych w mikropoletkach oraz

w materiale wyerodowanym oznaczono skład granulometryczny, poszczególne jego frakcje i gatunek gleby oraz odczyn, zawartość próchnicy i fosforu przyswajalnego ( $P_2O_5$ ). Próby wody i zmytej gleby w postaci szlamu z mikropoletek pobierano do naczyń w dwu powtórzeniach, każdorazowo po wystąpieniu pojedynczego opadu erozyjnego. Po osadzeniu materiału glebowego (odstaniu) prowadzono pomiary objętości wody i masy wymytej gleby. W wodzie spływu powierzchniowego z mikropoletek analizowano stężenie fosforu w formie rozpuszczonej ( $P-PO_4$ ). W pracy przedstawiono również łączny ładunek tego pierwiastka (P) wymytego z mikropletka w formie rozpuszczonej i związanej z wymytą glebą. Zawartość przyswajalnego fosforu w części płynnej i stałej analizowano metodą Egnera-Riehma DL.

### Powtórzenie 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Ar</b>	<b>Ar</b>	<b>Bk</b>	<b>Ap</b>	<b>Cz</b>	<b>Cz</b>	<b>Ap</b>	<b>Ap</b>	<b>Rc</b>	<b>Fs</b>
pl	ps	pgl	pgm	gl	gs	plz	ls	gc	pgmp

### Powtórzenie 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Ar</b>	<b>Ar</b>	<b>Bk</b>	<b>Ap</b>	<b>Cz</b>	<b>Cz</b>	<b>Ap</b>	<b>Ap</b>	<b>Rc</b>	<b>Fs</b>
pl	ps	pgl	pgm	gl	gs	plz	ls	gc	pgmp

**Typ gleby:** Ar - rdzawa, Bk - brunatna kwaśna, Ap - płowa, Cz - czarnoziem zdegradowany, Ap - płowa, Rc - rędzina ciężka, Fs - mada średnia

**Soil types:** Ar - Brunic Arenosol, Bk - Haplic Cambisol, Ap - Cambic Albeluvisol, Cz - Haplic Chernozem, Ap - Haplic Cambisol, Rc - Rendzic Phaeozem, Fs - Mollic Fluvisol

**Gatunek gleby:** pl - piasek luźny, ps - piasek słabogliniasty, pgl - piasek glinisty lekki, gl - glina lekka, gs - glina średnia, plz - pył zwykły, ls - less, gc - glina ciężka, pgmp - piasek glinisty mocny pylasty

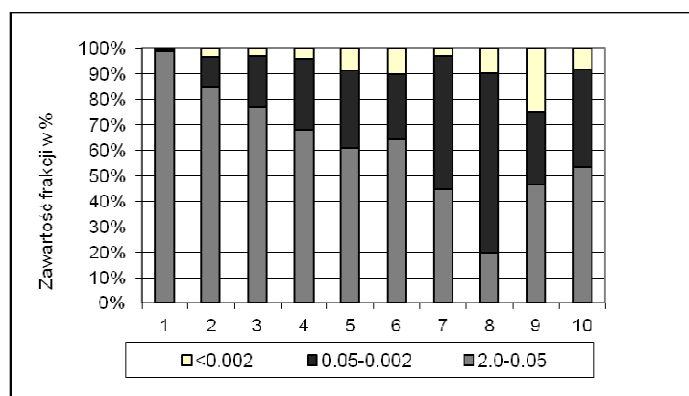
**Soil textural group:** pl - loose sand, ps - weakly-loamy sand, pgl - light loamy sand, pgm - heavy loamy sand, gl - sandy loam, gs - medium loam, plz - silt, ls - loamy silt (loess), gc - heavy loam, pgmp - heavy-loamy silty sand

Rys. 1. Schemat doświadczenia mikroplotkowego

Fig. 1. Microplots experiment scheme

W badaniach wykorzystano gleby powszechnie użytkowane rolniczo w Polsce. Były one zróżnicowane zarówno pod względem typologicznym, jak i uziarnienia. Pod względem typologicznym analizie poddano glebę rdzawą (Ar), brunatną (B) i brunatną kwaśną (Bk), płową (Ap), czarnoziem zdegradowany (Cz), rędzinę czarnoziemną (Rc) i madę (F). Pod względem uziarnienia zróżnicowanie było jeszcze większe i obejmowało gleby wytworzone od piasku luźnego (pl) do gliny ciężkiej (gc) (tab. 1). Analizowane gleby charakteryzowały się dużym zróżnicowaniem poszczególnych frakcji uziarnienia. Największy udział frakcji ilastej ( $< 0,002$  mm) zawierała rędzina czarnoziemna wytworzona z gliny ciężkiej (25,5%) i czarnoziem

zdegradowany utworzony z gliny średniej (10,5%), a najmniej gleba rdzawa utworzona z piasku luźnego (1,0%) (rys. 2). Gleby w mikropoletkach zarówno w obrębie typów, jak i gatunków wykazywały bardzo duże zróżnicowanie (pH) zawartości próchnicy oraz przyswajalnego fosforu. Najniższą zawartość próchnicy 0,39% stwierdzono na glebie rdzawej (Ar) utworzonej z piasku luźnego (pl), a najwyższą 2,29% na czarnoziemie zdegradowanym (Cz) utworzonym z gliny średniej (gs) (tab. 4). Na glebie rdzawej (Ar) utworzonej z piasku luźnego (pl) stwierdzono również bardzo niską zawartość przyswajalnego fosforu, tylko 36 mg  $P_2O_5$ /kg (tab. 1). Niską zawartość fosforu (55 mg  $P_2O_5$ /kg) odnotowano na rędzinie czarnoziemnej (Rc). Natomiast bardzo wysoką zawartość przyswajalnego fosforu stwierdzono w glebie lessowej (Ap) 720 mg  $P_2O_5$ /kg oraz glebie płowej (Ap) utworzonej z piasku gliniastego mocnego (pgm) 662 mg  $P_2O_5$ /kg (tab. 1), przy stosunkowo dużej zawartości próchnicy 1,89% (tab. 4). Na pozostałych glebach zawartość wyjściowa próchnicy (w mikropoletkach) wahała się od 1,13 do 2,29%, a zawartość przyswajalnego fosforu od 55 do 258 mg  $P_2O_5$ /kg ( $24 \pm 112,5$  mg P/kg) gleby.



1 - Ar, pl; 2 - Ar, ps; 3 - Bk, pgl; 4 - Ap, pgmp; 5 - Cz, gl; 6 - Cz, gs; 7 - Ap, plz; 8 - Ap, ls;  
9 - Rc, gc; 10 - Fs, pgmp

Rys. 2. Udział frakcji granulometrycznych w analizowanych glebach

Fig. 2. Share of soil textures in the analyzed soils

W pracy określono zależność liniową między zawartością łatwo przyswajalnego fosforu ( $P_2O_5$ ) w analizowanych glebach a stężeniem fosforanów ( $P-PO_4$ ) w wodzie spływu powierzchniowego. W celu sprawdzenia wpływu zawartości fosforu w wierzchniej warstwie gleby na poziom jego stężenia w wodzie spływu powierzchniowego oraz zawartość w wymyтым materiale glebowym w badaniach zastosowano jednorazowe nawożenie mineralne. Wiosną w marcu trzeciego roku badań (2001) do gleby zaaplikowano superfosfat, nawóz wymieszano z wierzchnią warstwą gleby na głębokość 3÷5 cm. Poziom nawożenia fosforowego dostosowano do aktualnej i proponowanej w zaleceniach agrotechnicznych zawartości fosforu w glebie (tab. 1 i 2).

Tabela 1. Charakterystyka analizowanych gleb

Table 1. Soil characteristics

Lp. No.	Typ gleby Soil type	Gatunek gleby Soil texture	Symbol typu i gatunku Symbol of type and soil texture	Zawartość P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> * Content of P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/kg
1	Gleba rdzawa (Ar) Rusty soil	Piasek luźny Loose sand	Ar/pl	36
2	Gleba rdzawa (Ar) Rusty soil	Piasek słabogliniasty Slightly loamy sand	Ar/ps	194
3	Gleba brunatna kwaśna (Bk) Acid brown soil	Piasek gliniasty lekki Light loamy sand	Bk/pgl	146
4	<b>Gleba płowa (Ap)</b> <b>Lessive soil</b>	<b>Piasek gliniasty mocny</b> <b>Heavy loamy sand</b>	<b>Ap/pgm</b>	<b>662</b>
5	Czarnoziem zdegradowany (Cz) Degraded chernozem	Gлина lekka Sandy loam	Cz/gl	188
6	Czarnoziem zdegradowany (Cz) Degraded chernozem	Gлина średnia Medium heavy loam	Cz/gś	169
7	<b>Gleba płowa (Ap)</b> <b>Lessive soil</b>	<b>Pył zwykły</b> <b>Silt</b>	<b>Ap/plz</b>	<b>258</b>
8	<b>Gleba płowa (lessowa) (Ap)</b> <b>Brown soil - loess</b>	<b>Less</b> <b>Loess</b>	<b>Ap/ls</b>	<b>720</b>
9	Rędzina czarnoziemna (Rc) Black rendzina	Gлина ciężka Heavy loam	Rc/gc	55
10	Mada właściwa (Fs) Alluvial soil - silty	Piasek gliniasty mocny pylasty Heavy loam silty sand	Fs/pgmp	177

\* Według Egnera-Riehma DL - According to Egner-Riehm DL method

Tabela 2. Zastosowane dawki nawożenia fosforowego (P) w marcu 2001 roku

Table 2. Applied P fertilizing in March 2001

Lp. No.	Symbol gleby Symbol of soil	Dawka P w superfosfacie P - dose in superphosphate	
		mg P/m <sup>2</sup>	kg P/ha
1	Ar/pl	436	43,6
2	Ar/ps	87	8,7
3	Bk/pgl	174	17,4
4	<b>Ap/pgm</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>
5	Cz/gl	87	8,7
6	Cz/gś	87	8,7
7	<b>Ap/plz</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>
8	<b>Ap/ls</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>
9	Rc/gc	305	30,5
10	Fs/pgmp	87	8,7

Z uwagi na bardzo wysoką zawartość fosforu ( $P_2O_5$ ) w glebie płowej (Ap) wytworzonej z piasku gliniastego mocnego (pgm), glebie płowej (Ap) wytworzonej z lessu oraz glebie płowej (Ap) wytworzonej z pyłu zwykłego (plz) nie stosowano nawożenia. Największą dawkę fosforu w ilości 43,6 kg P/ha zastosowano na glebie rdzawej (Ar) oraz na rędzinie ciężkiej (Rc) w ilości 30,5 kg P/ha (tab. 2).

## 2. Wyniki i dyskusja

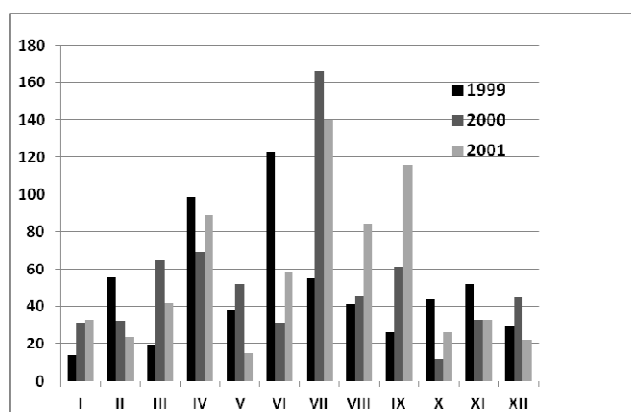
Opady roczne w kolejnych latach prowadzenia badań wg wskazań Stacji meteorologicznej IUNG w Puławach były zróżnicowane i wszystkie większe od opadu średniego z wielolecia 1871-2012, który wynosi 587 mm (tab. 3). Najniższy opad o wartości 596 mm wystąpił w 1999 roku, a najwyższy 682 mm w 2001 roku. W analizowanym okresie badań odnotowano kumulację opadów atmosferycznych w miesiącach letnich od czerwca do września, a w maju opady były najniższe w okresie od kwietnia do września (rys. 3). Maksymalny opad miesięczny o wartości 166 i 140 mm wystąpił w lipcu 2000 i 2001 r.

Opady erozyjne występowały corocznie od czerwca do sierpnia, a w roku 2000 i 2001 również we wrześniu (tab. 3). W okresie badań odnotowano łącznie 28 opadów erozyjnych, w tym 10 w roku 2001 i po 9 w latach 1999 i 2000. Średnia wartość pojedynczego opadu erozyjnego w analizowanym okresie mieściła się w zakresie od 13,9 do 17,7 mm, a maksymalna wartość od 37,6 do 41,8 mm. Opad erozyjny w latach badań stanowił od 21,1 do 25,9% opadu rocznego (tab. 3).

Tabela 3. Charakterystyka opadów

Table 3. Characteristics of precipitation

Opis opadu <i>Description of precipitation</i>	Rok <i>Year</i>		
	1999	2000	2001
Liczba deszczy erozyjnych Number of erosion rains	9	9	10
Średni deszcz erozyjny, mm Average erosion rain, mm	13,9	16,0	17,7
Deszcz erozyjny max, mm Erosion rain max, mm	37,6	37,8	41,8
Suma deszczy erozyjnych, mm The sum of erosion rain, mm	125,5	144,4	176,6
Stosunek opadu erozyjnego do rocznego, % The ratio of erosion precipitation to annual precipitation, %	21,1	22,5	25,9
Opad atmosferyczny roczny, mm Annual precipitation, mm	596	643	682



Rys. 3. Miesięczny opad atmosferyczny w latach 1999-2001 w mm

Fig. 3. Monthly precipitation in 1999-2001 in mm

Stosunkowo duża ilość opadów erozyjnych w okresie badań sprzyjała tworzeniu spływu powierzchniowego na mikropoletkach oraz wymyciu gleby, próchnicy i składników mineralnych.

### 2.1. Wymycie próchnicy z gleby mikropoletek

W okresie badań w zawieszynie glebowej wymytej ze spływem powierzchniowym ze wszystkich analizowanych mikropoletek stwierdzono wyraźny wzrost zawartości próchnicy w stosunku do gleb znajdujących się w mikropoletkach, średnio o ponad 100% (tab. 4). W 1999 roku średnia zawartość próchnicy w zawieszynie glebowej na wszystkich mikropoletkach wynosiła 3,4% i była wyraźnie większa w stosunku do lat 2000 i 2001, w których jej średnia zawartość w wymytmym materiale glebowym wynosiła odpowiednio 2,86 i 2,85% (tab. 4), przy czym w latach 2000 i 2001 na kilku mikropoletkach, m.in. glebie płowej (Ap) wytworzonej z piasku gliniastego mocnego (pgm), czarnoziemie zdegradowanym (Cz) wytworzonym z gliny średniej (gs) i madzie średniej (Fs) wytworzonej z piasku gliniastego pylistego (pgmp), odnotowano tendencję odwrotną i wzrost zawartości próchnicy w zawieszynie w stosunku do 1999 roku (tab. 4). W badaniach stwierdzono również znaczne różnice zawartości próchnicy w zawieszynie pomiędzy analizowanymi typami i gatunkami gleby.

W materiale wyerodowanym z gleby rdzawej (Ar) wytworzonej z piasku luźnego (pl) oraz rędziny ciężkiej (Rc) wytworzonej z gliny ciężkiej (gc) wzrost zawartości próchnicy w stosunku do gleby wyjściowej był najmniejszy i wynosił odpowiednio 46,2 i 39,3% (tab. 4). Niewielki wzrost zawartości próchnicy może wynikać z bardzo niskiej jej ilości w glebie rdzawej, tylko 0,39%, oraz bardzo silnym jej wiązaniu przez glebę wytworzoną z gliny ciężkiej w przypadku rędziny. Natomiast w glebie brunatnej kwaśnej (Bk) wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego (pgl) oraz glebie rdzawej wytworzonej z piasku słabogliniastego (ps) wzrost ten był największy i wynosił odpowiednio 185,8 i 135,7% (tab. 4).

Tabela 4. Zawartość próchnicy w glebie mikropoletek i materiale wyerodowanym z mikropoletek  
 Table 4. Organic matter content in the soil in microplots and in the soil eroded from microplots

Lp. No.	Typ i podtyp gleby <i>Type and subtype of soil</i>	pH (KCl)	Zawartość próchnicy w glebie mikropoletek <i>Organic matter content in the soil in microplots</i> %	Zawartość próchnicy w erodowanej glebie <i>Content of SOM in the soil losses in the years</i> %				Przyrost próchnicy w erodowanej glebie w stosunku do gleby w mikropoletku <i>Increase of SOM content in eroded soil in the relation to soil in the microplots</i> %
				1999	2000	2001	1999- 2001	1999-2001
1	Ar/pl	6,3	0,39	0,67	0,56	0,49	0,57	46,2
2	Ar/ps	4,7	1,4	4,52	2,49	2,9	3,3	135,7
3	Bk/pgl	4,6	1,13	4,39	1,52	3,78	3,23	185,8
4	Ap/pgm	6,8	1,89	3,26	4,17	4,27	3,9	106,3
5	Cz/gl	5	1,55	3,79	3,09	3,47	3,45	122,6
6	Cz/gs	5,3	2,29	3,7	4,02	4,15	3,96	72,9
7	Ap/plz	5,9	1,72	4,52	3,91	3,42	3,95	129,7
8	Ap/ls	7	1,33	2,77	2,99	2,35	2,7	103,0
9	Rc/gc	7,2	1,78	2,41	2,56	2,48	2,48	39,3
10	Fs/pgmp	6,2	1,39	2,96	3,14	3,07	3,06	120,1
<b>Średnio/Medium</b>		<b>5,4</b>	<b>1,49</b>	<b>3,4</b>	<b>2,86</b>	<b>2,85</b>	<b>3,02</b>	<b>102,7</b>

## 2.2. Stężenie fosforu (P/PO<sub>4</sub>) w wodzie spływu powierzchniowego

Stężenie fosforanów P-PO<sub>4</sub> w wodzie spływu powierzchniowego w glebach nienawożonych fosforem (Ap/pgm, Ap/plz, Ap/ls) w latach 1999 i 2000 (tab. 2) zawierało się w przedziale od 0,34 do 1,26 mg/dm<sup>3</sup> (tab. 5). W 2001 roku pomimo braku nawożenia fosforowego stężenie tego pierwiastka wzrosło na glebie płowej wytworzonej z lessu (Ap/ls) oraz płowej wytworzonej z piasku gliniastego mocnego (Ap/pgm) odpowiednio do 0,87 oraz 1,52 mg/dm<sup>3</sup>, natomiast na glebie płowej wytworzonej z pyłu zwykłego (Ap/plz) utrzymało się na poziomie z 2000 roku (tab. 5).

Na glebach z niską zawartością fosforu (nawożonych) średnie stężenie fosforanów P-PO<sub>4</sub> w wodzie spływu powierzchniowego w latach 1999 i 2000 wynosiło odpowiednio 0,39 i 0,30 mg/dm<sup>3</sup> (tab. 5). Najmniejsze stężenie fosforu w tych latach stwierdzono w spływie z rędziny wytworzonej z gliny ciężkiej (Rc/gc), które wynosiło odpowiednio 0,07 i 0,14 mg/dm<sup>3</sup> (tab. 5).

Po zastosowaniu w 2001 roku nawożenia fosforowego wg dawek określonych w tabeli 2 średnie stężenie fosforanów w spływie powierzchniowym wzrosło ponad 2-krotnie z 0,34 do 0,77 mg P-PO<sub>4</sub> mg/dm<sup>3</sup>, czyli o ponad 123% (tab. 5). Największe wzrosty odnotowano na glebie rdzawej wytworzonej z piasku słabogliniastego (Ar/ps) 360%, rędzinie ciężkiej wytworzonej z gliny ciężkiej (Rc/gc) 138% oraz



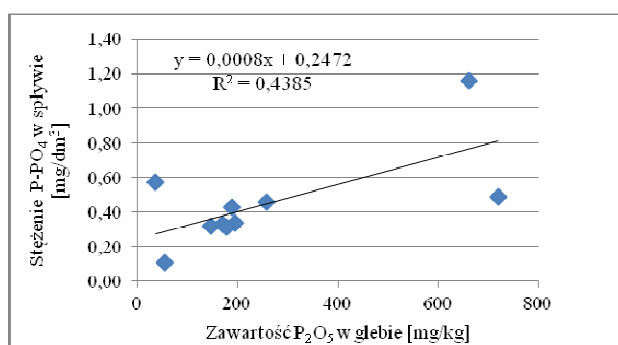
glebie brunatnej kwaśnej wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego (Bk/pgl) 121,9% (tab. 5), przy wzroście stężenia fosforanów zaledwie o 0,14 mg/dm<sup>3</sup>. Najmniejsze przyrosty odnotowano na glebie rdzawej o składzie piasku luźnego (Ar/pl) o 50,9% i madzie średniej o składzie piasku gliniastego mocnego (Fs/pgmp) o 55,6%.

Tabela 5. Stężenie P-PO<sub>4</sub> w spływie powierzchniowym w latach 1999-2001Table 5. The concentrations of P-PO<sub>4</sub> in runoff in the years 1999-2001

Lp.	Typ i podtyp gleby	Gatunek gleby	Symbol	Stężenie P w latach (mg · dm <sup>-3</sup> )				% Wzrost stężenia P w roku 2001 w stosunku do lat 1999-2000
				P concentration in the years (mg · dm <sup>-3</sup> )				
	Type and subtype of soil	Soil texture group	Symbol	1999	2000	1999-2000	2001	% Increase of P concentration in 2001 in relation to 1999-2001
1	Ar/pl	piasek luźny (pl)	pl	0,73	0,41	0,57	0,86	50,9
2	Ar/ps	piasek słabogliniasty (ps)	ps	0,42	0,25	0,34	1,54	359,7
3	Bk/pgl	piasek gliniasty lekki (pgl)	pgl	0,30	0,34	0,32	0,71	121,9
4	Ap/pgm	piasek gliniasty mocny (pgm) *	pgm	1,06	1,26	1,16	1,52	31,0
5	Cz/gl	glina lekka (gl)	gl	0,44	0,42	0,43	0,90	109,3
6	Cz/gś	glina średnia (gś)	gś	0,34	0,32	0,33	0,63	90,9
7	Ap/plz	pył zwykły (plz) *	plz	0,34	0,57	0,46	0,57	25,3
8	Ap/lś	pył gliniasty zwykły (lś) *	lś	0,36	0,62	0,49	0,87	77,6
9	Rc/gc	glina ciężka (gc)	gc	0,07	0,14	0,11	0,25	138,1
10	F (Fs) pgmp	piasek gliniasty mocny pylasty (pgmp)	pgmp	0,41	0,22	0,32	0,49	55,6
Średnio na glebach nie nawożonych *				0,59	0,82	0,71	0,99	39,4
Medium, the soil is not fertilized								
Średnio w glebach nawożonych fosforem				0,39	0,30	0,34	0,77	123,7
Medium in phosphorus fertilization soils only								

\* Gleby nienawożone fosforem

Zależność stężenia fosforanów (P-PO<sub>4</sub>) w wodzie spływu powierzchniowego od zawartości łatwo przyswajalnego fosforu w glebie (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) określonej na podstawie dwuletnich wyników badań (lata 1999 i 2000) opisuje równanie liniowe  $y = 0,0008x + 0,2472$  (rys. 4).

Rys. 4. Zależność między zawartością fosforu w glebie mikropoletek (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) a stężeniem fosforanów (P-PO<sub>4</sub>) w wodzie spływu powierzchniowegoFig. 4. The relationship between the phosphorus (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) in the soils and phosphate (P-PO<sub>4</sub>) in runoff

Wynika z niego, że stężenie fosforanów w spływie powierzchniowym jest w 43,8% determinowane przez zawartość łatwo przyswajalnego fosforu ( $P_2O_5$ ) w glebie.

### 2.3. Straty fosforu

Sumaryczne ilości fosforu zmywane z mikropoletek przez opady erozyjne w postaci rozpuszczonej oraz związanej z wymyтым materiałem glebowym (zawiesinie) w przeliczeniu na  $1\text{ m}^2$  powierzchni przedstawiono w tabeli 6. Roczne straty fosforu w grupie gleb o bardzo wysokiej zawartości fosforu powyżej  $200\text{ mg/kg}$  gleby w latach 1999 i 2000 (tab. 1) wynosiły odpowiednio  $22,32$  i  $41,95\text{ mg P/m}^2$  (tab. 6). Największe wymycie fosforu  $56,52\text{ mg P/m}^2$  w tej grupie gleb odnotowano w 2000 roku na glebie płowej wytworzonej z piasku gliniastego mocnego (Ap/pgm). W grupie gleb o niskiej zawartości fosforu poniżej  $200\text{ mg/kg}$  gleby (tab. 1) straty fosforu w latach 1999 i 2000 były ponad 2-krotnie mniejsze i wynosiły odpowiednio  $10,28$  i  $14,75\text{ mg P/m}^2$  (tab. 6). Najniższy poziom wymycia fosforu w tym okresie odnotowano na rędzinie czarnoziemnej wytworzonej z gliny ciężkiej (Rc/gc), który wynosił  $3,64\text{ mg P/m}^2$  (tab. 6).

Tabela 6. Straty fosforu P w latach 1999-2001,  $\text{mg/m}^2$

Table 6. The phosphorus losses P in the years 1999-2001,  $\text{mg/m}^2$

Lp.	Typ i podtyp gleby Type and subtype of soil	Gatunek gleby Soil texture group	Symbol Symbol	Straty fosforu P ( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ ) Phosphorus losses P ( $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ )				Przyrost strat P w roku 2001 w stosunku do lat 1999-2000 (%) Increase of P losses in 2001 in relation to 1999-2000 (%)
				1999	2000	1999-2000	2001	
				1	Ar/pl	piasek luźny (pl)	pl	
2	Ar/ps	piasek słabogliniasty (ps)	ps	8,45	8,81	8,63	52,02	502,8
3	Bk/pgl	piasek gliniasty lekki (pgl)	pgl	10,1	10,32	10,21	58,01	468,2
4	<b>Ap/pgm</b>	<b>piasek gliniasty mocny (pgm) *</b>	<b>pgm</b>	<b>46,84</b>	<b>56,52</b>	<b>51,68</b>	<b>125,47</b>	<b>142,8</b>
5	Cz/gl	głina lekka (gl)	gl	21,6	39,1	30,35	70,67	132,9
6	Cz/gś	głina średnia (gś)	gś	11,89	21,61	16,75	57,42	242,8
7	<b>Ap/plz</b>	<b>pył zwykły (plz) *</b>	<b>plz</b>	<b>8,26</b>	<b>26,4</b>	<b>17,33</b>	<b>41,48</b>	<b>139,4</b>
8	<b>Ap/plg/l</b>	<b>pył gliniasty zwykły (less) *</b>	<b>plg</b>	<b>11,85</b>	<b>42,94</b>	<b>27,4</b>	<b>83,98</b>	<b>206,6</b>
9	Gc (Rc) /	głina ciężka (gc)	gc	3,64	5,97	4,805	19,89	313,9
10	F (Fs) pgmp	piasek gliniasty mocny pylasty (p)	pgmp	10,2	12,94	11,57	36,5	215,5
Średnio na glebach nie nawożonych * Medium, the soil is not fertilized				22,32	41,95	32,13	83,64	162,9
Średnio w glebach nawożonych fosforem Medium in phosphorus fertilized soils only				10,28	14,75	12,52	44,77	304,6

\* Gleby nienawożone fosforem

Po zastosowaniu nawożenia fosforowego w postaci superfosfatu w 2001 roku średnie łączne straty fosforu w formie rozpuszczonej i związanego z wymyтыми cząsteczkami gleby wzrosły ponad 3-krotnie (304,6%) do poziomu  $44,77\text{ mg P/m}^2$  (tab. 6). Największy przyrost odnotowano na glebie rdzawej wytworzonej z piasku słabogliniastego (Ar/ps), o 502,8%, oraz na glebie brunatnej kwaśnej wytworzonej

z piasku gliniastego lekkiego (Bk/pgl) o 468,2%. Najmniejsze przyrosty wystąpiły na czarnoziemiu zdegradowanym wytworzonym z gliny lekkiej (Cz/gl) oraz madzie właściwej wytworzonej z piasku gliniastego mocnego pylastego (Fs/pgmp) o 215,5%.

Tabela 7. **Straty fosforu P w latach 1999-2001, kg P/ha**Table 7. **The load losses of phosphorus P in 1999-2001 per kg P/ha**

Lp.	Typ i podtyp gleby	Gatunek gleby	Straty fosforu w przeliczeniu na 1 ha (kg · ha)				Przyrost strat P w roku 2001 w stosunku do lat 1999-2000 (kg · ha)
			Phosphorus losses P (kg · ha)				
	Type and subtype of soil	Soil texture group	1999	2000	1999-2000	2001	Increase of P losses in 2001 in relation to 1999-2000 (kg · ha)
1	Ar/pl	piasek luźny (pl)	0,06	0,05	0,05	0,19	0,14
2	Ar/ps	piasek słabogliniasty (ps)	0,08	0,09	0,09	0,52	0,43
3	Bk/pgl	piasek gliniasty lekki (pgl)	0,10	0,10	0,10	0,58	0,48
4	<b>Ap/pgm</b>	<b>piasek gliniasty mocny (pgm) *</b>	<b>0,47</b>	<b>0,57</b>	<b>0,52</b>	<b>1,25</b>	<b>0,74</b>
5	Cz/gl	glina lekka (gl)	0,22	0,39	0,30	0,71	0,40
6	Cz/gś	glina średnia (gś)	0,12	0,22	0,17	0,57	0,41
7	<b>Ap/plz</b>	<b>pył zwykły (plz) *</b>	<b>0,08</b>	<b>0,26</b>	<b>0,17</b>	<b>0,41</b>	<b>0,24</b>
8	<b>Ap/plg/I</b>	<b>pył gliniasty zwykły (less) *</b>	<b>0,12</b>	<b>0,43</b>	<b>0,27</b>	<b>0,84</b>	<b>0,57</b>
9	Gc (Rc) / gc/c	glina ciężka (gc)	0,04	0,06	0,05	0,20	0,15
10	F (Fs) pgmp	piasek gliniasty mocny pylasty (pgmp)	0,10	0,13	0,12	0,37	0,25
Średnio na glebach nie nawożonych *			0,22	0,42	0,32	0,84	0,52
Medium, the soil is not fertilized							
Średnio w glebach nawożonych fosforem			0,10	0,15	0,13	0,45	0,32
Medium in phosphorus fertilization soils only							

W tabeli 7 przedstawiono ładunek strat fosforu w latach 1999-2001 w przeliczeniu na jednostkę powierzchni 1 ha. Wynika z niej, że straty fosforu na mikro-poletkach z bardzo wysoką zawartością fosforu w glebie, powyżej 200 mg/kg gleby (tab. 1) w latach 1999 i 2000, wynosiły odpowiednio 0,22 i 0,42 kg/ha i były 2,5 razy wyższe w stosunku do gleb o niższej zawartości fosforu, poniżej 200 mg/kg (tab. 7). Najwyższe straty fosforu o wartości 0,57 kg/ha odnotowano w 2000 roku na mikro-poletku z glebą płową (Ap/pgm). Zastosowanie nawożenia fosforowego w 2001 roku doprowadziło do wzrostu stężenia fosforu w wodzie spływu powierzchniowego i większych strat tego pierwiastka w przeliczeniu na jednostkę powierzchni. W 2001 roku średnie straty fosforu na poletkach nawożonych osiągnęły wartość 0,45 kg/ha i były 3,6 razy większe w stosunku do średnich strat w latach 1999-2000. Straty fosforu w 2001 roku na poletkach nienawożonych, z dużą zawartością fosforu w glebie, osiągnęły wartość 0,84 kg/ha, wzrost 0,52 kg/ha w stosunku do lat 1999-2000 (tab. 7). Bezwzględny wzrost strat fosforu na glebach nienawożonych w 2001 roku wynika z dużej zawartości tego składnika w glebie oraz zwiększonej liczby i wartości opadów erozyjnych (tab. 3), co skutkowało zwiększeniem spływu powierzchniowego i masy wyerodowanej gleby. Roczne straty przy-swajalnego fosforu w trzyletnim okresie badań wahały się od 0,04 kg P/ha na rędzinie czarnoziemnej wytworzonej z gliny ciężkiej (Rc/gc) i 0,05 kg P/ha na glebie rdzawej wytworzonej z piasku luźnego (Ar/pl) do wartości 1,25 kg P/ha na glebie płowej wytworzonej z piasku gliniastego mocnego (Ap/pgm) (tab. 7).

### 3. Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały ponad 2-krotnie większą (wzrost o 107,7%) koncentrację materii organicznej w wyerodowanym materiale glebowym z mikropoletek. Świadczy to o bardzo destrukcyjnym działaniu spływu i erozji na właściwości fizykochemiczne i żyzność gleb erodowanych. W wyniku spływu powierzchniowego oprócz wymywania związków organicznych z cząsteczkami erodowanej gleby dochodzi do ich wypłukiwania z wierzchniej warstwy gleby, która pozostaje w polu. Przeprowadzone badania wykazały, że stężenia fosforanów w wodzie spływu powierzchniowego z mikropoletek były bardzo zróżnicowane (od 0,07 do 1,52 mg P-PO<sub>4</sub>/dm<sup>3</sup>) (tab. 5) i zależały od stężenia fosforu w badanej glebie, od przebiegu warunków pogodowych oraz liczby i natężenia deszczy erozyjnych (tab. 1, 2 i 5), (rys. 3) [20]. Zastosowanie zgodnie z zaleceniami agrotechnicznymi nawożenia fosforowego w postaci superfosfatu na glebach z zawartością fosforu do 200 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/kg gleby (tab. 1) doprowadziło do wzrostu stężenia fosforanów w wodzie spływu powierzchniowego średnio o 123,7% (tab. 5). W wyniku nawożenia fosforowego straty fosforu (P) w przeliczeniu na jednostkę powierzchni wzrosły średnio z 0,13 do 0,45 kg/ha (tab. 7). Na wzrost strat fosforu w wyniku erozji mógł mieć również wpływ sposób aplikacji nawozu. W doświadczeniu mikropoletkowym nawóz wymieszano przy użyciu grabek z wierzchnią warstwą gleby o miąższości 3÷5 cm. Utrzymanie mikropoletek w czarnym ugorze w całym sezonie wegetacyjnym w prowadzonym doświadczeniu sprzyjało nasileniu spływu powierzchniowego i erozji gleby oraz prowadziło do zwiększenia strat składników mineralnych i próchnicy w stosunku do pól pozostających w płodozmianie.

Wyniki badań realizowanych w innych uwarunkowaniach prowadzą do stwierdzenia, że zasadnicza część związków fosforu odprowadzana jest wraz z materiałem glebowym [21-26]. Badania te wskazują, że geochemicznymi strumieniami transportu tego składnika chemicznego są właśnie spływy powierzchniowe. W badaniach zlewni przyjeziornych wykazano wyraźną sezonowość w natężeniu i ładunku fosforu dopływającego do jezior [27-29]. W badaniach przesący lizymetrycznych realizowanych w ciągu 20 lat nie stwierdzono wykrywalnych ilości fosforu, co potwierdza odporność fosforu na wymywanie przez opady w głąb profilu glebowego [30].

W warstwie ornej gleby o średniej zawartości fosforu występuje ponad 200 kg P na powierzchni 1 ha. Zalecane dawki nawozów fosforowych pod rośliny uprawne wahają się od 20 do 50 kg P na hektar. Zatem straty fosforu w ilości około 1 kg nie mają większego znaczenia z punktu widzenia nawożenia, ale z uwagi na wpływ tego pierwiastka na procesy eutrofizacji wód powierzchniowych i bioróżnorodność są to ilości znaczące.

### Wnioski

1. Stężenie fosforu w wodzie spływu powierzchniowego oraz jego całkowite straty w wyniku erozji zależą od zawartości tego składnika w glebie oraz przebiegu warunków pogodowych, ilości i nasilenia opadów.

2. Największe przyrosty próchnicy w wyerodowanym materiale glebowym w stosunku do gleb w mikropoletkach odnotowano na glebach lekkich wytworzonych z piasku słabogliniastego (ps) oraz piasku gliniastego lekkiego (pgl).
3. Zastosowane nawożenie fosforowe w mikropoletkach zwiększyło poziom stężenia fosforanów w wodzie spływu powierzchniowego średnio o 44%.
4. Z ekonomicznego punktu widzenia straty fosforu w wyniku erozji na poziomie około 1 kg nie mają większego znaczenia dla działalności rolniczej, ale z uwagi na wpływ tego pierwiastka na procesy eutrofizacji wód jego znaczenie w środowisku jest kluczowe.
5. W terenach urzeźbionych, podatnych na spływy powierzchniowe i erozję, należy w sposób racjonalny stosować nawożenia fosforowe, nie doprowadzając do nadwyżki i tzw. nawożenia „na zapas”.
6. W celu zmniejszenia ryzyka wymywania fosforu w spływie powierzchniowym zaleca się: zastosowanie narzędzi do wglębnego wprowadzania nawozu do gleby, stosowanie nawożenia w dobrych warunkach pogodowych, unikanie wysiewu bezpośrednio przed wystąpieniem ulewnych deszczy.

## Literatura

- [1] Smoroń S., Obieg fosforu w rolnictwie i zagrożenie dla jakości wody, Zeszyty Edukacyjne IMUZ, Falenty 1996, z 1, 86-104.
- [2] Sapek A., Fosfor w łańcuchu pokarmowym człowieka a środowisko w Polsce, Inżynieria Ekologiczna 2009, 21, 62-72.
- [3] Sapek A., Rozpraszanie fosforu do środowiska - mechanizmy i skutki, [w:] Cele i sposoby ograniczania rozproszenia składników nawozowych z gospodarstwa rolnego do środowiska, Zeszyty Edukacyjne 2002, 7, 9-25.
- [4] Smoroń S., Zagrożenie eutrofizacją wód powierzchniowych wyżyn lessowych Małopolski, Woda - Środowisko - Obszary Wiejskie 2012, 12, 1(37), 181-191.
- [5] Lipiński W., Zasobność gleb w fosfor przyswajalny, Nawozy i Nawożenie 2005, 2(23), 49-54.
- [6] Schjonning P., Sibbesen E., Hansen A.C., Hasholt B., Heidmann T., Madson M.B., Nielsen J.D., Surface runoff, erosion and loss of phosphorus at two agricultural soils in Denmark, SP Report No.14, 1995. Ministry of Agriculture and Fisheries, Danish Institute of Plant and Soil Science.
- [7] Pawlikowski-Dobrowolski J., Zależność stężenia składników chemicznych od objętości odpływu jako element badań rolniczych zanieczyszczeń obszarowych, Mat. Konf. Zanieczyszczenia obszarowe w zlewniach rolniczych, Falenty 1990, 36-44.
- [8] Józefaciuk A., Józefaciuk C., Erozja agroekosystemów 1996, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 2005.
- [9] Banaszuk P., Krasowska M., Kamocki A., Źródła azotu i fosforu oraz drogi ich migracji podczas wezbrania roztopowego w małej zlewni rolniczej, Woda - Środowisko - Obszary Wiejskie 2009, 9, 4(28), 5-26.
- [10] Rejman J., Ekonomiczny aspekt obniżenia produktywności gleb pływowych w terenach lessowych, Studia i Raporty IUNG-PIB 2011, 27(1), 79-89.
- [11] Licznar M., Drozd J., Licznar S.E., Plonowanie rzepaku ozimego na terenach erodowanych Płaskowyżu Głubczyckiego, Zesz. Nauk. AR, Kraków 1992, 271, 137-149.
- [12] Pimentel D., Kounang N., Ecology of soil erosion in ecosystems, Ecosystems 1998, 1, 416-426.
- [13] Pływaczyk L., Oddziaływanie spiętrzenia rzeki na dolinę na przykładzie Brzegu Dolnego, Wyd. AR we Wrocławiu, Wrocław 1997, s. 47.

- [14] Szewrański S., The influence of the small reservoirs on the amount of suspended sediment in a stream and the sediment yield value, *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Environmental Development* 2002, 5, 2.
- [15] Stachowicz K., Zanieczyszczenia obszarowe ze zlewni rolniczych o różnym sposobie w zlewniach rolniczych, *Mat. Semin., Falenty* 1990, 26, 221-232.
- [16] Dojlido J.R., Leszczyński A., Włodarczyk E., Zanieczyszczenia obszarowe w zlewni rzeki Skierniewki, [w:] *Wyd. IMUZ, „Zanieczyszczenia obszarowe w zlewniach rolniczych”*, *Mat. Semin., Falenty* 1990, 26, 197-202.
- [17] Rajda W., Ostrowski K., Kowalik T., Marzec J., Erozja chemiczna w rozlewniach rolniczych na terenie podgórskim, *Rocz. AR w Poznaniu CCLXVI, Melioracje i Inżynieria Środowiska* 1994, 14, 139-152.
- [18] Koc J., Wpływ intensywności użytkowania terenu na wielkość odpływu miogenów z obszarów rolniczych, *Rocz. AR w Poznaniu CCCVII* 1998, 52, 101-106.
- [19] Szperliński Z., Guberski S., Wpływ parametrów zlewni i jej zagospodarowania na poziom spływu zanieczyszczeń z wodami rzecznyymi zlewni Górnej Wilgi, *Wyd. IMUZ, „Zanieczyszczenia obszarowe w zlewniach rolniczych”*, *Mat. Semin., Falenty* 1990, 26, 211-219.
- [20] Jadczyzyn J., Analiza spływu powierzchniowego i zmywu gleby o różnym uziarnieniu w doświadczeniu modelowym, *Pam. Puł.* 1999, 119, 121-132.
- [21] Dojlido J.R., *Chemia wód powierzchniowych*, *Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok* 1995, 342.
- [22] Carpenter S., Caraco N.F., Correll D.L., Howarth R.W., Sharpley A.N., Smith V.H., Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen, *Ecol. Appl.* 1998, 8, 3.
- [23] Gacek T., Czynniki dostawy fosforu do wód powierzchniowych na Pogórze Karpackim, [w:] *Przemiany środowiska na Pogórze Karpackim*, *Wyd. Inst. Geogr. UJ, Kraków* 2000, 65-82.
- [24] Jarzabek A., Zmiany ładunku fosforanów przy przepływie przez małe zbiorniki, *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 1998, 458, 389-396.
- [25] Kostrzewski A., Mazurek M., Zwoliński Z., *Dynamika transportu fluwialnego górnej Parsęty jako odbicie funkcjonowania systemu zlewni*, *Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań* 1994, 166.
- [26] Świąchowicz J., Rola stoków i den dolin w odprowadzaniu zawiesiny ze zlewni pogórskiej, [w:] *Przemiany środowiska na Pogórze Karpackim, t. 1*, *Wyd. Inst. Geogr. UJ, Kraków* 2000, 31-49.
- [27] Hillbricht-Ilkowska A., *Lake Śniardwy*, [in:] *Data Book of World Lake Environments - a survey of the state of world lakes (Red. Lake Biwa Research Institute)*, 1990, 12.
- [28] Dzik M., Michalkiewicz M., Stan zanieczyszczenia wód Jeziora Strzeszyńskiego w Poznaniu, *Inż. i Ochr. Środ.* 2006, 9, 105-106.
- [29] Koszelnik P., Zmiany stężeń związków azotu i fosforu w wodach zbiorników zaporowych Solina-Myczkowce w latach 1970-2005, *Inż. i Ochr. Środ.* 2007, 10, 309-3019.
- [30] Sykut S., Wymywanie makroelementów z gleb w lizymetrach, *Nawozy i Nawożenie* 2000, 4(5), 18-25.

## The Phosphorus Losses in Erosion Processes in Modeling Experiment

The losses of phosphorus were analyzed based on the results of model tests carried out under natural rain conditions at the Experimental Station in Pulawy in the years of 1999-2001. The study was performed in microplot experiments with the dimensions of 2 m x 1 m x 0.3 m and a slope of 10% filled with soil material from the top - humus layer. In terms of genetic analyses, seven types of soils, and in terms of the texture 10 of the soil groups were analyzed. The soil in microplots was maintained in black fallow. The loss of phosphorus and humus

content in the washed soil and in the water runoff was analyzed within three years of the experiments. In the spring of the third year of the experiment, phosphorous fertilization was used in order to determine the direct effect of phosphorus fertilization with superphosphate on the phosphorus concentration in water runoff and its content in the washed out soil material. The study of runoff and phosphorus losses and humus content were conducted separately for each erosion rain. The results showed a clear increase in the concentration of phosphorus in the runoff and washed soil where phosphorus fertilization was applied. There was also a twofold increase in the humus content in the washed out soil material compared to the soil in microplots.

**Keywords:** runoff, soil losses, phosphorus losses, soil organic losses