

JANUSZ IGRAS¹, WOJCIECH LIPIŃSKI²

¹Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

²Krajowa Stacja Chemiczno-Rolnicza w Warszawie

OCENA WYBRANYCH ELEMENTÓW STANU ŻYZNOŚCI GLEBY I JAKOŚCI PŁYTKICH WÓD GRUNTOWYCH NA TLE INTENSYWNOŚCI PRODUKCJI ROŚLINNEJ W UJĘCIU REGIONALNYM

Evaluation of selected elements of soil fertility and quality of shallow groundwater on the background
of crop production intensity in the regional frame

ABSTRAKT: W pracy dokonano oceny wpływu intensywności produkcji roślinnej na wybrane elementy żyzności gleby i jakości płytkich wód gruntowych w układzie regionalnym. Badania podjęto ze względu na wzrost regionalnego zróżnicowania produkcji roślinnej w Polsce w ostatnich latach. Wielkość nakładów na produkcję roślinną wpływa zarówno na żyzność gleb, jak i na zanieczyszczenia obszarowe, które na użytkach rolnych mogą niekorzystnie oddziaływać na jakość wód gruntowych. Badania przeprowadzono w oparciu o dane GUS oraz wyniki monitoringu gleb i wód wykonanego przez Krajową Stację Chemiczno-Rolniczą i IUNG Puławy. Intensywność produkcji roślinnej oceniono za pomocą wskaźnika intensywności organizacji produkcji roślinnej, globalnej produkcji roślinnej oraz zużycia nawozów mineralnych. Żyzność gleby oceniono na podstawie odczynu, zawartości azotu mineralnego oraz przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu. Jakość płytkich wód gruntowych oceniono w oparciu o zawartość składników mineralnych, tj. azotanów, fosforanów, potasu, wapnia i magnezu. Wymienione wskaźniki były podstawą do wydzielenia grup województw – regionów. Wyodrębnione regiony charakteryzowały się zróżnicowaniem w zakresie wskaźników intensywności oraz żyzności gleby i jakości wody. Stwierdzono także, że negatywny wpływ produkcji roślinnej w Polsce na jakość wody, przy obecnym poziomie nakładów, nie jest znaczący, i jedynie w regionie obejmującym województwa warmińsko-mazurskie, wielkopolskie i zachodniopomorskie o stosunkowo niskim poziomie produkcji roślinnej i wysokich dawkach nawozów występuje zagrożenie dla jakości wody. Przeprowadzona analiza wykazała także, że zagrożenia dla żyzności gleby w Polsce są spowodowane niedoborem składników, a nie ich nadmiarem.

słowa kluczowe – key words:

intensywność produkcji roślinnej – *crop production intensity*, żyzność gleby – *soil fertility*, jakość płytkich wód gruntowych – *shallow groundwater quality*

WSTĘP

Regionalne zróżnicowanie rolnictwa w Polsce pogłębia się w ostatnich latach (4, 6, 8). Zmiany intensywności produkcji rolnej, w tym produkcji roślinnej wpływają istotnie na środowisko, przede wszystkim na stan żyzności gleb i jakość wód (3, 5, 10-12).

Spośród elementów decydujących o żyzności najważniejsze to odczyn, zawartość substancji organicznej, zawartość azotu mineralnego, a także zasobność gleb w makro- i mikroelementy. Stan poszczególnych elementów żyzności gleby jest ściśle związany z intensywnością produkcji rolnej, przede wszystkim produkcji roślinnej. W Polsce, w przeciwieństwie do większości innych krajów europejskich, zagrożenia dla jakości gleb wynikają przede wszystkim z niedoboru składników pokarmowych, a nie z ich nadmiaru, ale także z silnego zakwaszenia. W ostatnich latach następowała niewielka poprawa stanu zasobności gleb w przyswajalne formy składników. Stan zakwaszenia gleb nie uległ poprawie, gdyż zużycie nawozów wapniowych drastycznie spadło mimo subsydiowania wapna nawozowego. Istnieje więc realne zagrożenie dalszego pogorszenia się zarówno odczynu gleb, jak i ich zasobności w składniki pokarmowe.

Ostatnio coraz większą uwagę zwraca się na wpływ rolnictwa na stan hydrosfery. Na terenach użytkowanych rolniczo rozróżnia się zanieczyszczenia punktowe, wprowadzane do wód lub gleb w ściśle określonych miejscach, i zanieczyszczenia obszarowe, tj. zanieczyszczenia z obszaru zlewni przenoszone jako spływ powierzchniowy lub wnikające do gleby z wodą przesiąkającą przez profil glebowy.

Największe znaczenie na użytkach rolnych mają jednak zanieczyszczenia obszarowe, spływające wraz z wodą z pól uprawnych. Za ich źródło uważa się przede wszystkim produkcję roślinną. Są one trudne do zlokalizowania i określenia, gdyż na wielkość tych zanieczyszczeń wpływają zarówno czynniki naturalne, głównie klimatyczne i glebowe, jak i działalność rolnicza. Zanieczyszczenia obszarowe powstają na skutek niepełnego wykorzystania składników mineralnych wprowadzonych do produkcji rolnej na poziomie pola (5). Niewykorzystane składniki ulegają nagromadzeniu w glebie lub są rozpraszane do środowiska, stwarzając zagrożenie dla hydrosfery, w tym dla płytkich wód gruntowych. W dotychczasowych badaniach zajmowano się przede wszystkim oceną wpływu elementów żyzności gleby na poziom produkcji roślinnej. Nie uwzględniano wpływu intensywności produkcji roślinnej na jakość wód gruntowych.

Celem pracy jest ocena wpływu intensywności produkcji roślinnej na wybrane elementy żyzności gleby i jakość płytkich wód gruntowych w Polsce w ujęciu regionalnym.

MATERIAŁ I METODY

Przeprowadzone badania i analizy wykonano w układzie województw. Podstawowy materiał źródłowy pochodzi z danych GUS (z lat 1999–2002), z badań mo-

monitoringowych prowadzonych przez Krajową Stację Chemiczno-Rolniczą (w latach 2000–2003) oraz z badań monitoringowych prowadzonych przez IUNG Puławy (w latach 1997–2002). Jako miary intensywności produkcji roślinnej przyjęto wskaźnik intensywności organizacji produkcji roślinnej wg Kopcia (7), globalną produkcję roślinną oraz zużycie nawozów mineralnych i wapna nawozowego. Oceniono także wybrane elementy żyzności gleby, tj. odczyn, zawartość azotu mineralnego i zasobność gleb w przyswajalny fosfor, potas i magnez. Ze względu na brak syntetycznego wskaźnika dla oceny jakości płytkich wód gruntowych do rozważań wykorzystano zawartość składników mineralnych, tj. azotanów, fosforanów, potasu, wapnia i magnezu. Zakresy zawartości azotanów i fosforanów przyjęto wg Dyrektywy Azotanowej (1) i Rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenia związkami azotu ze źródeł rolniczych (13), a zakresy zawartości pozostałych składników nawozowych wg rozkładu fraktylowego zgodnie z metodyką przyjętą we wcześniejszym opracowaniu (5). Cały zbiór danych pogrupowano według wskaźników intensywności i w tak pogrupowanych obiektach oceniono stan zagrożeń dla gleb i wody. Do grupowania obiektów zastosowano analizę skupień wykorzystując metodę Warda (2).

WYNIKI

Zróżnicowanie intensywności produkcji roślinnej w Polsce

W tabeli 1 podano regionalne zróżnicowanie wskaźników intensywności produkcji roślinnej w Polsce na tle warunków glebowych i zużycia nawozów mineralnych i wapniowych. Z zestawienia wynika, że intensywność organizacji produkcji roślinnej jest zróżnicowana regionalnie, chociaż różnice nie są znaczące. Największą intensywność produkcji roślinnej mierzoną wielkością globalnej produkcji roślinnej i plonów roślin odnotowano w województwach opolskim i dolnośląskim, a najmniejszą w podlaskim. Z tabeli wynika także, że wielkość globalnej produkcji roślinnej jest uzależniona od poziomu zużycia nawozów, a zróżnicowanie regionalne jest pochodną zarówno warunków glebowych, jak i dawek nawozów.

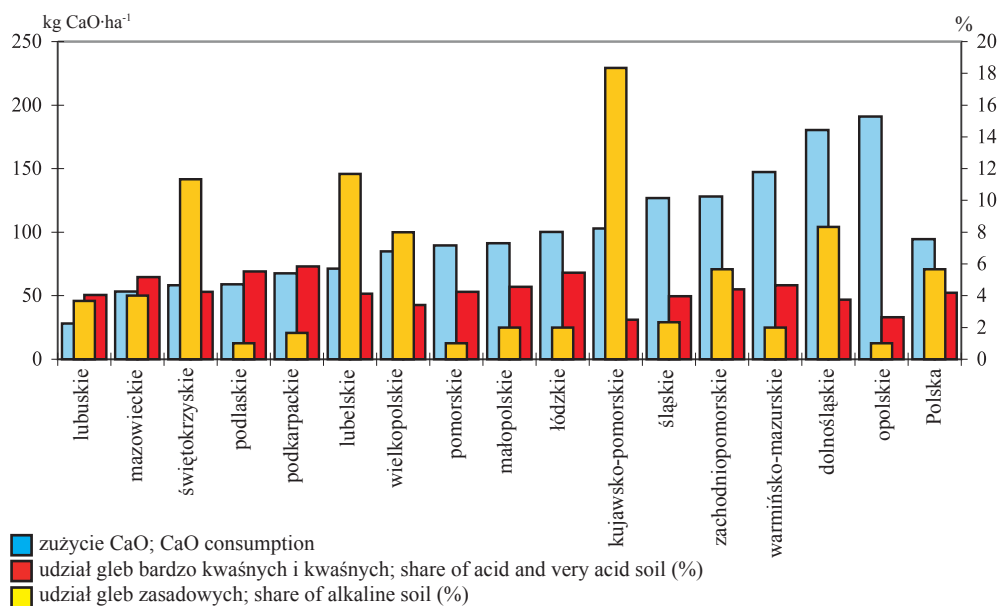
Stan podstawowych elementów żyzności gleby

Na rysunkach 1-5 podano zróżnicowanie poszczególnych elementów żyzności gleby w stosunku do ilości składników pokarmowych wnoszonych w nawozach. Z rysunku 1 wynika, że zróżnicowanie odczynu gleb Polski jest równie wyraźne jak dysproporcje zużycia nawozów do ich odkwaszania. Zużycie CaO jest ujemnie powiązane z udziałem gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych w poszczególnych województwach. Nie istnieją natomiast bezpośrednie związki między zużyciem CaO i udziałem gleb zasadowych. Ich występowanie jest raczej następstwem naturalnych właściwości gleb aniżeli wapnowania.

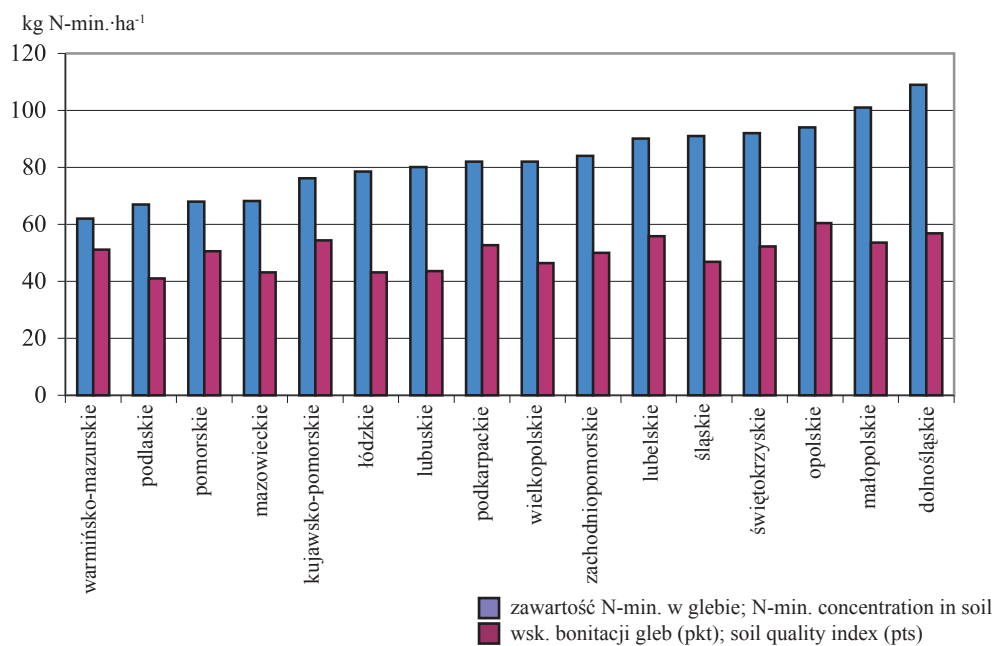
Tabela 1

Zróżnicowanie intensywności produkcji roślinnej w Polsce w latach 1999–2002
Differentiation of crop production intensity in Poland in 1999–2002

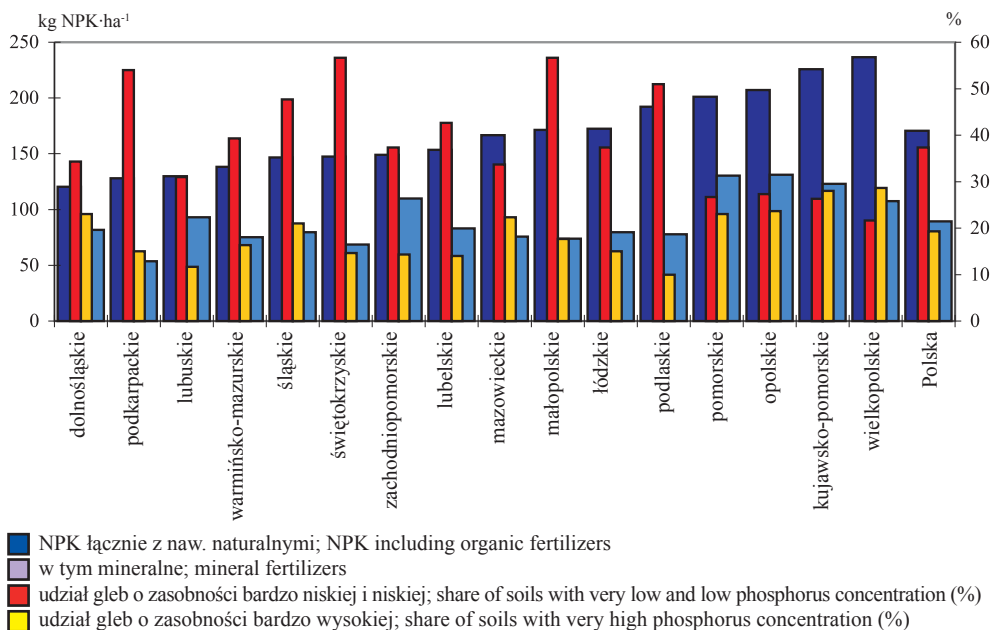
Województwo Voivodeship	Intensywność organizacji produkcji roślinnej (pkt.) Intensity of crop production organization (pts)	Globalna produkcja roślinna (j.zb.·ha ⁻¹) Global crop production (grain units ha ⁻¹)	Plony zbóż Cereal yields (dt·ha ⁻¹)	Wskaźnik waloryzacji gleby Soil valuation index (pts)	Zużycie nawozów mineralnych Consumption of mineral fertilizers (kg NPK·ha ⁻¹)	Zużycie nawozów wapniowych Consumption of lime fertilizers (kg CaO·ha ⁻¹)
Dolnośląskie	112,7	41,6	48,5	56,9	93,8	170,4
Kujawsko-pomorskie	113,7	36,5	39,2	54,4	132,5	78,9
Lubelskie	113,5	33,9	34,5	55,8	99,5	69,8
Lubuskie	111,1	32,6	33,8	43,6	111,9	41,2
Łódzkie	113,1	29,1	30,3	43,2	111,1	128,8
Małopolskie	111,7	33,7	36,3	53,6	83,2	72,0
Mazowieckie	111,0	29,4	30,6	43,1	78,0	54,7
Opolskie	110,9	44,3	52,8	60,5	150,1	218
Podkarpackie	109,1	33,8	35,3	52,7	65,3	74,2
Podlaskie	108,3	27,7	28,2	41,0	86,2	59,7
Pomorskie	108,3	36,2	37,5	50,6	122,9	90,7
Śląskie	107,1	37,6	40,4	46,8	96,0	100,2
Świętokrzyskie	108,5	32,0	31,4	52,2	73,0	59,4
Warmińsko-mazurskie	106,1	32,2	36,4	51,1	88,3	178,4
Wielkopolskie	107,9	37,7	39,8	46,4	111,1	73,2
Zachodniopomorskie	105,9	36,8	38,5	50,0	110,8	104,6
Polska; Poland	113,2	34,3	36,6	50,1	100,8	98,4



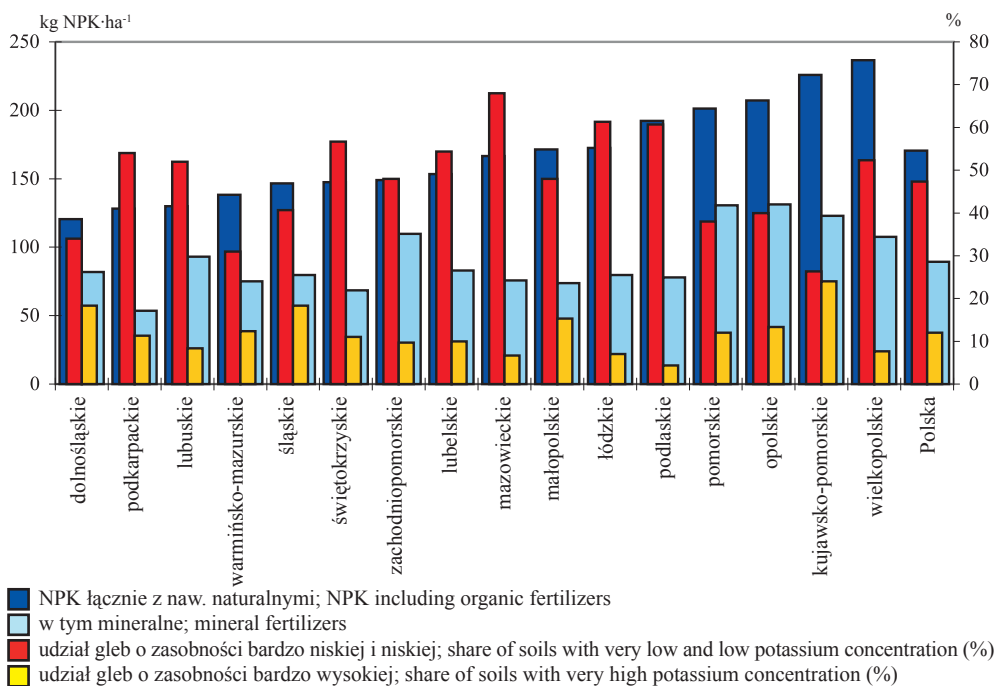
Rys. 1. Zależność pomiędzy zużyciem CaO i odczynem gleb
Relation between CaO use and soil reaction



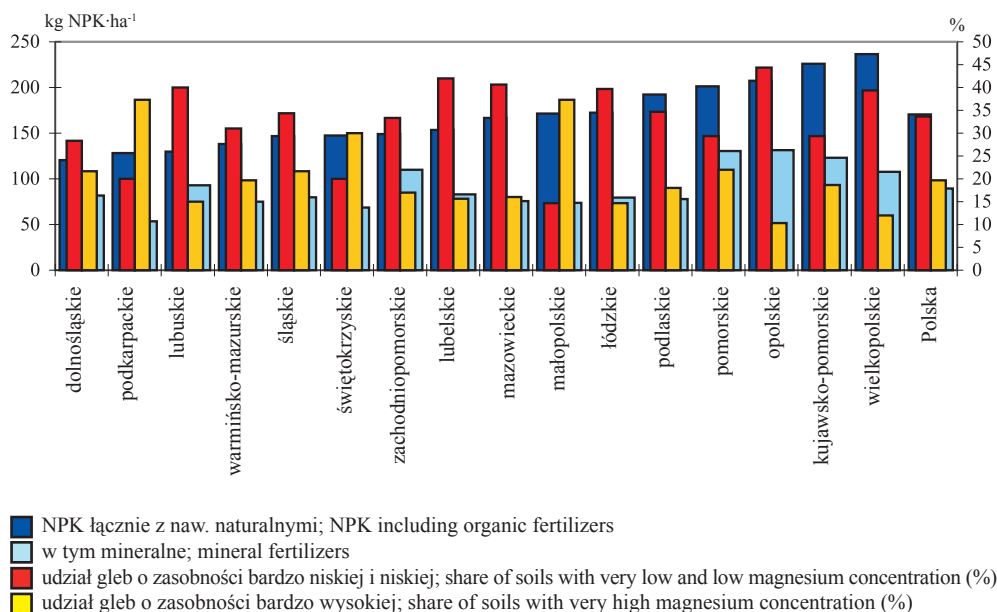
Rys. 2. Zależność pomiędzy zawartością azotu mineralnego (N-min.) w glebie wczesną wiosną i wskaźnikiem bonitacji gleby
Relation between the content of mineral nitrogen (N-min.) in the soil in the early spring and soil valuation index



Rys. 3. Zależność pomiędzy zużyciem NPK i zasobnością gleb w fosfor przyswajalny
 Relation between NPK use and soil resources of available phosphorus



Rys. 4. Zależność pomiędzy zużyciem NPK i zasobnością gleb w potas przyswajalny
 Relation between NPK use and soil resources of available potassium



Rys. 5. Zależność pomiędzy zużyciem NPK i zasobnością gleb w magnez przyswajalny
Relation between NPK use and soil resources of available magnesium

Na rysunku 2 uszeregowano województwa pod względem przeciętnej zawartości azotu mineralnego wczesną wiosną. W północno-wschodniej części kraju zawartość azotu mineralnego wiosną jest prawie o połowę niższa aniżeli w województwach Polski południowo-zachodniej, a różnica zawartości sumy azotu mineralnego przekracza $40 \text{ kg N}_{\text{min}} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Szczególnie wyraźnie uwidacznia się zależność między zużyciem NPK w poszczególnych województwach i udziałem gleb o zasobności bardzo niskiej i niskiej w przyswajalny fosfor (rys. 3). Dość oczywisty i wyraźny jest także wpływ wysokiego zużycia NPK na bardzo wysoką zasobność gleb w łatwo rozpuszczalne formy tego składnika.

Zasobność gleb Polski w przyswajalny potas wskazuje na dość wyraźny związek ze zużyciem nawozów w poszczególnych województwach, jednak w większym stopniu dotyczy to nawozów mineralnych niż naturalnych (rys. 4). Natomiast zwiększający się udział gleb o bardzo wysokiej zasobności w potas, mimo powiązania ze zużyciem nawozów, ma swoje źródło przede wszystkim w naturalnych właściwościach gleb, co wyraźnie uwidacznia się w regionach charakteryzujących się słabymi glebami (np. mazowieckie, podlaskie).

Powiązanie zasobności gleb w magnez przyswajalny z poziomem nawożenia jest znacznie mniej ściśle, głównie z uwagi na zróżnicowanie antropogenicznych źródeł tego składnika (rys. 5). Magnez stosowany jest zarówno w formie wapna nawozowego,

nawozów magnezowych i wieloskładnikowych, jak i w nawozach naturalnych. Dane statystyczne nie uwzględniają zużycia magnezu, ale obejmują nawozy wieloskładnikowe. W tym przypadku związek z magnezem jest tylko pośredni. Zważywszy ponadto na naturalne właściwości gleb, stan ich zakwaszenia i intensywność produkcji tego typu porównania mają charakter hipotetyczny. Prawdopodobny wydaje się jednak związek wynikający ze stosowania nawozów mineralnych, głównie wieloskładnikowych, ze zwiększającym się udziałem gleb o bardzo wysokiej zasobności w magnez.

Jakość płytkich wód gruntowych

Jakość wód glebowo-gruntowych oceniono na podstawie zawartości składników mineralnych. W tabeli 2 przedstawiono regionalne zróżnicowanie zawartości składników mineralnych w wodach drenarskich pobranych jesienią. Przeciętna zawartość azotanów w wodach drenarskich większości województw była niska. Najmniej azotanów zawierały wody z północnej i wschodniej części Polski. Jedynie w województwie śląskim zawartość azotanów przekraczała dopuszczalną koncentrację określoną Dyrektywą Azotanową (1). W województwie wielkopolskim zawartość azotanów zbliżała się do górnej granicy normy. Na obszarze tych dwóch województw prawdopodobnie

Tabela 2

Zawartość składników mineralnych jesienią w wodach drenarskich w Polsce
(liczba obserwacji n = 5411)
Content of mineral elements in drainage water in the autumn in Poland
(number of observations n = 5411)

Województwo Voivodeship	Zawartość; Content (mg·dm ⁻³)				
	N-NO ₃	PO ₄	K	Ca	Mg
Dolnośląskie	3,5	0,06	2,5	99,9	15,8
Kujawsko-pomorskie	4,3	1,43	5,3	92,0	19,7
Lubelskie	0,3	0,02	2,4	60,1	10,3
Lubuskie	4,6	0,20	9,2	83,6	10,3
Łódzkie	5,2	2,01	6,3	81,7	14,8
Małopolskie	3,8	0,20	5,9	70,6	12,3
Mazowieckie	4,8	0,27	3,3	66,5	14,4
Opolskie	1,8	0,06	4,8	71,1	14,8
Podkarpackie	1,1	0,70	4,1	79,4	16,7
Podlaskie	4,1	0,05	2,0	84,6	16,8
Pomorskie	0,8	0,38	7,4	57,7	9,15
Śląskie	15,0	0,18	3,7	50,1	7,6
Świętokrzyskie	2,5	0,15	2,7	113,2	17,3
Warmińsko-mazurskie	1,6	0,17	3,4	90,1	10,0
Wielkopolskie	10,1	0,41	8,1	142,9	18,5
Zachodniopomorskie	4,1	2,58	4,2	66,3	7,5
Polska; Poland	4,3	0,56	4,7	81,8	13,5

istnieje zagrożenie dla jakości płytkich wód gruntowych spowodowane nadmiarem azotanów pochodzenia obszarowego.

Drugim składnikiem biogennym decydującym w największym stopniu o eutrofizacji jest fosfor. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenia związkami azotu ze źródeł rolniczych (13) jako graniczną dla procesu eutrofizacji przyjmuje się zawartość fosforanów $0,7 \text{ mg PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$. Zawartość fosforanów w wodach drenarskich była zróżnicowana regionalnie. Najwięcej fosforanów zawierały wody drenarskie z północnej części Polski i z obszaru województwa łódzkiego. Na tych obszarach przeciętne stężenie fosforanów przekraczało kryterium eutrofizacji i dochodziło do $2 \text{ mg PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$. We wschodniej i południowej części Polski stężenie fosforanów było bardzo niskie, a niebezpieczeństwo eutrofizacji płytkich wód gruntowych najmniejsze.

Zawartość pozostałych składników pokarmowych, potasu, wapnia i magnezu, była także zróżnicowana regionalnie. Najmniej potasu zawierały wody drenarskie ze wschodniej części Polski, co prawdopodobnie związane jest z niską zasobnością gleb tego regionu w potas. Większe ilości potasu zawierały wody centralnej i zachodniej części kraju. Przeciętne stężenie wapnia także różniło się regionalnie. Najwięcej wapnia zawierały wody drenarskie z obszaru Wielkopolski, a magnezu wody z centralnej części kraju.

Syntetyczna ocena wpływu intensywności produkcji roślinnej w Polsce na jakość gleb i wód

W celu oceny wpływu intensywności produkcji na stan elementów żyzności gleby dokonano analizy zmienności badanych czynników w układzie województw. Przeprowadzona analiza wykazała, że badane cechy charakteryzują się dużą zmiennością, przy czym współczynniki zmienności wskaźników intensywności produkcji roślinnej (z wyjątkiem zużycia nawozów wapniowych) były niższe niż współczynniki zmienności wskaźników środowiskowych (tab. 3). Spośród wskaźników stanu żyzności gleby najmniejszą zmienność wykazywała zawartość azotu mineralnego. Wśród wskaźników jakości płytkich wód gruntowych największą zmiennością odznaczała się zawartość azotanów i fosforanów.

Za pomocą analizy skupień (2) wydzielono 4 regiony (grupy województw) o zróżnicowanym poziomie globalnej produkcji roślinnej (rys. 6). Charakterystykę zmiennych w obrębie poszczególnych grup wskaźników podano w tabeli 4. Regiony ponumerowano według malejącego wskaźnika intensywności wyrażonego globalną produkcją roślinną, co ułatwia ocenę wpływu stopnia intensywności produkcji roślinnej na pozostałe wskaźniki środowiskowe. Metodę taką stosowano we wcześniejszych badaniach (8). Umożliwia ona ocenę opisową poszczególnych skupień w oparciu o wybrane zmienne.

Region 1 obejmuje 2 województwa o najbardziej intensywnej produkcji roślinnej: opolskie i śląskie. Region ten odznacza się najlepszymi glebami i bardzo dobrymi wskaźnikami stanu żyzności gleby. Zawartość azotu mineralnego wczesną wiosną

Tabela 3

Charakterystyka statystyczna analizowanych zmiennych
Statistical description of variables

Zmienna Variable	Średnia Mean	Zakres zmienności Variation range	Współczynnik zmienności Coefficient of variation
Wskaźniki intensywności produkcji roślinnej; Crop production intensity indexes			
Intensywność organizacji produkcji roślinnej (pkt.) Intensity of crop production organization (pts)	109,9	105,9–113,7	2,4
Globalna produkcja roślinna (j.zb.·ha ⁻¹) Global crop production (grain units·ha ⁻¹)	34,7	27,7–44,3	12,8
Plony zbóż; Cereal yields (dt·ha ⁻¹)	37,1	28,2–52,8	17,4
Zużycie NPK w nawozach mineralnych i naturalnych (kg·ha ⁻¹ UR)* NPK use in mineral and natural fertilizers (kg·ha ⁻¹ AL)*	167,9	120,5–236,2	21,2
Zużycie NPK w nawozach mineralnych (kg·ha ⁻¹ UR)* NPK use in mineral fertilizers (kg·ha ⁻¹ AL)*	100,8	53,5–131,3	25,7
Zużycie CaO; CaO consumption (kg·ha ⁻¹)	98,8	28,2–190,9	46,4
Wskaźnik waloryzacji gleby (pkt.); Soil valuation index (pts)	50,2	41,0–60,5	11,2
Wskaźniki stanu żyzności gleby; Soil fertility indexes			
Zawartość azotu mineralnego N _{min} w glebach w warstwie do 90 cm w okresie wiosny (kg·ha ⁻¹) Mineral nitrogen N _{min} content in the 0–90 cm layer in the spring period (kg·ha ⁻¹)	82,8	62,0–109,0	15,7
Udział gleb kwaśnych (%); Percentage of acid soils	53,5	31,0–73,0	22,1
Udział gleb o niskiej i b. niskiej zawartości fosforu (%) Percentage of soils with low and very low phosphorus content	38,9	21,7–56,7	29,3
Udział gleb o niskiej i b. niskiej zawartości potasu (%) Percentage of soils with low and very low potassium content	47,8	26,3–68,0	24,5
Udział gleb o niskiej i b. niskiej zawartości magnezu (%) Percentage of soils with low and very low magnesium content	32,6	14,7–44,0	26,7
Wskaźniki jakości płytkich wód gruntowych; Indexes of shallow groundwater quality			
Zawartość N-NO ₃ ; N-NO ₃ content (mg·dm ⁻³)	3,9	0,3–15,0	86,6
Zawartość PO ₄ ; PO ₄ content (mg·dm ⁻³)	0,2	0,1–2,5	78,7
Zawartość K; K content (mg·dm ⁻³)	4,1	2,0–9,2	46,1
Zawartość Ca; Ca content (mg·dm ⁻³)	80,6	50,0–142,9	28,2
Zawartość Mg; Mg content (mg·dm ⁻³)	13,5	7,5–19,7	29,1

* P i K w formie pierwiastkowej; P and K in elemental form

Tabela 4

Charakterystyka statystyczna analizowanych wskaźników w ujęciu regionalnym
Statistical description of analysed indexes in the regional frame

Zmienna Variable	Region; Region				Średnio w Polsce Mean in Poland
	1	2	3	4	
Wskaźniki intensywności produkcji roślinnej; Crop production intensity indexes					
Intensywność organizacji produkcji roślinnej (pkt.) Intensity of crop production organization (pts)	111,8	110,6	107,1	110,8	109,9
Globalna produkcja roślinna (j.zb. ha); Global crop production (grain units·ha ⁻¹)	42,9	35,3	34,6	29,7	34,7
Plony zbóż; Cereal yields (dt·ha ⁻¹)	50,7	37,2	36,5	30,7	37,1
Zużycie NPK w nawozach mineralnych i naturalnych (kg·ha ⁻¹ UR)* NPK use in mineral and natural fertilizers (kg·ha ⁻¹ AL)*	136,9	156,2	217,7	151,4	167,9
Zużycie NPK w nawozach mineralnych (kg·ha ⁻¹ UR)*	82,4	76,7	123,1	81,6	100,8
Zużycie CaO; CaO use (kg·ha ⁻¹)	185,7	91,6	104,7	60,2	98,8
Wskaźnik waloryzacji gleby pkt.; Soil valuation index (pts)	58,7	52,3	49,9	42,7	50,2
Wskaźniki stanu żyzności gleby; Soil fertility indexes					
Zawartość azotu mineralnego N _{min} w glebach w warstwie do 90 cm w okresie wiosny (kg·ha ⁻¹) Content of mineral nitrogen N _{min} in the 0–90 cm layer	101,5	84,7	80,0	73,4	82,8
Udział gleb kwaśnych (%); Percentage of acid soils	40,0	56,7	52,2	56,8	53,5
Udział gleb o niskiej i b. niskiej zawartości fosforu (%) Percentage of soils with low and very low phosphorus content	38,5	43,9	25,5	45,2	38,9
Udział gleb o niskiej i b. niskiej zawartości potasu (%) Percentage of soils with low and very low potassium content	44,2	58,8	39,2	41,9	47,8
Udział gleb o niskiej i b. niskiej zawartości magnezu (%) Percentage of soils with low and very low magnesium content	35,2	32,5	35,6	28,3	32,6
Wskaźniki jakości płytkich wód gruntowych; Indexes of shallow groundwater quality					
Zawartość N-NO ₃ (mg·dm ⁻³) N-NO ₃ content	2,7	4,3	4,6	4,7	3,9
Zawartość PO ₄ ; PO ₄ content (mg·dm ⁻³)	0,1	0,5	0,8	0,6	0,2
Zawartość K; K content (mg·dm ⁻³)	3,7	4,8	4,6	5,2	4,1
Zawartość Ca; Ca content (mg·dm ⁻³)	85,5	68,3	103,1	79,1	80,6
Zawartość Mg; Mg content (mg·dm ⁻³)	15,3	12,6	13,3	14,1	13,5

* P i K w formie pierwiastkowej; P and K in elemental form



Rys. 6. Podział Polski na regiony w zależności od zróżnicowania wskaźników intensywności produkcji roślinnej, żyzności gleby i jakości płytkich wód gruntowych
Regions in Poland subject to different indexes of crop production intensity and shallow groundwater quality

jest największa, a udział gleb kwaśnych najmniejszy, co związane jest z największym w kraju zużyciem nawozów wapniowych. Ilość składników pokarmowych wniesionych w nawozach zarówno mineralnych, jak i naturalnych kształtuje się poniżej średniej krajowej, co oznacza, że wzrost produkcji roślinnej w tym regionie jest efektem przede wszystkim warunków przyrodniczo-klimatycznych i poprawnej agrotechniki, a nie skutkiem wysokiego poziomu nawożenia. Znajduje to wyraz w stanie płytkich wód gruntowych, których jakość w tym regionie jest zadowalająca i nie przekracza średnich dla kraju wskaźników.

Region 2 obejmuje 4 województwa z Polski południowo-wschodniej oraz 2 województwa z Polski północnej. W tym regionie intensywność produkcji roślinnej kształtuje się na średnim poziomie. Wskaźniki stanu żyzności gleby także nie odbiegają istotnie od średniej dla kraju, z wyjątkiem zasobności w przyswajalny potas – udział gleb o niskiej i bardzo niskiej zawartości tego składnika kształtuje się powyżej średniej i dochodzi do 60%. Jakość wód gruntowych jest wyraźnie gorsza w stosunku do średniej dla kraju, szczególnie w przypadku składników biogenych,

choć przeciętna zawartość azotanów i fosforanów kształtuje się znacznie poniżej dopuszczalnych norm.

W **regionie 3** znalazły się województwa warmińsko-mazurskie, wielkopolskie i zachodniopomorskie. W tym regionie produkcja roślinna wykazuje średni poziom, natomiast zużycie składników mineralnych w nawozach mineralnych i naturalnych jest bardzo wysokie, co w znacznej mierze jest wynikiem wysokiej obsady zwierząt. Region ten charakteryzuje się średnią jakością gleb. Wysokie zużycie składników pokarmowych w nawozach korzystnie wpływa na zasobność gleb tych województw w fosfor i potas przyswajalny. Odbija się to jednak niekorzystnie na jakości wody, gdyż przeciętna zawartość azotanów i fosforanów w wodach drenarskich tego regionu była najwyższa. Stężenie fosforanów przekraczało nieznacznie normę dla eutrofizacji. Stężenia pozostałych składników, tj. potasu, wapnia i magnezu, przekraczały także średnią, co oznacza, że na tych terenach istnieje ryzyko podwyższonych strat składników nawozowych.

Region 4 obejmuje 4 województwa ze wschodniej i centralnej części kraju: podlaskie, mazowieckie, łódzkie i świętokrzyskie, a także województwo lubuskie. Intensywność produkcji roślinnej w tych województwach jest najniższa, a gleby najgorsze. Na niską intensywność produkcji roślinnej wpływa także niski poziom nawożenia, a szczególnie bardzo małe zużycie nawozów wapniowych, które w tych województwach jest najniższe w Polsce. Żyzność gleb jest gorsza aniżeli w pozostałych regionach. Gorsze są także wskaźniki jakości wody.

DYSKUSJA

Intensywność produkcji roślinnej można określać różnymi wskaźnikami syntetycznymi, które umownie dzielą się na wskaźniki strukturalno-organizacyjne, przyrodniczo-agrotechniczne i ekonomiczno-organizacyjne (8). Z punktu widzenia zagrożeń dla środowiska przyrodniczego najistotniejsze są czynniki strukturalno-organizacyjne i przyrodniczo-agrotechniczne. Pierwsza grupa czynników uwzględnia ogólne warunki prowadzenia działalności rolniczej i potencjał produkcyjny gospodarstwa. Czynniki przyrodniczo-agrotechniczne odnoszą się przede wszystkim do jakości rolniczej przestrzeni produkcyjnej i intensywności organizacji produkcji roślinnej. Do oceny regionalnego zróżnicowania intensywności produkcji roślinnej wykorzystuje się najczęściej wskaźnik intensywności organizacji produkcji roślinnej opracowany przez Kopcina (7). Wskaźnik ten budzi jednak zastrzeżenia, gdyż jest on uzależniony od wielkości plonów i struktury zasiewów i tylko częściowo odzwierciedla wielkość ponoszonych na produkcję roślinną nakładów. Bardziej obiektywnym wskaźnikiem jest globalna produkcja roślinna z hektara (4). Wielkość globalnej produkcji roślinnej jest ściśle uzależniona od zużycia nawozów mineralnych, dlatego też zużycie NPK jest również często wykorzystywane jako miara intensywności gospodarowania (6, 8). Według Fotymy i Krasowicza (4) poziom nawożenia w Polsce obecnie nie ogranicza potencjalnej produktywności gruntów ornych, a na przeważającym obsza-

rze kraju aktualnie stosowane dawki nawozów mineralnych, mimo iż są stosunkowo małe, nie są uzasadnione wielkością uzyskiwanych plonów.

Przeprowadzona w badaniach własnych analiza wykazała, że zużycie podstawowych składników pokarmowych w nawozach jest zróżnicowane regionalnie, a dawki nawozów wpływają na zasobność gleb. Wyodrębnione za pomocą analizy skupień grupy województw charakteryzują się zróżnicowaniem w zakresie zarówno wskaźników intensywności produkcji roślinnej, jak i żyzności gleby i jakości wody. Zagrożenie hydrosfery nadmiarem składników mineralnych występuje o wiele częściej jesienią niż wiosną (14), ponieważ w okresie jesiennym wykorzystanie składników pokarmowych w produkcji roślinnej jest niższe, a ich nadmiar przedostaje się do wód gruntowych wraz z opadami. Z przeprowadzonej analizy wynika, że negatywny wpływ produkcji roślinnej na jakość płytkich wód gruntowych w Polsce przy obecnym poziomie nakładów nie jest znaczący. Jedynie w regionie 3, obejmującym województwa warmińsko-mazurskie, wielkopolskie i zachodniopomorskie, o średnim poziomie produkcji roślinnej i bardzo wysokim zużyciu składników pokarmowych w nawozach mineralnych i naturalnych występuje zagrożenie dla jakości wody. Wysokie dawki nawozów korzystnie wpływają na żyzność gleb w tym regionie kraju.

Należy wyraźnie podkreślić, że województwa są jednak jednostkami o zbyt dużej powierzchni i zbyt głębokim wewnętrznym zróżnicowaniu rolnictwa, aby jednoznacznie określać zależności pomiędzy intensywnością produkcji a jej wpływem na środowisko. Każda z wyodrębnionych grup województw posiada określoną specyfikę i realizuje inny model rolnictwa. Dlatego też powinno się dążyć do dalszego rozwijania badań z tego zakresu w oparciu o możliwie najszerszy zasób informacji.

WNIOSKI

1. Wyniki przeprowadzonych badań wykazały zróżnicowanie w oddziaływaniu intensywności produkcji roślinnej na stan żyzności gleb i stopień zagrożenia dla płytkich wód gruntowych.

2. Wysoka intensywność produkcji roślinnej w województwach opolskim i śląskim nie wywołuje zanieczyszczenia płytkich wód gruntowych, co jest wynikiem korzystnych warunków siedliskowych i efektywnego wykorzystania składników pokarmowych z gleby i nawozów.

3. Niska intensywność produkcji roślinnej przy niewielkim zużyciu nawozów nie gwarantuje zachowania właściwych parametrów żyzności gleby.

4. Wysokie zużycie nawozów korzystnie wpływa na zasobność gleb. W regionach o niskiej intensywności produkcji roślinnej odbija się to jednak niekorzystnie na jakości wody i sprzyja zwiększonej koncentracji biogenów w płytkich wodach gruntowych.

LITERATURA

1. Council Directive: Council directive concerning the protection of water against pollution caused by nitrates from agricultural sources. (91/67/EEC) Official J. Euro. Commun., 1991, L 375: 1-8.
2. Filipiak K., Wilkos S.: Wybrane metody analizy wielozmiennej i ich zastosowanie w badaniach przestrzennych. Wyd. IUNG Puławy, 1998, R(349).
3. Fotyma E., Fotyma M., Pietruch Cz.: Zawartość azotu mineralnego w glebach gruntów ornych w Polsce. Nawozy i Nawożenie. 2004, **3**: 11-55.
4. Fotyma M., Krasowicz S.: Potencjalna produktywność gleb gruntów ornych Polski w ujęciu regionalnym. Pam. Puł., Puławy, 2001, **124**: 99-109.
5. Igras J.: Zawartość składników mineralnych w wodach drenarskich z użytków rolnych w Polsce. Monogr. i Rozpr. Nauk., 2004.
6. Klepacki B.: Organizacyjne i ekonomiczne uwarunkowania postępu technologicznego w gospodarstwach indywidualnych (na przykładzie produkcji roślinnej). Rozpr. Nauk. Monogr., SGGW-AR Warszawa, 1990.
7. Kopeć B.: Intensywność organizacji w rolnictwie polskim w latach 1960-1980. Roczn. Nauk Rol., 1987, G 84(1): 7-27.
8. Krasowicz S., Igras J.: Regionalne zróżnicowanie wykorzystania potencjału rolnictwa w Polsce. Pam. Puł., Puławy, 2003, **132**: 233-253.
9. Lipiński W.: Odczyn gleb. Nawozy i Nawożenie, 2005, **2**: 33-41.
10. Lipiński W.: Zasobność gleb Polski w fosfor przyswajalny. Nawozy i Nawożenie, 2005, **2**: 49-55.
11. Lipiński W.: Zasobność gleb Polski w potas przyswajalny. Nawozy i Nawożenie, 2005, **2**: 55-61.
12. Lipiński W.: Zasobność gleb Polski w magnez przyswajalny. Nawozy i Nawożenie, 2005, **2**: 61-67.
13. Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenia związkami azotu ze źródeł rolniczych. 2002. Dz. U. Nr 241, poz. 2093.
14. Sapek A.: Risk of water pollution as a result of agricultural activities. W: Sustainable agriculture and rural area development. Activity of Working Group reports and Conference proceeding. Wyd. Falenty IMUZ, 1997, 79-99.

EVALUATION OF SELECTED ELEMENTS OF SOIL FERTILITY AND QUALITY
OF SHALLOW GROUNDWATER ON THE BACKGROUND OF CROP PRODUCTION
INTENSITY IN THE REGIONAL FRAME

Summary

The effect of crop production intensity on different aspects of soil fertility and shallow groundwater quality in the regional frame was assessed. It was decided to undertake this studies as the regional differentiation of crop production had been increasing over the past few years. The amount of inputs on crop production affects area pollution and this has a significant impact on groundwater quality on agricultural area. The studies were based on the Central Statistical Office data and the results of soil and water monitoring carried out by the National Agrochemical Station and IUNG Puławy. Index of crop production intensity, global crop production and amount of mineral fertilisers were used to evaluate crop production intensity whereas pH, content of mineral nitrogen and resources of available phosphorus, potassium and magnesium in soil – to assess soil fertility. Shallow groundwater quality was valued using the content of mineral elements i.e. phosphates, potassium, calcium and magnesium. Basing on the abovementioned indexes Poland was divided into the groups of voivodeships – regions. The analysis

showed that the regions varied as regards to crop production intensity as well as soil fertility and water quality. It was found that a negative effect of crop production on water quality is not significant at the present input level. There might be a threat to water quality only within the voivodeships of a relatively low crop production potential and high fertiliser rates i.e. warmińsko-mazurskie, wielkopolskie and zachodniopomorskie. The analysis proved that the threats to soil fertility in Poland are caused by the lack not by the excess of elements.

Praca wpłynęła do Redakcji 6 IX 2005 r.