

ZMIANY WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNYCH GLEBY LEKKIEJ
POD WPŁYWEM NAWADNIANIA KROPKOWEGO
I NAWOŻENIA AZOTEM MALINY

Ewa Rumasz-Rudnicka¹, Zdzisław Koszański¹, Tomasz Korybut Woroniecki²

¹Zakład Produkcji Roślinnej i Nawadniania, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
ul. J. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin
e-mail: rumasz@agro.ar.szczecin.pl

²Zachodniopomorski Ośrodek Badawczy, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach
ul. Czesława 9, 71-504 Szczecin

Streszczenie. Doświadczenie polowe prowadzono w latach 2002-2004 na glebie lekkiej zaliczanej do kompleksu żytniego dobrego. Celem badań było określenie wpływu nawadniania kropkowego i nawożenia azotem na skład chemiczny gleby w warstwie 0-25 cm. Badania dotyczyły odczynu gleby, zawartości przyswajalnych form P, K, Mg, Ca, C-organicznego, N-ogólnego, N-NO₃, N-NH₄. Zarówno nawadnianie jak i nawożenia azotem wpływały na zawartość pierwiastków. Nawadnianie kropkowe zwiększało kwasowość, zawartość C-organicznego, Mg i N-NO₃, oraz obniżało zawartość azotu ogólnego i amonowego, fosforu, potasu, wapnia. Natomiast nawożenie azotem (120 kg·N⁻¹) spowodowało wzrost zawartości N-ogólnego, N-NO₃, N-NH₄, P, Ca, Mg i zmniejszenia ilości C-organicznego i K oraz pH w glebie.

Słowa kluczowe: malina, nawadnianie kropkowe, nawożenie azotem, skład chemiczny gleby

WSTĘP

Intensywna produkcja roślinna (wysokie nawożenie mineralne, pielęgnacja chemiczna, nawadnianie itp.) przyczynia się w wysokim stopniu do wzrostu plonów, nie pozostając jednocześnie bez wpływu na zmiany właściwości biologicznych i chemicznych gleby (Podsiadło i in. 2005). Pierwiastki występujące w glebie podlegają licznym przemianom i przemieszczeniu, których kierunek i zakres w dużym stopniu zależy od składu granulometrycznego i mineralnego gleby (Nowak i in. 2005, Borowiec i Zabłocki 1986; Ruskowska i in. 1989), nawożenia (Dzieżyc 1989, Łabętowicz 1995, Pondel i in. 1991), opadów (Kopeć i in. 1991) i pokrycia gleby roślinnością.

W przemianach pierwiastków w glebie istotną rolę odgrywają właściwości powietrzno-wodne. Dlatego nawadnianie i zróżnicowane nawożenie azotem, które na glebach lekkich należą do najważniejszych czynników plonotwórczych w produkcji sadowniczej, mogą w znacznym stopniu wpływać na zmiany zawartości przyswajalnych form składników pokarmowych w glebie.

Celem badań było określenie wpływu wieloletniego nawadniania kropłowego oraz nawożenia azotem na zmiany wybranych właściwości chemicznych w warstwie 0-25 cm (zawartości azotu ogólnego, azotanowego i amonowego, fosforu, potasu, wapnia, magnezu, węgla i odczynu warstwy ornej gleby).

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe z maliną wykonano w latach 2002-2004 w Stacji Doświadczalnej Lipnik, należącej do Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Plantację maliny zlokalizowano na glebie brunatnej kwaśnej – kompleksu żytniego dobrego, zaliczanej do klasy bonitacyjnej IVb. Gleba ta odznaczała się lekko kwaśnym odczynem, wysoką zawartością przyswajalnego fosforu i potasu i średnią magnezu. Miąższość poziomu próchnicznego gleby wynosiła około 25 cm, a zawartość substancji organicznej 2,3%.

Doświadczenie założono metodą losowanych podbloków (split-plot) w czterech powtórzeniach z dwoma czynnikami. Czynnikiem wodnym były obiekty nie nawadniane (O – kontrolny) i obiekty nawadniane (W). Nawadnianie według metody tensometrycznej rozpoczynano, kiedy siła ssąca gleby wynosiła 0,03 MPa, co odpowiadało w przybliżeniu obniżeniu wody zgromadzonej w 25 cm warstwie gleby poniżej 70% ppw. Do nawadniania użyto linii kropłującej o rozstawie kropłowników co 30 cm i wydajności 2,4 l·h⁻¹. W czasie wegetacji rośliny otrzymały następujące ilości wody: 2002 r. – 270 mm, 2003 r. – 85 mm, 2004 r. – 78 mm. Przeciętny skład chemiczny wody użytej do nawadniania przedstawiono w tabeli 1. Czynniki nawozowe stanowiły dawki azotu: 0 N – obiekty nie nawożone (kontrola), 1 N – 120 kg N·ha⁻¹, którą zastosowano wiosną. Nawóz potasowy (150 kg·ha⁻¹) i fosforowy (60 kg·ha⁻¹) wysiano jesienią. W doświadczeniu testowano malinę odmiany 'Norna'.

Tabela 1. Skład chemiczny wody użytej do nawadniania (mg·dm⁻³)

Table 1. Chemical composition of water used for irrigation (mg dm⁻³)

Woda Water	pH	Na	K	Mg	SO ₄	CO ₃	Cl	Ca	Zasolenie Salinity
	7,5	120	6,0	17	80	40	130	85	200

Wszystkie zabiegi uprawowe i pielęgnacyjne zastosowano zgodnie z zasadami nowoczesnej agrotechniki. Próby glebowe do analiz pobierano każdego roku po zbiorze.

rze malin z głębokości do 25 cm. Chemiczne właściwości gleby oznaczono według metod przyjętych i stosowanych w laboratoriach: wartość pH gleby w 1 M KCl – metodą potencjometryczną, zawartość N-ogólnego, Mg, Ca, Fe i Zn oraz P – kolorymetrycznie – metodą Egnera-Riehma, K – fotometrycznie – metodą Egnera-Riehma, a także węgiel organiczny – metodą kolorymetryczną Westerhoffa, substancję organiczną przez wyżarzanie gleby oraz N-NO_3^- i N-NH_4^+ potencjometrycznie.

Obliczenia statystyczne dotyczące zawartości określonych form pierwiastków i odczynu gleby wykonano stosując analizę wariancji. Ocenę uzyskanych różnic przeprowadzono testem Duncana przy poziomie istotności 0,05.

WYNIKI I DYSKUSJA

Według danych literaturowych (Ciećko i in. 2006, Gorlach i Grzywnowicz 1989) zapasy azotu glebowego wynoszą 0,2 do $3,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ w zależności od rodzaju gleby oraz głębokości profilu glebowego. Oceniając zawartość azotu (tab. 2), okazało się że jego średnia zawartość (w trzyletnim okresie badań) wynosiła $0,71 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby. Zastosowanie uzupełniającego nawadniania spowodowało istotne obniżenie zawartości N-ogólnego o $0,12 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby (15,6%), natomiast nawożenie azotem przyczyniło się do wzrostu jego zawartości o $0,12 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (18,5%). Zawartość azotu glebowego uzależniona jest od wielu czynników, między innymi rodzaju uprawy, wysokości dawki i formy zastosowanego nawozu, odczynu, zawartości substancji organicznej oraz warunków klimatycznych (Chmielewska i Dechnik 1987). Zwiększenie zawartości wszystkich analizowanych form azotu (ogólnego, azotanowego i amonowego) w warstwie ornej gleby dzięki dodatkowemu nawożeniu tym składnikiem uzyskali również Podsiadło i in. (2005) w uprawie brzoskwini, Ciećko i in. (2006) w uprawie ziemniaka.

Z rolniczego punktu widzenia na uwagę zasługuje również zawartość azotu mineralnego – jego formy amonowej i azotanowej (tab. 2). W ciągu trzyletniego okresu badań, średnia zawartość azotu azotanowego w glebie wynosiła $5,79 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Zarówno deszczowanie jak i nawożenie azotem wyraźnie modyfikowały zawartość azotanów, zwiększając ich zawartość. Próbkę gleby pochodzące z obiektów nawadnianych zawierały o 20,4% więcej N-NO_3 w porównaniu do obiektów kontrolnych (bez nawadniania), a nawożonych azotem o 46,4% więcej w odniesieniu do gleby nie nawożonej. Inne prawidłowości stwierdzono oceniając zawartość azotu amonowego, którego ilość w badanej glebie istotnie obniżyła się pod wpływem nawadniania o 36,5% i nieznacznie wzrosła w glebie nawożonej azotem. Wyniki badań Buniaka (1989) przeprowadzone na glebie lekkiej, wskazują na zmniejszenie zawartości azotu azotanowego pod wpływem deszczowania i zwiększenie obydwu form azotu w wyniku nawożenia azotem. Wzrost zawartości azotanów w glebie pochodzącej z obiektów nawadnianych można tłumaczyć faktem, że

w warunkach korzystnego uwilgotnienia dochodzi do uwalniania azotu na skutek przemian związków organicznych, a następnie powstawania form mineralnych na drodze procesu amonifikacji i dalej nityfikacji. Ciećko i in. (2006) uzyskali wyniki, które sugerują, że w warunkach większego uwilgotnienia gleby, np. na wskutek zwiększonych opadów, przemiany te mogą skutkować wymywaniem z wierzchnich warstw gleby większych ilości azotu przekraczających aktualną zawartość form mineralnych. Mazur i in. (1991) dodaje, że szczególnie istotne znaczenie ma to w przypadku gleb lekkich o małej pojemności wodnej.

Tabela 2. Odczyn gleby oraz zawartość węgla organicznego, N ogólnego, azotanowego i amonowego w glebie (średnia z lat 2002-2004)

Table 2. Soil reaction and content of organic C, total, nitrate, ammonium N in soil (average from 2002-2004)

Obiekt – Factor		pH _{KCl} (1 mol·dm ⁻³ KCl)	C Organic- zny Organic C	N Ogółem Total N	C:N	N- NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺
			g·kg ⁻¹ gleby – soil			mg·kg ⁻¹ gleby – soil	
Nawadnianie*	O	6,50	6,87	0,77	8,9	5,25	1,26
Irrigation	W	5,60	7,61	0,65	11,7	6,32	0,8
Nawożenie	0 kg N·ha ⁻¹	6,20	7,59	0,65	11,7	4,70	1,00
Fertilization	120 kg N·ha ⁻¹	5,90	6,89	0,77	8,9	6,88	1,06
Średnia – Mean		6,05	7,24	0,71	10,3	5,79	1,03
NIR _{0,05} dla: LSD _{0,05} for:	Nawadniania Irrigation	0,25	0,34	0,037		0,32	0,38
	Nawożenia Fertilization	0,30	0,41	0,041		0,44	r.n. – n.s.

*O – nie nawadniane, no irrigation; W – nawadniane, irrigation.

Duży wpływ na żyzność gleb ma ilość i jakość substancji organicznej. Do czynników wpływających na zmiany zawartości węgla organicznego oprócz procesów glebotwórczych, zmianowania roślin, użytkowania gleb należą nawożenie organiczne i mineralne (Janowiak i Murawska 1999) oraz układ stosunków wodno-powietrznych (Lekan i Terelak 1997). Z przeprowadzonych badań (tab. 2) wynika, że zawartość węgla organicznego wynosiła średnio 7,24 mg·kg⁻¹. Uzyskane wyniki wskazują, że oceniane czynniki miały istotny wpływ na zawartość węgla, przy czym nawadnianie zwiększało jego zawartość w glebie (o 10,8%),

a nawożenie obniżało (o 9,2%). Jest to częściowo zgodne z wynikami jakie otrzymali Podsiadło i in. (2005), którzy zaobserwowali wzrost zawartości węgla organicznego zarówno pod wpływem nawadniania jak i nawożenia NPK w warstwie 0-25 oraz 26-50 cm. Opinie dotyczące kształtowania się zawartości węgla organicznego pod wpływem nawożenia azotem są rozbieżne. Prawdopodobnie wynika to z różnych warunków prowadzenia badań: rodzaju gleby, badanego poziomu, wysokości i rodzaju zastosowanego nawożenia czy terminu pobierania prób (Nazarkiewicz i Kaniuczak 2007, Kozanecka i Kępka 1996).

Odczyn gleby jest wypadkową procesów zachodzących w profilu glebowym oraz czynników zewnętrznych. Stosowane przez kolejne lata nawadnianie roślin spowodowało zmiany odczynu gleby (tab. 2), z pH 6,5 do 5,6, a nawożenie z pH 6,2 do 5,9. Oczywiście sam klimat panujący w naszej strefie przyczynia się do wymywania jonów zasadowych Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , co w konsekwencji powoduje jej zakwaszenie, a ponadto jak uważa Nowak i in. (2005), efekt zakwaszania zależy również od utworów macierzystych gleb. Analizowana gleba należy do lekkich, które z natury znacznie szybciej ulegają zakwaszeniu niż gleby ciężkie. Podobne zmiany odczynu w kierunku zakwaszenia gleby w wyniku stosowania wody do nawadniania znajdują również potwierdzenie w badaniach Koszańskiego (1990) i Karczmarczyka (1979) oraz Koćmita i in. (1996). Prawdopodobnie zmiany odczynu pod wpływem nawadniania upodobniają się zmian wywołanych opadami atmosferycznymi, wzmacnia się migracja wody w profilu glebowym i związane z nią przemieszczanie jonów o charakterze zasadowym. Takie zjawisko miało miejsce w 2002 roku, kiedy zastosowano dawkę 270 mm wody w okresie wegetacji. Podobnie mogły oddziaływać intensywne opady deszczu, które wystąpiły w październiku w 2002 roku w krótkim okresie po zastosowaniu nawadniania.

Odczyn gleby decyduje o rozpuszczalności i przyswajalności makro- i mikroelementów (Nowak i in. 2005), które w większości pochodzą z nawożenia, mineralizacji materii organicznej bądź wietrzenia minerałów. Średnia zawartość przyswajalnych form potasu wynosiła $76,9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (tab. 3). Zarówno nawadnianie jak i nawożenie azotem przyczyniło się do obniżenia zawartości potasu (odpowiednio o 4,7% i 44,8%), przy czym tylko zmiany pod wpływem nawożenia azotem były istotne. Inne tendencje obserwowano oceniając ilość fosforu. Zwiększeniu wilgotności gleby towarzyszyło nieznaczne obniżenie (o 1,9%) zawartości przyswajalnych form tego pierwiastka. Wykazano również istotne zwiększenie zawartości fosforu (o 20%) pod wpływem dawki $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Wyniki licznych badań dotyczących stosowania intensywnej agrotechniki ze szczególnym uwzględnieniem deszczowania, wskazują że przyczynia się ono do uzyskania znacznego wzrostu plonów większości roślin uprawnych, zwłaszcza na glebach lekkich. Jednak zabieg ten, obok pożądaných efektów, może wywoływać także niepożądane, m.in. w postaci zmniejszenia ilości przyswajalnych form składników mineralnych w

glebie (Buniak 1990). Wcześniejsze badania Buniaka (1976) wskazują, że zawartości niektórych składników mineralnych w różnych warstwach gleby, kształtują się w zależności od jej rodzaju, wielkości dawek wody i uprawianych roślin. Podobnie jak w przeprowadzonych badaniach Karczmarczyk i in. (1989) oraz Nowak (2005) wykazali, iż nawadnianie powoduje obniżenie zasobności gleby w potas. Po siedmioletnim nawadnianiu, Jankowiak i Chróst (1982) stwierdzili zmniejszenie zasobności gleby w fosfor i w mniejszym stopniu w potas. Ponadto na uwagę zasługuje fakt, że wymienieni wyżej autorzy, podobnie jak Podstawka-Chmielewska i Malicki (1995) wykazali zubożenie warstwy ornej gleby w fosfor pod wpływem deszczowania. Przyczyny obniżenia przyswajalnych form fosforu i potasu na obiektach nawadnianych (w porównaniu do obiektu kontrolnego) należy w pewnym stopniu tłumaczyć większymi plonami malin jakie zebrano z tych obiektów (Rumasz-Rudnicka i in. 2005). Prawdopodobnie jest to wynikiem większego pobierania tych składników wraz z większymi plonami, na co wcześniej zwracali już uwagę Buniak (1990) i Dzieżyc (1988).

Tabela 3. Zawartość przyswajalnego fosforu, potasu, magnezu i wapnia w glebie (średnia z lat 2002-2004)

Table 3. Available phosphorus, potassium, magnesium and calcium in soil (average from 2002-2004)

Obiekt – Factor		P	K	Ca	Mg
		mg·kg ⁻¹ gleby – soil			
Nawadnianie* Irrigation	O	90,3	78,8	906,8	31,2
	W	88,6	75,1	898,2	49,4
Nawożenie Fertilization	0 kg N·ha ⁻¹	81,3	99,2	900,7	39,3
	120 kg N·ha ⁻¹	97,6	54,8	904,3	41,3
Średnia – Mean		89,4	76,9	902,5	40,3
NIR _{0,05} dla: LSD _{0,05} for:	Nawadniania Irrigation	r.n. – n.s.	r.n. – n.s.	r.n. – n.s.	1,7
	Nawożenia Fertilization	4,1	4,8	r.n. – n.s.	r.n. – n.s.

Objaśnienia oznaczeń zob. tabela 2 – For Explanations see Table 2.

Badana gleba w przeciwieństwie do gleb Pomorza Zachodniego, które w większości należą do gleb o bardzo niskiej zawartości przyswajalnego magnezu (Kotowska, Piasecki 1994), charakteryzuje się średnią zawartością tego pierwiastka

(w momencie założenia doświadczenia $31 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Średnia zasobność gleby w przyswajalny magnez (tab. 3) wynosiła $40,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ i wyraźnie zależała tylko od nawadniania, pod wpływem którego istotnie wzrosła o $18,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (58,3%) w porównaniu do jego zawartości w glebie kontrolnej – nie nawadnianej. Nawożenie azotem (tab. 3) nie różnicowało istotnie zawartości wapnia i magnezu. Analizując ponadto zawartość wapnia w glebie, jaka kształtowała się pod wpływem nawadniania, zaobserwowano tendencje do nieznacznego obniżenia jego ilości. Poglądy na temat gromadzenia tych pierwiastków w deszczowanych glebach są podzielone. Niektórzy autorzy (Karczmarczyk i in. 1989, Rumasz 2003) uważają że nawadnianie powoduje wzrost zawartości magnezu w glebie lub jej zubożenie (Koszański i in. 1994). Oczywiście zmiany te mogą również zależeć od składu chemicznego i właściwości wody użytej do nawadniania.

Pomiary zawartości składników chemicznych w glebie odzwierciedlają w rzeczywistości ich stan tylko w danym miejscu i czasie. Dlatego do wszystkich omówionych spostrzeżeń dotyczących charakterystyki gleby i opartych na nich wniosków należy podchodzić z pewną rezerwą. Niemniej jednak dowiedzione różnice i zależności wskazują na to, że zaobserwowane zjawiska nie mają charakteru przypadku, lecz prawidłowości.

WNIOSKI

1. Nawadnianie istotnie zwiększało zakwaszenie gleby, zawartość węgla organicznego, magnezu i azotu azotanowego oraz obniżyło zawartość azotu ogólnego i amonowego. Nawadnianie istotnie obniżyło ilości azotu amonowego oraz spowodowało tendencje obniżania fosforu, potasu i wapnia.

2. Dawka $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ przyczyniła się do istotnego zakwaszenia gleby oraz obniżenia zawartości węgla organicznego i potasu. Nawożenie azotem spowodowało również zwiększenie zawartości analizowanych form azotu, fosforu, wapnia i magnezu, ale istotne zmiany dotyczyły tylko N ogólnego i azotanowego oraz fosforu.

PIŚMIENNICTWO

- Borowiec S., Zabłocki Z., 1986. Współdziałanie czynników kształtujących stężenia składników w odciekach drenarskich. *Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, Roln.*, 40, 124, 47-55.
- Buniak W., 1976. Porównanie wielkości pH, zawartości C organicznego oraz przyswajalnych form P, K, Mg i S na poletkach nie deszczowanych i deszczowanych. *Zesz. Probl. Postęp. Nauk. Roln.*, 181, 343-347.
- Buniak W., 1990. Wpływ nawadniania i nawożenia na skład jakościowy gleby i roślin., *Rozprawy AR Wrocław*, 89.
- Buniak W., 1987. Wpływ nawadniania i nawożenia azotowego na zawartość azotu mineralnego w glebie lekkiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 377, 267-273.

- Chmielewska B., Dechnik J., 1987. Wpływ nawożenia mineralnego na zawartość niektórych form azotu w brunatnej glebie lessowej. *Rocz. Nauk Roln., Ser. A* 106(2), 197-205.
- Ciećko Z., Żołnowski A.C., Krajewski W., 2006. Wpływ nawożenia NPK stosowanego w uprawie ziemniaka na zawartość N-NO₃ oraz NH₄ w glebie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 513, 55-62.
- Dzieżyc J., 1988. *Rolnictwo w warunkach nawadniania*. PWN Warszawa.
- Gorlach E., Grzywnowicz J., 1989. Distribution of various nitro gen forms In the soil profile and their relationship with nitro gen taken up by plants. *Pol. J. Soil Sci.*, 23, 43-49.
- Jankowiak J., Chróst J., 1982. Wpływ nawadniania i nawożenia mineralnego na zmiany zawartości składników mineralnych w roślinie i glebie lekkiej. *Zesz. Probl. Postęp. Nauk Roln.*, 236, 283-291.
- Janowiak J., Murawska B., 1999. Kształtowanie się ogólnej zawartości C i N w glebie pod wpływem nawożenia organicznego i mineralnego w wieloletnim doświadczeniu statycznym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 465, 331-339.
- Karczmarczyk S., 1979. Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na plonowanie bobiku, pszenicy ozimej i jęczmienia jarego uprawianych w ogniwie zmianowania oraz na zmiany niektórych właściwości gleby lekkiej. *Rozprawy*, 60, AR w Szczecinie.
- Karczmarczyk S., Koszański Z., Nowicka S., Zbieć I., 1989. Wpływ deszczowania i nawożenia mineralnego na podstawowe wskaźniki żyzności gleby lekkiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 377, 195-204.
- Koćmit A., Tomaszewicz T., Raczkowski B., Chudecka J., Podlasiński M., 1996. Wpływ nawożenia mineralnego i deszczowania na właściwości chemiczne gleby lekkiej. *Zesz. Probl. Postęp. Nauk Roln.*, 438, 325-338.
- Koćmit A., Tomaszewicz T., Raczkowski B., Chudecka J., Podlasiński M., Skokowska-Antoszek M., 1996. Wpływ nawożenia mineralnego i deszczowania na właściwości chemiczne gleby lekkiej. *Zesz. Probl. Postęp. Nauk Roln.*, 438, 325-338.
- Kopeć S., Nowak K., Smoroń, S., 1991. Straty składników nawozowych przez wymywanie w zależności od nawożenia i uprawianej rośliny. *Rocz. Gleb.*, 42, 3/4, 109-114.
- Koszański Z., Podsiadło C., Roj M., 1994. Wpływ intensywnej agrotechniki na plony oraz zawartość magnezu w glebie i roślinach. *Biul. Magnezol.*, 4, 88-92.
- Koszański Z., 1990. Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na plonowanie roślin uprawianych w zmianowaniu na glebie kompleksu żytniego i pszennego dobrego. *Rozprawy* 133, Akademia Rolnicza w Szczecinie.
- Kotowska J., Piasecki J., 1994. Wpływ wapnowania na zawartość magnezu przyswajalnego w glebie. *Biul. Magnezol.*, 4, 93-95.
- Kozanecka T., Kępka M., 1996. Wpływ czynników agro-ekologicznych na właściwości fizyczne gleby w sadzie jabłoniowym. *Rocz. Glebozn.*, XLVII., supl., 23-30.
- Lekan Sz., Terelak H., 1997. Zróżnicowanie środowiska glebowo-rolniczego Polski. *Mat. Konf. Nauk. „Odnowa i wykorzystanie rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski”*. Puławy 3-4.VI. 1997. IUNG, sesja I, 7-21.
- Łabętowicz J., 1995. Skład chemiczny roztworu glebowego w zróżnicowanych warunkach nawożenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 421a, 245-251.
- Mazur T., Czuba R., Gorlach E., Kalembez S., Łoginow W., 1991. *Azot w glebach uprawnych*. PWN Warszawa.
- Nazarkiewicz M., Kaniuczak J., 2007. Wpływ wapnowania i nawożenia mineralnego na zawartość węgla organicznego i azotu ogólnego w glebie płowej wytworzonej z lessu. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 520, cz. II, 647-654.
- Nowak L., Kruhlak A., Chylińska E., Dmowski Z., 2005. Zmiany składu chemicznego gleby w polu ziemniaka pod wpływem deszczowania i zróżnicowanego nawożenia mineralnego. *Inżynieria Rolnicza*, 4 (64), 57-66.

- Podsiadło C., Jaroszewska A., Nguyen Thi Bich Loc, 2005. Zmiany właściwości chemicznych i biologicznych gleby lekkiej pod wpływem nawadniania i nawożenia mineralnego w uprawie brzoskwini. *Inżynieria Rolnicza*, 4 (64), 135-143.
- Podstawka-Chmielewska E., Malicki L., 1995. Wpływ elementu zmianowania, deszczowania oraz nawożenia azotowego na zawartość podstawowych makroelementów w glebie lekkiej. Konferencja IX, Technologiczne i produkcyjne możliwości wykorzystania środowiska rolniczego w różnych rejonach Polski, XII Ogólnopolskie Sympozjum Naukowe, *Zesz. Nauk. AR Wrocław*, 267, 271-280.
- Pondel H., Ruszkowska M., Sykut S., Terelak H., 1991. Wymywanie składników nawozowych z gleb w świetle badań Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, *Rocz. Gleb.*, 42, 3/4, 97-107.
- Rumasz-Rudnicka E., 2003. Wpływ deszczowania wodą zasoloną na zawartość magnezu w glebie i wybranych warzywach. *J. Elementol.*, 8 (4), 263-269.
- Rumasz-Rudnicka E., Koszański Z., Podsiadło C., 2005. Wpływ nawadniania kropłowego i nawożenia azotem na plonowanie malin uprawianych na glebie lekkiej. *Inżynieria Rolnicza*, 4(64), 201-206.
- Ruszkowska M., Rębowska Z., Kapusta A., Sykut S., Kusio M., 1989. Pobieranie mikroelementów przez rośliny i wymywanie ich z gleby, w zależności od rodzaju gleby, poziomu nawożenia i nawadniania. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 325, 37-40.

CHANGES OF CHEMICAL PROPERTIES OF SANDY SOIL INDUCED BY DRIP IRRIGATION AND NITROGEN FERTILIZATION ON RASPBERRY

Ewa Rumasz-Rudnicka¹, Zdzisław Koszański¹, Tomasz Korybut Woroniecki²

¹Department of Plant Production and Irrigation, West Pomeranian University of Technology
ul. J. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin
e-mail: rumasz@agro.ar.szczecin.pl

²Institute for Land Reclamation and Grassland Farming
ul. Czesława 9, 71-504 Szczecin

Abstract. Field experiment was conducted in 2002-2004 on sandy soil, considered a good rye complex. The aim of the study was to determine the effect of drip irrigation and nitrogen fertilization on the chemical composition of the 0-25 cm soil layer. The studies concerned the soil reaction, content of available P, K, Mg, Ca, C-organic, N-total and N-NO₃, N-NH₄. Both irrigation and nitrogen fertilization modified the content of elements in soil. Drip irrigation increased the soil acidity, content of organic C, Mg, N-NO₃ and decreased the content of total-N, N-NH₄, P, K and Ca. However, nitrogen fertilization (120 kg·N⁻¹) increased the content of all forms of nitrogen (N total, N-NO₃, N-NH₄), P, Ca, Mg and decreased the content of C-organic and K in the soil.

Key words: raspberry, drip irrigation, nitrogen fertilization, chemical composition of soil