

Anna Jaroszevska

**WPLYW NAWADNIANIA PODKORONOWEGO
I NAWOŻENIA MINERALNEGO NA WYBRANE
WSKAŹNIKI ŻYZNOŚCI GLEBY LEKKIEJ
UŻYTKOWANEJ SADOWNICZO.
CZ. II. ODCZYN GLEBY I ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH
MAKROSKŁADNIKÓW**

***INFLUENCE OF UNDER –CROWN IRRIGATION
AND MINERAL FERTILIZATION ON THE CHANGES
OF FERTILITY INDICATORS SOME SOIL OPERATED
ORCHARD. II. PH SOIL AND CONTENT
OF SELECTED MACROELEMENTS***

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki dotyczące wpływu nawadniania podkoronowego i nawożenia mineralnego na odczyn gleby i zawartość wybranych makroskładników. Oba zastosowane zabiegi agrotechniczne różnicowały zawartość składników mineralnych w glebie, przyczyniając się do zmiany żyzności gleby. Zastosowane nawadnianie umożliwiała przemieszczanie się składników mineralnych w profilu glebowym, wysokie nawożenie mineralne zwiększało ich koncentrację w badanych warstwach gleby. Zarówno nawadnianie, jak i nawożenie wpływało na zmiany pH w KCL oraz zawartość mineralnych form azotu w obu warstwach gleby.

Słowa kluczowe: nawadnianie, nawożenie mineralne, gleba, pH, makroskładniki

Summary

The second part of paper presents effects of supplemental irrigation and mineral fertilization on pH soil and content of selected macroelements. Both used agrotechnical diversified mineral content in the soil, contributing to changes in soil fertility. Applied irrigation allowed the movement of minerals in the soil profile, high mineral fertilization increased their concentration in the investigated soil layers. Both irrigation and fertilization effect on pH changes in the KCL and the content of mineral forms of nitrogen.

Key words: irrigation, mineral fertilization, soil, pH, macroelements

WSTĘP

Pierwiastki występujące w glebie i pobierane przez system korzeniowy roślin spełniają wiele różnych funkcji w życiu rośliny. Jedną z podstawowych funkcji stanowi ich udział w budowie ważnych związków organicznych występujących w roślinie. Do pierwiastków pobieranych z gleby w stosunkowo dużych ilościach należą makroelementy, stąd też uzupełnianie ich poprzez odpowiednie nawożenie stanowi podstawę racjonalnej uprawy roślin [Nalborczyk 1979]. Specjaliści w zakresie nawożenia roślin sadowniczych podają, że do ich życia niezbędne jest 13 składników mineralnych, w tym 6 makroskładników i 7 mikroskładników. W polskich sadach istnieje jednak potrzeba nawożenia siedmioma składnikami, a najważniejsze z nich są trzy lub cztery [Klimek 1997]. Nawożenie jest podstawowym zabiegiem umożliwiającym uzyskiwanie wysokich, dobrych jakościowo plonów. Niezależnie, czy stosuje się nawozy mineralne, czy organiczne, właściwe ich użycie nie stanowi zagrożenia dla środowiska naturalnego. Jednak korzyści wynikające z nawożenia uzyskuje się tylko wtedy, gdy jest ono oparte na sprawdzonych kryteriach diagnostycznych tj. ocenie wizualnej wzrostu i owocowania roślin oraz analizie chemicznej liści i gleby [Wójcik 2004]. Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu nawadniania oraz nawożenia mineralnego na odczyn gleby i zawartość wybranych makroskładników.

METODYKA BADAŃ

Sposób przeprowadzenia doświadczenia polowego oraz warunki klimatyczne, a także stosowaną agrotechnikę opisano w I części pracy.

Doświadczenie przeprowadzono na lekko kwaśnej glebie brunatnej wylugowanej o uziarnieniu (wg.PTG 1974) piasku gliniastego lekkiego, przechodzącego na głębokości 50-100 cm w piasek gliniasty mocny. Odnacza się ona małą zawartością próchnicy (1,3-1,5%), części spławianych (11-13%), a zawartość przyswajalnych form fosforu i potasu kształtuje się na poziomie, kolejno:

(7 mg 100g⁻¹) i (10 mg 100g⁻¹), przy czym poziom wody gruntowej znajduje się poniżej 3 metrów. Według danych dotyczących zawartości składników przyswajalnych w glebie [Klimek 1997, Sadowski 2000] ta charakteryzuje się wysoką zawartością potasu i fosforu.

Próbki glebowe pobierano w ujęciu dynamicznym wiosną i jesienią, z każdego doświadczenia polowego (poletka nawadniane i nie nawadniane oraz kombinacje nawozowe - 0 NPK i 2 NPK), z warstw gleby 0-25 cm i 26-50 cm. Materiał glebowy pobierano po zastosowaniu nawożenia mineralnego, za pomocą łaski Egnera, z kilku miejsc, tworząc z uzyskanych próbek średnią próbkę zbiorczą.

Pośród właściwości chemicznych gleby określono wartość pH i MKCl - metodą potencjometryczną [Lityński i in. 1976]. Oznaczono również zawartość K w formie przyswajalnej i Ca w formie wymiennej - metodą fotometryczną, P w formie przyswajalnej - metodą kolorymetryczną, Mg w formie wymiennej - metodą atomowej spektrofotometrii absorbcyjnej (ASA) oraz N- NO₃⁻ i N- NH₄⁺ potencjometrycznie w glebie powietrznie suchej. Ekstrakcję P i K przeprowadzono za pomocą mleczanu wapnia, Ca i Mg za pomocą octanu amonu, natomiast N- NO₃⁻ i N- NH₄⁺ kwasu octowego. Wyniki badań opracowywano statystycznie, z zastosowaniem analizy wariancji dla doświadczeń wieloletnich, na średnich obiektowych z pojedynczych doświadczeń z odtworzonymi błędami, a istotność różnic przy NIR_{0,05} oceniono testem Tuckey'a.

WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

Zawartość makroskładników w glebie w przeprowadzonym doświadczeniu była zróżnicowana i zależała od terminu pobierania próbek gleby (wiosna, jesień), warstwy gleby, gatunku drzewa oraz zastosowanych zabiegów agrotechnicznych.

Stwierdzono tendencję do zmniejszania się koncentracji azotu azotanowego oraz amonowego na poletkach nawadnianych w glebie spod wiśni, brzoskwiń i śliwy (tab. 1-6). Jedynie w glebie spod wiśni w okresie jesiennym, w obu warstwach gleby zanotowano wzrost koncentracji obu form azotu na obiektach nawadnianych. W przypadku azotu azotanowego wyniósł on w warstwie powierzchniowej 11%, a w warstwie podpowierzchniowej 24%, koncentracja azotu amonowego wzrosła odpowiednio o 16% i 55% (tab. 2). Wyniki te częściowo potwierdzają Buniak [1989], Podsiadło i in. [2006], oraz Podstawka-Chmielewska i Malicki [1995], którzy podają, że gleba nawadniana niezależnie od uprawianej rośliny zawierała mniej azotu azotanowego. Innego zdania są natomiast Ciećko i in. [2006], twierdząc, że ilość azotu w formie azotanowej silnie rosła szczególnie w warunkach wyższego uwilgotnienia. Mniejsza kon-

centracja azotu azotanowego i amonowego w glebie w doświadczeniu własnym w warunkach większego uwilgotnienia, była prawdopodobnie wynikiem jego wymywania z płytszej warstwy profilu glebowego oraz większego zapotrzebowania drzew w okresie wiosennym. Z badań Buniaka [1989] wynika, że zawartość fosforu przyswajalnego, zmniejszająca się wraz z głębokością gleby niezależnie od nawadniania, była nieznacznie wyższa na obiektach nawadnianych. Uzyskane w badaniach własnych wyniki potwierdzają zmniejszenie koncentracji tego pierwiastka w głębszych warstwach gleby oraz jego wzrost na poletkach nawadnianych w glebie spod wszystkich badanych gatunków drzew wiosną oraz w glebie spod wiśni i brzoskwini jesienią (tab. 1-6). Jedynie w glebie spod śliwy zawartość fosforu jesienią zmalała o 31% (tab. 6). Na poletkach nawadnianych zawartość potasu wzrosła w warstwie powierzchniowej w glebie spod wiśni o 12% wiosną, oraz w warstwie powierzchniowej i podpowierzchniowej o 20% i 17% jesienią (tab. 1-2). W glebie spod śliwy wiosną i jesienią w obu badanych warstwach gleby, kolejno o 12% i 13% (wiosna) oraz 7% i 43% (jesień) (tab. 5-6). Niższą koncentrację tego pierwiastka (o 6%) zanotowano w glebie spod wiśni wiosną w warstwie podpowierzchniowej (tab.1) oraz glebie spod brzoskwini, wiosną o 21% i 22% i jesienią o 43% i 41% (tab. 3-4). Koncentracja magnezu w obu warstwach gleby na obiektach nawadnianych wykazywała tendencje wzrostową w glebie spod wszystkich badanych gatunków drzew (tab. 1-6).

Tabela 1. Właściwości chemiczne gleby pod wiśnią w okresie wiosennym (synteza z lat 2003-2005)

Table 1. Chemical properties of soil in the spring cherry (average 2003-2005 years)

Obiekty*		Warstwa gleby (cm)	pH (KCl)	P	K	Mg	Ca	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺
				(mg·kg ⁻¹)					
Nawadnianie	O	0-25	5,21	58,1	116,4	25,6	627,8	13,7	1,83
		26-50	5,20	41,8	141,4	28,9	535,2	3,93	3,50
	W	0-25	5,79	66,3	130,7	37,5	708,5	6,02	2,10
		26-50	4,87	50,9	132,8	34,8	619,4	9,98	4,17
Poziomy nawożenia	0 NPK	0-25	5,41	55,3	85,6	28,5	636,1	7,75	1,87
		26-50	4,40	32,3	128,9	26,9	476,8	4,44	3,54
	2 NPK	0-25	5,59	69,1	161,4	34,6	700,1	12,0	2,07
		26-50	5,68	60,4	145,2	36,8	677,8	9,47	4,14
NIR _{0,05}	woda	0-25	r.n.**	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
		26-50	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
	nawozy	0-25	r.n.	r.n.	56,3	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
		26-50	r.n.	12,6	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

*-jak w metodyce, ** r.n. różnica nieistotna

Tabela 2. Właściwości chemiczne gleby pod wiśnią w okresie jesiennym (synteza z lat 2003-2005)

Table 2. Chemical properties of soil in the autumn cherry (average 2003-2005 years)

Obiekty*		Warstwa gleby (cm)	pH (KCl)	P	K	Mg	Ca	N-NO ₃	N-NH ₄ ⁺
						(mg·kg ⁻¹)			
Nawadnianie	O	0-25	5,38	78,0	90,1	24,3	628,4	4,62	3,43
		26-50	5,38	54,0	115,8	24,3	630,1	2,16	3,62
	W	0-25	6,02	82,4	109,2	35,3	745,5	5,15	3,99
		26-50	4,71	56,2	131,6	22,5	702,9	2,68	5,63
Poziomy nawożenia	0 NPK	0-25	5,77	79,1	90,9	29,1	674,5	5,17	3,72
		26-50	5,45	50,8	93,4	28,0	647,9	2,24	3,76
	2 NPK	0-25	5,63	81,3	108,3	30,4	699,4	4,60	3,74
		26-50	4,65	59,4	154,0	18,8	685,2	2,60	5,49
NIR _{0,05}	woda	0-25	r.n.**	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
		26-50	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
	nawozy	0-25	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
		26-50	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

*-jak w metodyce, ** r.n. różnica nieistotna

Tabela 3. Właściwości chemiczne gleby pod brzoskwinia w okresie wiosennym (synteza z lat 2003-2005)

Table 3. Chemical properties of soil in the spring peach (average 2003-2005 years)

Obiekty*		Warstwa gleby (cm)	pH (KCl)	P	K	Mg	Ca	N-NO ₃	N-NH ₄ ⁺
						(mg·kg ⁻¹)			
Nawadnianie	O	0-25	6,00	54,2	102,1	26,5	817,7	4,40	5,40
		26-50	5,70	36,1	96,8	25,7	575,1	2,16	2,90
	W	0-25	6,23	69,2	80,5	29,0	836,6	3,78	2,66
		26-50	5,67	44,3	85,2	25,3	527,8	2,56	2,05
Poziomy nawożenia	0 NPK	0-25	5,88	56,2	79,1	26,8	747,9	3,35	4,10
		26-50	5,24	39,0	94,6	22,1	506,5	3,57	3,98
	2 NPK	0-25	6,34	67,2	103,5	28,8	906,4	4,83	3,96
		26-50	6,13	41,3	87,4	28,9	596,4	1,15	0,98
NIR _{0,05}	woda	0-25	r.n.**	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
		26-50	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
	nawozy	0-25	0,23	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
		26-50	0,38	r.n.	r.n.	6,47	r.n.	r.n.	r.n.

*-jak w metodyce, ** r.n. różnica nieistotna

Tabela 4. Właściwości chemiczne gleby pod brzoskwinią w okresie jesiennym (synteza z lat 2003-2005)

Table 4. Chemical properties of soil in the autumn peach (average 2003-2005 years)

Obiekty*		Warstwa gleby (cm)	pH (KCl)	P	K	Mg	Ca	N-NO ₃	N-NH ₄ ⁺
				(mg·kg ⁻¹)					
Nawadnianie	O	0-25	5,77	77,1	110,4	23,5	653,2	1,66	1,50
		26-50	5,34	48,1	102,5	24,1	509,4	1,18	1,95
	W	0-25	5,84	56,9	63,1	25,1	653,2	2,35	1,80
		26-50	5,70	57,9	60,5	23,0	614,2	2,35	1,25
Poziomy nawożenia	0 NPK	0-25	5,94	67,9	87,9	27,8	701,1	2,57	1,80
		26-50	5,36	47,8	98,8	24,8	552,0	1,45	1,35
	2 NPK	0-25	5,67	66,1	85,5	20,8	605,3	1,45	1,50
		26-50	5,68	58,2	64,2	22,4	571,6	2,09	1,85
NIR _{0,05}	woda	0-25	r.n.**	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
		26-50	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
	nawozy	0-25	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
		26-50	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

*-jak w metodyce, ** r.n. różnica nieistotna

Tabela 5. Właściwości chemiczne gleby pod śliwą w okresie wiosennym (synteza z lat 2003-2005)

Table 5. Chemical properties of soil in the spring plum (average 2003-2005 years)

Obiekty*		Warstwa gleby (cm)	pH (KCl)	P	K	Mg	Ca	N-NO ₃	N-NH ₄ ⁺
				(mg·kg ⁻¹)					
Nawadnianie	O	0-25	6,40	71,1	129,5	44,0	1035,4	11,2	5,07
		26-50	6,52	53,5	143,7	42,3	716,9	4,63	3,47
	W	0-25	6,35	90,4	145,3	49,4	995,3	10,6	3,93
		26-50	6,07	82,0	165,7	41,0	667,0	5,63	4,37
Poziomy nawożenia	0 NPK	0-25	6,35	72,6	113,9	46,1	953,5	10,1	3,40
		26-50	5,88	58,9	155,8	43,4	629,5	4,90	4,40
	2 NPK	0-25	6,40	89,0	160,9	47,3	1077,2	11,8	5,60
		26-50	6,72	76,6	153,7	39,8	754,3	5,36	3,43
NIR _{0,05}	woda	0-25	r.n.**	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
		26-50	r.n.	9,21	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
	nawozy	0-25	r.n.	11,7	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
		26-50	r.n.	9,82	r.n.	r.n.	118,6	r.n.	r.n.

*-jak w metodyce, ** r.n. różnica nieistotna

Tabela 6. Właściwości chemiczne gleby pod śliwą w okresie jesiennym (synteza z lat 2003-2005)**Table 6.** Chemical properties of soil in the autumn plum (average 2003-2005 years)

Obiekty*		Warstwa gleby (cm)	pH (KCl)	P	K	Mg	Ca	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺
(mg·kg ⁻¹)									
Nawadnianie	O	0-25	6,13	81,7	120,8	33,8	798,6	4,08	1,13
		26-50	6,23	62,8	124,1	37,1	662,1	2,43	1,02
	W	0-25	6,40	80,1	149,8	38,0	941,2	1,96	1,08
		26-50	6,14	71,5	177,2	38,5	791,7	3,45	1,64
Poziomy nawożenia	0 NPK	0-25	6,34	81,9	121,6	38,8	962,4	3,84	0,85
		26-50	6,08	65,7	148,9	41,9	741,9	3,43	1,00
	2 NPK	0-25	6,20	80,0	179,0	33,0	777,4	2,20	1,35
		26-50	6,29	68,6	152,3	33,8	711,8	2,45	1,65
NIR _{0,05}	woda	0-25	r.n.**	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
		26-50	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
	nawozy	0-25	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
		26-50	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

* - jak w metodyce, ** r.n. różnica nieistotna

Wyniki badań własnych częściowo potwierdzają Pacholak i Przybyła [1996] podając, że nawadnianie zwiększało zawartość przyswajalnego magnezu, a zmniejszało koncentracje fosforu i potasu. Podstawowym czynnikiem determinującym skład chemiczny i stężenie roztworu glebowego jest odczyn gleby. Zmiana odczynu gleby w znacznym stopniu wpływa na stężenie składników w roztworze glebowym, a co za tym idzie na ich ruchliwość w glebie i dostępność dla roślin [Badora 2002, Łabętowicz i Rutkowska 2002]. Na obiektach nawadnianych w przeprowadzonym doświadczeniu własnym stwierdzono tendencje do wzrostu wartości pH w KCL. Z kolei zawartość wapnia, integralnie związana z odczynem gleby [Klimek 1997] była wyższa na obiektach na których odnotowano wyższe wartości pH w KCL (tab.1-6). Również koncentracja magnezu wykazywała tendencje wzrostową na obiektach na których stwierdzono wyższe wartości pH, co prawdopodobnie wynikało z niskiego poziomu stężenia jonu Mg⁺² w roztworach gleb kwaśnych, co znajduje potwierdzenie w badaniach Łabętowicza [1998].

Zastosowane nawożenie mineralne spowodowało duże zróżnicowanie zawartości fosforu w obu badanych warstwach gleby, co potwierdzają badania Koper i Lemanowicz [2005] oraz azotu w formie azotanowej i amonowej co z kolei znajduje potwierdzenie w wynikach badań Ciećki i in. [1996]. Na poletkach nawożonych w okresie jesiennym zaobserwowano także tendencję do zmniejszenia koncentracji azotu azotanowego w glebie spod wszystkich badanych gatunków drzew (tab. 2, 4, 6) Według Pacholaka i in. [1998] wieloletnie nawożenie sadu azotem i potasem powoduje wzrost zawartości potasu w warstwie gleby 0-60 cm, a obniżenie wartości pH i koncentracji magnezu. Podobnie

uważają Buskiené i Uselis [2004] oraz Jadczuk i Pietranek [2004], którzy twierdzą, że pod wpływem nawożenia potasem wzrasta jego zawartość w glebie. Badania własne potwierdzają wzrost zawartości potasu wiosną i jesienią w obu warstwach gleby spod wiśni (o 89% i 13%, wiosną oraz o 19% i 65% jesienią) oraz śliwy (odpowiednio: o 41% i 27% oraz o 38% i 2%), a także zmniejszenie koncentracji magnezu w glebie spod wiśni i brzoskwini w okresie jesiennym, kolejno o 54% i 9% (wiśnia) oraz o 36% i 9% (brzoskwinia) (tab.1-6). Zastosowane nawożenie mineralne zwiększyło również pH zarówno w warstwie powierzchniowej jak i podpowierzchniowej. Zawartość składników pokarmowych w glebie jest uzależniona od wielu czynników zarówno naturalnych, jak i agrotechnicznych. W przypadku gleb użytkowanych sadowniczo, czynnikiem modyfikującym ich zasobność, może być sposób utrzymania gleby, jak również różny stopień pobierania i wymywania składników pokarmowych w rzędach, jak i w międzyrzędziach sadu [Ostrowska i in. 2004]. Zróżnicowana zawartość makroskładników w glebie w warstwie ornej i podornej w przeprowadzonym doświadczeniu była prawdopodobnie wynikiem pobierania przez obficie plonujące drzewa większej ilości składników pokarmowych oraz przemieszczaniem się ich w glebie [Buniak 1993; Koćmit i in.1996].

WNIOSKI

1. Zastosowane czynniki doświadczenia w postaci nawadniania i nawożenia mineralnego oraz aktywność fizjologiczna drzew w okresie wegetacji były przyczyną zwiększonej wymiany jonów w badanych warstwach gleby, co wpłynęło na zmianę jej żyzności.

2. Bogatsze w azot azotanowy i amonowy okazały się gleby nie nawadniane. Mniejsze zaopatrzenie gleby w wodę, ograniczało możliwość pobierania azotu przez rośliny, a także jego przemieszczanie w profilu glebowym.

3. Wysokie nawożenie gleb lekkich w warunkach niskiego uwilgotnienia może stanowić zagrożenie dla środowiska przyrodniczego, a zwłaszcza dla zasobów wodnych.

4. Korzystnymi zmianami w żyzności gleby pod wpływem zastosowanych zabiegów agrotechnicznych mogą być: wzrost pH w KCL oraz koncentracji wapnia i magnezu.

BIBLIOGRAFIA

- Badora A. *Wpływ pH na mobilność pierwiastków w glebach*. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln. 482. 2002, s. 21-36.
- Buniak W. *Wpływ deszczowania i nawożenia azotowego na zawartość azotu mineralnego w glebie lekkiej*. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln. 377. 1989, s. 267-271.

- Buniak W. *Nawadnianie – skład chemiczny gleb i ziemiopłodów. Czynniki Plonotwórcze – plonowanie Roślin*. PWN Warszawa. 1993, s. 414-433.
- Buskiené L., Uselis N. *The influence of nitrogen and potassium fertilizers on growth and field of raspberries cv. Polana*. II Ogólnopolskie Sympozjum Mineralnego Odżywiania Roślin Sadowniczych. Warszawa 7-8.09.2004, s.37.
- Ciećko Z., Wyszowski M., Szagała J. *Wpływ 4-letniego stosowania mineralnych nawozów azotowych na zawartość N-NO₃ i N-NH₄ w glebach*. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.440. 1996, s. 27-33.
- Ciećko Z., Żolnowski A.C., Krajewski W. *Wpływ nawożenia NPK stosowanego w uprawie ziemniaka na zawartość N-NO₃, oraz N-NH₄ w glebie*. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.513. 2006, s. 55-62.
- Jadczyk E., Pietranek A. *Wpływ wieloletniego nawożenia potasem na zawartość K i pH w glebie w sadzie jabłoniowym*. II Ogólnopolskie Sympozjum Mineralnego Odżywiania Roślin Sadowniczych. Warszawa 7-8.09.2004, s.45.
- Klimek G. *Sadownictwo*. WSiP Warszawa. 1997, s.132-168.
- Koćmit A., Tomaszewicz T., Raczkowski B., Chudecka J., Podlasiński M., Skokowska-Antoszek M. *Wpływ nawożenia mineralnego i deszczowania na właściwości chemiczne gleby lekkiej*. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.1996, s. 325-338.
- Koper J., Lemanowicz A. *Wpływ wieloletniego nawożenia na aktywność fotosyntezy i zawartość fosforu w glebie*. Rocz. Glebozn. t. LVI nr 1/2.2005, s. 92-104.
- Lityński T., Jurkowska H., Gorlach E. *Analiza chemiczno-rolnicza*. PWN Warszawa,1976.
- Łabętowicz J. *Zakwaszenie gleby jako czynnik determinujący stężenie jonów w roztworze glebowym*. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.456. 1998, s. 177-181.
- Łabętowicz J., Rutkowska B. *Wpływ odczynu na stężenie mikroelementów w roztworze glebowym gleb uprawnych w Polsce*. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.482.2002, s.337-342.
- Ostrowska K., Mikiciuk G., Chełpiński P., Chudecka J., Grajkowski J. *Zawartość makro i mikroelementów w glebie płowej utrzymywanej w czarnym ugorze i pod murawą w sadzie czereśniowym*. Folia Univers.Stetin.Agric. 240(96). 2004, s.137-142.
- Nalborczyk E. *Gospodarka mineralna roślin. Świat roślin*. PWN Warszawa. 1979,s. 198-213.
- Pacholak E., Przybyła Cz. *Wpływ nawadniania i zasobności gleb na jakość plonów jabłoni odmiany Idared*. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.438.1996, s. 165-173.
- Pacholak E., Rutkowski K., Przybyła Cz. *Wpływ nawożenia i nawadniania na zawartość składników w glebie i liściach jabłoni odmiany Szampion w sadzie replantowanym*. I Ogólnopolskie Sympozjum Mineralnego Odżywiania Roślin Sadowniczych. Skierniewice 1-2.12.1998, s. 29-40.
- Podsiadło C., Biczak R., Herman B. *Wpływ mikronawadniania i nawożenia mineralnego na zawartość azotanów (V) w wybranych roślinach warzywnych*. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln. 513: 2006, s.333-343.
- Podstawka-Chmielewska E., Malicki L. *Wpływ elementu zmianowania, deszczowania oraz nawożenia azotowego na zawartość podstawowych makroelementów w glebie lekkiej*. Zesz. Nauk. A R. we Wrocławiu. 267.1995, s. 271-289.
- Sadowski A. *Utrzymanie gleby w sadzie. Odżywianie mineralne roślin sadowniczych*. Sadownictwo pod red. Pieniążka S.A. 2000, s.146-166.
- Wójcik P. *Nawożenie drzew pestkowych. Ogólnopolska konferencja „Nowości w technologii produkcji śliw, wiśni i czereśni”* Skierniewice 27.04.2004. ISiK w Skierniewicach. 2004, s. 70-80.

Dr inż. Anna Jaroszevska
Katedra Gospodarki Wodnej
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
ul. Słowackiego 17
71-434 Szczecin
tel. (091) 4496238
e-mail: nawodnienia@zut.edu.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Jacek Długosz*