

EUGENIUSZ PACHOLAK

## NAWOŻENIE I NAWADNIANIE W INTENSYWNYM SADZIE JABŁONIOWYM A ZAWARTOŚĆ SKŁADNIKÓW MINERALNYCH W GLEBIE I LIŚCIACH

### WSTĘP

Określenie potrzeb nawozowych drzew i krzewów owocowych stwarza większe trudności niż oznaczanie potrzeb nawożenia roślin jednorocznych. Trudności są związane z tym, że jako rośliny trwale mają zmienne wymagania w stosunku do odżywiania z upływem czasu, a reakcja na nawożenie jest dość powolna (S a d o w s k i 1985).

Oceniając przydatność różnych metod określania potrzeb nawozowych roślin sadowniczych, najsluszniejszym wydaje się pogląd C h a p m a n a (1961), że różne metody powinny się nawzajem uzupełniać. Konieczność uwzględnienia jednocześnie kilku metod znajduje też coraz większe zrozumienie i zastosowanie w Polsce (S a d o w s k i 1985).

Doświadczenia polowe umożliwiają łączenie różnych metod oceny, w wyniku których, dzięki stosowaniu zróżnicowanych dawek nawozów, możemy określić optymalną zawartość składników w liściach i glebie.

Celem pracy było określenie wpływu nawożenia na zawartość przyswajalnych składników w glebie i liściach, po 12 latach stosowania zróżnicowanych dawek nawozów w warunkach zróżnicowanej wilgotności gleby.

Wpływ nawożenia i nawadniania na wzrost i owocowanie drzew jabłoni odmiany James Grieve w sadzie intensywnym przedstawiono w pracy wcześniejszej (P a c h o l a k 1990).

### MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 1984 - 1987 w sadzie jabłoniowym Katedry Sadownictwa Akademii Rolniczej w Poznaniu, na terenie Rolniczego Zakładu Doświadczalnego Przybroda.

Drzewa wysadzono jesienią 1975 r. na glebie płowej wytworzonej z gliny zwałowej. Warstwa orna i podorna o składzie mechanicznym gliny lekkiej silnie spiaszczonej, a w podłożu zalegała na głębokości 70 - 100 cm glina lekka słabo spiaszczona. Poziom wody gruntowej utrzymywał się na głębokości 150 - 180 cm. Odczyn gleby, zawartość przyswajalnych składników P, K i Mg oraz inne cechy gleby przed założeniem doświadczenia przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Niektóre właściwości gleby przed założeniem doświadczenia (wartości średnie)  
Some chemical properties of the soil before the begining of experiment (mean values)

Głębokość pobierania próby Depth of sampling (cm)	pH <sub>KCl</sub>	Zawartość przyswajalnych składników (mg na 100 g gleby) Available nutrient content (mg per 100 g of soil)			Stosunek Relation K/Mg	Zawartość próchnicy Humus content (%)	Zawartość części sypialnych <0,02 mm Content of pontides <0,02 mm (%)
		P	K	Mg			
0 - 20	5,7	3,5	10,6	2,4	4,33	1,22	22,30
20 - 40	5,4	2,6	7,6	2,0	3,80	1,05	27,40

Materiałem do badań były drzewa jabłoni odmiany James Grieve, podwójnie szczepione na podkładce A 2, ze wstawką skarłającą M 26.

Drzewa posadzono w rozstawie 2×2 m systemem pasowym po 3 rzędy w pasie (2125 drzew/ha). Pomiedzy pasami zastosowano 3-metrowe „uliczki” robocze.

Przygotowanie gleby przed posadzeniem drzew oraz sposób prowadzenia w pierwszym roku po posadzeniu dokonano zgodnie z zaleceniami dla tego gatunku.

Szczegółowe dane dotyczące prowadzenia sadu w latach 1975 - 1984 oraz 1984 - 1987 przedstawiono w pracach Pacholaka (1986, 1990).

W doświadczeniu porównywano trzy poziomy nawadniania gleby:

W<sub>0</sub> — kombinacja kontrolna bez nawadniania,

W<sub>1</sub> — nawadnianie stosowane dla utrzymania wilgotności gleby na poziomie -0,03 MPa potencjału wodnego,

W<sub>2</sub> — nawadnianie stosowane dla utrzymania wilgotności gleby na poziomie -0,01 MPa potencjału wodnego.

Potencjał wodny gleby do głębokości 30 cm mierzono tensjometrami glebowymi, wykonanymi w Zakładzie Doświadczalnym Instytutu Melioracji Użytków Zielonych w Biebrzy.

Każda kombinacja nawadniania (1 blok) obejmowała dwa pasy drzew, to jest 6 rzędów po 54 drzewa, ogółem 324 drzewa.

Nawadnianie wykonywano deszczownią typu Agro 2, o wydajności zraszacza 4 mm wody na godzinę. Jednorazową dawkę polewową, wyno-

sząca 32 mm/m<sup>2</sup>, dzielono na dwie części. Między pierwszym a drugim nawadnianiem stosowano przerwę 4-5-godziną, dla uniknięcia infekcji drzew przez parch jabłoni. Ilość zużytej wody oraz terminy nawadniania przedstawiono w pracy Pacholaka (1990).

W obrębie każdego poziomu nawadniania zastosowano cztery kombinacje nawozowe, rozmieszczone losowo w czterech powtórzeniach:

I kontrolna bez nawożenia,

II 1 NPK — 200 kg/ha (N-65; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-40; K<sub>2</sub>O-95),

III 2 NPK — 400 kg/ha (N-130; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-80; K<sub>2</sub>O-190),

IV 3 NPK — 600 kg/ha (N-195; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-120; K<sub>2</sub>O-285).

Powierzchnia każdego poletka nawozowego wynosiła 72 m<sup>2</sup>.

Pierwsze nawożenie mineralne zastosowano wiosną 1977 r., to jest w drugim roku po posadzeniu drzew i stosowano je corocznie zgodnie z kombinacjami, przez wszystkie lata badań do 1987 r. Nawozy fosforowe (superfosfat potrójny 46<sup>0/0</sup>) i potasowe (sól potasowa 60<sup>0/0</sup>) wysiewano jesienią, nawozy azotowe w formie saletry amonowej 34<sup>0/0</sup> wysiewano jednorazowo wiosną, na 4-5 tygodni przed kwitnieniem drzew.

Próbki gleb przeznaczonych do analiz na zawartość przyswajalnych składników pobierano z warstwy ornej (0-20 cm) i podornej (21-40 cm) w latach 1984-1987, między 20-30 lipca, oddzielnie dla każdego poletka nawozowego.

Liście pobierano ze środkowej części długopędów, oddzielnie dla każdego poletka nawozowego i każdego z poziomów nawadniania. Próby liści pobierano w tym samym terminie co próby gleby.

Analizy na zawartość przyswajalnych składników w glebie i ogólnych w liściach wykonano w Stacji Chemiczno-Rolniczej w Poznaniu, według metod ogólnie przyjętych dla potrzeb sadownictwa.

Otrzymane wyniki opracowano statystycznie na wartościach rzeczywistych metodą analizy wariancji wieloczynnikowej, w układzie split plot.

Istotność różnic między średnimi dla poszczególnych kombinacji oceniano na podstawie przedziałów ufności za pomocą testu Duncana dla poziomu  $\alpha=0,05$ .

## WYNIKI

Analizując zawartość przyswajalnych składników w dwóch warstwach gleby: ornej i podornej, stwierdzono zmiany ich zawartości w zależności od nawożenia, a w mniejszym stopniu w zależności od nawadniania. Zawartość składników ogólnych w liściach nie wykazywała natomiast tak dużych zmian.

Zawartość fosforu — wzrastające nawożenie fosforem spowodowało istotny wzrost zawartości przyswajalnego fosforu w warstwie ornej i w

Tabela 2

Wpływ nawadniania i nawożenia na zawartość przyswajalnych składników w warstwie ornej (0-20 cm) i podornej (20-40 cm) w (mg/100 g gleby) w 1987 r.  
 Influence of irrigation and fertilization on content of available nutrients in the arable layer (0-20 cm) and subsoil (20-40 cm) in (mg/100 g of soil) in 1987

Poziom nawadniania Irrigation level	Kombinacje nawożenia Fertilizer treatments	0 - 20 cm					20 - 40 cm P				
		pH <sub>KCl</sub>	P	K	Mg	K   Mg	pH <sub>KCl</sub>	P	K	Mg	K   Mg
W <sub>0</sub> Bez nawadniania No irrigation	0	4,7b*	3,8c	7,6e	2,5cd	3,1e	4,3b	3,0c	5,0de	1,7d	3,0de
	1 NPK	4,1c	5,6b	11,5d	1,4d	8,1c	4,2b	4,0bc	9,2c	1,4d	6,7c
	2 NPK	4,0c	7,1a	14,8c	1,2a	12,9b	4,2b	5,5a	13,0ab	1,5d	9,0b
	3 NPK	4,1c	7,5a	17,8b	1,1d	15,9a	4,1b	5,7a	13,7a	1,2d	11,5a
Średnio - Means		4,2b	6,0a	12,9b	1,6c	10,0a	4,2b	4,6a	10,2b	1,5c	7,6a
W <sub>1</sub> (-0,03 MPa)	0	4,7b	3,7c	7,5e	4,6b	1,6e	4,5b	3,3c	4,1e	3,5c	1,2e
	1 NPK	4,8b	5,4b	12,3d	4,6b	2,7e	4,9a	3,9bc	9,7c	4,1bc	2,4e
	2 NPK	4,3c	5,7b	15,2c	2,6cd	5,8d	4,3b	4,6ab	11,4bc	3,1cd	3,7d
	3 NPK	4,2c	6,2ab	19,4a	2,1d	9,2c	4,2b	5,2a	13,2a	2,4d	5,6c
Średnio - Means		4,5ab	5,3a	13,6ab	3,5b	4,8b	4,5ab	4,3a	9,6a	3,3b	3,2b
W <sub>2</sub> (-0,01 MPa)	0	5,4a	3,7c	7,1e	6,7a	1,1e	5,3a	3,7c	5,8d	5,3a	1,1e
	1 NPK	4,7b	5,3b	11,9d	4,7b	2,5e	4,9a	4,6ab	9,0c	4,5ab	2,0e
	2 NPK	4,4bc	6,3ab	18,1ab	4,0bc	4,5d	4,5b	4,4b	13,6a	4,3b	3,2de
	3 NPK	4,2c	6,1ab	19,8a	3,2c	6,1d	4,4b	5,5a	14,5a	4,0bc	3,6d
Średnio - Means		4,7a	5,4a	14,2a	4,7a	3,6c	4,8a	4,6a	10,7a	4,5a	2,5b

\* Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie między sobą przy poziomie  $\alpha=0,05$ .  
 Means marked with the same letters did not differ significantly at the probability of  $\alpha=0,05$ .

warstwie podornej (tab. 2). Nawadnianie natomiast nie wpłynęło na zróżnicowanie zawartości przyswajalnego fosforu zarówno w warstwie ornej, jak i w warstwie podornej.

W kombinacji kontrolnej (bez nawożenia) zawartość przyswajalnego fosforu, w porównaniu do zawartości wyjściowej (tab. 1), pozostała przez wszystkie lata na zbliżonym poziomie. W warstwie ornej wyjściowa zawartość fosforu wynosiła 3,5 a po 9 - 12 latach 3,7 - 3,8 mg/100 g gleby, a w warstwie podornej analogicznie 2,6 oraz 3,0 - 3,7 mg/100 g gleby.

Pomimo znacznych i istotnych różnic w zawartości przyswajalnego fosforu w glebie w warstwie ornej i podornej nie stwierdzono istotnego wpływu nawożenia fosforem na ogólną jego zawartość w liściach (tab. 3).

Tabela 3

Wpływ nawadniania i nawożenia na zawartość N, P, K, Mg i Ca w liściach jabłoni odmiany James Grieve w procentach suchej masy (średnie z lat 1984 - 1987)  
The influence of irrigation and fertilization on the general content of N, P, K, Mg and Ca in the leaves of James Grieve apple tree, in percentage of dry matter (means for 1984 - 1987)

Poziom nawadniania Irrigation level	Kombinacje nawożenia Fertilizer treatments	Składnik - Nutrient elements				
		N	P	K	Mg	Ca
W <sub>0</sub>	0	2,03	0,21	1,74	0,22	0,94
Bez nawadniania No irrigation	1 NPK	2,17	0,19	1,80	0,25	0,95
	2 NPK	2,17	0,19	1,96	0,24	0,93
	3 NPK	2,21	0,19	1,85	0,24	0,94
Średnio - Means		2,14a*	0,19a	1,83a	0,23b	0,94a
W <sub>1</sub>	0	2,12	0,23	1,70	0,25	0,89
(-0,03 MPa)	1 NPK	2,20	0,20	1,72	0,26	0,88
	2 NPK	2,21	0,20	1,76	0,27	0,90
	3 NPK	2,26	0,21	1,76	0,27	0,91
Średnio - Means		2,20a	0,21a	1,73a	0,26a	0,89a
W <sub>2</sub>	0	2,08	0,25	1,76	0,26	0,92
(-0,01 MPa)	1 NPK	2,22	0,22	1,77	0,27	0,95
	2 NPK	2,32	0,21	1,84	0,28	0,98
	3 NPK	2,35	0,20	1,79	0,28	0,89
Średnio - Means		2,24a	0,22a	1,79a	0,27a	0,93a

\* objaśnienia patrz tab. 2; For explanation see tab. 2.

Stwierdzono natomiast, że w obiektach kontrolnych przy najmniejszej zawartości fosforu w glebie największa była jego zawartość w liściach.

Nawadnianie, niezależnie od nawożenia, wpływało na wzrost ogólnego fosforu w liściach (tab. 3). Na uwagę zasługuje fakt, że wraz z wiekiem drzew malała zawartość fosforu w liściach (tab. 4).

Zawartość potasu — zastosowane nawożenie wpływało na wzrost za-

wartości przyswajalnego potasu w warstwie ornej i podornej i to wprost proporcjonalnie do wielkości zastosowanej dawki (tab. 2).

W kombinacji kontrolnej (bez nawożenia) stwierdzono obniżenie się zawartości przyswajalnego potasu w warstwie ornej i podornej (tab. 2) w porównaniu do analizy wyjściowej (tab. 1).

Nawadnianie nie miało istotnego wpływu na zmianę zawartości przyswajalnego potasu w warstwie podornej (tab. 2), natomiast w warstwie ornej stwierdzono istotny wzrost zawartości przyswajalnego potasu pod wpływem nawadniania (tab. 2).

Zróznicowanie dawek nawozowych jak i nawadniania nie wpływało istotnie na zmianę zawartości ogólnego potasu w liściach (tab. 3). Zauważono wyraźną tendencję, że wraz z wiekiem drzew maleje zawartość K w liściach (tab. 4).

Tabela 4

Zawartość składników w liściach jabłoni odmiany James Grieve w procentach suchej masy w latach 1984 - 1987  
The general content of nutrient elements in the leaves of James Grieve apple tree, in percentage of dry matter in 1984 - 1987

Lata Years	Składnik - Nutrient elements				
	N	P	K	Mg	Ca
1984	2,55a*	0,22a	2,04a	0,24b	1,00a
1985	1,93b	0,21a	1,79b	0,24b	0,90ab
1986	2,40a	0,20a	1,75b	0,28a	0,96a
1987	1,90b	0,19a	1,69b	0,26ab	0,83b

\* objaśnienia patrz tabela 2; For explanation see table 2.

Zawartość magnezu — przy braku nawadniania nie stwierdzono istotnego zróżnicowanego nawożenia NPK na zawartość przyswajalnego magnezu w obu badanych warstwach gleby. Jednakże, jego zawartość w porównaniu do zawartości wyjściowej (tab. 1) się zmniejszyła. Stwierdzono, że wraz z dawką NPK zmniejszyła się zawartość magnezu w warstwie ornej i podornej.

Zawartość przyswajalnego magnezu w obu badanych warstwach gleby istotnie wzrastała przy zastosowaniu nawadniania (tab. 2) i była ona większa przy intensywniejszym nawadnianiu. Niezależnie jednak od wyraźnego wzrostu przyswajalnego magnezu w glebie przy nawadnianiu, zawartość jego w warstwie ornej i podornej malała wraz z wielkością zastosowanej dawki NPK (tab. 2).

W liściach ogólna zawartość magnezu, niezależnie od nawożenia, była większa na obiektach nawadnianych i zarysowała się pewna tendencja, że wraz ze wzrostem NPK wzrastała zawartość Mg w liściach (tab. 3).

Wzrost przyswajalnego magnezu w glebie pod wpływem nawadniania miał również istotny wpływ na stosunek K/Mg (tab. 2). W kombinacjach

z nawadnianiem ( $W_1$  i  $W_2$ ), dla większości obiektów z nawożeniem stosunek ten był poprawny, czyli poniżej 3,5, natomiast w kombinacji bez nawadniania ( $W_0$ ), tylko przy niestosowaniu nawożenia stwierdzono poprawny stosunek K/Mg (tab. 3). Wraz z większym nawożeniem NPK stosunek ten ulegał niekorzystnej zmianie, od wysokiego przy 1 NPK do bardzo wysokiego (11,5) przy 3 NPK (tab. 2).

Zawartość ogólnego azotu i wapnia — w liściach nie była zależna od wielkości zastosowania nawożenia czy nawadniania (tab. 3). Nawożenie czy nawadnianie zwiększało zawartość ogólnego azotu w liściach, był on jednak nieistotny w porównaniu z zawartością w liściach jabłoni bez nawożenia i nawadniania (tab. 3).

Zawartość azotu jak i wapnia w liściach była bardziej uzależniona od lat gdzie stwierdzono duże wahania w ich procentowej zawartości (tab. 4).

Nawożenie i nawadnianie wpłynęło na odczyn w obu analizowanych warstwach gleby. Nawożenie wraz ze wzrostem dawki wpłynęło na obniżenie pH w KCl w porównaniu z kombinacją bez nawożenia.

Nawadnianie częściowo niwelowało ujemny wpływ nawożenia na obniżanie się pH gleby, przy intensywniejszym nawadnianiu pH obniżało się zarówno w warstwie 0 - 20 cm jak i 20 - 40 cm.

## DYSKUSJA

Nawożenie, niezależnie od nawadniania zróżnicowanymi dawkami NPK, wpływało na zmianę właściwości chemicznych gleby. Po dwunastu latach jego stosowania w warstwie ornej i podornej stwierdzono wzrost zawartości przyswajalnego K i P, a obniżenie odczynu gleby. Zgodne jest to z danymi uzyskanymi przez Kępkę i Sadowskiego (1978) oraz Piątkowskiego i wsp. (1982).

Potwierdziły się również dane, że nawożenie K wpływa na istotne podwyższenie stosunku między K : Mg, co wpływa ujemnie na plonowanie drzew (Pacholak 1986).

Nawadnianie nie zmieniało istotnie zawartości przyswajalnego P i K w obu analizowanych warstwach gleby, jednak wpływało korzystnie na pH gleby, jak również na stosunek K : Mg. Te korzystne zmiany były wynikiem dostarczenia pewnej ilości Mg i Ca z wodą zastosowaną do nawadniania.

Wykonane analizy zawartości składników pokarmowych, mimo oczekiwań, nie wykazały jednak ścisłych powiązań między zawartością składników pokarmowych w liściach a zmienną zawartością przyswajalnych składników w glebie, w wyniku nawożenia wzrastającymi dawkami nawozów mineralnych (NPK) i różnych warunków wilgotności gleby.

Chociaż dla roślin sadowniczych analiza liści jest metodą najczęściej zalecaną (Kenworthy 1950, Smith 1965, Kłossowski 1968),

a analiza gleby jako metoda uzupełniająca, to na podstawie uzyskanych wyników można wnioskować, że więcej informacji do określenia potrzeb nawożenia uzyskuje się z analizy gleby.

Najślusznieszy wydaje się pogląd wyrażony przez Chapmana (1961), że przy ustalaniu potrzeb nawożenia roślin sadowniczych, należy brać pod uwagę metody, które wzajemnie się uzupełniają (Sadowski 1985).

#### WNIOSKI

1. Wieloletnie nawożenie sadu jabłoniowego zróżnicowanymi dawkami NPK wpływało na istotny wzrost w warstwie ornej i podornej zawartości przyswajalnego fosforu, potasu, a obniżenie zawartości przyswajalnego magnezu.

2. Zróżnicowanie zawartości składników przyswajalnych w glebie nie miało wpływu na ogólną zawartość składników w liściach.

3. Nawadnianie wpłynęło na istotny wzrost zawartości przyswajalnego magnezu zarówno w warstwie ornej jak i podornej, co poprawiało w istotny sposób stosunek K/Mg.

4. Nawadnianie przy zastosowaniu zróżnicowanego nawożenia (NPK) częściowo niwelowało obniżanie się pH gleby.

5. Nawadnianie wpływało na wzrost zawartości N, P i Mg a obniżanie K w liściach, lecz różnice z wyjątkiem Mg były statystycznie nie udowodnione w porównaniu z obiektami kontrolnymi.

#### LITERATURA

- Chapman H. D. (1961): Plant analysis and fertilizer problems. Am. Inst. of Biol. Sci., 8: 75 - 106.
- Kenworthy A. L. (1950): Nutrient — elements composition of leaves from fruit trees. Proc. Am. Soc. Hort. Sci., 61: 6 - 26.
- Kępką M., Sadowski A. (1978): Wpływ nawożenia azotem i potasem na niektóre właściwości chemiczne gleby na wzrost i owocowanie jabłoni. (Cz. I). Rocz. Nauk rol., A., 103: 49 - 64.
- Kłossowski W. (1968): Analiza chemiczna liści. Pr. Inst. Sad., 12: 165 - 189.
- Pacholak E. (1986): Wpływ nawożenia i nawadniania na wzrost i plonowanie jabłoni odmiany James Grieve. Rocz. AR w Poznaniu, 160: 1 - 79.
- Pacholak E. (1990): Nawożenie i nawadnianie w intensywnym sadzie jabłoniowym a wzrost i plonowanie odmiany James Grieve. PTPN, Pr. Kom. Nauk Rol. i Komisji Nauk Leś., 69.
- Piątkowski M. i wsp. (1982): Zróżnicowane nawożenie azotem i potasem oraz skomasowane nawożenie fosforem i potasem jabłoni w pełni owocowania. Pr. Inst. Sad. i Kwiac., A., 23: 13 - 22.

- Sadowski A. (1985): Błędy popełnione przy określaniu potrzeb nawożenia sadów. Sad nowocz., 7: 4-8.
- Smith C. B. (1965): A five year nutritional survey of Pennsylvania Stat. Univ. Bull., 717.

Katedra Sadownictwa  
Akademii Rolniczej w Poznaniu

FERTILIZER AND IRRIGATION INTENSITY APPLE ORCHARD  
FOR THE CONTENT OF MINERAL ELEMENTS IN THE SOIL AND LEAVES

Summary

The experiment conducted from 1984 to 1987. James Grieve apple trees double-grafted on A 2 rootstock with M 26 dwarfing interstock were planted in autumn 1975 on grey brown podzolic soil developed of postglacial clay which is counted to the III-b class according to the Polish soil valuation system. The trees were spaced at 2×2 m in a belt system, 3 rows in each belt (2125 trees/ha).

In the experiment three levels of irrigation were compared:

W<sub>0</sub> — check treatment — without, irrigation,

W<sub>1</sub> — irrigation was applied to maintain soil moisture at the water potential. Level above -0,03 MPa,

W<sub>2</sub> — irrigation was applied to maintain soil moisture at the water potential. Level above -0,01 MPa.

Irrigation was carried out by a sprinkler using Agro 2 system with a sprinkling capacity of 4 mm/hour. A single dose of sprinkling amounted to 32 mm. The water potential of soil was measured with a soil tensiometer at the depth of 30 cm.

Within each irrigation level, four fertilizer treatments were applied, randomly distributed in four replications:

I — check, without fertilization,

II — 1 NPK — 200 kg/ha (N-65; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-40; K<sub>2</sub>O-95),

III — 2 NPK — 400 kg/ha (N-130; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-80; K<sub>2</sub>O-190);

IV — 3 NPK — 600 kg/ha (N-195; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-120; K<sub>2</sub>O-285).

The first mineral fertilization was applied in spring 1977 i.e. in second year after planting, and it was applied annually according to the treatments designed until 1987. Fertilization within different doses of NPK resulted in a significant increase of available nutrient content in the soil, but did not effect the total content of mineral elements in the leaves.

Irrigation caused a significant increase of K and Mg contents in the subsoil underlying the plough layer and a tendency to an increase of the total leaf N, P and Mg content has been found too.