

ПРЕЦИЗИРАНЕ НА ФЕРТИГАЦИЯТА: ВЛИЯНИЕ НА ЧЕСТОТО АЗОТНО ТОРЕНЕ ВЪРХУ СЪДЪРЖАНИЕТО НА МИНЕРАЛНИ ХРАНИТЕЛНИ ВЕЩЕСТВА В ПОЧВАТА И ЛИСТАТА НА ЧЕРЕШОВИТЕ ДЪРВЕТА

И. Царева, К. Куманов, Г. Корнов

Институт по овощарство, 4004 Пловдив, България
E-mail: kskoumanov@hotmail.com

TUNING FERTIGATION: IMPACT OF FREQUENT NITROGEN APPLICATIONS ON THE MINERAL NUTRIENT CONTENT IN THE SOIL AND IN THE LEAVES OF THE SWEET CHERRY TREES

I. Tsareva, K. Koumanov, G. Kornov

Fruitgrowing Institute, 4004 Plovdiv, Bulgaria

РЕЗЮМЕ

Изследването е изведено в два опитни участъка в течение на един вегетационен период. В първия участък черешовите дървета (Лапинс/Гизела 5, 4 x 2 m) са единадесетгодишни, докато тези от втория участък (Бигаро Бюрла/Дива череша, 6 x 4 m) са деветгодишни. Във всеки участък черешовите дървета са снабдявани с вода и торове чрез системи за микродъждване и капково напояване при едни и същи режими на напояване и торене. Предмет на анализ са концентрациите на минерални хранителни вещества в почвения разтвор и листата. Пробите са събирани ежедневно през 15-дневния период между две торови дози. За целта са инсталирани екстрактори на почвен разтвор на дълбочини 10 cm, 30 cm, 50 cm и 70 cm, и на 90 cm във втория участък. Непосредствено след внасянето на поредната торова доза и преди следващото торене от същите дълбочини са взети и анализирани

SUMMARY

The investigation was carried out in two experimental plots in the course of one vegetation period. Cherry trees from the first plot (cv. 'Lapins' on 'Gisela 5' rootstock, 4 x 2 m) were eleven years old, while those from the second plot (cv. 'Bigareaux Burlat' on *Prunus avium* L. rootstock, 6 x 4 m) were nine ears old.

In each plot the trees were supplied with water and fertilizers through microsprinkling and drip irrigation systems, the application rates being equal. Subjects of analysis were the fertilizers' concentrations in the soil solution and the content of mineral nutrients in the leaves.

Samples were collected on a daily basis in the 15-day period between two fertilizer applications. Extractors (tensionics) were used for solution sampling from depths of 10 cm, 30 cm, 50 cm and 70 cm, as well as of 90 cm in the second plot. Both immediately after the

почвени проби за съдържание на азот, фосфор, калий, ЕС и рН. Разпределението на торовете по дълбочината на почвения профил е сходно при капковото напояване и микродъждуването. Като правило съдържанието на P_2O_5 , K_2O , ЕС and рН на почвения разтвор са се запазили постоянни в периода между двете торови дози. Две-три внасяния на амониев нитрат в периода между основните торови дози са задържали сравнително постоянни нитратните концентрации в почвения разтвор. Приложеният режим на торене е осигурил благоприятно минерално хранене на черешовите дървета.

Ключови думи: микродъждуване, капково напояване, торене, екстрактори на почвен разтвор, транслокация на торовете

УВОД

Системите за микронапояване предоставят възможност за внасяне на торове с поливната вода (фертигация). Торовата норма обикновено се разделя на части, прецизно дозирани в съответствие с усвояването на хранителните вещества от културата през вегетационния период (Haynes, 1985; Kafkafi and Tarchitzky, 2011). Технически въпросът с внасянето на химични агенти с поливната вода при микронапояване е решен на едно високо ниво като са разработени цяла гама от средства за смесване, инжектиране и дозиране. От технологична гледна точка обаче изследванията са малко, а

fertilization and before the next application, soil samples were taken from the same depths and analyzed for the content of nitrogen, phosphorus, potassium, EC and pH. The fertilizers' distribution downwards the soil profile was similar under drip and microsprinkler irrigation. Generally P_2O_5 , K_2O , EC and pH of the soil solution remained unchanged in between applications. Two-three applications of ammonium nitrate in the period between the basic fertigation doses maintained constant nitrate concentrations in the soil solution as well. The applied fertigation regime provided proper mineral nutrition for the cherry trees.

Key words: microsprinkling, drip irrigation, fertilization, tensionics, soil solution, fertilizers translocation

INTRODUCTION

When micro-irrigation is in use, it is a common practice to introduce fertilizers into the tree zone with the irrigation water (fertigation).

Fertilization dose is usually divided into parts and supplied according to the crop nutrient assimilation during the vegetation period (Haynes, 1985; Kafkafi and Tarchitzky, 2011).

The application of fertilizers with the irrigation water has been developed to a high technical level: there is a whole array of devices for mixing, injecting and dosing.

From technological point of view, however, the investigations

информацията за сроковете и дозите на внасяне, придвижването на агрохимикалите в почвата, динамиката на усвояването им от растенията и времето за разграждането им е недостатъчна.

Предмет на тази публикация са резултати относно влиянието на режима на фертигация чрез микродъждване и капково напояване върху черешови дървета (*Prunus avium* L.) на силно- и слаборастящи подложки. Предишни изследвания (Koumanov et al., 2011) показват сходно разпределение на торовете по дълбочината на почвения профил при капковото напояване и микродъждването. Като правило съдържанието на P_2O_5 , K_2O в почвения разтвор, както и стойностите на EC and pH не са се повлияли съществено от фертигацията и са се запазили постоянни в периода между двете торови дози. За разлика от тях нитратите са се покачили рязко непосредствено след фертигацията като концентрацията им е най-висока близо до почвената повърхност. С времето максималните концентрации постепенно намаляват и след пет-шест дни нитратните концентрации в почвения разтвор спадат до нивата им преди фертигацията.

are rare and the information concerning the timing and the application doses, the fertilizers' migration and localization in the soil, the dynamics of their absorption by roots, and the corresponding mineral-nutrition status of the trees is scarce.

This paper presents the results of an investigation focused on tuning the microsprinkling- and drip-fertigation of sweet cherry (*Prunus avium* L.) trees on both vigorous and dwarfing rootstocks.

Previous investigations (Koumanov et al., 2011) showed similar fertilizer distributions downwards the soil profile.

Generally the phosphorus and the potassium concentrations in the soil solution as well as the EC and the pH values were not affected by fertigation and remained unchanged until the next fertilizer application.

On the contrary, nitrate content sharply rose immediately after fertigation with highest concentrations near the soil surface.

With time, the maximal concentrations gradually decreased and five-six days later the nitrate concentrations in the soil solution dropped down to the levels before fertigation.

Налага се изводът, че минералното хранене на дърветата може да бъде подобро чрез неколккратно внасяне на малки количества азот между основните торови дози. Това предположение бе експериментално проверено през 2011 г., а получените резултати са предмет на настоящата статия.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Експерименталната работа е изведена в два опитни участъка, разположени в 1.2 ha черешово насаждение. В първия участък черешовите дървета са от сорта "Лапинс", присадени на клонова подложка "Гизела 5" и засадени през пролетта на 2001 г. в схема 4 x 2 m. Във втория участък дърветата са от сорта "Бигаро Бюрла", присадени на семенна подложка "Дива череша" и засадени през пролетта на 2002 г. в схема 6 x 4 m. Във всеки от експерименталните участъци са заложени по два варианта на фертигация: чрез микродъждване и чрез капково напояване. Почвата е типична ливадно канелена, средно песькливо-глинеста.

Системата за микродъждване е с по едно поливно крило на ред и микродъждовални апарати, разположени по дължината на реда през 1.0 m; дебитът на апаратите е 25 L h⁻¹, а

It was supposed that the tree mineral nutrition might be improved by several low nitrogen applications between the main fertigation doses. That suggestion was experimentally tested in 2011 and the results are presented in this paper.

MATERIAL AND METHODS

The experiment was set up in two plots in a 1.2 ha sweet cherry orchard. In the first plot the cherry trees were of the 'Lapins' cultivar grafted on 'Gisela 5' rootstock and planted in the spring of 2001 at distances 4 x 2 m.

In the second plot the trees were of the 'Bigareaux Burlat' cultivar grafted on *Prunus avium* L. rootstock and planted in the spring of 2002 at distances 6 x 4 m. Two variants of fertilizer application, by microsprinkling and by drip irrigation, were set in each of the experimental plots. The soil was sandy loam Luvisol.

The microsprinkling system consisted of one irrigation lateral per row with microsprinklers located at 1.0 m distance along the row; with a discharge of 25 L h⁻¹ and an effective radius of 1.0 m. Thus, the irrigation water and the fertilizers dissolved were evenly

ефективният радиус на действие – 1.0 m. Така поливната вода и разтворените в нея торове се разпръскват равномерно върху редова ивица с широчина 2.0 m. Системата за капково напояване е с по две поливни крила на ред, разположени успоредно на 0.5 m от двете страни на дърветата. Капкообразувателите са с дебит 2.0 L h^{-1} и са разположени през 1.0 m по дължината на крилата. Капковото напояване също е разчетено да навлажнява редова ивица с широчина 2.0 m. Торовете се инжектират в началото на поливните крила с дозираща помпа тип DI 160 (DOSATRON INTERNATIONAL, Bodeaux, France). Напоителната норма и торовете норми са еднакви за всички варианти на третиране.

Торенето е съобразено с данните от листния анализ. Използвани са комплексни торове от серията „Кристалон“ на YARA. Торовете норми са внесени на 14 дози съобразно общоприетите схващания за нуждата на черешовите дървета от хранителни вещества. Предмет на анализ са торовете концентрации в почвения разтвор и съдържанието на минерални хранителни вещества в листата. Пробите са събирани след беритбата, ежедневно през двуседмичния период между две торови дози. За целта са инсталирани екстрактори на почвен разтвор

sprayed over a 2.0 m wide row strip. The drip irrigation system had two parallel irrigation laterals per row located at 0.5 m on both sides of the trees with drippers located at 1.0 m along the laterals and with a discharge of 2.0 L h^{-1} .

Drip irrigation was planned to wet a 2.0 m wide row strip, as well. A proportional dosing pump (DOSATRON INTERNATIONAL, Bodeaux, France) was used for injecting the fertilizers in the irrigation system. The water and fertilizer application rates were equal in all variants.

Fertilizer applications were based on leaf-analysis data and the fertilizers used were of the “Kristalon” (YARA) series. The fertilization rates were split in 14 parts/doses according to the common understanding for the cherry-tree nutrient requirements. Subject of analysis were the fertilizers' concentrations in the soil solution and the content of mineral nutrients in the leaves. Samples were collected after harvesting on a daily basis in two-week periods between two fertilizer applications.

Extractors (tensionics) were used for solution sampling from depths of 10 cm, 30 cm, 50 cm and 70 cm as well as of 90 cm in the plot with the vigorous rootstocks. Immediately after the fertilization as well as before the next

на дълбочини 10 cm, 30 cm, 50 cm и 70 cm, и на 90 cm във втория участък. Непосредствено след внасянето на поредната торова доза и преди следващото торене от същите дълбочини са взети и анализирани почвени проби за съдържание на азот, фосфор, калий, ЕС и рН.

Изследването е проведено от 7 до 24 юни. Предшестващата изследването торова доза се състои от $15.0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ (68 % $\text{N} - \text{NH}_4^+$ и 32 % $\text{N} - \text{NO}_3^-$), $2.6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, $4.6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$, и $0.6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ MgO}$. В периода между основните дози от торовете «Кристалон» са внесени четири допълнителни дози азот: $7.0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ на първия и петия ден, и $5.6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ на осмия и дванадесетия ден, при отношение амониев/нитратен азот 1:1.

Концентрацията на нитратния азот ($\text{N} - \text{NO}_3^-$) и фосфора (P_2O_5) в почвения разтвор е измервана с RQflex Reflectometer на MERK, а съдържанието на калий (K_2O) е определяно с пламъков фотометър. В листните проби азотът е определян по Келдал, фосфорът и желязото – колориметрично, калият – фотометрично, калцият и магнезият – комплексометрично. Съдържанието на минерални хранителни вещества в почвата е определено чрез дестилационния метод за

application soil samples were taken from the same depths and analyzed for the nitrogen, phosphorus, and potassium content, EC and pH of the soil.

The study was carried out from 7 June till 24 June. The fertilization dose before the study consisted of $15.0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ (68 % $\text{N} - \text{NH}_4^+$ and 32 % $\text{N} - \text{NO}_3^-$), $2.6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, $4.6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$, and $0.6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ MgO}$.

Four additional ammonium nitrate doses were applied in the period between the main “Kristalon” doses: $7.0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ on the first and on the fifth day, and $5.6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ on the eighth and on the twelfth day, the ratio ammonium/nitrate nitrogen being 1:1.

The content of nitrate nitrogen, ammonium nitrogen, and phosphorus in the soil solution was measured using RQflex Reflectometer (MERK), and that of potassium was estimated by a flame photometer. Leaf samples were analyzed by distillation for N, colorimetrically for P and Fe, photometrically for K, and complexometrically for Ca and Mg.

The content of mineral nutrients in the soil was estimated: by the distillation method for $\text{N} - \text{NH}_4^+$ and $\text{N} - \text{NO}_3^-$;

$N - NH_4^+$ и $N - NO_3^-$, колориметрично в лактатен екстракт (DL-метод) за подвижния фосфор (P_2O_5) и фотометрично за калия (K_2O). Почвената реакция и електропроводимост са определени във водна суспензия съответно 1:2.5 и 1:1.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Резултатите за пространственото разпределение на нитратите показват известни различия между микродъждуването и капковото напояване, Фигури 1 и 2.

Капковото внасяне на вода и торове е довело до бързо придвижване на нитратния азот вертикално по почвения профил като най-високи концентрации са установени на дълбочина 50 см. Същата, но по-слабо изразена тенденция се наблюдава и по отношение на фосфора. Картината е точно обратната при микродъждуване, където поливната вода и разтворените в нея торове се разпръскват върху значително по-голяма площ от почвената повърхност.

Най-високите нитратни концентрации се откриват на дълбочина от едва 10 см, а фосфорът в почвения разтвор е равномерно разпределен по почвения профил.

colorimetrically in a lactate extract (DL-method) for the available phosphorus (P_2O_5); and photometrically for the potassium (K_2O). The soil *pH* and *EC* were estimated in a water suspension 1:2.5 and 1:1 respectively.

RESULTS AND DISCUSSION

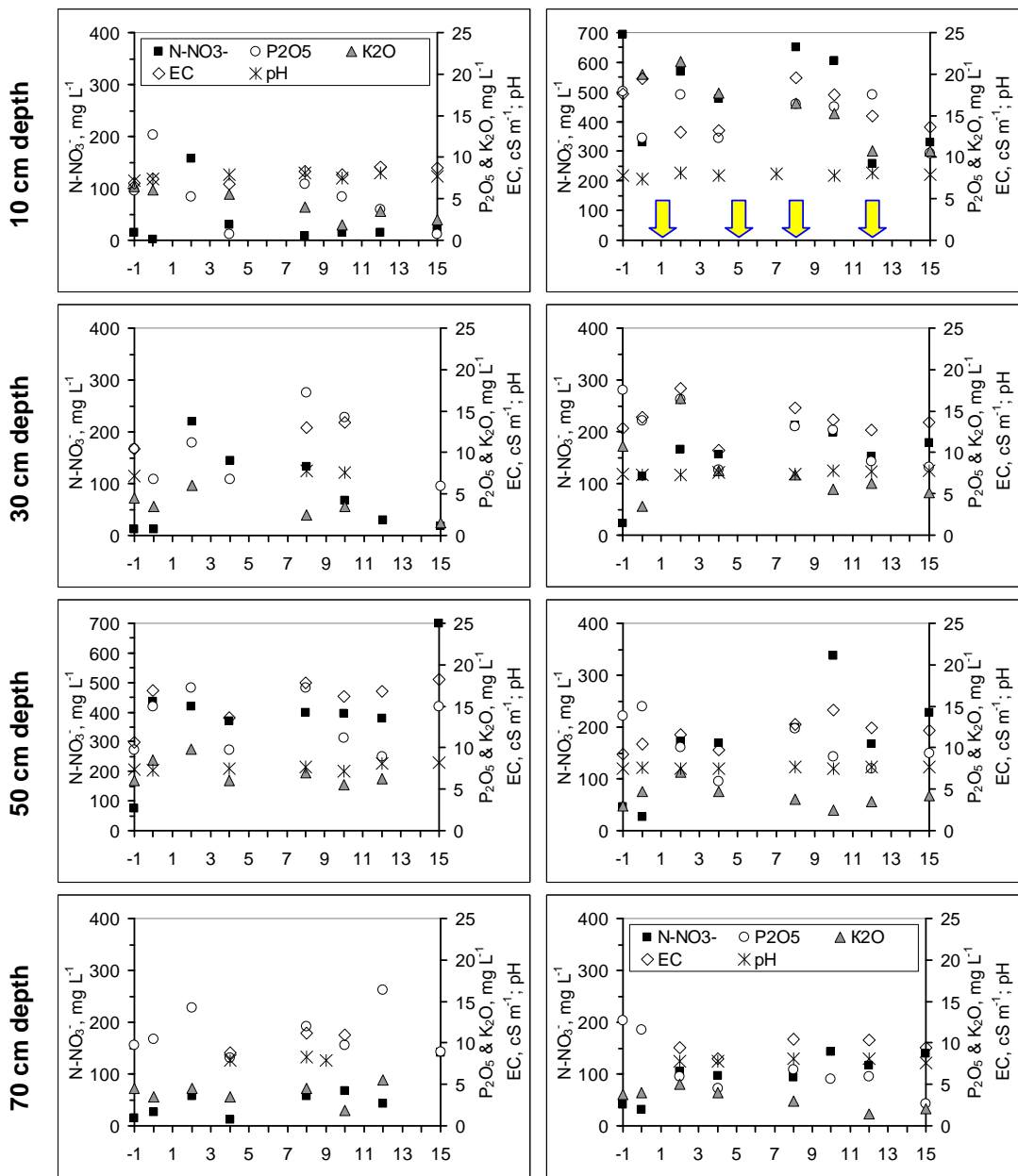
The results for the nitrate spatial distribution in the soil showed certain differences between microsprinkling and drip irrigation, Figures 1 and 2.

The drip application of water and fertilizers led to rapid migration of the nitrate nitrogen downwards the soil profile with maximal concentrations found at 50 cm depth.

The same but less distinguishable trend was observed with phosphorus.

The pattern was quite the opposite under microsprinkling where the irrigation water and the dissolved fertilizers were spread over significantly larger area of the soil surface.

The highest nitrate concentrations were found only 10 cm below the soil surface while the phosphorus was evenly distributed over the soil profile.

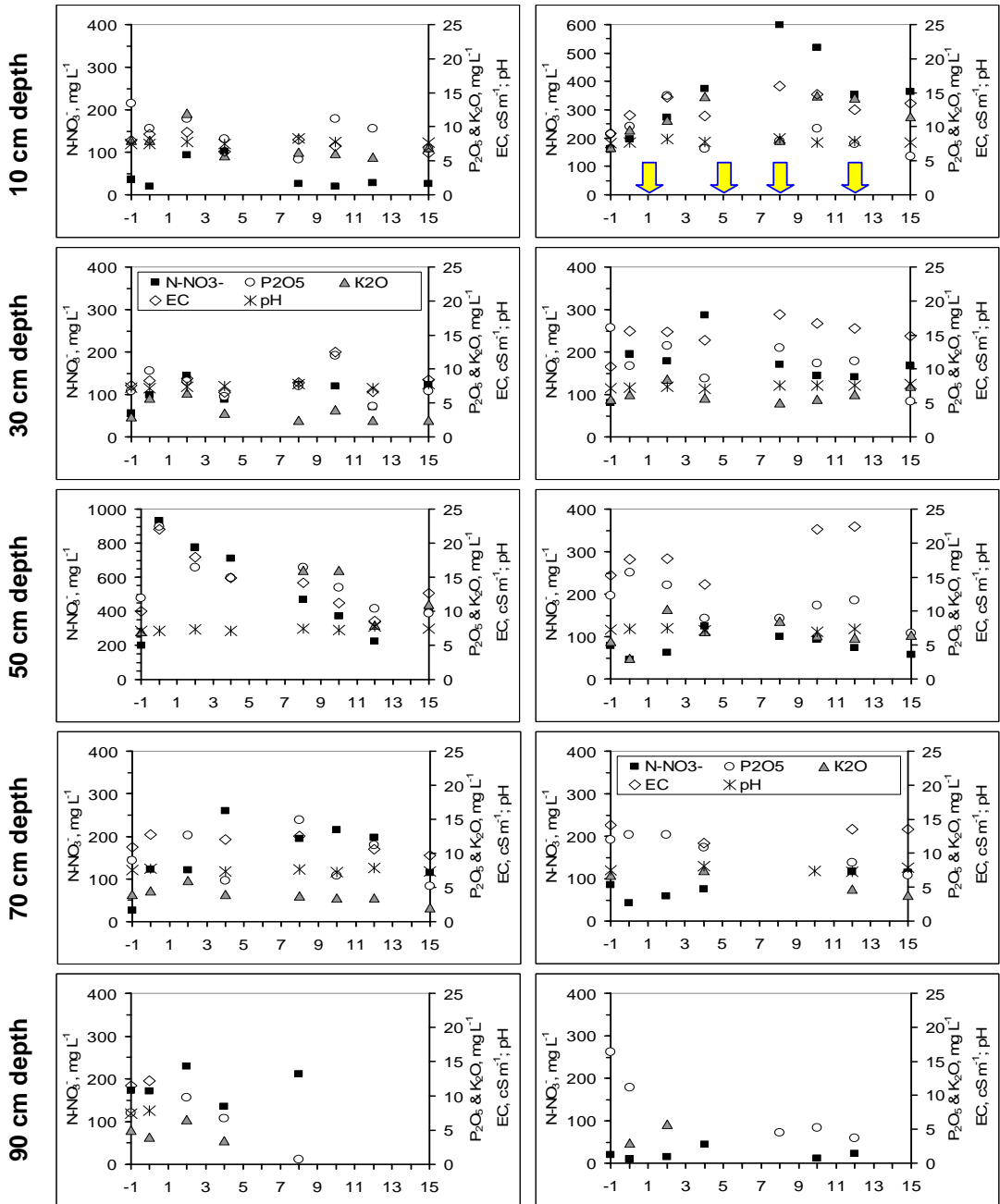


La/G5-DI

La/G5-MS

Фиг. 1. Съдържание на минерални хранителни елементи в почвения разтвор в участъка „Лапинс”/”Гизела 5”; стрелките обозначават допълнителните внасяния на амониев нитрат

Fig.1. Mineral content of the soil solution between two fertigation applications in the ‘Lapins/Gisela 5’ plot; arrows mark the additional ammonium nitrate applications



B.B./P.Av.-DI

B.B./P.Av.-MS

Фиг. 2. Съдържание на минерални хранителни елементи в почвения разтвор в участъка „Бигаро Бюрла”/”Дива череша”; Стрелките обозначават допълнителните внесения на амониев нитрат

Fig. 2. Mineral content of the soil solution between two fertigation applications in the ‘Bigareaux Burlat/*Prunus avium* L.’ plot; arrows mark the additional ammonium nitrate applications

Допълнителното внасяне на азот под формата на амониев нитрат е задържало постоянни нитратните концентрации в почвения разтвор, компенсирайки активното кореново извличане на черешовите дървета. Като правило съдържанието на *K* и pH на почвения разтвор не са се повлияли от внасянето на торове с поливната вода и са се запазили постоянни в периода между двете торови дози. При електропроводимостта на почвения разтвор се наблюдава положителна зависимост от нитратното съдържание, което е в съзвучие със съобщенията за силна корелация между нитратната концентрация и електропроводимостта на почвата (Koumanov et al., 2001). Постоянно ниските концентрации на нитратите в почвения разтвор на долната граница на кореновата система (съответно на дълбочини 70 cm и 90 cm) практически изключват измиването на торовете под активния почвен слой, имайки предвид високата мобилност на тази азотна форма.

По отношение на хранителния статус на почвата между основните торови дози (данните не са представени), съществено изчерпване се наблюдава само по отношение съдържанието на азот до 50 cm дълбочина като то е по-изразено при амониевия азот,

The additional nitrogen applications maintained a constant nitrate concentration in the soil solution, thus compensating for the intensive root extraction.

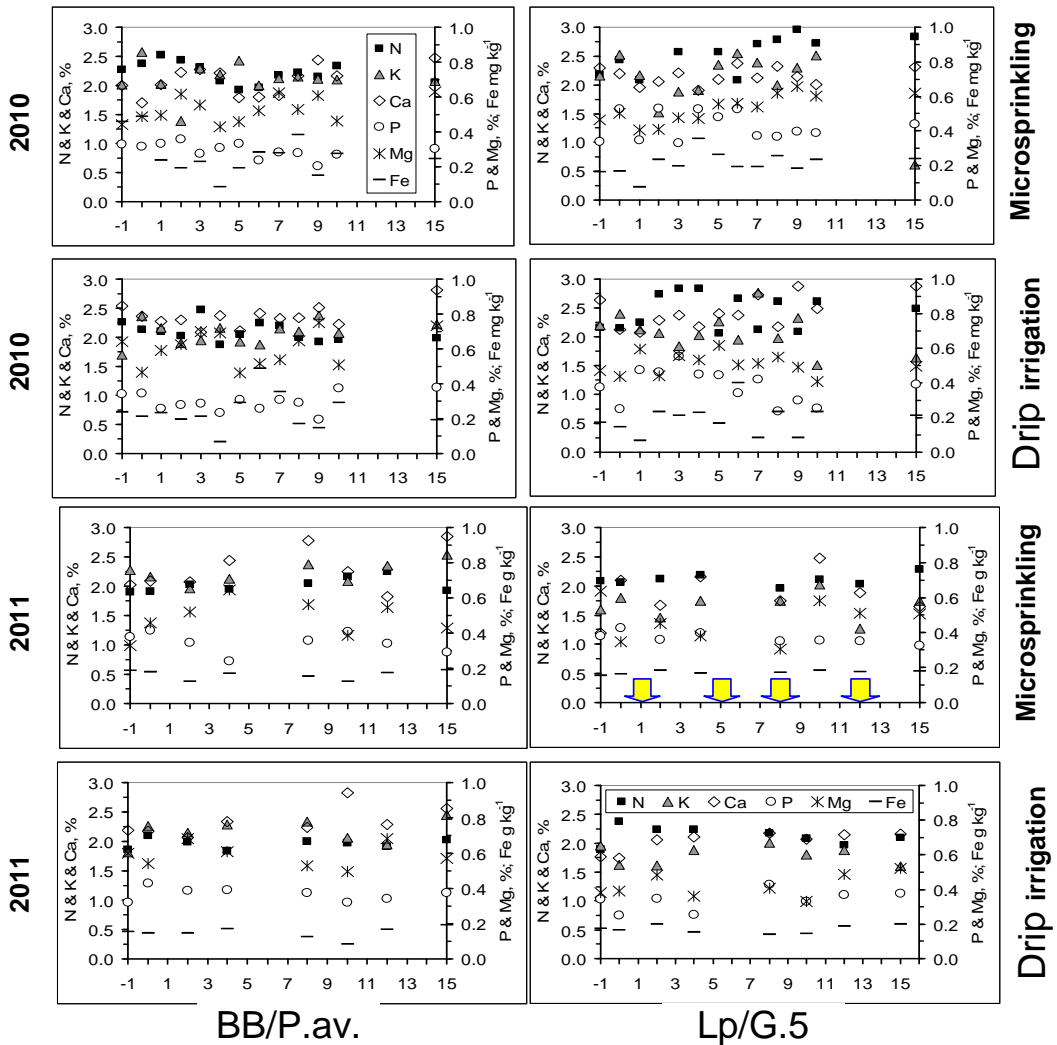
Generally *K* content and *pH* values in the soil solution remained unchanged while *EC* showed positive correlation with the nitrate concentrations as reported earlier by Koumanov et al. (2001).

The permanently low nitrate concentrations at the bottom of the root zones (respectively at depths of 70 cm and 90 cm) evidenced for a practically negligible leaching/losses of fertilizers during the experiments in both 2010 and 2011.

Concerning the soil nutritional status between applications (results are not presented), only nitrogen was significantly depleted to a depth of 50 cm, especially the ammonium N, probably due to its nitrification.

Also, the leaf mineral content (Figure 3) remained nearly constant in between applications in both experimental years and for both cultivar/rootstock combinations.

вероятно в следствие на постепенната му нитрификация. Съдържанието на минерални хранителни вещества в листата и на двете сортоподложкови комбинации (Фигура 3) също се запазва относително постоянно в периода между основните торовите дози.



Фиг. 3. Съдържание на минерални елементи в листата между две торови дози

Fig. 3. Cherry leaves mineral content between two fertigation applications

ИЗВОДИ

Фертигацията през двуседмични интервали осигурява благоприятно минерално хранене на черешовите дървета, поддържайки постоянни нивата на минералните хранителни вещества в почвата.

Допълнителното внасяне на азот през три-четири дни между основните торови дози задържа постоянни нитратните концентрации в почвения разтвор, компенсирайки активното кореново извличане на черешовите дървета.

CONCLUSIONS

Fertigation in two-week intervals provided proper mineral nutrition of the cherry trees by maintaining constant levels of the mineral nutrients in the soil.

Additional nitrogen applications in three- to four-day intervals between the main fertigation doses helped to maintain constant nitrate concentrations in the soil solution, thus compensating for the intensive root extraction.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Haynes R.J.** 1985. Principles of fertilizer use for trickle irrigated crops. *Fertilizer Research* 6:235-255.
2. **Kafkafi U., J. Tarchitzky.** 2011. Fertigation: a tool for efficient fertilizer and water management. International Fertilizer Industry Association (IFA) & International Potash Institute (IPI), Paris, France, 138 pp.
3. **Koumanov K., G. Stoilov, D. Dochev.** 2001. The "nitrate nitrogen – electrical conductivity" relationship in non-saline soils under fertigation. ICID 19th European Regional Conference "Sustainable Use of Land and Water", Paper 136, 8pp.
4. **Koumanov K., I. Tsareva, G. Kornov.** 2011. Fertigation: content of mineral nutrients in the soil solution and the leaves of cherry trees between two applications. *Proceedings of the International Conference "100 Years Bulgarian Soil Science"*, 16-20 May, Sofia, pp. 564-568 (abstract in English).
5. **Neilsen D., P. Parchomchuk G.H. Neilsen E.J. Hogue.** 1998. Using soil solution monitoring to determine the effect of irrigation management and fertigation on nitrogen availability in high-density apple orchards. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123(4): 706-713.