

Измиване на азот, фосфор и калий и изменение на ЕС в почвата при условията на фертигация на тиквички

Асен Николов, Веселин Кутев*

ЛТУ, София

E-mail*: koutev@gmail.com

Абстракт

Познаването на движението на хранителните вещества в почвата е от основно значение, за да се предложи управление на торене, което позволява локализирането им на дълбочината на максималната коренна плътност на растенията. По този начин се повишава ефективността на фертигацията, като се намалява възможността за замърсяване на подземните води чрез измиване на хранителни вещества.

В изследването е използван азотен тор – амониев нитрат. Фосфорът е внесен под формата на ортофосфати и полифосфати. Калият е внесен като част от сложните торове съдържащи фосфор и калиев сулфат.

При всички варианти измиването на азота се дължи на придвижването на водата от напояването и получаването на фронт на навлажняването (встрани и надолу) с повишена концентрация на азота. Гранулите на полифосфатния тор имат специално покритие, което предпазва фосфора от тях от бързо разтваряне и фиксирането му в почвата. Това е предпоставка за по-високата концентрация на фосфор на края на вегетацията. Забавеното му разтваряне продължава, а усвояването му от растенията е нищожно. Подобно е влиянието на това покритие и за калия внесен заедно с полифосфатния тор. Използването на ЕС, като показател ни дава добра представа за движението на хранителните елементи в почвата и може да се използва в практиката.

Ключови думи: почва, азот, фосфор, калий, почвена електропроводимост, фертигация, измиване на хранителните елементи

Leaching of nitrogen, phosphorus and potassium and EC changes in soil under the conditions of zucchini fertigation

Assen Nikolov, Vesselin Koutev

University of Forestry, Sofia

E-mail*: koutev@gmail.com

Abstract

Nikolov, A., & Koutev, V. (2020). Leaching of nitrogen, phosphorus and potassium and EC changes in soil under the conditions of zucchini fertigation. *Bulgarian Journal of Soil Science Agrochemistry and Ecology*, 54(2), 39-50.

Knowledge of nutrient movement in the soil is essential to offer fertilizer management that allows them to locate at the depth of maximum root densities of plants. In this way, the efficiency of the fertigation is improved, reducing the possibility of groundwater contamination by leaching the nutrients.

In this study nitrogen fertilizer was applied as ammonium nitrate. Phosphorus is applied in the form of orthophosphates and polyphosphates. Potassium is applied as part of complex fertilizers containing phosphorus and potassium sulfate.

In all treatments, the nitrogen leaching is due to the movement of water from irrigation and to the wetting front (side and down) with increased concentration of nitrogen. The granules of the polyphosphate fertilizer have a special coating that protects the phosphorus from them from rapidly dissolving and fixing it in the soil. This is a prerequisite for the higher phosphorus concentration at the end of the growing season. Its delayed dissolution continues and its absorption by plants is negligible. The effect of this coating is similar to that of potassium imported with polyphosphate fertilizer. The use of the EC as an indicator gives us a good idea of the movement of nutrients in the soil and can be used in practice.

Key words: soil, nitrogen, phosphorus, potassium, soil electro conductivity, fertigation, nutrients leaching

За да се гарантира продоволствената сигурност на планираното население в света, селскостопанското производство трябва да се увеличи с 70% в световен мащаб. Това ще бъде постижимо само с нарастването на адекватното използване на хранителни вещества като N, P и K. Предвижда се потреблението на торове да се разшири във всички големи региони на света. Най-висок растеж се очаква в индустриалните страни, достигайки търсенето от 105 милиона тона през 2050 година (Drescher et al., 2011). Важна предпоставка за ефективно земеделие в условията на пазарна икономика е приложението на екологично балансиран и икономически обосновани норми на минерално торене и рационалното използване на наличните ресурси от хранителни вещества в почвата (Samalieva and Velcheva, 1996).

Азотът (N) е от съществено значение за живота и играе ключова роля в производството на храни. Той е най-важният фактор за ограничаване на добивите в света, заедно с водата (Mueller et al., 2012; Smil, 2000).

Внимателното планиране на напояването и приложението на азотните торове биха могли да подобрят усвояването на N и ефективността

на използване на водата, добивите на културите и да намалят измиването на нитрати в подземните води (Janat & Somi 2001; Eldredge et al. 1996).

Методът на приложение е един от няколкото фактора, който влияе върху ефективността на използването на торове. Mohammad et al. (1999) и Feigin et al. (1982) съобщават, че фертигацията (комбинирано напояване и торене) е най-ефективният метод за прилагане на торове. Капково напояване е придобило широка популярност като ефикасен метод за фертигация, тъй като времето и количеството на хранителните вещества могат да бъдат контролирани, за да отговарят на изискванията на културата на всеки физиологичен етап на растеж (Bar-Yosef 1977; Papadopoulos 1988; Mmolawa & Or 2000).

Познаването на движението на хранителните вещества в почвата е от основно значение, за да се предложи управление на торене, което позволява локализирането им на дълбочината на максималната коренна плътност на растенията, които обикновено се концентрират в първите 20 cm (Zonta et al., 2006). По този начин се повишава ефективността на фертигацията, като

се намалява възможността за замърсяване на подземните води чрез извличане на хранителни вещества.

При изследване в почвени колони Don-agemma et al., 2008 са получили резултати за придвижване на азот, фосфор и калий по почвения профил в зависимост от честотата на поливане и използваните дози торове. Реда на измиване на хранителните елементи намалява по следния начин - $\text{NO}_3^- > \text{NH}_4^+ > \text{K}^+ > \text{H}_2\text{PO}_4^-$. В повечето случаи нитратния азот се е измил извън изследваната дълбочина - 60 cm. Измиването на калия варира от 20 до 40 cm, фосфорът се е задържал в слоя 3-5 cm.

Много ниската подвижност на фосфора при изследваните почви показва, че този елемент трябва да се внася с основната обработка на почвата, а не да се чака разпределението му при фертигацията. При подобни изследвания, фосфорът е измит до 15-20 cm в колони с различни ненарушени почви (Lefroy et al., 1995).

Смята се, че торовете базирани на полифосфати са по-усвоими за растенията от тези базирани на ортофосфати. Полифосфатите са 100% разтворими във вода, а ортофосфатите в най-добрия случай – 85%. Но в повечето изследвания при полски култури не се откриват разлики (Lohry Raun, 2001, Rehm et al., 2002).

Интензивното земеделие, особено производството на зеленчуци е свързано с риск от голямо натоварване на почвата и натрупване на остатъчни количества хранителни елементи, които са потенциална опасност за замърсяване на плитките подземни води с нитрати (Stoycheva et al., 2003; Alexandrova et al., 2007; Alexandrova, 2008; Aarts, 2003; Christou et al., 2005). Използването на минерални торове е един от най-важните фактори на антропогенно въздействие върху почвата и може да има редица отрицателни последствия (Koleva & Stoycheva, 2005, Stoycheva et. al., 2002).

Целта на изследването е да се проследи придвижването на азота, фосфора и калия и промяната на електропроводимостта на почвата при използване на амониева селитра и

фосфорни торове с ортофосфати и полифосфати след фертигация.

Материали и методи

Опитът е изведен в учебно-опитното стопанство „Враждебна“, което е разположено в Софийското поле. Почвите са образувани върху плиоценски и кватернерни материали, представени от глини, пясъци и чакъли. В землището на опитното стопанство са застъпени алувиално-ливадни, слабокаменисти почви. Те са млади, с по-маломощни хумусни хоризонти. По механичен състав почвата е леко пясчливо-глинеца, съдържанието на хумус в повърхностния генетичен слой я определя като средно-хумусна, слабо до средно запасена с калий, средна до добра запасеност с фосфор, а запаса от минерален азот възлиза средно на 45 kg.ha⁻¹. (Konstantinov, 1976). Почвата е безкарбонатна и слабо кисела. Съдържа голям процент едрочастични материали. Значително участие има фракцията на едрия чакъл, която е 37,2%. В орния слой преобладаващата фракцията е на дребния пясък – 23,3%. това предполага сравнително силна филтрация. По дълбочината на профила съдържанието на пясък се увеличава и на дълбочина 80-100 cm на места се наблюдава чист пясък. Почвата е била под изкуствена тревиста растителност повече от 10 години и се наблюдава зачимяване преди разораването. Преди залагането на опита са анализирани почвени проби от опитния участък: почвата е слабо кисела – $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 5,5$, съдържанието на хумус е 1,9%, съдържанието на минерален азот е 16,1 mg.kg⁻¹, съдържанието на достъпен фосфор е 10.7 mg.100g⁻¹, а на достъпен калий 12,8 mg.100g⁻¹. Съдържанието на хумуса е определено по метода на Тюрин, съдържанието на минерален азот е определено по метода на Bremner-Keeney, а на достъпните форми на фосфор и калий по ацетатно лактатния метод на Иванов (Tomov et al., 1999).

В климатично отношение Враждебна спада към климатичния район на високите полета в Западна Средна България, с надморска височина 550 m, който се включва в умерено-

континенталната климатична подобласт на IV агроклиматична група.

Почвено-климатичните условия на обекта са по-подходящи за отглеждане на култури с по-къс вегетационен период. За култури с по-дълъг вегетационен период се препоръчва напояване.

Изведен е полски торов опит с опитна култура тиквички, размер на парцелките 12 m², и три повторения. Тиквичките са хибрид Eskenderany F1 от Seminis. Това е хибридна тиквичка със светлозелен цвят. Растенията са силни, полуизправени и компактни, устойчиви на ниски температури. Вегетационния период е 40-45 дни след засаждането. Плодовете са лъскави с дължина 18-20 cm. Брането на тиквичките през сезона е било през ден.

Всяка от парцелките е поливана с капково напояване. За фертигация е използван лентов капков маркуч AQUATRAXX 6MIL 16MM/10CM/1.14L/H

В изследванията са използвани резултати само от един азотен тор – амониев нитрат. Фосфорът е внесен под формата на ортофосфати (Eurofertil Plus 36) и полифосфати (Duofertil TOP 34). Гранулите на тора Duofertil TOP 34 са покрити със специално покритие осигуряващо равномерно и продължително отдаване на фосфора в почвата. Използвани са следните торове: 1. Duofertil TOP 34 (NPK 5-19-10 + 19SO₃ + 0,1% B + 0,1 Zn); Eurofertil Plus 36 (Physio+) (P₂O₅ – 12%, K₂O – 24%, SO₃ – 15%, B – 0,2%); Амониев нитрат – 34,4 % азот.

Торовете са внесени с еднакво количество фосфор 15 kg P₂O₅ dka⁻¹ 3 месеца преди засаждането на тиквичките. Изравняването на фосфора е извършено с троен суперфосфат. Изравняването на калия е било извършено с K₂SO₄ до 30 kg K₂O.dka⁻¹. Фосфорните и калиевите торове се внесени през есента преди основаната обработка на почвата. Амониевият нитрат е внесен на равни интервали от време (10 дни) за постигане на торова норма от 20 kg N.dka⁻¹. Първото азотно подхранване е направено един месец след засаждане във фаза “цъфтеж”. Останалите пет подхранвания с азот са направени във фаза “плододаване”.

Беритбата на плодовете приключи 18 дни след последното подхранване.

Схема на опита:

1. Контрол
2. Амониева селитра (NN)
3. Duofertil TOP 34 + Амониева селитра (NN)
4. Eurofertil Plus 36 + Амониева селитра (NN)

Резултати и обсъждане

Параметрите на отглеждане (поливки и торене) бяха съобразени с опити правени у нас (Dinev et al., 2016 a; Dinev et al., 2016 b). Зеленчуковите култури обичат интензивното торене, а тиквичките не понасят високи торови дози. Внасянето на азота трябва да е неколккратно (Dinev & Mitova, 2012). Добивите са адекватни на хранителния режим създаден в почвата от минералното торене с фертигацията. (Mitova & Dinev, 2012). Брането на тиквичките продължи около 60 дни. Почвени проби са взети през месец юни и месец септември, съответно – след началото на поливките, но преди и след фертигационния процес.

Получените резултати при азота показват, че при контролния вариант след прибиране на реколтата в горната половина на почвен профил (0-30 cm) съдържанието на този елемент е с по-високо ниво (15-50 mg.kg⁻¹) от колкото в началото (16-20 mg.kg⁻¹). Това се дължи на минерализацията на растителните остатъци от почвения чим (фиг. 1). При варианта с азотно торене NN преди торене в слоя 0-30 cm концентрацията на азота (30-35 mg.kg⁻¹) превъзхожда този в слоя 30-60 cm (20-25 mg.kg⁻¹), като по-високи стойности са регистрирани встрани от капкообразувателите. При варианта с азотно и фосфорно торене (полифосфат) Duofertil – NN по целия профил в дълбочина има първоначално отдръпване на азота встрани от точката на внасяне. След прибиране на реколтата при варианта NN се наблюдава като цяло измиване на наличния азот в дълбочина. В слоя 0-30 cm концентрацията му е 15-20 mg/kg, а в слоя 30-60 cm е 30-50

mg.kg⁻¹. Във варианта Duofertil – NN в слоя 0-30 cm концентрацията е 50-60 mg.kg⁻¹, а в слоя 30-60 cm е по-малка (35-45 mg.kg⁻¹). При варианта с азотно и фосфорна торене (ортофосфати) Eurofertil – NN преди торене са регистрирани по-високи нива на азот в почвения слой 0-30 cm (26-32 mg.kg⁻¹) от колкото в слоя 30-60 (16-24 mg.kg⁻¹). След прибиране на реколтата по-високите нива на азот в слоя 0-30 cm спрямо слоя 30-60 cm се запазват с тази разлика, че стойностите и в двата слоя са се увеличили – съответно 50-60 mg.kg⁻¹ и 30-45 mg.kg⁻¹. В слоя 0-30 cm концентрацията на азота не е равномерно разпределена. Тя се увеличава в направление център – периферия. При всички варианти това се дължи на придвижването на водата от напояването и получаването на фронт на навлажняването (встрани и надолу) с повишена концентрация на съответните хранителни елементи. В края на вегетацията се наблюдава нарастване съдържанието на азота в горния слой, поради подходящите условия за минерализацията му, спирането на напояването и замиращата вегетация на растенията.

При контролния вариант преди торене фосфорът е съсредоточен в слоя 0-30 cm (8-10 mg.100g⁻¹), като по-ниската стойност е измерена под капкообразувателите (фиг. 2). В слоя 30 -60 cm концентрацията е 6-7 mg.100g⁻¹. След прибиране на реколтата в слоя 0-30 cm концентрацията е намаляла на 7 до 8,5 mg.100g⁻¹, а в слоя 30-60 cm на 4,5 до 6,5 mg.100g⁻¹. При NN вариант наличният в почвата фосфор е съсредоточен предимно в периферията на слоя 30-60 cm (9-12 mg.100g⁻¹). В центъра на този слой концентрацията е много ниска (4-5 mg.100g⁻¹). В слоя 0-30 cm тя е от 6 до 8 mg.100g⁻¹. След прибиране на реколтата в общи линии запазва пространственото си вариране в почвата в слоя 0-30 cm (7,5-8,5 mg.100g⁻¹). При сравнителен преглед на двата варианта торени с поли- и ортофосфати преди внасянето на азот се забелязва разлика, както в общата концентрацията, така и в нейното разпределение в почвения профил. В слоя 0 - 30 cm. при вариант Eurofertil – NN концентрацията е от 9 до 12 mg.100g⁻¹ и е равномерно разпределена. Не така

е при варианта с полифосфати (Duofertil – NN). При него в слоя 0-30 cm концентрацията е от 10 до 13 mg.100g⁻¹. Високата концентрация е регистрирана под капкообразувателите, която в посока периферията намалява. При Duofertil – NN поради по-бързото разтваряне на полифосфатите и по-лесното им придвижване в почвата са регистрирани по-високи концентрации на достъпен фосфор в слоя 30 - 60 cm от 11,5 до 12,5 mg.100g⁻¹ спрямо ортофосфатите във варианта Eurofertil – NN от 6 до 8 mg.100g⁻¹. Може да се каже, че разпределението на концентрацията на фосфора при полифосфатите напълно съвпада с разпределението на концентрацията на почвената влага в профила. След прибиране на реколтата разпределението на концентрацията на фосфора при двата торени с фосфор варианта е идентична. В слоя 0-30 cm концентрацията на фосфор остава по-висока спрямо слоя 30-60 cm. Разликата между двата варианта е формирана от обстоятелството, че при полифосфатите концентрацията на фосфор е по-висока и в двата слоя (от 10 до 14 mg.100g⁻¹ за слоя 30-60 cm и 16-18 mg.100g⁻¹ за слоя 0-30 cm), спрямо тази при ортофосфатите (от 4 до 10 mg.100g⁻¹ за слоя 30-60 cm и 12-14 mg.100g⁻¹ за слоя 0-30 cm). Гранулите на полифосфатния тор имат специално покритие, което предпазва фосфора от тях от бързо разтваряне и фиксирането му в почвата. Това е предпоставка за по-високата концентрация на фосфор и на края на вегетацията. Забавеното му разтваряне продължава, а усвояването му от растенията е нищожно.

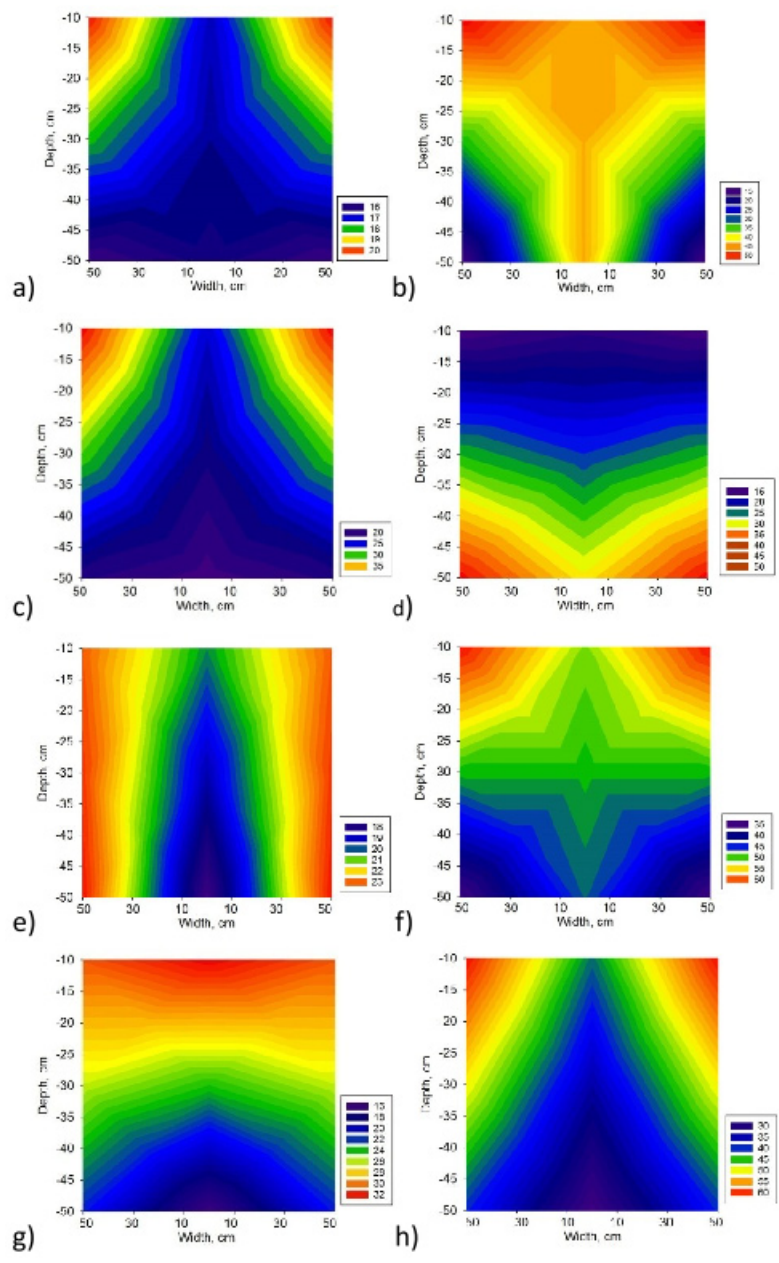
При различните варианти на торене с азот и фосфор, преди започването на процеса на фертигация, калият присъства в различни концентрации (фиг. 3). При контролния вариант калият е съсредоточен в слоя 0-30 cm и в периферията на слоя 30-60 cm (12-15 mg.100g⁻¹). При варианта NN положението е подобно, високи концентрации са отчетени в периферията на слоя 30-60 cm (15,5-17,5 mg.100g⁻¹). В останалата част на профила тя е от 13,5 до 15 mg.100g⁻¹). При вариантите Duofertil – NN и Eurofertil – NN в радиус от 30 cm около капкообразувателите е отчетена по-висока

концентрация на калий спрямо останалата част на профила. За варианта Duofertil – NN тя е от 12 до 13,5 mg.100g⁻¹, а за Eurofertil– NN от 24 до 28 mg.100g⁻¹. В слоя 30 – 60 cm при варианта Eurofertil– NN също е отчетена по-висока концентрация (16-22 mg.100g⁻¹) спрямо варианта Duofertil – NN (10 -12 mg.100g⁻¹). След прибиране на реколтата, очаквано във всички варианти се наблюдава намаляване на достъпния за растенията калий. В контролния вариант в слоя 0-30 cm той е 9-9,5 mg.100g⁻¹, а в слоя 30-60 cm е 8-8,5 mg.100g⁻¹. При варианта NN в слоя 0-30 cm калият е концентриран около капкообразувателите (11-13 mg.100g⁻¹), който в страни и в слоя 30-60 cm намалява (8-10 mg.100g⁻¹). При варианта Duofertil – NN по-висока концентрация е измерена в средата и на двата изследвани слоя (12,5-13,5 mg.100g⁻¹), а в периферията и на двата е 11-12 mg.100g⁻¹. При варианта Eurofertil – NN се наблюдават нива на ниска калиева концентрация, както около капкообразувателите в слоя 0-30 cm, така и в слоя 30-60 cm (12 – 14 mg.100g⁻¹), а по-високата концентрация е измерена в периферията на слоя 0-30 cm със стойности от 15 до 16 mg.100g⁻¹. Обяснението е аналогично, както при фосфорното съдържание.

При контролния вариант и варианта NN по-високи стойности на електрохимичната проводимост (ЕС) са отчетени в слоя 0-30 cm главно около капкообразувателите, като при вариант NN слизат и в центъра на слоя 30-60 cm (фиг. 4). При вариантите с поли- и ортофосфати в слоя 0-30 cm около капкообразувателите са регистрирани ниски стойности на ЕС спрямо останалата част от профила. При варианта с полифосфати (Duofertil – NN) ниските нива на ЕС се запазват и в слоя 30-60 cm, докато при ортофосфатите (Eurofertil – NN) са по-високи. След прибиране на реколтата по-високи нива на ЕС е измерено в периферията на слоя 30-60 cm. Във вариантите NN и Duofertil – NN е регистрирано по-интензивно присъствие на йони в централната част на слоя 30-60 cm, а при варианта Eurofertil – NN - в горните странични части на слоя 0-30 cm. Това се дължи на измиването на соли в дълбочина по почвения

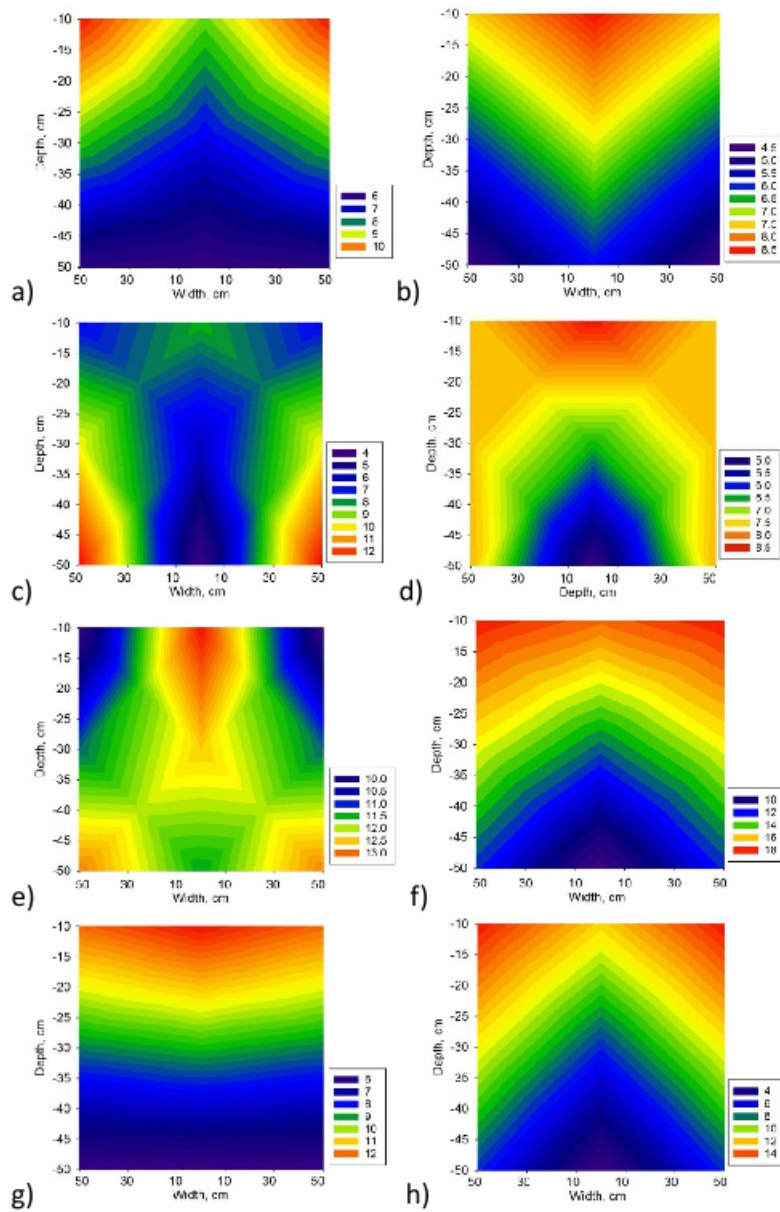
профил и латералното им измиване с фронта на навлажняване. В използвания за измерването на ЕС апарат съдържанието на соли в почвата е функция от електропроводимостта. Ето защо измерването на почвената електропроводимост ни показва съдържанието на лесно разтворимите соли. Това е лесен начин за проследяване придвижването на достъпните форми на азот, фосфор и калия в почвения профил и пространствената им достъпност за кореновата система на растенията.

При един по-общ сравнителен преглед между пространственото разпределение на ЕС и концентрацията на изследваните хранителни елементи в почвените профили (фиг. 1,2,3,4) не можем да твърдим, че те се припокриват. Това се дължи на факта, че този метод на диагностициране обхваща всички лесно разтворими химични елементи, както микро-така и макро елементи. Изключение може да се направи за варианта Eurofertil – NN след торене, където се наблюдава известно припокриване на резултатите. Можем да кажем, че това се дължи на отчетените сравнително по-високи концентрации на елементите азот, фосфор и калий в този вариант с което до някъде се елиминира влиянието на останалите химични елементи в йонна форма. Полученото разпределение на ЕС в различните профили не съвпада ясно с разпределението на останалите елементи. Това е поради факта, че разпределението на изследваните елементи е различно във всеки профил и тяхното наслагване не дава еднаква картина. Все пак използването на ЕС, като показател ни дава добра представа за движението на хранителните елементи в почвата и може да се използва в практиката.



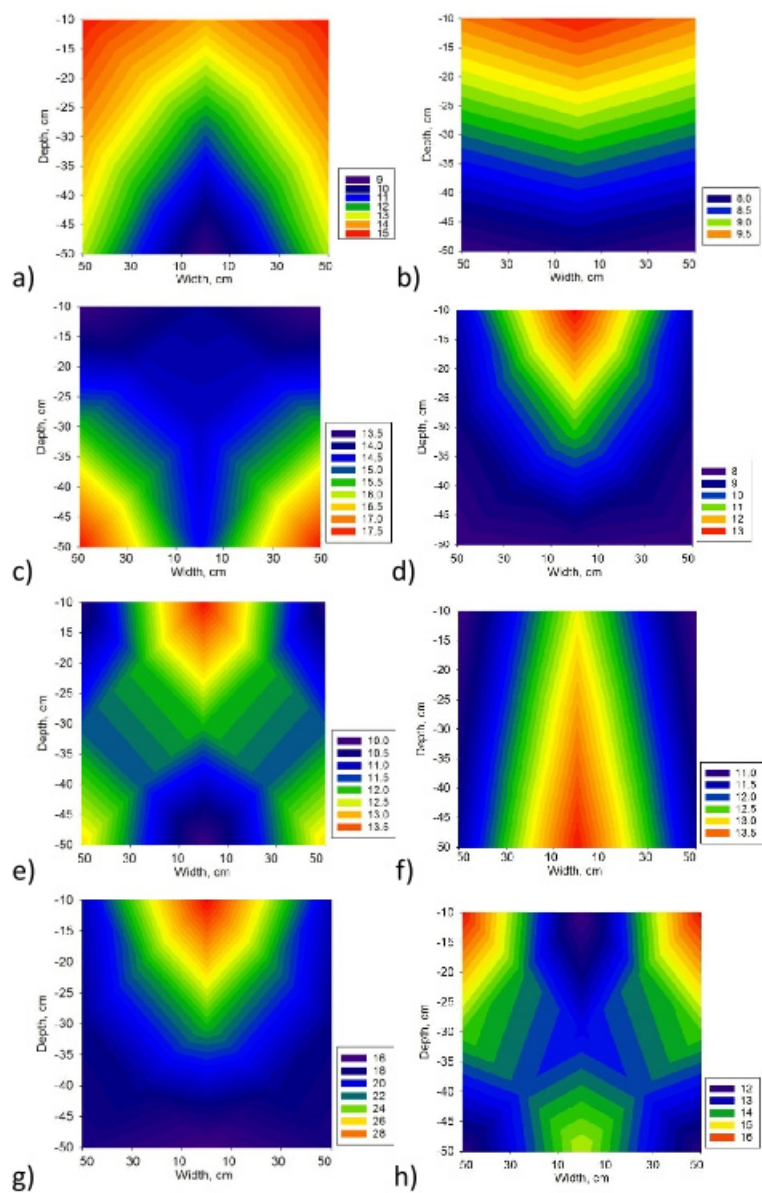
Фиг. 1. Разпределение на N min в почвения профил в началото и края на вегетацията – a,b – Control, c,d – NN, e,f – Duofertil+NN, g,h – Eurofertil+NN

Fig. 1. Distribution of N min in the soil profile at the beginning and end of the growing season - a, b - Control, c, d - NN, e, f - Duofertil + NN, g, h - Eurofertil + NN



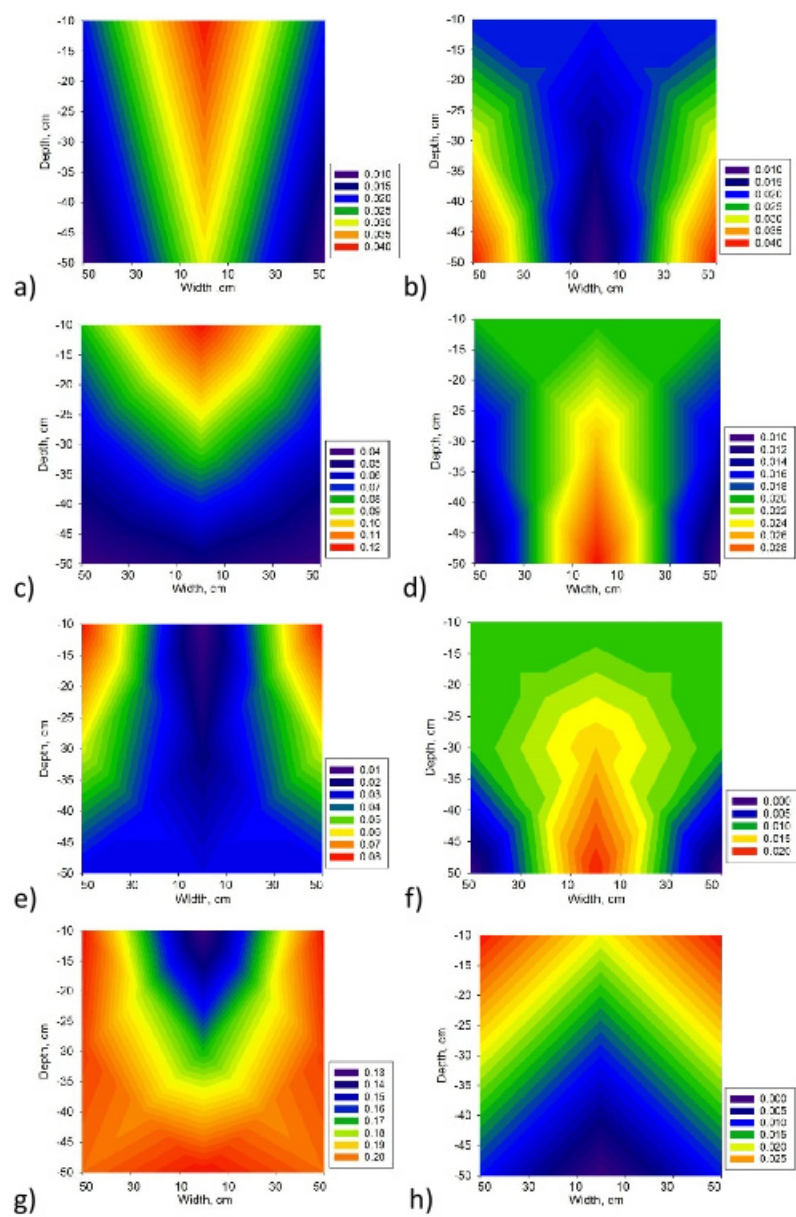
Фиг. 2. Разпределение на P в почвения профил в началото и края на вегетацията – a,b – Control, c,d – NN, e,f – Duofertil+NN, g,h – Eurofertil+NN

Fig. 2. Distribution of P in the soil profile at the beginning and end of the growing season - a, b - Control, c, d - NN, e, f - Duofertil + NN, g, h - Eurofertil + NN



Фиг. 3. Разпределение на К в почвения профил в началото и края на вегетацията – a,b – Control, c,d – NN, e,f – Duofertil+NN, g,h – Eurofertil+NN

Fig. 3. Distribution of K in the soil profile at the beginning and end of the growing season - a, b - Control, c, d - NN, e, f - Duofertil + NN, g, h - Eurofertil + NN



Фиг. 4. Разпределение на ЕС в почвения профил в началото и края на вегетацията – a,b – Control, c,d – NN, e,f – Duofertil+NN, g,h – Eurofertil+NN

Fig. 4. Distribution of EC in the soil profile at the beginning and end of the growing season - a, b - Control, c, d - NN, e, f - Duofertil + NN, g, h - Eurofertil + NN

Изводи

1. Полифосфатите се разтварят по-добре от ортофосфатите в условията на опита и по време на вегетацията са с малко по-висока концентрация в почвата. Докато ортофосфатите са съсредоточени главно в слоя 0-30 cm (9-12 mg.100g⁻¹), то полифосфатите поради по-бързото им разтваряне и по-лесното им придвижване в почвата са регистрирани по-високи концентрации на достъпен фосфор в слоя 30-60 cm (от 11,5 до 12,5 mg.100g⁻¹). Може да се каже, че разпределението на концентрацията на фосфора при полифосфатите напълно съвпада с разпределението на концентрацията на почвената влага в профила.

2. При едностранно торене с азот в условията на фертигация по-високи нива на азот са измерени под коренообитаемата зона на растенията. В дълбочина неговата концентрация се увеличава пропорционално, като по този начин се създават условия от риск за замърсяване на подпочвените води с нитрати. В същото време растенията страдат от недостиг на азот.

3. Калият в комбинация с полифосфати и азот демонстрира засилена вертикална подвижност в по-влажните части на профила. В комбинация с ортофосфати и азот калият се придвижва предимно хоризонтално с фронта на навлажняване, като в по-влажните части на профила той е в по-ниска концентрация.

4. Почвената електропроводимост се влияе от направлението на движение на поливната вода. Електропроводимостта на почвата в слоя 0-30 cm е намаляла след прибиране на реколтата поради интензивното измиване на хранителни елементи. Почвената електропроводимост е добър показател за получаване на информация относно придвижването на хранителните елементи в почвения профил и трябва да бъде използван в практиката

Литература

Aarts. (2003). Strategies to Meet Requirements of the EU- Nitrate Directive on Intensive Dairy Farms In: Proceedings of the International Fertilizer Society, - International

Fertiliser Society, Proceedings, p. 518. York: International Fertiliser Societt, p. 518.

Alexandrova, P. (2008) Export of nutrients with carrots depending on fertilization rates. Collection of scientific conference with international participation "Science in the conditions of globalization". Kardzhali, 01-02.10.2008, 149-154 (Bg).

Alexandrova, P., Koleva, V., Stoycheva, D., Donovan, D. (2007) Environmental aspects of fertilizer application in eggplant cultivation. In: Scientific Papers at the International Conference "60 Years of the N. Pushkarov Institute of Soil Science", May 13-17, 2007, 509-513 (Bg).

Bar-Yosef, B. (1977) Trickle irrigation and fertigation of tomatoes in sand dunes: Water, N, and P distributions in the soil and uptake by plants. *Agron J*, 69, 486-49

Christou, M., Avramides, E. J., Roberts, J. P., Jones, D. L. (2005). Dissolved organic nitrogen in contrasting agricultural ecosystems. *Soil Biology & Biochemistry*, 37, 1560-1563.

Dinev, N., Mitova, Iv. (2012). Quality of head cabbage, late field production, with increasing rates of mineral fertilization. *Soil Science, Agrochemistry and Ecology*, XLVI(2), 28-32 (Bg).

Dinev, N., Mitova, Iv., Vasileva, V. (2016). Export of nutrients with pumpkin fruits in organic and mineral fertilization. Fourth Nat. Conf. with international participation, S., 8- 10.09.2016, 465- 470 (Bg).

Dinev, N., Mitova, Iv., Vasileva, V. (2016). Growth indicators, yield and quality of pumpkin in different forms of fertilizers. Fourth Nat. Conf. with international participation, S., 8- 10.09.2016, 455- 464 (Bg).

Donagemma Guilherme Kangussu, Hugo Alberto Ruiz, Víctor Hugo Alvarez V., Paulo Afonso Ferreira, Reinaldo Bertola Cantarutti, Agno Tadeuda Silva & Getulio Coutinho Figueiredo. (2008). Ammonium, nitrate, potassium and phosphorus distribution in fertirrigated latosol columns - R. Bras . Ci. Solo, 32: 2493-2504, 2008 (Pr).

Drescher, A., R. Glaser, C. Richert, K.-R. Nippes. (2011). Demand for key nutrients (NPK) in the year 2050. *University of Freiburg Department of Geography*, November 2011.

Eldredge, E.P., Holmes, Z.A., Mosley, A.R., Shock, C.C., and Stieber, T.D. (1996) Effects of transitory water stress on potato tuber stem-end reducing sugar and fry color. *American Potato Journal*, 73, 517-530.

Feigin, A., Letey, J., Jarrell, WM. (1982) N utilization efficiency by drip irrigated celery receiving preplant or water applied N fertilizer. *Agron J*, 74, 978-983

Janat, M. and Somi, G. (2001) Performance of cotton crop grown undersurface irrigation and drip fertigation II: Fiel dwater-use efficiency and drymatter distribution. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32 (19-20), 3063-3076.

Koleva, V., Stoycheva, D. (2005). Migration of chemical elements with drainage runoff in growing vegetables, Scientific Reports - National Conference with International

Participation "Management, Use and Conservation of Soil Resources", May 15-19, 2005, Sofia, 276-280 (Bg).

Konstantinov, G. (1976). Soil survey of the land of Vrazhdebna quarter. NIPA N. Pushkarov (Bg).

Lefroy Rod D. B., Djoko Santoso and Graeme J. Blair, (1995). Fate of Applied Phosphate and Sulfate in Weathered Acid Soils under Leaching Conditions. *Aust. J. Soil Res.*, 33, 135-151.

Lohry Raun. (2001), OrthoVs. Poly, Fluid Journal, Fall 2001.

Mitova, Iv., Dinev, N. (2012). Morphological evaluation and yield in late field production of cabbage. *Soil Science, Agrochemistry and Ecology, XLVI*(4), 86-90 (Bg).

Mmolawa, K. & Or, D. (2000). Root zone solute dynamics under drip irrigation: A review. *Plant and Soil*. 222, 163-190.

Mohammad MJ, Zuraiqi S, Quasmeh W, Papadopoulos I (1999) Yield response and N utilization efficiency by drip-irrigated potato. *Nutr Cycl Agroecosys* 54, 243–249

Mueller ND, Gerber JS, Johnston M, Ray DK, Ramanankutty N, Foley JA. (2012) Closing yield gaps through nutrient and water management. *Nature*, 490, 254–257 doi: 10.1038 / nature 11420.

Papadopoulos, I. (1988) Nitrogen fertigation of trickle-irrigated potato. *Fertil. Res.*, 16, 157–167.

Rehm George, Michael Schmitt, John Lamb, Gyes Randall, and Lowell Busman (2002). Understanding phosphorus fertilizers. Regents of the University of Minnesota.

Samalieva, A., Velcheva, K. (1996). Economically justified maize yields for grain with limited mineral fertilization inputs. *Agrochemistry and fertilization*, 5 (Bg).

Smil, V. (2000) Enriching the Earth: Fritz Haber, Carl Bosch, and the Transformation of World Food Production. Cambridge: MIT Press, 2004. pp 360.

Stoicheva, D., P. Alexandrova, D. Donovan, D. Stoichev, G. Angelov, L. Raikova (2002). Ecological assessment of different nitrogen fertilization rates in a vegetable crop rotation, *Bulg. J. Of Agric. Sci.*, 8(3-4), 141-150 (Bg) .

Stoycheva, D., P. Alexandrova., D. Donovan, D. Stoychev, G. Angelov, L. Raykova (2003) Ecological assessment of nitrogen mineral fertilization by compacted vegetable crop rotation, *Soil science, agrochemistry and ecology*, 38(1), 32-38 (Bg).

Tomov T., G. Rachovski, Sv. Kostadinova, Iv. Manolov (1999). Rukovodstvo za uprazhneniya po agrokhimiya. Akademichno izdatelstvo na VSI. Plovdiv, 1999 (Bg).

Zonta, E .; Brasil, F.C .; Goi, (2006) S.R. & Rosa, M.M.T. The root system and its interactions with the edaphic environment. In: FERNANDES, M.S., ed. Mineral plant nutrition. Viçosa, MG, Brazilian Society of Solo Science, 2006, 8-28 (Pr).