

Влияние на азотната форма и арбускуларните микоризни гъби върху развитието и качеството на салатата

Иванка Митова

ИПАЗР „Н. Пушкиarov” – София
E-mail: smolyanovci@abv.bg

Резюме

В условия на съдов опит е изследвана ролята на самостоятелното и комбинирано влияние на азотния източник и арбускуларните микоризни гъби в почвена хранителна среда, върху процесите на развитие, хранене и формиране на качеството при два сорта салати. Торовите норми са еднакви - $N_{300}P_{300}K_{377}$. Азотът във вариантите на опита е внасян в еднаква норма, но под форма на NH_4NO_3 , $CO(NH_2)_2$, $Ca(NO_3)_2$, $NH_4(SO_4)_2$. Инукулацията с микоризни гъби увеличава добивите при сорт Изи докато при сорт Матадор разликите са незначителни. И при двата сорта растенията торени с $(NH_4)_2SO_4$ формират най-голяма листна маса, като този ефект е по-силно проявен при вариантите с добавени АМГ (арбускуларни микоризни гъбички). И при двата сорта инукулацията с АМГ увеличава сухото вещество, общите захари, пластидните пигменти и намалява нитратното съдържание. Растенията торени с $(NH_4)_2SO_4$ формират най-голяма суха маса независимо от присъствието или отсъствието на АМГ. Вариантите на сорт Матадор както и тези без АМГ на сорт Изи имат най-много захари при торене с $Ca(NO_3)_2$. Най-много нитрати и за двата сорта без АМГ имат вариантите с $(NH_4)_2SO_4$, докато при растенията с инукулирани гъби е след торене с $Ca(NO_3)_2$.

Ключови думи: салатата, азотно торене, арбускуларни микоризни гъби, свежа маса, показатели за качество, пластидни пигменти

Effect of nitrogen form and arbuscular mycorrhizal mushrooms on salad development and quality

Ivanka Mitova

ИПАЗР “N. Pushkarov ” – Sofia
E-mail: smolyanovci@abv.bg

Abstract

Mitova, I. (2020). Effect of Nitrogen Form and Arbuscular Mycorrhizal Mushrooms on Salad Development and Quality. *Bulgarian Journal of Soil Science Agrochemistry and Ecology*, 54(3), 41-51.

The role of the independent and combined influence of the nitrogen source and arbuscular mycorrhizal fungi in soil nutrient media on the processes of development, feeding and formation of quality

in two varieties of salads was investigated Under the conditions of vascular experience. The fertilizer standards are the same - $N_{300}P_{300}K_{377}$. Nitrogen in the variants of the experiment was introduced at the same rate but in the form of NH_4NO_3 , $CO(NH_2)_2$, $Ca(NO_3)_2$, $(NH_4)_2SO_4$. Inoculation with mycorrhizal fungi increases yields in the Izi variety, while the differences are insignificant in the Matador variety. In both variants, plants fertilized with $(NH_4)_2SO_4$ form the largest mass leaf, this effect being more pronounced in the variants with added AMF. In both variants, induction with AMF increases the dry matter, total sugars, plastid pigments and reduces the nitrate content. Plants fertilized with $(NH_4)_2SO_4$ form the largest dry mass regardless of the presence or absence of AMF. The variants of the Matador variant as well as those without the AMF of the Izi variant have the highest sugars when fertilizing with $Ca(NO_3)_2$. Most nitrates for both non AMF variants have variants with $(NH_4)_2SO_4$, whereas in plants with inoculated fungi it is after fertilizing with $Ca(NO_3)_2$.

Key words: *Lactuca sativa* L., nitrogen fertilizers, arbuscular mycorrhizal fungi, fresh weight, quality parameters, plastid pigments

Abbreviations: arbuscular mycorrhizal fungi (AMF)

Въпреки че неорганичните азотни съединения представляват по-малко от 5% от общия азот в почвата, те са основната форма на елемента, абсорбиран от повечето растения (Brady & Weil, 2008; Cheng-Wei Liu et al., 2014). В зеленчукопроизводството и особено при оранжерийното производство, където количеството на използваните азотни торове е няколко пъти по-голямо отколкото при полските култури, изследването на ролята и влиянието на азотния източник върху развитието на растенията и формирането на добивите е от изключително значение. Според класическата агрохимия в процеса на кореновото хранене растенията могат да усвояват и включват в метаболизма си азота, както в нитратна, така и в амониева форма, а също и като незаредена форма, като $CO(NH_2)_2$ и NH_3 . Физиологичната роля на окислената (NO_3^-) и възстановената (NH_4^+) химични форми на азота в процеса на минералното хранене на растенията обаче, не беше обяснено от класическата агрохимия (Pryanishnikov, 1965). Преимущественото усвояване на една или друга азотна форми зависи от много фактори: особености на растителния вид и сорт, реакция и влажност на средата, температури, интензивност на светлината и др. (Fan & Li, 2010; Lobell, 2007; Stancheva et al., 1997). От агрономическа гледна точка формата на азотния

източник е от изключително значение. През последните десетилетия ролята на органичните торове и биопрепарати непрекъснато расте. Арбускуларната микориза представлява симбиотична връзка между корените на над 90% от растителните видове и микоризни гъби (Bonfante & Genre, 2010). Благодарение на симбиозата между растенията и гъбите засмукващата способност на коренната система се увеличава 75-100 пъти. В резултат чрез коренното хранене растенията получават 10-15 пъти повече хранителни елементи, отколкото получават в нормални условия. Благодарение на мощните си ферменти микоризата разлага неразтворимите във вода форми на фосфора, калия и азота, но също така и на медта, цинка и другите микроелементи като ги доставя на растението приемник, а също блокира развитието на някои патогенни микроорганизми, нанасящи значителни вреди на реколтата (Tsvetkov et al., 2017). Освен необходимите минерали, микоризата доставя и всичко необходимо за развитието на растенията – витамини, ферменти, биостимулатори, хормони и други биологично активни вещества. Най-важната от практическа гледна точка способност на микоризата е, че доставя необходимата за развитието на растенията вода.

Цел на изследването е изясняване ролята на

самостоятелното и комбинирано влияние на азотния източник и арбускуларните микоризни гъби в почвена хранителна среда, върху процесите на развитие, хранене и формиране на качеството при два сорта салати.

Материал и методи

Експериментът е проведен във вегетационна къща без допълнително отопление. Почвата е алувиално-ливадна със средно хумусно съдържание – 2,65%. Почвената реакция е слабо алкална $pH_{H_2O} - 7,5$, $pH_{KCl} - 6,9$, с ниско до средно съдържание на минерален азот – 30,0 mg/1000g, средна запасеност с $P_2O_5 - 9,9$ mg/100g и добра – 20,2 mg/100g с K_2O .

Изследването е проведено във фаза 10-12-ти лист, с два сорта салата: Ysi 43301/5638 със зелено оцветена листна маса и Matador 5635 с червеникаво-кафяво оцветяване на растенията. Опитът е заложен с предварително произведен разсад. Всеки вариант съдържа по 4 повторения, като във всеки съд са разсаждани по 4 растения. В опитните варианти още при подготовката на съдовете, т.е. при хомогенизирането на почвата е внесен KH_2PO_4 и $\frac{1}{2}$ от азотния тор. Във вариантите на опита торовите норми са еднакви - $N_{300}P_{300}K_{377}$. Азотът във всички съдове е внасян в еднаква норма, но под форма на различни съединения: NH_4NO_3 , $CO(NH_2)_2$, $Ca(NO_3)_2$, $NH_4(SO_4)_2$. Фосфорът и калият са внесени като фон под формата на KH_2PO_4 . Две седмици след засаждането след добро вкореняване на растенията е направено азотно подхранване с още 150 mgN.kg⁻¹ почва. Към опитните варианти и на двата сорта салата има и допълнителни варианти с внасяне на арбускуларните микоризни гъби от род *Glomus* spp., (*Glomus intraradices*).

Масите на растенията са определяни тегловно. Съдържанието на макроелементи в почвата е определено по стандартни методики (Arinushkina, 1970). Общият азот е определен по метода на Келдал; амониев и нитратен азот- колориметрично, подвижни форми на фосфор и калий - метод на П. Иванов, 1984; рН- потенциометрично, във воден извлек

и разтвор на калиев хлорид. В растенията общият азот е определен по метода на Келдал, чрез разлагане с концентрирана H_2SO_4 и 30% H_2O_2 . От растителните проби(зърно) след изсушаване при 65°C с предварителна фиксация е определено сухото вещество (АСВ%) - тегловно. Съдържанието на общи захари е определено рефрактометрично - (%) (Digital refractometer – 32 145). Съдържанието на нитрати е определяно на апарат RQ flex plus 10 на Merck. Определено е съдържанието на пластидни пигменти в свежа маса - (mg%) по метода на Vernon, 1960. За обработка на резултатите е използван статистически пакет Statgraphics (Anova) - многофакторен дисперсионен анализ.

Резултати и обсъждане

Масите на растенията от салата, както и биохимичните показатели за качество са определени във фаза 10-12-ти лист.

1. Влияние на N-форма и инукулацията с арбускуларни гъби върху масите на сортовете салата.

Масите на растенията от салата сорт Изи, торени с различни форми на азотни торове са обединени в 3 хомогенни групи (табл. 1). Вариантите торени с NH_4NO_3 и $(NH_4)_2SO_4$ (с осреднени маси – 5,43 g/растение) имат доказано по-добре развити растения, с 9,8 и 7,9% по-тежки от осреднената маса на растенията сорт Изи с азотно торене. Внасянето на арбускуларни микоризни гъби в хранителната среда на растенията подобрява в неголяма степен развитието им, което дава отражение върху масите на растенията. Осреднената маса на растенията от сорт Изи, с прибавени АМГ е 5,74 g/растение или с 5,7% по-голяма от тази на растенията без АМГ. Прави впечатление голямата диференциация между растенията с различно азотно торене. С най-голяма маса с 31,4% по-висока от осреднената за растенията с прибавена микориза, са растенията торени с $(NH_4)_2SO_4 + АМГ$.

Масите от различните варианти на торене на салатите от сорт Матадор (табл. 1) са

обединени в 4 хомотенни групи с осреднена стойност – 6,46 g/растение. Средната маса от вариантите с различни форми на азотно торене при сорт Матадор е с 19,0% по-висока от тази на аналогичното торене при сорт Изи. И тук амониевата азотна форма от $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ се оказва най-ефективна върху показателя маса на растение. Тези растения са с 23,1% по-тежки от осреднената маса на вариантите от сорт Матадор без АМГ. Внасянето на арбускуларни микоризни гъби почти не се отразява на формираните осреднени маси на растенията от сорт Матадор, в сравнение с вариантите без микориза. Растенията от сорт Матадор с комбинация от $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ + АМГ имат с 30,9% по-големи маси от осреднената маса на вариантите с АМГ. Средната маса от вариантите с различни форми на азотно торене в комбинация с арбускуларни микоризни гъби при сорт Матадор е с 12,7% по-висока от тази на аналогичното торене при сорт Изи. Подобни сортови различия като отговор на приложено торене са установени и в други изследвания с листни зеленчукови култури (Escobar-Gutierrez et al., 2002; Mitova et al., 2017). Двухакторният анализ на данните за определяне влиянието на азотното торене и внесените арбускуларни микоризни гъби показва значимостта на фактора азотно торене върху изследвания показател - 85,3% влияние при сорт Изи и 68,9% при Матадор. Анализът на дисперсията на добива отчита незначително влияние на микоризните гъби- 0,002% при сорт Изи и 2,9% при Матадор, което се потвърждава и от Стойностите на променливата p-Value, която при сорт Матадор е 0,1317, а за сорт Изи - 0,9609, т.е. много над нивото на значимост, което по подразбиране е 0,05. Сравнявайки двата изпитвани сорта анализа на дисперсията на получените добиви от салата показва отново значимостта на фактора торене върху изследвания показател - 46,7% влияние на азотното торене при растенията без прибавени арбускуларни микоризни гъби и 79,5% при тези с АМГ. Влиянието на сорта е по незначително - 33,3% при растенията без АМГ и 8,7% при тези с АМГ.

II. Биохимични и физиологични показатели за качество на салата в резултат на приложеното торене.

В проведеното изследване (табл. 1), независимо от цитираните в литературата данни за генетичната детерминираност (Реев, 1985; Shaban, 2007), съдържанието на сухо вещество в сортовете салати - Изи и Матадор варира между 5,25 ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ при сорт Матадор) и 9,87% ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ + АМГ при сорт Изи). Сорт Изи формира растения с по-голямо съдържание на сухо вещество в сравнение с Матадор - осреднено за вариантите без АМГ – 17,7%, а за тези с микоризни гъби - 16,5%. Докато при сорт Изи без микоризни гъби, само растенията торени с $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ са статистически доказано различни от останалите варианти, то при Матадор картината е по-пъстра – вариантите са обособени в 3 хомогенни групи. Внасянето на АМГ в хранителните среди и при двата сорта салати увеличава сухото вещество на растенията – осреднено, при сорт Изи с 8,0%, а при Матадор с 9,1%. И при двата изпитвани сорта с присъствие или отсъствие на АМГ растенията торени с $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ формират най-голяма суха маса. Извършеният двухакторен анализ на дисперсията на получените в изследването стойности за сухо вещество в салатата, отново показва значимостта на фактора торене върху изследвания показател – 70,3% влияние при сорт Изи и 51,2% при Матадор. Арбускуларните микоризни гъби оказват по-слабо влияние – 5,0% при сорт Изи и 8,3% при сорт Матадор.

Съдържанията на общи захари в опитните сортове са между 4,2% при контролните растения на сорт Матадор без микориза и 8,2% при $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ + АМГ при сорт Изи. И при този показател внасянето на микоризни гъби оказва положителен ефект- при сорт Изи осредненото съдържание на общи захари след васяне на АМГ се покачва с 8,9%, а при Матадор със 7,5%. Общите захари в сорт Изи осреднено от вариантите с азотно торене без микориза са с 15,5% от тези при сорт Матадор, а при растенията с АМГ тази разлика е 16,9%. Растенията на сорт Матадор с и без АМГ, както

и тези без микоризни гъби на сорт Изи имат най-високи захарни съдържания при торене с $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Извършеният двуфакторен анализ на дисперсията на получените в изследването общи захари показва значимостта на фактора торене върху изследвания показател – 61,6% влияние при сорт Изи и 74,5% при Матадор. Арбусколарните микоризни гъби оказват по-слабо влияние – 5,4% при сорт Изи и 11,5% при сорт Матадор.

Зелените листни зеленчуци съдържат най-високо ниво на нитрати (Prasad & Chetty, 2008), а марулята е класифицирана като култура с високо съдържание на нитрати (Santamaria, 2006). Съгласно регулаторните ограничения за нитрати в маруля, установени с Регламент № 1881/2006 на ЕО, максималните допустими нива са 4 000–4 500 mg. kg⁻¹ през периода 1 октомври до 31 март (EC Commission Regulation No. 1881/2006), периодът, през който беше проведен и нашия експеримент. Като показател за качество с отрицателен знак за човешкото здраве, от таблица 1 се вижда, че без да се омаловажават получените в изследването стойности за съдържание на нитрати в зависимост от азотното торене и присъствието на АМГ данните за нитратно съдържание в двата сорта марули са много под допустимите норми. Съдържанието на измерените нитрати в растенията от двата изпитвани сорта се движи между 84,7 mg.kg⁻¹ при контролата с микоризни гъби на сорт Изи до 1162,1 mg.kg⁻¹ при растенията от варианта с $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ на сорт Матадор. При коментара на получените данни е необходимо да се подчертае, че измерването е направено във фаза 10-12^{-ти} лист, т.е. в ранна фаза от развитието на растенията, когато все още не може да се отчете „ефекта на разреждане“ (Mitova & Dinev, 2018), който се проявява с нарастване обема и масата на растенията. Внасянето на АМГ редуцира в незначителна степен натрупването на нитрати при сорт Изи. Осреднените разлики в нитратното съдържание при сорт Изи между растенията с и без микоризни гъби са незначителни – 0,9%. При сорт Матадор намаляването на нитратното съдържание след

прибавяне на микоризни гъби е значително с 18,2%. Разликите в акумулираните нитрати в растенията на двата изпитвани сорта са големи - в свежата ма са на растенията от сорт Матадор без АМГ се натрупват с 39,3% повече нитрати от колкото в сорт Изи. За вариантите с микориза разликите също са в полза на сорт Изи - 18,8% по-малко акумулирани нитрати. С най- високи съдържания на нитрати в тъканите на растенията без прибавяне на микоризни гъби и при двата сорта са вариантите торени с $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, а при растенията с АМГ и при двата сорта акумулираните нитрати са най-много след торене с $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Получените стойности за съдържание на нитрати в изпитваните сортове в зависимост от азотния източник се потвърждават и от други изследвания според които, натрупването на нитрати в ядливите части на културите е пряко свързано с вида на използвания азотен тор (Chohura & Kolota, 2011; Cheng-Wei Liu et al., 2014; Gunes et al., 1995; Pavlou et al., 2007), както и с почвените свойства. По отношение на марулята е показано, че освен другите фактори и типа маруля (Escobar-Gutierrez et al., 2002) влияе върху натрупването на нитрати.

Стойността на фотосинтетичния пигмент хлорофил като важен фитохимикал в храните е недооценена. Наскоро е показано, че хлорофилните производни, извлечени от спанак, предотвратяват увреждането на ДНК на човешките лимфоцити *in vitro* по дозо-зависим начин (Hsu C et al., 2013), което предполага, че те са ключови участници в общия потенциал на антиоксидантите в храните. Осредненените съдържания на Ch “a” + Ch “b” в изпитваните сортове в опита (фиг. 1) са с близки стойности 9,97 mg% и 9,08 mg% при Изи и Матадор без АМГ и 16,64 mg% и 16,26 mg% във вариантите с микориза. Разликите в осредненото хлорофилно съдържание в полза на вариантите с прибавяне на микоризни гъби са доказано големи - 66,9% при сорт Изи и 79,1% при Матадор. Каротеноидите имат активност на провитамин А поради наличието на витамин А като част от тяхната структура, което ги прави важно хранително вещество в диетата на човека, намалява риска

от респираторни заболявания и слепота (Ye X et al., 2000). В изведения опит тенденциите при каротиноидите са сходни както при съдържанието на хлорофили в растенията - 28,5% повече каротиноиди в листата на салатите от сорт Изи с микоризни гъби и 93,2% повече синтезирани пигменти в растенията на сорт Матадор с АМГ, в сравнение с вариантите без микориза. С най-високи стойности на синтезирани хлорофили при сорт Изи без микориза са растенията торени с $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, докато прибавянето на микоризни гъби благоприятства синтеза на повече хлорофили при торене с $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Карбамидното торене оказва доминиращо влияние върху синтеза на Ch "a" + Ch "b" при Матадор както при вариантите без микориза така и при тези с АМГ, където и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ оказва положително влияние върху показателя. За синтеза на каротиноиди (фиг. 2) при сорт Изи независимо от това дали в хранителната среда са внесени или не микоризни гъби най-голям положителен принос има торенето с NH_4NO_3 , а при сорт Матадор с $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

Като показатели с важно значение за нормалното развитие на ранните зеленчукови култури, които имат отношение и към качеството като резултат от балансираното хранене, в изследването бяха включени и съдържанията на общ азот и фосфор в растенията. Съдържанието на общ азот в растенията на марулите (фиг. 3) се движи между 1,8% при контролата на сорт Матадор без АМГ и 4,4% при варианта торен с $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ + АМГ при сорт Изи. При фосфора тези стойности са между 0,68% при неторения вариант на Матадор и 1,6% при растенията с

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ + АМГ на сорт Матадор. Анализът на данните (фиг. 3) за съдържание на общ азот и фосфор в листната маса на марулите като цяло показва положителното влияние на инокулацията с арбускуларни мицеларни гъби върху синтеза на тези макроелементи в растенията във фазата на отчитане - 10-12^{ти} лист. И при двата изпитвани сорта усвояването на азота и фосфора от растенията се ускорява от инокулацията с микоризни гъби, което е установено и в други изследвания, където прилагането на Gafsa значително повишава добива на маруля и усвояването на фосфора и други хранителни вещества (Mitova et al, 2017; Tsvetkov, 2017; Brito et al., 2016). При сорт Изи общия азот нараства от 2,78% на 3,66% с добавяне на микориза, а за Матадор от 2,78% до 3,12%. За фосфорът тези стойности са: при сорт Изи от 0,98% без АМГ до 1,33% с АМГ, а при Матадор от 0,81% до 1,26% с прибавянето на микоризни гъби. Докато в съдържанията на общ азот и при двата сорта липсват закономерности в синтеза по отношение на азотната форма, то при фосфора и при двата изпитвани сорта при варианта с $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ + АМГ отчетените съдържания на фосфор са най-високи, независимо от това, че най-високи добиви и при двата сорта са получени от вариантите с добавен амониев сулфат. В литературата има съобщения (Azcón et al., 2003), че амоният е по-добър източник на N за немикозни растения, а нитратите за микоризните растения.

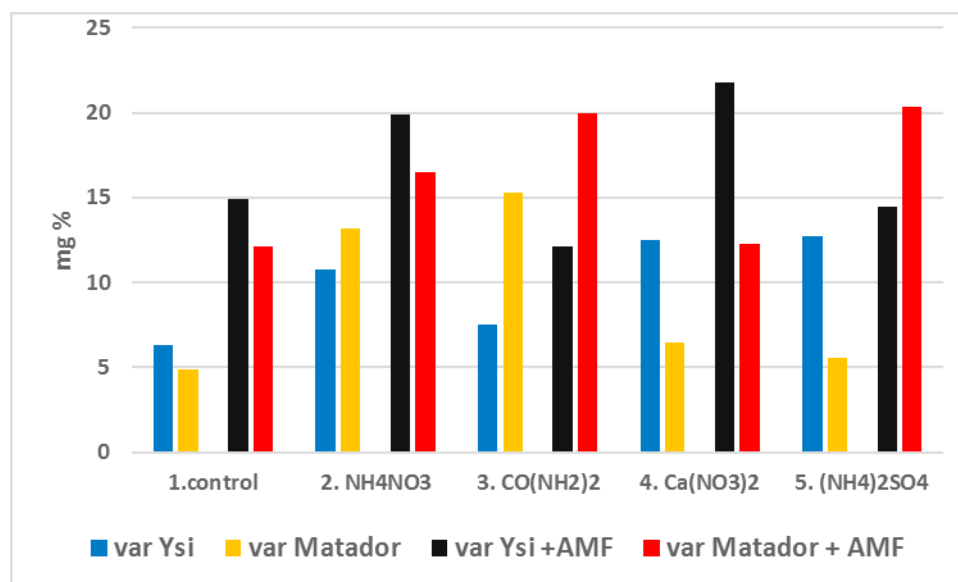
Таблица 1. Влияние на азотната форма и арбускуларните микоризни гъби върху добива и биохимичните показатели при марули.

Table 1. Effect of nitrogen form and arbuscular mycorrhizal fungi on yield and biochemical parameters of lettuce.

Вариант Varians	Маса/ растение Fresh biomass(g. plant ⁻¹)	Общи захари Total sugars (%)	Нитрати Nitrate (mg.kg ⁻¹)	Нитрати Nitrate	Суха маса Dry mass (%)
Variety Ysi 43301/5638					
1. Control	4,92 a	4,77 a	116,2 a		6.41 a
2. NH ₄ NO ₃	5,96 b	6,67 bc	669,2 c		7,24 a
3. CO(NH ₂) ₂	5,07 a	5,93 b	407,7 b		6.36 a
4. Ca(NO ₃) ₂	5,34 ab	6,97 c	795,6 d		6,98 a
5. (NH ₄) ₂ SO ₄	5,86 b	4,80 a	899,6 f		8,57 b
Average	5.43	5.83	577.66		7.11
F- Ratio	4.84	12.86	95.66		7.06
P- Value	0.0197	0.0006	0.0000		0.0057
LSD P≥95%	0,6691	0,8999	102,053		1,0615
LSD P≥99%	0,9518	1,2800	145,159		1,5099
1. Control + AMF	4,78 a	4,90 a	84,7 a		7,65 b
2. NH ₄ NO ₃ + AMF	6,32 b	6,93 c	617,5 b		7,89 b
3. CO(NH ₂) ₂ + AMF	4,26 a	8,20 d	691,5 bc		5,45 a
4. Ca(NO ₃) ₂ + AMF	5,82 b	6,07 b	783,4 c		7,56 b
5. (NH ₄) ₂ SO ₄ + AMF	7,54 c	5,67 ab	686,4 bc		9.87 c
Average	5.74	6.35	572.7		7.68
F- Ratio	57.40	22.27	68.23		19.11
P- Value	0.0000	0.0001	0.0000		0.0001
LSD P≥95%	0,5382	0,8455	106,465		1,1316
LSD P≥99%	0,7655	1,2027	151,435		1,6096
Variety Matador 5635					
1. Control	5,48 a	4.2 a	217,4 a		5.46 a
2. NH ₄ NO ₃	6,57 b	5.5 c	848,2 c		5.86 ab
3. CO(NH ₂) ₂	5,80 ab	5.0 b	645,9 b		5.25 a
4. Ca(NO ₃) ₂	6,47 b	5.6 c	1149,4 d		6.60 ab
5. (NH ₄) ₂ SO ₄	7,95 c	4.97 b	1162,1 d		7.03 b
Average	6.46	5.05	804.6		6.04
F- Ratio	27.80	40.93	104.83		2.73
P- Value 7,5%	0.0000	0.0000	0.0000		0,0904
LSD P≥95%	0,5697	0,2739	121,026		1,4471
LSD P≥99%	0,8104	0,3896	172,146		2,0583

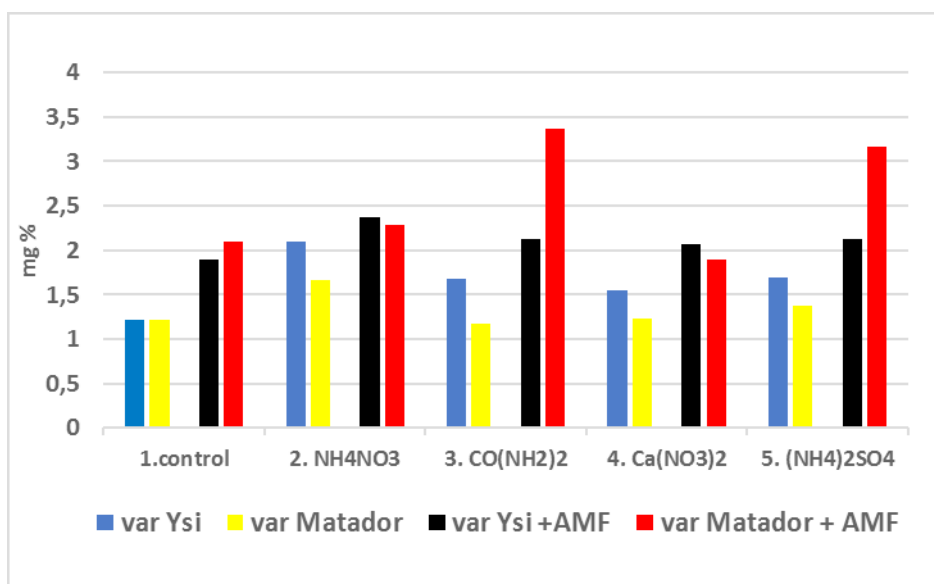
Таблица 1. Продължение
Table 1. Continue

1. Control + AMF	5,67 ab	5.03 a	211,1 a	5,29 a
2. NH ₄ NO ₃ + AMF	6,18 ab	6.0 b	725,3 b	6,34 b
3. CO(NH ₂) ₂ + AMF	5,46 a	4.93 a	750,6 b	6,60 bc
4. Ca(NO ₃) ₂ + AMF	6,54 b	6.13 b	891,1 d	7,27 bc
5. (NH ₄) ₂ SO ₄ + AMF	8,47 c	5.07 a	824,4 c	7,45 c
Average	6.47	5.43	680.5	6.59
F- Ratio	15.09	33.15	175.49	7.64
P- Value	0.0003	0.0000	0.0000	0.0043
LSD P≥95%	0,9703	0,3186	64,2971	0,9801
LSD P≥99%	1,3802	0,4532	91,4552	1,3940



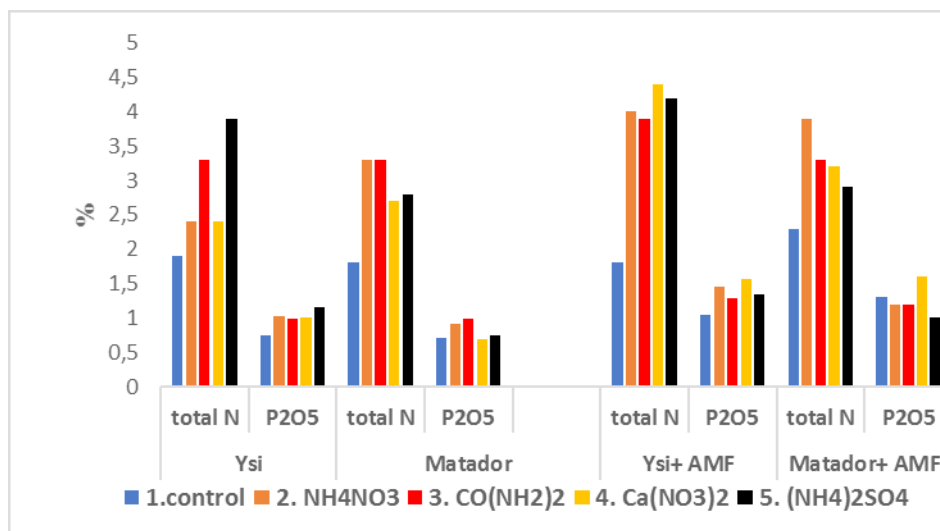
Фиг. 1. Съдържание на Ch “a” + Ch “b” в сортове салата в зависимост от формата на азотния източник и съдържанието на арбускуларни микоризни гъби.

Fig. 1. Content of Ch “a” + Ch “b” in salad varieties depending on the shape of the nitrogen source and the content of arbuscular mycorrhizal fungi



Фиг. 2. Съдържание на каротиноиди в сортове салата в зависимост от формата на азотния източник и съдържанието на арбускуларни микоризни гъби.

Fig. 2. Carotenoid content in lettuce varieties depending on the shape of the nitrogen source and the content of arbuscular mycorrhizal fungi.



Фиг. 3. Съдържание на общ азот и фосфор в растения от маруля в зависимост от азотната форма и инокулацията с микоризни гъби.

Fig. 3. Content of total nitrogen and phosphorus in lettuce depending on the nitrogen form and inoculation with mycorrhizal fungi.

Изводи

1. Осреднената маса на растенията от сорт Изи, с прибавени арбускуларни микоризни гъби е с 5,7% по-голяма от тази на растенията без АМГ, докато при сорт Матадор внасянето на микоризни гъби почти не се отразява на формираните осреднени маси на растенията, в сравнение с вариантите без микориза.

2. Растенията на сорт Изи торени с NH_4NO_3 и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ имат с 9,8 и 7,9% по-тежки растения от осредната маса на растенията без инокулирани гъби. При сорт Матадор този процент е 23,1 в полза на растенията торени с $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Масите на растенията от сорт Изи и Матадор торени с $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{AMF}$ са с 31,4% и 30,9% по-големи от осреднените за растенията с прибавена микориза.

3. Сорт Изи формира растения с по-голямо съдържание на сухо вещество в сравнение с Матадор - осреднено за вариантите без АМГ - 17,7%, а за тези с микоризни гъби - 16,5%. Внасянето на АМГ в хранителните среди и при двата сорта салати увеличава сухото вещество на растенията – осреднено, при сорт Изи с 8,0%, а при Матадор с 9,1%. И при двата изпитвани сорта с присъствие или отсъствие на АМГ растенията торени с $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ формират най-голяма суха маса.

4. При сорт Изи осредненото съдържание на общи захари след васяне на АМГ се покачва с 8,9%, а при Матадор със 7,5%. Растенията на сорт Матадор с и без АМГ, както и тези без микоризни гъби на сорт Изи имат най-високи захарни съдържания при торене с $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

5. Намаляването на нитратното съдържание след прибавяне на микоризни гъби при сорт Матадор е с 18,2%, докато при сорт Изи е незначително - 0,9%. С най-високи съдържания на нитрати в тъканите на растенията без прибавяне на микоризни гъби и при двата сорта са вариантите торени с $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, а при растенията с АМФ и при двата сорта акумулираните нитрати са най-много след торене с $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

6. Разликите в осредненото хлорофилно съдържание в полза на вариантите с прибавяне

на микоризни гъби са доказано големи - 66,9% при сорт Изи и 79,1% при Матадор. За каротиноидите тенденциите са сходни - 28,5% повече каротиноиди в листата на Изи + АМФ и 93,2% повече при Матадор с АМФ, в сравнение с вариантите без микориза.

Литература

Arinushkina, E.V. (1970). Guidelines for chemical analysis of soils. Moscow University Press

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2008). Soil colloids: seat of soil chemical and physical acidity. *The Nature and Properties of Soils*, 311-358.

Brito, L. M., Sampaio, Á., Pinto, R., Mourão, I., & Coutinho, J. (2016). Lettuce response to organic and phosphate fertilizers and root mycorrhization. *Journal of Plant Nutrition*, 39(6), 842-849.

Bonfante, P., & Genre, A. (2010). Mechanisms underlying beneficial plant–fungus interactions in mycorrhizal symbiosis. *Nature communications*, 1(1), 1-11.

Chohura, P., & Kolota, E. (2011). Effect of differentiated nitrogen fertilisation on the yield and quality of leaf lettuce. *Folia Horticulturae*, 23(1), 61-66.

EC Commission Regulation No. 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Off. J. Eur. Comm. 364, 5–24.

Escobar-Gutierrez, A. J., Burns, I. G., Lee, A., & Edmondson, R. N. (2002). Screening lettuce cultivars for low nitrate content during summer and winter production. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 77(2), 232-237.

Gunes, A., Aktas, M., & Post, W. H. K. (1995). Effect of partial replacement of nitrate by $\text{NH}_4\text{-N}$, urea-N and amino acid-N in nutrient solution on nitrate accumulation in lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Agrochimica (Italy)*, 39, 326–333.

Fan, X. H., & Li, Y. C. (2010). Nitrogen release from slow-release fertilizers as affected by soil type and temperature. *Soil Science Society of America Journal*, 74(5), 1635-1641.

Hsu, C. Y., Chao, P. Y., Hu, S. P., & Yang, C. M. (2013). The antioxidant and free radical scavenging activities of chlorophylls and pheophytins. *Food Nutr Sci.*, 4, 1–8

Liu, C. W., Sung, Y., Chen, B. C., & Lai, H. Y. (2014). Effects of nitrogen fertilizers on the growth and nitrate content of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *International journal of environmental research and public health*, 11(4), 4427-4440.

Lobell, D. B. (2007). The cost of uncertainty for nitrogen fertilizer management: A sensitivity analysis. *Field Crops Research*, 100(2-3), 210-217.

Mitova, I. V. A. N. K. A., Nenova, L. U. B. A., Stancheva, I., Geneva, M. A. R. I. A., Hristozkova, M. A. R. I. E. T.

- A., & Mincheva, J. A. N. E. T.** (2017). Lettuce response to nitrogen fertilizers and root mycorrhization. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 23(2), 260-264.
- Mitova Iv., Dinev, N.** (2018). Quality of cabbage production depending on applied fertilization. *Bulgarian Journal of Soil Science Agrochemistry and Ecology*, 52(4), 13- 21.
- Pryanishnikov, DN.** (1965). Selected Works: In 3 vols, 1965. Volume 1: Agrochemistry. Ed. Moscow, Kolos, 767 p.
- Pavlou, G. C., Ehaliotis, C. D., & Kavvadias, V. A.** (2007). Effect of organic and inorganic fertilizers applied during successive crop seasons on growth and nitrate accumulation in lettuce. *Scientia Horticulturae*, 111(4), 319-325.
- Prasad, S., & Chetty, A. A.** (2008). Nitrate-N determination in leafy vegetables: Study of the effects of cooking and freezing. *Food Chemistry*, 106(2), 772-780. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.06.005.
- Peev, Hr.** (1985). Agrochemical and physiological basics of plant production quality. *Zemizdat*, Sofia, 263-267
- Santamaria, P.** (2006). Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(1), 10-17.
- Shaban, N.** (2007). Agrobiological assessment of the joint application of leaf fertilizers and pesticides in the cultivation of some vegetable crops. Dissertation for awarding a PhD degree, “N. Pushkarov” Institute, Sofia
- Stancheva, I., Atanosova, E., Dinev, N., & Raikova, L.** (1997). Plastid pigment content, nitrate reductase activity and nitrate accumulation in lettuce leaves in relation to nitrogen source, fertilizer rate and soil acidity. Publicatiile Societatii Nationale Romane pentru Stiinta Solului (Romania).
- Tsvetkov, I., Georgieva, L., Tsvetkova, D., Michailova, V., & Georgiev, D.** (2017). Benefits of the micorrhizal fungi *Glomus* spp. for grapevine nutrient uptake, biocontrol and microbial ecology. *J Mt Agric Balk*, 20(1), 227-250.
- Ye, X., Al-Babili, S., Klöti, A., Zhang, J., Lucca, P., Beyer, P., & Potrykus, I.** (2000). Engineering the provitamin A (β -carotene) biosynthetic pathway into (carotenoid-free) rice endosperm. *Science*, 287(5451), 303-305.