

## **Влияние на поливната норма и торенето върху съдържанието на някои антиоксиданти в домати средно-ранно полско производство**

**Иванка Митова, Емил Димитров\***

*ИПАЗР „Н. Пушкарров“, София, ССА*  
**E-mail\*:** engineer.dimitrov@mail.bg

### **Резюме**

Изведен опит със средно-ранно зрял детерминантен сорт домати „Николина F1” върху излужена канелена горска почва. В изследването са включени две опитни години – 2019 и 2020. Във фаза стопанска зрялост на домати е установено влиянието на изпитваните фактори – поливна норма и нарастващо минерално торене върху синтеза на общи багрила и ликопен. Разликата в температурните условия през опитните години е повлияла и върху синтеза на изследваните антиоксиданти. И през двете опитни години, при изпитваните поливни норми (50 и 100% ППВ) най-високо съдържание на ликопен, както и общи багрила при 50% ППВ през 2019 г. в плодовете е отчетено при торене с  $N_{20}P_{12}K_{20}$ . През 2020 г. плодовете от вариант  $N_{15}P_8K_{15}$  са синтезирали най-много общи багрила и при двете поливни норми. Осредненото съдържание на общи багрила и ликопен и през двете години на изследване при плодовете на растенията с 50% ППВ е по-високо от това на домати при 100% ППВ. С нарастване на поливната и торовата норма се увеличава и процентното участие на ликопена в синтеза на багрилата, за сметка на  $\beta$ -каротена. През 2019 г. най-голяма тежест върху синтеза на общи багрила има съвместното действие на поливането и торенето (45,86%), докато през 2020 г. синтеза на багрила е повлиян основно от торенето (89,0%). Синтезът на ликопен и през двете опитни години е повлиян основно от приложеното торене 55,69% през 2019 г. и 88,39% през следващата година.

**Ключови думи:** детерминантни домати, минерално торене, поливни норми, общи багрила, ликопен,  $\beta$ -каротен

## **The effect of irrigation rate and fertilisation on the content of some antioxidants in tomatoes early-mid field production**

**Ivanka Mitova, Emil Dimitrov\***

*Agricultural Academy, “N. Poushkarov” Institute of Soil Science, Agrotechnology and Plant Protection, 1080 Sofia, Bulgaria*

**Corresponding author\*:** engineer.dimitrov@mail.bg

**Citation:** Mitova, I., & Dimitrov, E. (2022). The effect of irrigation rate and fertilisation on the content of some antioxidants in tomatoes early-mid field production. *Bulgarian Journal of Soil Science Agrochemistry and Ecology*, 56(2), 16-27.

## Abstract

Conducted trail with early-mid determinant variety tomatoes „Nikolina F1” onto leached Cinnamon forest soil. In the research are included two trial years – 2019 and 2020. In the tomatoes ripe phase is established the impact of the exanimate factors – irrigation rate and increasing the mineral fertilisation into synthesis of pigments and lycopene. The different weather condition in the two trial years affected the synthesis on the inspected antioxidants. In both years, tested irrigation rate (50 and 100% OPT) highest content of lycopene and common pigments at 50% OPT during 2019 into the tomatoes is reported at fertilization with  $N_{20}P_{12}K_{20}$ . During 2020 the tomatoes from variant  $N_{15}P_8K_{15}$  synthesised most common pigments in both irrigation norms. The average substance of common pigments and lycopene throughout both years of the research in the ripe tomatoes with 50% OPT is higher than the tomatoes with 100% OPT. While increasing the irrigation and fertilisation is reported increasing the percent contribution of lycopene into the synthesis of pigments, when the  $\beta$ -carotene decreases. During 2019 the most effect into syntheses of common pigments is affected from both the irrigation and the fertilisation (45.86%), while into 2020 the synthesis of pigments is mostly affected from the fertilisation (89.00%). The synthesis of lycopene through both years is affected mainly from the fertilisation 55.69% for 2019 and 88.39% for 2020.

**Key words:** determinant tomatoes, mineral fertilization, irrigation rate, total pigments, lycopene,  $\beta$ -carotene

## Въведение

Съвременната научна мисъл е изправена пред много предизвикателства – бързо нарастващото световно население и спешно увеличаване производството на висококачествени храни с ограничени суровини на фона на глобалните промени в околната среда. Доматите са важна зеленчукова култура, с широк ареал на разпространение, а значението им може да бъде подчертано от производството им в световен мащаб (Schweiggert et al., 2017), което се е увеличило от 116,5 млн. метрични тона през 2002 г. до приблизително 161,8 млн. тона през 2012 г. и 177 млн. тона през 2016 г. с ръст на добивите почти 30% по-висок през последните десет години.

Подобряването на генплазмата (Blanca et al., 2015) чрез начина на отглеждане е особено

важно за световното производство на домати, тъй като изискванията на производствените региони към количествените и качествени показатели на продукцията непрекъснато растат. Създаването на условия за „оптимално“ развитие на растенията с цел получаване на високи добиви с качество, отговарящо на всички санитарни изисквания за здравето на потребителя и опазването на околната среда, се оказва трудна и в много случаи непостижима задача. Причините за това са много, поради редица условия, от които зависят растежа и плододаването на растенията (Boteva et al., 2012; Vasileva, 2016; Vasileva & Dinev, 2021). От друга страна качеството на продукцията и неговото равнище са относителни. Те се създават в процеса на производство, но се установяват и реално оценяват в процеса на потребление. Оттук следва, че създателят на

качеството и неговото равнище е производителят (в широкото разбиране на това понятие) на продукцията, но истинският техен оценител е потребителят.

В значителна част от научните разработки акцентът е върху хранителните свойства на отглежданите култури. Полезен компонент в плодовете от домати, който привлича голямо обществено внимание, е каротеноидният ликопен. Въпреки че механизмът (механизмите), чрез който ликопенът оказва въздействието си, не е напълно известен, се смята, че неговите ползи за здравето се дължат на способността да неутрализира свободните радикали (Bertram & Zhang, 1994; Krinsky, 1998); индуцира комуникация между клетките и модулира хормонални, имунни системи и други метаболитни пътища (Fuhrman et al., 1997; Rao & Agarwal, 1998).

В международен план повишаването съдържанието на ликопен в плодовете, както чрез генетични средства, така и чрез прилаганата агротехника се превърна във важна цел за много програми за отглеждане на домати.

Целта на настоящето изследване е да се установи влиянието на факторите хранене и поливен режим върху синтеза на някои антиоксиданти, при средно-ранно полско производство на домати сорт „Николина F1“.

## Материали и методи

Изследванията са проведени при поливни условия върху излужена канелена горска почва на ОП „Челопечене“ на ИПАЗР „Н. Пушкиров“ (Mitova et al., 2018; Petrova-Branicheva & Hristova, 2020). Като опитна култура е използван средно-рано зрял детерминантен сорт домати „Николина F1“. Почвата в опитния участък е слабо хумусна (1,44%) със слабо кисела реакция –  $pH_{H_2O} = 6,2$ ;  $pH_{KCl} = 5,4$ . Съдържанието на минерален азот е ниско – 16,1 mg.kg<sup>-1</sup> почва. Степента на запасеност с подвижни форми на фосфор и калий е средна – 11,4 mg P.100g<sup>-1</sup> и 17,7 mg K.100g<sup>-1</sup> почва. Схемата с вариантите на експеримента е представена в таблица 1. Опитът е заложен по метода на дългите парцели

в четири повторения, с големина на опитната парцелка 7,5 m<sup>2</sup>. Напояването се извърши чрез инсталация за капково напояване. Растенията са засадени в двуредова лента по схема 100 + 60 x 30. Азотният (амониев нитрат) и калиевият (калиев хлорид) торове при всички варианти с торене са внесени трикратно с поливната инсталация. Торовите норми са разделени по равно и внесени до фаза масово формиране на завързи. Фосфорната норма, под форма на двоен суперфосфат е внесена през есента с дълбоката оран.

В настоящото изследване са включени две опитни години – 2019 и 2020. Изследванията върху плодовете от домати са направени в стопанска зрялост върху средна проба от 10 плода от всяко повторение на вариантите. Анализите са проведени в лабораторията на ИПАЗР „Н. Пушкиров“. Съдържанието на ликопен и общи багрила в домати са определени по метод на Мануелян (Manuelyan, 1991), спектрофотометрично, като се определя екстинкцията при  $\lambda_1 = 448$  nm и  $\lambda_2 = 472$  nm.

Получените резултати са обработени чрез статистически пакет Statgraphics XVII (Anova).

## Резултати и обсъждане

Основният проблем в зеленчукопроизводството е свързан с изучаване и овладяване на факторите, формиращи добива и качеството на продукцията, като първостепенно значение между тях имат биологичния потенциал на сорта, слънчевата радиация, минералното хранене, водния и температурния режим. През 2019 г. при пълна поливна норма (таблица 1) общите багрила в плодовете на домати се движат между 2,61 и 4,10 mg% в зависимост от приложеното торене, а при 50% от ППВ багрилата са между 2,59 и 5,98 mg%. При високата поливна норма най-много общи багрила имат неторените плодове, докато при редуцираната – плодовете от варианта торен с  $N_{20}P_{12}K_{20}$ . По отношение на общите багрила вариантите с пълна поливна норма попадат в две хомогенни групи (липсват доказани разлики

между варианти 1 и 3 и между варианти 2 и 4), докато вариантите с дефицитно напояване попадат в 4 хомогенни групи. Осредненото съдържание на общи багрила през 2019 г. при плодовете на растенията с 50% ППВ е по-високо (4,60 mg%) от това на домати при 100% ППВ (3,35 mg%).

През 2020 г. съдържанието на багрила (таблица 1) при 100% ППВ се движи между 3,37 и 6,0 mg%, като растенията от вариант  $T_2 - N_{15}P_8K_{15}$  са синтезирали най-много общи багрила в плодовете си. Вариантите при тази поливна норма се подреждат в три хомогенни групи, като неторения и варианта с най-висока торова норма попадат в една група, без доказана разлика между тях. Съдържанието на багрила в плодовете при 50% ППВ в зависимост от торенето е между 3,33 и 6,31 mg%, като и тук растенията с торова норма -  $T_2$  са с най-високи показатели, а опитните варианти са в четири хомогенни групи т.е. с доказани разлики. През 2020 г. осредненото съдържание на общи багрила при плодовете на растенията с 50% ППВ е по-високо (4,95 mg%) от това на домати при 100% ППВ (4,50 mg%).

Съдържанието на ликопен (таблица 1) в домати плодовете през 2019 г. при пълната поливна норма е между 0,66 (контрола) и 1,65 ( $N_{20}P_{12}K_{20}$ ) mg%, с доказани разлики между всички варианти (четири хомогенни групи). При редуцираната поливна норма се очертават същите тенденции както при 100% ППВ. Количеството на ликопен в плодовете е между 1,31 (контрола) и 1,70 mg% ( $N_{20}P_{12}K_{20}$ ), с не така добре доказани разлики между всички варианти (варианти 1 и 4, както и варианти 2 и 3 попадат в една хомогенна група). През 2019 г. осредненото съдържание на ликопен при плодовете на растенията с 50% ППВ е по-високо (1,51 mg%) от това на домати при 100% ППВ (1,22 mg%).

През 2020 г. ликопенът в плодовете от домати (таблица 1) отгледани при 100% ППВ е от 1,83 до 2,49 mg%, като отново вариант  $T_3$  торен  $sN_{20}P_{12}K_{20}$  е с най-високи стойности на показателя, а разликите между всички варианти са статистически доказани. И при

редуцираното напояване плодовете на вариант  $T_3$  са с най-много ликопен - 2,65 mg%, като разликите в съдържанието на ликопен между всички варианти са статистически доказани. Както и през 2019 г. осредненото съдържание на ликопен при редуцирано напояване на домати (2,29 mg%) е по-високо от това при 100% ППВ (2,14 mg%). Аналогична зависимост между влажностният режим на почвата и съдържанието на ликопен е наблюдавана и в други изследвания (Xing et al., 2015; Wang & Xing, 2017). Получените в изследването стойностни показатели за ликопен и общи багрила са съпоставими с данни получени в други изследвания (Anthon et al., 2011; Pevicharova & Ganeva, 2013; Valchev & Pevicharova, 2014). Зависимост на синтеза на общи багрила и ликопен от климатичните фактори, беритбените срокове и сортови особености са установили в своите изследвания и Pevicharova & Ganeva, 2013. Съдържанията на антиоксиданти в опитите на Boteva, 2009 и Pevicharova & Ganeva, 2013 са по-високи, като причините могат да са както по-подходящите почвено-климатични условия в Тракийската низина, така и особеностите на сортовия състав, нормата и формата на прилаганото торене (Boteva, 2009), а също и опорната конструкция, която осигурява по-добър въздушен и светлинен режим (Pevicharova & Ganeva, 2013), в сравнение с безколзовото отглеждане при детерминантния сорт „Николина F1“ в изведения от нас опит. От значение за изследваните показатели е и степента на зрялост на плодовете. Brandt et al. 2006 установяват, че натрупването на ликопен се ускорява от розовия етап и има висока корелация ( $R^2 = 0,92$ ) между съдържанието на ликопен и стойностите на цвета ( $a/b^*$ ). Колкото по-високо е съотношението на  $a^*/b^*$ , толкова по-високо е съдържанието на ликопен.

Разликите в получените стойности на общи багрила и ликопен през двете години на експеримента също имат обяснение. На фигура 1 е показан годишния ход на температурите през 2019 и 2020 години като пълзящи 30-дневни осреднени стойности (NIMH, 2019; NIMH, 2020). Средната годишна температура за 2019



г. е с 2<sup>0</sup> С, а средната годишна максимална температура с 3<sup>0</sup> С по-висока от климатичната норма, като 2019 г. е определена като най-топла година от 1930 г. насам (NIMH, 2019). Редица изследвания (Tomes, 1963; Helyes et al., 2007; Revicharova & Ganeva, 2013; Vasileva, 2016) доказват връзка между синтеза на пигменти и специално ликопен и температурните условия. В свои опити Tomes, 1963 изследва седем различни пигментни щама домати узряли при температури 32<sup>0</sup> С и 23,5<sup>0</sup> С. Установява, че съдържанието на ликопен драстично инхибирано при 32<sup>0</sup> С във всички щамове на опита. През летните месеци на 2019 г. и особено през месец юли е имало значителен брой горещи дни с измерени температури над 32<sup>0</sup> С, което е вероятна причина за ниските нива на синтезирани общи багрила и ликопен.

Зависимостта на съдържанието на антиоксиданти от поливната и торовата норми през годините е представена на фигури 2 А, В, С, D. На фигурите са представени процентните съотношения в синтезираните лусорене и  $\beta$ -carotene през 2019 и 2020 години в зависимост от прилаганите поливни норми. И през двете години се наблюдава обща тенденция, а именно с нарастване на поливната норма от 50 на 100% ППВ се увеличава и процентното участие на ликопена в синтеза на багрилата, за сметка на  $\beta$ -каротена, като тази тенденция се проявява по-силно през 2020 г. С нарастване на торовата норма, нараства и процентното съдържание на ликопена спрямо  $\beta$ -каротена. Съдържащият се в плодовете на домати ликопен е силен антиоксидант и предшественик на производството на  $\alpha$ -каротин и  $\beta$ -каротин. Антиоксидантният капацитет на ликопена е поне два пъти по-голям от този на  $\beta$ -каротина (Levy et al., 1995; Sies & Stahl, 1998).

Интересно е разпределението на пигментите в контролните варианти при двете поливни норми. При редуцираната поливна норма (фиг. 2 В, D) синтеза на ликопен надвишава този на  $\beta$ -каротена, докато при 100% ППВ (фиг. 2 А, С) данните са разнопосочни. През 2019 г. количеството на синтезирания  $\beta$ -каротен (фиг. 2 А) е неколккратно по-голямо от това

на ликопена, докато през следващата година (фиг. 2 С) ликопена се увеличава за сметка на  $\beta$ -каротена.

Когато се говори за биохимични показатели за качество най-често се коментира, че в повечето случаи те са предопределени генетично. В цитираната литература обаче липсват статистически потвърдени данни за влиянието на група от няколко проучвани фактори върху даден показател за качество и за силата на това влияние, ако то се доказва.

На фигури 3 А и В са показани процентните влияния на изпитваните фактори поливане и торене при синтеза на общи багрила през годините. През 2019 г. най-голяма тежест върху изпитвания показател има съвместното действие на поливането и торенето, докато самостоятелното действие на двата фактора е значително по-малко с незначителен превес на поливната норма. През 2020 г. синтеза на багрила е повлиян основно от торенето, а поливната норма е с пренебрежимо малко участие.

Синтезът на ликопен (фиг. 4 А и В) и през двете опитни години е повлиян основно от приложеното торене 55,69% през 2019 г. и 88,39% през следващата година. Влиянието на поливната норма през 2019 г. и 2020 г. се свежда до 19,8 и 7,33%.

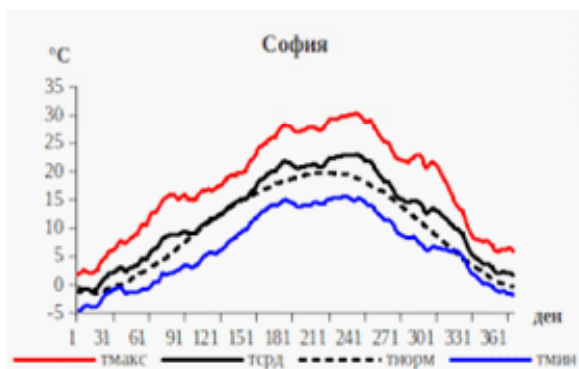
На фигури 5 и 6 чрез направения трифакторен анализ е показана силата, с която изпитваните фактори (година, поливна норма и торене) влияят върху синтеза на багрила и ликопен през опитните години. С най-голямо участие - 43,8% върху формирането на показателя общи багрила (фиг. 5) е приложеното торене, следван от поливната норма - 11,55% и опитната година 9,11%. Съвместното влияние на торенето и поливането е високо - 17,45%, докато на трите изследвани фактора пада на 5,74%.

Влиянието на изпитваните фактори при синтеза на ликопен (фиг. 6) се променя и е твърде различно от това при синтеза на общи багрила. Доминиращо е влиянието на годината - 65,83%, докато участието на осаналите фактори в анализа е значително по-ниско. На поливната норма 22,0%, на торенето 4,5%, а на съвместното действие на изпитваните

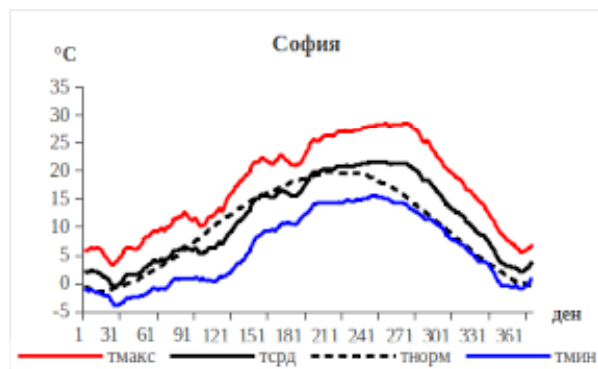
**Таблица 1.** Съдържание на ликопин,  $\beta$ -каротин + други жълто обагрени вещества в плодове от домати в зависимост от торенето и поливната норма

**Table 1.** Content of lycopene,  $\beta$ -carotene + other yellow colored substances in tomato fruits depending on fertilization and irrigation rate

Вариант/ Variant	Общи багрила (mg%)/ Total pigments (mg%)		Ликопин (mg%)/ Lycopene (mg%)	
Година/Year	2019	2020	2019	2020
100% irrigation rate				
T <sub>1</sub> . 0	4,10	3,69	0,66	1,92
T <sub>2</sub> . N <sub>15</sub> P <sub>8</sub> K <sub>15</sub>	2,96	6,0	1,10	1,83
T <sub>3</sub> . N <sub>20</sub> P <sub>12</sub> K <sub>20</sub>	3,71	4,92	1,65	2,49
T <sub>4</sub> . N <sub>25</sub> P <sub>16</sub> K <sub>25</sub>	2,61	3,37	1,45	2,31
Average	3,35	4,50	1,22	2,14
Median	3,34	4,31	1,28	2,12
St dev P	0,59	1,09	0,38	0,27
F- Ratio	22,04	57,28	390,1	550,38
P- Value	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000
LSD-95,0%	0,473	0,508	0,072	0,043
LSD-99,0%	0,508	0,562	0,085	0,077
50% irrigation rate				
T <sub>1</sub> . 0	2,59	3,33	1,31	1,93
T <sub>2</sub> . N <sub>15</sub> P <sub>8</sub> K <sub>15</sub>	5,44	6,31	1,66	2,15
T <sub>3</sub> . N <sub>20</sub> P <sub>12</sub> K <sub>20</sub>	5,98	6,08	1,70	2,65
T <sub>4</sub> . N <sub>25</sub> P <sub>16</sub> K <sub>25</sub>	4,39	4,08	1,36	2,43
Average	4,60	4,95	1,51	2,29
Median	4,92	5,08	1,51	2,29
St dev P	1,34	1,33	0,17	0,27
F- Ratio	8837,6	23664,7	45,69	663,11
P- Value	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
LSD-95,0%	0,052	0,031	0,09	0,040
LSD-99,0%	0,065	0,045	0,12	0,082

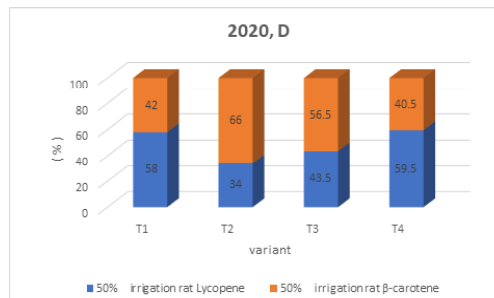
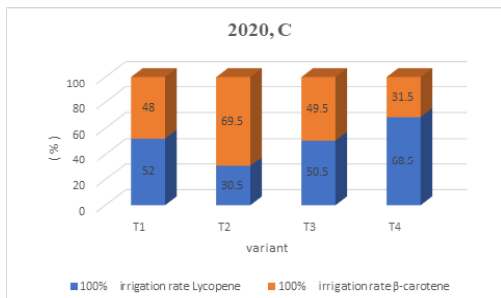
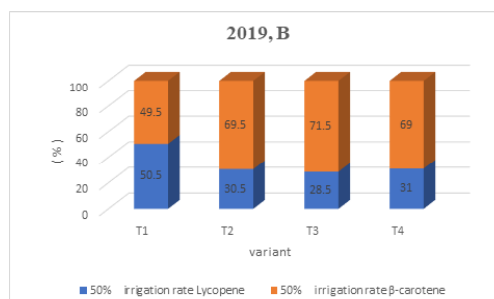
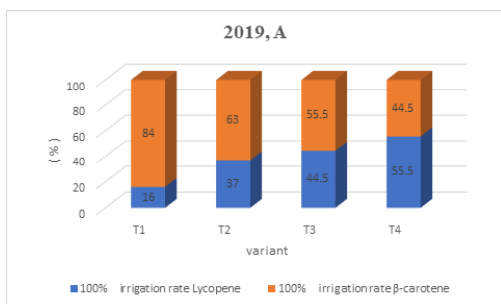


2019

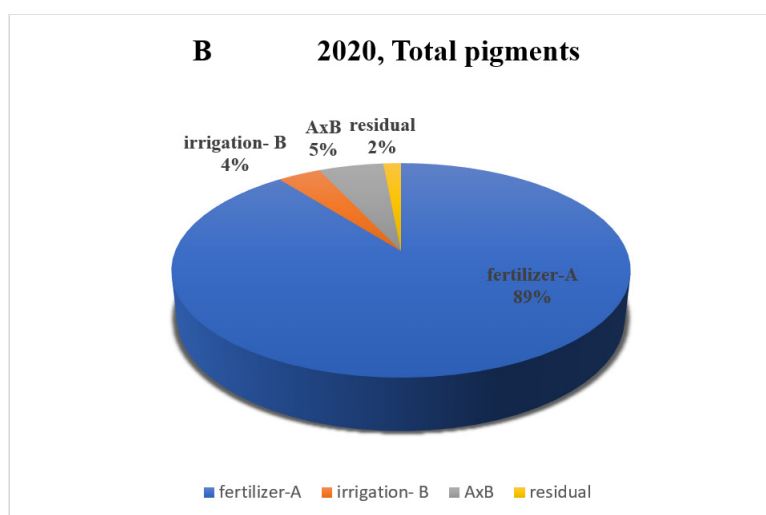
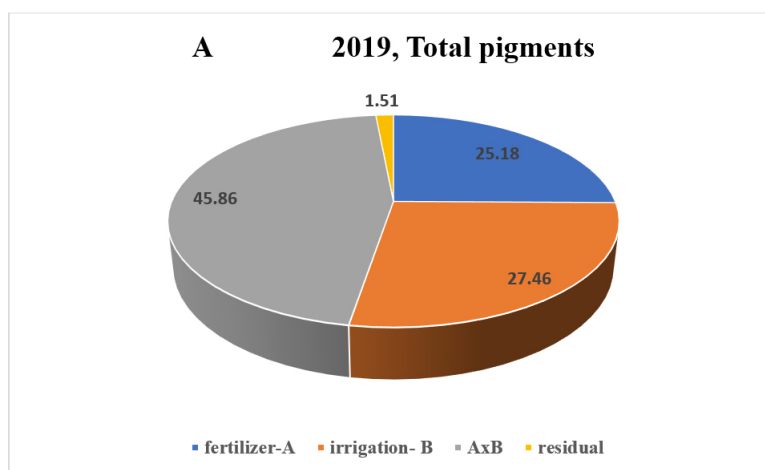


2020

**Фиг. 1.** Годишен ход на температурите за 2019 и 2020  
**Fig. 1.** Annual course of temperatures for 2019 and 2020

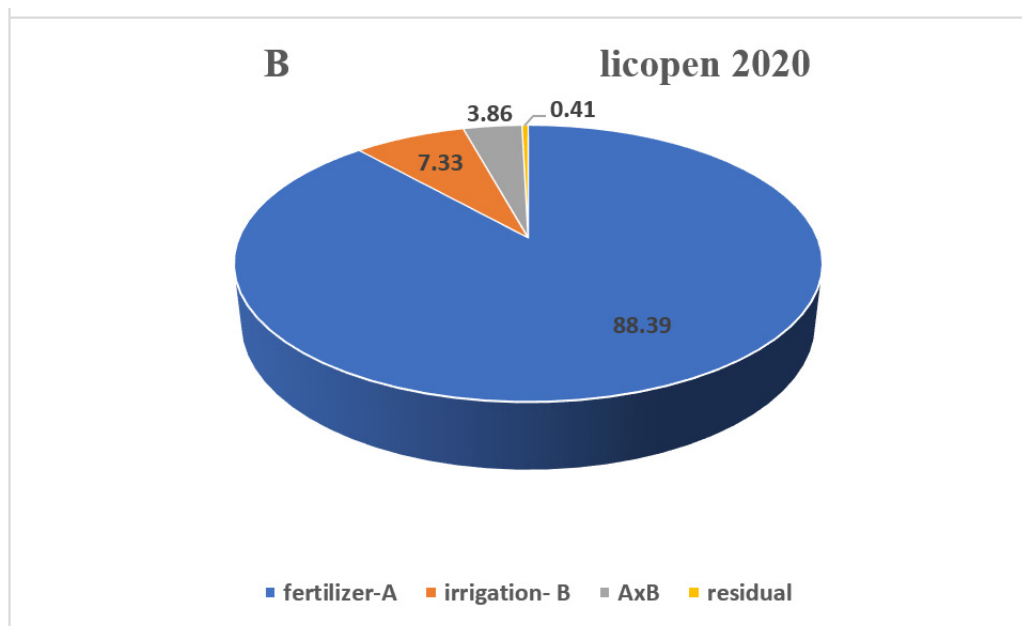
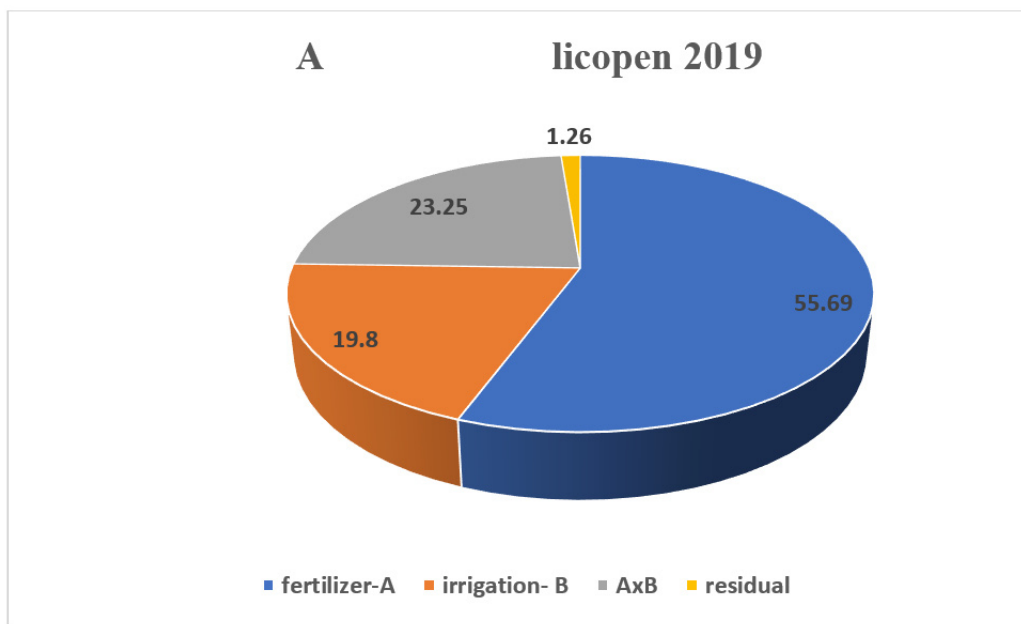


**Фиг. 2 А, В,С, D.** Съдържание на антиоксиданти в зависимост от поливната и торвата  
**Fig. 2 A, B, C, D.** Content of antioxidants depending on irrigation and fertilizer norms

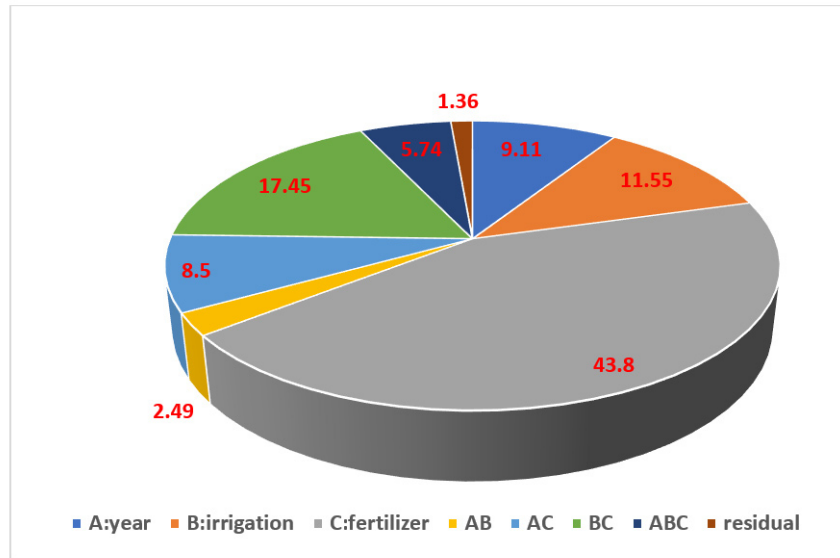


**Фиг. 3 А, В.** Влияние на торенето и поливната норма върху синтеза на общи багрила при домати  
**Fig. 3 A, B.** Influence of fertilization and irrigation rate on the synthesis of common dyes in tomatoes



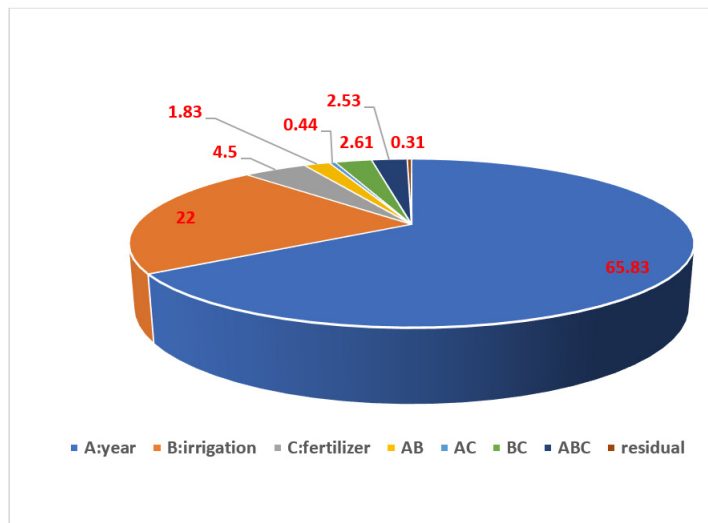


**Фиг. 4 А, В.** Влияние на торенето и поливната норма върху синтеза на ликопен при домати  
**Fig. 4 A, B.** Influence of fertilization and irrigation rate on lycopene synthesis in tomatoes



Фиг. 5. Процентно участие на изпитваните фактори в трифакторен анализ, в синтеза на общи багрила

Fig. 5. Percentage share of the tested factors in three-factor analysis, in the synthesis of total dyes



Фиг. 6. Процентно участие на изпитваните фактори в трифакторен анализ, в синтеза на ликопин

Fig. 6. Percentage share of the tested factors in three-factor analysis in lycopene synthesis

фактори само 2,53%.

### Изводи

1. И през двете опитни години, при изпитваните поливни норми (50 и 100% ППВ) най-високо съдържание на ликопен в плодовете от домати

сорт „Николина F1“ във фаза стопанска зрялост е отчетено при торене с  $N_{20}P_{12}K_{20}$ .

2. През 2019 г. домати от неторения вариант със 100% ППВ, както и плодовете от варианта торен с  $N_{20}P_{12}K_{20}$  при 50% ППВ са с най-много общи багрила, докато през следващата година растенията торени с  $N_{15}P_8K_{15}$  са синтезирали

най-много общи багрила и при двете поливни норми.

3. Осредненото съдържание на общи багрила и ликорен и през двете години на изследване при плодовете на растенията с 50% ППВ е по-високо от това на доматиите при 100% ППВ.

4. С нарастване на поливната норма от 50 на 100% ППВ се увеличава и процентното участие на ликопена в синтеза на багрилата, за сметка на  $\beta$ -каротена, като тази тенденция се проявява по-силно през 2020 г. С нарастване на торовата норма, нараства и процентното съдържание на ликопена спрямо  $\beta$ -каротена.

5. През 2019 г. най-голяма тежест върху синтеза на общи багрила има съвместното действие на поливането и торенето (45,86%), докато през 2020 г. синтеза на багрила е повлиян основно от торенето (89,0%). Синтезът на ликопен и през двете опитни години е повлиян основно от приложеното торене 55,69% през 2019 г. и 88,39% през следващата година.

## Литература

**Anthon, G. E., LeStrange, M., & Barrett, D. M.** (2011). Changes in pH, acids, sugars and other quality parameters during extended vine holding of ripe processing tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(7), 1175-1181.

**Bertram, J. S., & Zhang, L. X.** (1994). [19] *Assays for regulation of gap functional communication and connexin expression by carotenoids*. In *Methods in enzymology* (Vol. 234, pp. 235-244). Academic Press.

**Blanca, J., Montero-Pau, J., Sauvage, C., Bauchet, G., Illa, E., Díez, M. J., ... & Cañizares, J.** (2015). Genomic variation in tomato, from wild ancestors to contemporary breeding accessions. *BMC genomics*, 16(1), 1-19.

**Boteva, H.** (2009). Lycopene content in tomato fruits at different potassium fertilization rates. In: *IIIth International symposium "Ecological approaches towards the production of safety food"*, Plovdiv.

**Boteva, H., Cholakov, T., & Valcheva, E.** (2012). Effect of rate and form of potassium on the yield and quality of determinate tomatoes. In: *Collection of articles of the international scientific-practical conference of young scientists* (April 19-20, 2012) Irkutsk, p 85-90.

**Brandt, S., Pék, Z., Barna, É., Lugasi, A., & Helyes, L.** (2006). Lycopene content and colour of ripening tomatoes as affected by environmental conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(4), 568-572.

**Fuhrman, B., Elis, A., & Aviram, M.** (1997). Hypocholesterolemic effect of lycopene and  $\beta$ -carotene is related

to suppression of cholesterol synthesis and augmentation of LDL receptor activity in macrophages. *Biochemical and biophysical research communications*, 233(3), 658-662.

**Helyes, L., Lugasi, A., & Pék, Z.** (2007). Effect of natural light on surface temperature and lycopene content of vine ripened tomato fruit. *Canadian Journal of Plant Science*, 87(4), 927-929.

**Krinsky, N. I.** (1998). Overview of lycopene, carotenoids, and disease prevention. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 218(2), 95-97.

**Levy, J., Bosin, E., Feldman, B., Giat, Y., Miinster, A., Danilenko, M., & Sharoni, Y.** (1995). Lycopene is a more potent inhibitor of human cancer cell proliferation than either  $\alpha$ -carotene or  $\beta$ -carotene. *Nutr. Cancer*, 24(3), 257-266, doi: 10.1080/01635589509514415.

**Manuelyan, H.** (1991). *Express methods for assessing the carotenoid composition of tomato fruits* (in G. Kallo ed. Genetic improvement of tomato).

**Mitova, I., Branicheva, V. P., & Dimitrov, E.** (2018). Influence of fertigation on some factors determining quality in variety of tomatoes Nikolina F1. *Pochvoznanie, agrokhimiya i ekologiya/Bulgarian Journal of Soil Science, Agrochemistry and Ecology*, 52(3), 17-25.

**NIMH.** (2019). *Annual hydrometeorological bulletin for 2019*.

**NIMH.** (2020). *Annual hydrometeorological bulletin for 2020*.

**Petrova-Branicheva, V., & Hristova, M.** (2020). Influence of mineral fertigation on soil parameters by cultivation of the determinant tomato variety Nikolina F1. *Pochvoznanie, agrokhimiya i ekologiya/Bulgarian Journal of Soil Science, Agrochemistry and Ecology*, 54(1), 26-32.

**Pevicharova, G., & Ganeva, D.** (2013). Influence of genotype and harvest time on basic chemical components in indeterminate tomatoes for fresh consumption. *Food Science, Engineering and Technologies*, 18-19.

**Schweiggert, R. M., Ziegler, J. U., Metwali, E. M., Mohamed, F. H., Almaghrabi, O. A., Kadasa, N. M., & Carle, R.** (2017). Carotenoids in mature green and ripe red fruits of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) grown under different levels of irrigation. *Archives of Biological Sciences*, 69(2), 305-314, <https://doi.org/10.2298/ABS160308102S>

**Rao, A. V., & Agarwal, S.** (1998). Bioavailability and in vivo antioxidant properties of lycopene from tomato products and their possible role in the prevention of cancer. *Nutr. Cancer* 31, 199-203.

**Sies, H., & Stahl, W.** (1998). Lycopene: antioxidant and biological effects and its bioavailability in the human. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 218(2), 121-124.

**Tomes, M. L.** (1963). Temperature inhibition of carotene synthesis in tomato. *Botanical Gazette*, 124(3), 180-185.

**Valchev, N., & Pevicharova, G.** (2014). Morphological, reproductive manifestations and chemical composition of tomato varieties for greenhouse production. *Agricultural Science and Technology*, 6(3), 370-372.

**Vasileva, V.** (2016). *Entering Some Agri-Environmental Factors in Relation to the Early Stability, Productivity and Efficiency of the Production of Determinant Varieties and Hybrid Tomatoes*. Dissertation for Joining the Scientific Degree “Doctor”, IPAZR “N. Pushkarov”, Sofia.

**Vasileva, V. H., & Dinev, N. S.** (2021). Mineral content and quality parameters of tomato fruits as affected by different potassium fertilization treatments and cultivar specifics. *Indian Journal of Agricultural Research*, 55(2), 169-174.

**Xing, Y. Y., Zhang, F. C., Zhang, Y., Li, J., Qiang, S. C., & Wu, L. F.** (2015). Effect of irrigation and fertilizer coupling on greenhouse tomato yield, quality, water and nitrogen utilization under fertigation. *Scientia Agricultura Sinica*, 48(4), 713-726.

**Wang, X., & Xing, Y.** (2017). Evaluation of the effects of irrigation and fertilization on tomato fruit yield and quality: a principal component analysis. *Scientific reports*, 7(1), 1-13.