

INFLUENCE OF PRE-SOWING ELECTROMAGNETIC TREATMENTS AND DURATION OF STORAGE ON GERMINATION ENERGY AND LABORATORY GERMINATION OF SEEDS FROM BULGARIAN TOMATO VARIETIES

ВЛИЯНИЕ НА ПРЕДСЕИТБЕНИТЕ ЕЛЕКТРОМАГНИТНИ ОБРАБОТКИ И СРОКА НА СЪХРАНЕНИЕ ВЪРХУ КЪЛНЯЕМАТА ЕНЕРГИЯ И ЛАБОРАТОРНАТА КЪЛНЯЕМОСТ НА СЕМЕНА ОТ БЪЛГАРСКИ СОРТОВЕ ДОМАТИ

Assoc. Prof. PhD Ganeva D.¹⁾, Assoc. Prof. PhD Eng. Sirakov K.²⁾, Prof. PhD Eng. Mihov M.¹⁾, PhD Stud. Eng. Zahariev S.²⁾, Prof. PhD Eng. Ivan Palov²⁾

¹⁾Maritsa Vegetable Crops Research Institute, Plovdiv / Bulgaria; ²⁾Angel Kanchev University of Ruse / Bulgaria
Tel: +359 32 952296; E-mail: dganeva@abv.bg

Abstract: The study has found a continuing beneficial impact of electromagnetic treatments on seeds of Bulgarian tomato varieties: *Milyana*, *Plovdivska karotina*, *Vodoley F₁*, *IZK Alya* and *Ideal* after 365 days storage to sowing at a voltage between the electrodes $U=12$ kV and duration of impact $\tau=35$ s. The germinating energy and laboratory germination increase compared to that of control seeds of 1.25 to 15%.

Keywords: pre-sowing electromagnetic treatments, tomato seeds, germination energy, laboratory seed germination

INTRODUCTION

Tomato is a traditional vegetable crop for the territory of Bulgaria. There is a close relation between high and qualitative yields and sowing qualities of the seeds [3]. The germination energy and germination are ones of the most important features of the seeds. The low germination energy is a reason for slower initial rate of root and hypocotyl growth for tomato seed germination as well as later for germination in field conditions. The sowing rate is determined depending on the seed germination [7]. Alternative, ecological pure methods and technologies for stimulation of the sowing properties of the seeds by their treatment in electric [12], magnetic [1.9] and electromagnetic [11] fields are being searched. Positive effect of the laboratory (5...12%) and field germination (16...20%) of cabbage seeds after electromagnetic treatment [2] has already been recorded.

A peculiarity of the Bulgarian tomato seeds variety after electromagnetic pre-sowing has been established and it depends on the duration of the electromagnetic impact and duration of storage prior to planting [4]. The longer the duration of seed stays (12 days) from treatment to sowing and the higher value of applied voltage of treatment (12 kV) is, a stimulating effect on the seed quality in the studied tomato varieties has been found.

The favourable pre-sowing electromagnetic impact on the tomato seeds from variety *Milyana* is retained after stay prior to sowing of 365 days. It is of interest whether the impact of the pre-sowing electromagnetic treatments would be retained after longer stay in seeds from other tomato varieties [4].

The purpose of the study is to establish the effect of pre-sowing electromagnetic treatment and duration of storage on the sowing qualities of the seeds from Bulgarian tomato varieties.

Резюме: Констатирано е продължаващо благотворно въздействие на предсеитбените електромагнитни обработки върху семена от български сортове домати: Милияна, Пловдивска каротина, Водолей F₁, ИЗК Аля и Идеал след 365 денонощен престой до засяването им при третиране с напрежение между електродите $U=12$ kV и продължителност на въздействието $\tau=35$ s. Установено е увеличаване на кълняемата енергия и на лабораторната кълняемост спрямо контролните семена от 1,25 до 15%.

Ключови думи: предсеитбена електромагнитна обработка, семена домати, кълняема енергия, кълняемост.

УВОД

Доматите са традиционна зеленчукова култура за нашата страна. Получаването на високи и качествени добиви е в тясна връзка с посевните свойства на семената [4]. Кълняемата енергия и кълняемостта са едни от най-важните характеристики на семената. Ниската кълняема енергия е причина за по-бавния първоначален темп на развитие на корена и хипокотила при покълване на семената от домати и по-късно при поникване в полски условия. В зависимост от кълняемостта на семената се определя сеитбената норма [5]. Търсят се алтернативни, екологично чисти методи и технологии за стимулиране посевните качества на семената чрез обработката им в електрически [13], магнитни [10,12] и електромагнитни [8] полета. Отчетен е положителен ефект на лабораторната (5...12%) и полска кълняемост (16...20%) на семена от зеле след електромагнитна обработка [1].

След проведени лабораторни изследвания на предсеитбени електромагнитни обработки на семена от български сортове домати е констатирана сортова особеност, която зависи от продължителността на предсеитбеното електромагнитно въздействие и срока на съхранение до засяването [2]. Установено е, че по-голямата продължителност на престой (12 денонощия) от обработката до сеитбата и по-голямата стойност на използваното напрежение на обработка (12 kV) оказват стимулиращо въздействие върху качеството на семената при проучваните сортове домати.

Благотворното предсеитбено електромагнитно въздействие върху семена от домати сорт *Милияна* се запазва и след престой до засяването в продължение на 365 дни. Интерес представлява и дали въздействието на предсеитбените електромагнитни обработки ще се съхрани и след по-продължителен престой и при семената от други сортове домати [2].

Целта на изследването е да се установи влиянието на предсеитбените електромагнитни обработки и срока на съхранение върху посевните качества на семена от български сортове домати.

MATERIAL AND METHOD

The object of the study are the seed qualities from the accepted Bulgarian tomato varieties *Milyana*, *Plovdivska karotina*, *Vodoley F₁*, *IZK Alya* and *Ideal*, described in our previous investigation [4]. The seeds have been subject to electromagnetic treatment and have then stayed for 365 day prior to sowing.

As in other similar studies [5,13] the pre-sowing electromagnetic treatments were performed in the AC corona discharge field between the electrodes (blade-plate). The adopted controlled factors of impact for this study were also the voltage between the electrodes U (kV) and the duration of treatment τ (s). The experiment planning matrix [10] with two controlled factors on two levels (type 2²) of pre-sowing treatment is presented in Table 1.

ОБЕКТ И МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

След 365 денонощия престой от предсеитбената електромагнитна обработка до засяването, обект на изследването са качества на семена от признати и внедрени в производството български сортове домати: *Миляна*, *Пловдивска каротина*, *Водолей F₁*, *ИЗК Аля* и *Идеал*, описани в предходно наше изследване [2].

Съгласно други подобни изследвания [3,9] предсеитбените електромагнитни обработки са извършвани в полето на променливотоков коронен разряд, създаван между електроди острие-плоскост. Възприетите и при това изследване управляеми фактори на въздействие са напрежението между електродите U (kV) и продължителността на въздействие τ (s). Матрицата на планиране на пълния факторен експеримент [7] с два управляеми фактора на две нива (ПФЕ от типа 2²) на предсеитбените обработки е представена в табл.1.

Table 1

Experiment planning matrix

Treatments	Voltage, U		Duration of impact, τ	
	level	kV	level	s
1	+1	12	+1	35
2	-1	6	+1	35
3	+1	12	-1	5
4	-1	6	-1	5
Control	untreated seeds			

After treatment the seeds were kept in packing paper in a dry and dark storeroom. After 365-day storage i.e., on February the 7th 2014 the seeds from each variant of impact were set in 4 replications with 20 seeds in each replication according to the adapted methods by ISTA [6], for germination in Petri dishes in thermostat at temperature of 25°C and relative humidity of 95%. Untreated seeds for the relevant varieties were used as a control.

The following sowing qualities of the seeds were studied: *germination energy – g.e.* (%) and *laboratory germination – g.* (%) being read on 5-th and 14-th day, respectively after seed set for germination. For greater comparability the data from each variant of treatment is presented as percentage in relation to that of the control (%/c).

The obtained data was processed statistically by variation [8] and regression analysis [10].

RESULTS

The results for germination energy and laboratory germination of the seeds untreated in the electromagnetic field are given in Table 2.

След обработките семената са съхранявани в се-мехранилище, на тъмно и сухо, в хартиени пликчета. На 365-я ден от обработката, т.е. на 07.02.2014 г., семената от всеки вариант на въздействие са заложени в 4 повторения по 20 броя, по адаптирана методика на ISTA [11], за покълване в петриеви блюда в термостат при температура 25°C и относителна влажност 95%. За контрола са използвани необработени семена от съответните сортове.

Изследвани са посевните качества на семената: *кълняема енергия – к.е.* (%) и лабораторна *кълняемост – к.* (%), които са отчетени съответно на 5-я и 14-я ден от залагането на семената за покълване. За по-голяма сравняемост данните за всеки вариант на обработка са приведени в процент, спрямо тези на контролата (%/к).

Получените данни са обработени статистически чрез вариационен [6] и регресионен анализ [7].

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Резултатите, получени за кълняемата енергия и лабораторната кълняемост на необработените семена от проучваните сортове, са представени в табл. 2.

Table 2

Propagating seed quality of untreated seeds

Sowing qualities		Variety				
		<i>Milyana</i>	<i>Plovdivska karotina</i>	<i>Vodoley F₁</i>	<i>IZK Alya</i>	<i>Ideal</i>
Germination energy, %	$\bar{x} \pm sd$	81,25	88,75	83,75	32,50	90,00
	$\pm sd$	$\pm 3,75$	$\pm 4,27$	$\pm 3,75$	$\pm 3,22$	$\pm 3,74$
	CV%	9,23	9,62	8,96	19,86	7,86
Germination, %	\bar{x}	87,50	92,50	90,00	76,25	93,75
	$\pm sd$	$\pm 4,79$	$\pm 3,23$	$\pm 3,54$	$\pm 4,27$	$\pm 2,39$
	CV%	10,94	6,98	7,86	11,20	5,11

In further studies these results are accepted for 100% and the data from the other crops is reduced to them.

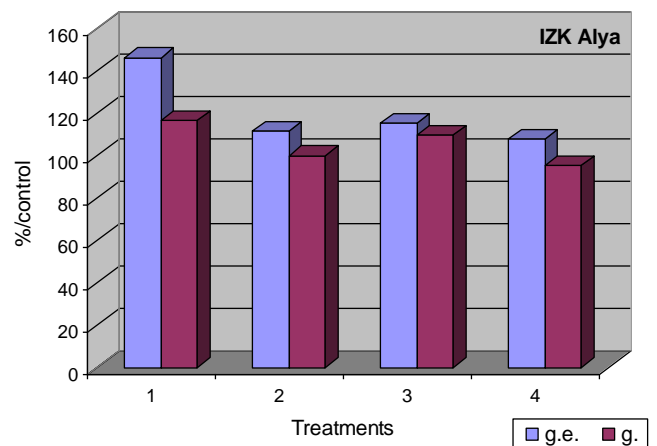
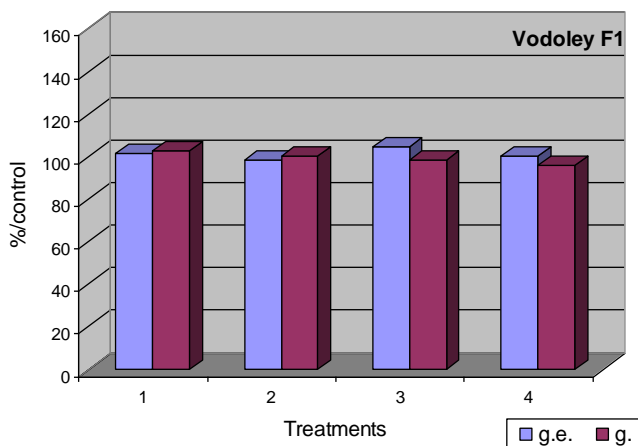
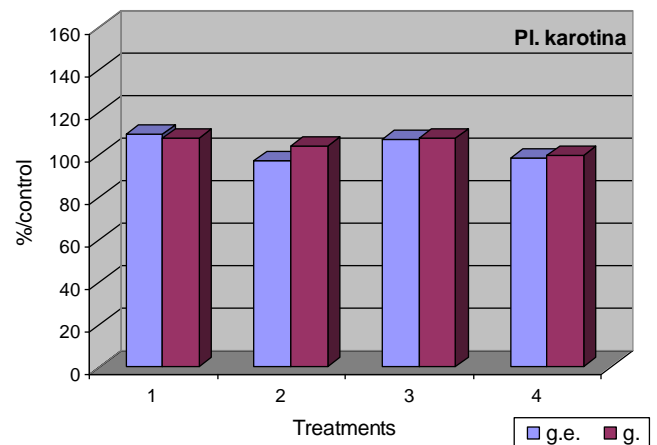
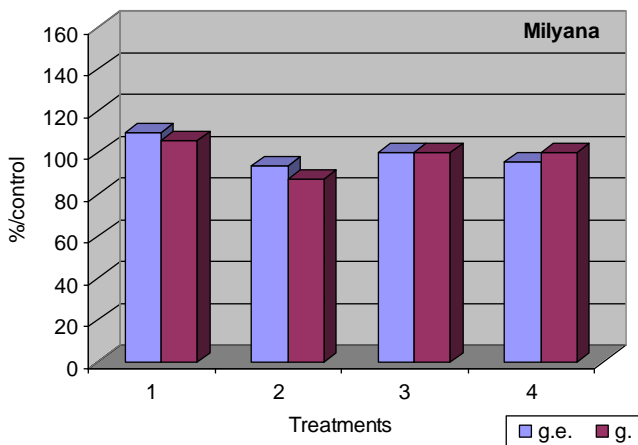
The variety *IZK Alya* demonstrates the lowest percentage of germination energy and laboratory germination in comparison to the remaining studied varieties. This is cherry type tomato variety which seeds are the smallest amongst the studied seeds, with the lowest absolute weight being probably a reason for lower sowing qualities of the seeds compared to the other varieties included in the study. In 2013 it was established that the germination energy and the laboratory germination of the seeds from variety *IZK Alya* are 33.75% and 91.25%, respectively [4]. The sowing qualities of the control seeds are $g.e.=32.5\%$ and $g.=76.5\%$ after stay of 365 days. These values are lower than those obtained in 2013 that are 33.75% and 91.25%, respectively. The laboratory germination and germination energy decrease with increase of the seed age that is both species and variety peculiarity.

The analysis of data given in Table 2 shows that in comparison with 2013, a decrease of $g.e.$ in the control seeds of the other tomato varieties in 2014 is observed but it is within the range of (5...10)%, but of $g.$ – (2...12)%.

При по-нататъшните изследвания тези резултати са приети за 100% и спрямо тях са приведени данните от другите наблюдения.

Сортът *ИЗК Аля*, спрямо останалите проучвани сортове, показва най-нисък процент на кълняема енергия и лабораторна кълняемост. Това е единственият сорт в проучването от типа "чери", чиито семена са най-дребни, с най-ниска абсолютна маса и поради тази причина посевни качества на семената по-ниски. Както и в [2], така и след 365 дни престой контролните семена на сорт *ИЗК Аля* имат: $к.е.=32,5\%$ и $к.=76,5\%$. Тези стойности са по-ниски от получените през 2013 г., които са съответно 33,75% и 91,25%. С увеличаване на възрастта на семената постепенно се понижава лабораторната кълняемост и кълняемата енергия, което е както видова, така и сортова особеност.

Анализът на данните от табл. 2 показва, че в сравнение с 2013 г., през 2014 г. при контролните семена и на другите сортове домати има намаление на $к.е.$, но то е в рамките на (5...10)%, а за $к.$ – (2...12)%.



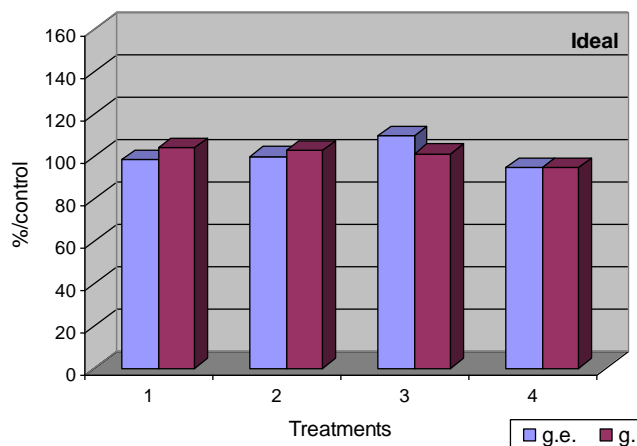


Fig. 1 – Germination energy and seed laboratory germination of electromagnetic treated seeds after 365 days length of storage

The results from the study for germination energy and laboratory germination of the seeds from all varieties treated in electromagnetic field according to the variants in Table 1 and stay 365 days prior to sowing in 2014 are presented in Figure 1. The results were given as percentage in relation to the ones from the control (%/c). The analysis demonstrates that for varieties *Milyana*, *Plovdivska karotina* and *IZK Alya* a dominant positive impact on *g.e.* and *g.* after treatment of the seeds by variant 1 ($U=12$ kV, $\tau=35$ s) is obtained. This effect is kept for 365 days after electromagnetic treatment as for *Milyana* $g.e.=109.23\%/c$ and $g.=105.71\%/c$ and for variety *Plovdivska karotina* $g.e.=109.86\%/c$ and $g.=108.11\%/c$.

The established low natural (for seed from the control) *g.e.* and *g.* in variety *IZK Alya* have the highest impact from the electromagnetic treatments among the mentioned two varieties. The values of the two studied parameters, obtained after treatment of the seeds from this variety by variant 1 and stay for a period of 365 days prior to sowing are $g.e.=146.15\%/c$ and $g.=116.39\%/c$. This is significantly more than the observed parameters of the above mentioned varieties *Milyana* and *Plovdivska karotina*.

The seeds from variety *Vodoley F₁* show a slight increase of the two observed parameters after treatment by variant 1. After stay for a year the values are $g.e.=101.49\%/c$ and $g.=102.78\%/c$.

It was established that after treatment of the seeds from variety *Ideal* by variant 1 and stay of 365 days prior to sowing, the germination energy is slightly depressed. It is $98.61\%/c$ towards the control. The peculiarity for this variety is that the read laboratory germination is $g.=104.00\%/c$.

The above could be explained with variety peculiarity of the individual seeds when the other factors of influence and conditions are identical.

Figure 1 also shows that after seed treatment with the parameters of the other variant there is a depression of the germination energy and laboratory germination in different degrees, for different variants of treatment, in different tomato varieties. An exception was established in variant of treatment 3 ($U=12$ kV and $\tau=5$ s) where the seeds of variety *Ideal* demonstrated the highest value of their response after pre-sowing treatment. Germination

На фиг.1 са представени резултатите от изследване на кълняемата енергия и лабораторната кълняемост на семената от всички сортове, обработени в електромагнитно поле, съгласно вариантите от табл. 1 и престояли 365 дни до засяването им през 2014 г. Резултатите са приведени в % спрямо контролата (%/к). Анализът показва, че за сортове: *Миляна*, *Пловдивска каротина* и *ИЗК Аля* се получава доминиращо положително въздействие върху *к.е.* и *к.* след обработката на семената по вариант 1 ($U=12$ kV, $\tau=35$ s). Това въздействие се е запазило 365 денонощия след електромагнитната обработка, като за *Миляна* $к.е.=109,23\%/к$ и $к.=105,71\%/к$, а за сорт *Пловдивска каротина* $к.е.=109,86\%/к$ и $к.=108,11\%/к$.

Спрямо споменатите два сорта установените ниски естествени (за контролните семена) *к.е.* и *к.* за сорт *ИЗК Аля* са повлияни най-силно от електромагнитното въздействие. След обработката на семената на този сорт по вариант 1 и престой от 365 денонощия до засяването им, стойностите на двата регистрирани параметъра са $к.е.=46,15\%/к$ и $к.=116,39\%/к$. Това е значително повече от наблюдаваните параметри на описаните по-горе сортове *Миляна* и *Пловдивска каротина*.

След обработката по вариант 1 семената на сорт *Водoley F₁* имат, макар и незначително, повишаване на двата наблюдавани параметъра. След престой от една година $к.е.=101,49\%/к$, а $к.=102,78\%/к$.

За семената от сорт *Идеал* е констатирано, че след обработката им по вариант 1 и престой до засяването 365 денонощия кълняемата енергия е незначително потисната. Спрямо контролата тя е $к.е.=98,61\%/к$. Особено при този сорт е, че отчетената лабораторна кълняемост е $к.=104,00\%/к$.

При други еднакви фактори на въздействие и условия, описаното по-горе може да се обясни със сортовата особеност на отделните семена.

От фиг. 1 може да се констатира също, че след обработката на семената с параметрите на другите варианти се получава потискане на кълняемата енергия и лабораторната кълняемост, което е в различни степени за различните варианти на обработка и за отделните сортове домати. Но и тук има изключения. При вариант на обработка 3 ($U=12$ kV и $\tau=5$ s) семената на сорт *Идеал* са показали най-високи стойности

energy for this variety is $g.e.=109.72\%/c$ and $g.=101.33\%/c$. The similar situation was observed in variety *Plovdivska karotina*. The values read for the seeds of this variety, treated by variant 3 are $g.e.=107.04\%/c$ and $g.=108.11\%/c$.

The established repression of the germination energy or laboratory germination of the seeds can be due to the combination of the factors levels, prolonged stay of the seeds within 365 days and their variety peculiarity.

The analysis of the statements made in [4, 5, 13] show a regularity of the impact of the pre-sowing treatment. It could be concluded that after pre-sowing electromagnetic treatment in values of the controlled factors by variant 1 ($U=12$ kV and $\tau=35$ s) and longer stay of the seeds (12 or 365 days), dominating positive responses were obtained followed by increases in the germination energy and laboratory germination of the seeds.

According to the data from Table 1 the experiment that was conducted is with two controlled factors of influence: the applied voltage between the electrodes U (kV), accepted as coded quantity x_1 and duration of the impact, τ (s) – x_2 . This gives a possibility to calculate the equations of regression of the studied parameters germination energy and laboratory germination being given in %/c. All equations are from the following type [10]:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_1 b_2 x_1 x_2 \quad (1)$$

According to the established values (in %/c) of the particular observed parameters, the following equations of regression are obtained:

for variety *Milyana*:

- germination energy

$$\hat{Y}_{g.e. Milyana} = 99,615 + 5,000 x_1 + 1,925 x_2 - 2,690 x_1 x_2 \quad (2)$$

- laboratory germination

$$\hat{Y}_{g. Milyana} = 98,320 + 4,535 x_1 - 1,680 x_2 + 4,535 x_1 x_2 \quad (3)$$

for variety *Plovdivska karotina*:

- germination energy

$$\hat{Y}_{g.e. Pl.karotina} = 103,167 + 5,282 x_1 + 0,352 x_2 + 1,058 x_1 x_2 \quad (4)$$

- laboratory germination

$$\hat{Y}_{g. Pl.karotina} = 105,067 + 3,042 x_1 - 1,012 x_2 - 1,012 x_1 x_2 \quad (5)$$

for variety *Vodoley F₁*:

- germination energy

$$\hat{Y}_{g.e. Vodoley} = 101,120 - 1,865 x_1 - 1,120 x_2 - 0,375 x_1 x_2 \quad (6)$$

- laboratory germination

$$\hat{Y}_{g. Vodoley} = 99,305 + 1,390 x_1 + 2,085 x_2 \quad (7)$$

for variety *IZK Alya*:

на реакцията си от предсеитбената обработка. При тях $k.e.=109,72\%/k$, а $k.=101,33\%/k$. Подобно е положението и при сорт *Пловдивска каротина*. За неговите семена, обработени по вариант 3, са отчетени $k.e.=107,04\%/k$ и $k.=108,11\%/k$.

Констатираното потискане на кълняемата енергия, или лабораторната кълняемост на семената може да се отдаде на съчетанието на нивата на факторите, продължителния престой на семената от 365 денонощия и тяхната сортова особеност.

Анализът на изложенията, направени в [2, 3, 9] показва закономерност на въздействието на предсеитбените обработки. Последното се заключава в това, че след предсеитбена електромагнитна обработка при стойности на управляемите фактори по вариант 1 ($U=12$ kV и $\tau=35$ s) и по-продължителен престой на семената (12 или 365 денонощия) се получават доминиращи положителни реакции, а с това и повишение на кълняемата енергия и лабораторната кълняемост на семената.

Съгласно табл. 1 провежданият експеримент е с два управляеми фактора на въздействие: приложено то напрежение между електродите U (kV), възприет като кодирана величина x_1 и продължителност на въздействието, τ (s) – x_2 . Това дава възможност да се пресметнат уравненията на регресия на изследваните параметри кълняема енергия и лабораторна кълняемост, които са представени в %/к. Всички уравнения са от типа [7]:

Според установените средни стойности (в %/к) на отделните наблюдавани параметри, са получени следните уравнения на регресия:

за сорт *Миляна*:

за сорт *Пловдивска каротина*:

за сорт *Водолей F₁*:

за сорт *ИЗК Аля*:

- germination energy

$$\hat{Y}_{g.e. IZK Alya} = 120,015 + 10,615 x_1 + 8,655 x_2 + 6,730 x_1 x_2 \quad (8)$$

- laboratory germination

$$\hat{Y}_{g. IZK Alya} = 120,325 + 7,785 x_1 + 2,870 x_2 + 0,410 x_1 x_2 \quad (9)$$

for variety *Ideal*:

за сорт *Идеал*:

- germination energy

$$\hat{Y}_{g.e. Ideal} = 100,692 + 3,472 x_1 - 1,387 x_2 - 4,167 x_1 x_2 \quad (10)$$

- laboratory germination

$$\hat{Y}_{g. Ideal} = 100,667 + 1,997 x_1 + 2,6670 x_2 - 1,332 x_1 x_2 \quad (11)$$

The examination that was performed demonstrates that all equations are adequate since the calculated criteria of Fisher are smaller than their critical values and the coefficients of the regression equations are significant according to the criterion of Student [10].

The analysis of the equations (2)...(11) shows that the size of the coefficients in front of the coded factor x_1 are significantly higher compared to the other in the particular equations. This is an indication that the degree of influence of the factor voltage U of treatment of seeds is greater compared to that of the duration of impact τ . This is confirmed by the higher values of germination energy and laboratory germination of the seeds treated in U=12 kV that have been reached.

The values of the coefficients x_1 for variety *IZK Alya* are the greatest compared to the other equations – for example for g.e. (8) the value is 10,615. In this case it was found that the germination energy is the highest - 146,15%/c. (Figure 1). The coefficient in front of factor x_1 in the equation (9) for laboratory germination is 7,785, i.e. the effect of voltage on this parameter is slighter than that for the germination energy. It was established that for the laboratory germination of the seeds from variety *IZK Alya* is 116,39%/c in variant 1 (U=12 kV and $\tau=35$ s) i.e. it is lower than the germination energy reached by the seeds (Figure 1). The values of the coefficient in front of x_1 in (9) however are the highest compared to the coefficients in the equations for laboratory germination of the rest of varieties.

The coefficients in front of the coded factor x_1 (voltage U) are the smallest in the equations (7) and (11) -1,390 and 1,997 for germination of the varieties *Vodoley F1* and *Ideal*. According to the data obtained and Figure 1 was established that the laboratory germination of the mentioned varieties, for example in variant 1 is 102,78%/g and 104,00%/g, respectively. These values correlate with the size of the coefficients in front factor x_1 .

The impact of the factor duration of treatment τ , with coded kind x_2 , on the germination energy and laboratory germination is smaller compared to that of the factor voltage U. The last fact is proven by the values in front of the coefficients x_2 in the equations (2)...(11). The coefficient in front x_2 are with negative value (-1,680 and -1,012, respectively) in equations (3) and (5) only for varieties

Направената проверка показва, че всички уравнения са адекватни, тъй като изчислените критерии на Фишер са по-малки от критичните им стойности, а коефициентите на регресионните уравнения са значими, съгласно критерия на Стюдънт [7].

Анализът на уравнения (2)...(11) показва, че големината на коефициентите пред кодирания фактор x_1 са значително по-големи от другите в отделните уравнения. Това означава, че степента на влияние на фактора напрежение U на обработка на семената е по-голяма от тази на продължителността на въздействието τ . Това се потвърждава от достигнатите по-големи стойности на кълняемата енергия и лабораторна кълняемост на семената, когато те са обработени при U=12 kV.

За сорт *IZK Alya* стойностите на коефициентите x_1 са най-големи в сравнение с другите уравнения – напр. за к.е. (8) той е 10,615. От фиг. 1 може да се констатира, че там кълняемата енергия е най-висока – 146,15%/к. Коефициентът пред фактора x_1 в уравнения (9) за лабораторната кълняемост е 7,785, т.е. влиянието на напрежението върху този параметър е по-слабо от това при кълняемата енергия. За вариант 1 (U=12 kV и $\tau=35$ s) и от фиг. 1 може да се констатира, че лабораторната кълняемост на семената от сорт *IZK Alya* е 116,39%/к, т.е по-малка от достигната от семената кълняема енергия. Стойността на коефициента пред x_1 в (9) обаче е най-голяма в сравнение с коефициентите в уравненията за лабораторна кълняемост на останалите сортове.

Най-малките коефициенти пред кодирания фактор x_1 (напрежението U) са в уравнения (7) и (11) -1,390 и 1,997 за кълняемост на сортовете *Водoley F1* и *Идеал*. Съгласно получените данни и фиг. 1 лабораторната кълняемост на споменатите сортове, напр. за вариант 1 е съответно 102,78%/к и 104,00%/к. Тези стойности корелират с големините на коефициентите пред фактора x_1 .

Влиянието на фактора продължителност на обработката τ , с кодиран вид x_2 , върху кълняемата енергия и лабораторната кълняемост, е по-малко от това на фактора напрежение U. Последното се доказва от стойностите пред коефициентите x_2 в уравнения (2)...(11). Само в уравнения (3) и (5) за сортовете *Муляна* и *Пловдивска каротина* коефициентите пред x_2 са с отрицателна стойност (съответно -1,680 и -1,012). Анализът на уравненията показва, че тези

Milyana and *Plovdivska karotina*. The analysis of the equations demonstrates that these coefficients are the smallest compared to similar ones. This could be explained with variety peculiarity of the seeds from varieties *Milyana* and *Plovdivska karotina*.

The interaction between the factors voltage U and duration of treatment τ could be found and analyzed from the values in front the coefficients x_1 and x_2 . The results obtained for germination energy and laboratory germination of the tomato seeds from the mentioned varieties after stay of 365 days from treatment to sowing, correlate with those in variety *Milyana* [4], whose seeds have stayed for 12 days from treatment to sowing in laboratory conditions. The treatment with parameters of variant 1 ($U=12$ kV and $\tau=35$ s) could be recommended as the most efficient for stimulation of the germination energy and laboratory germination of tomato seeds.

CONCLUSIONS

The study found an extended favourable impact of the pre-sowing electromagnetic treatment (in specified values for the controlled factors) on the seeds from Bulgarian tomato varieties *Milyana*, *Plovdivska karotina*, *IZK Alya F₁* and *Ideal* after 365 days of stay to sowing.

An increase of the germination energy ($g.e.$) and laboratory germination ($g.$) of the seeds towards the control (untreated) seeds was established after pre-sowing electromagnetic treatment in the corona discharge field with parameter of the controlled factors: voltage between the electrodes $U=12$ kV and duration of the impact $\tau=35$ s and after one year stay of the seeds to their sowing. The increase is as follows: for variety *Milyana* – $g.e.=109,23\%/c$ and $g.=105,71\%/c$, for variety *Plovdivska karotina* – $g.e.=109,86\%/c$, $g.=108,11\%/c$, for variety *Ideal* – $g.e.=98,61\%/c$, $g.=104,00\%/c$ and for variety *Vodoley F₁* – $g.e.=101,49\%/c$, $g.=102,78\%/c$.

It was established that in low values of the controlled factors of electromagnetic treatment: voltage between the electrodes $U=6$ kV and period of impact $\tau=5$ s and after one year stay of the seeds to their sowing, a depression of the observed laboratory parameters is observed in which the germination energy and laboratory germination reach 95%/c.

It was found that in the calculated equations, the coefficient of regression in front of the coded value x_1 of the controlled factor of impact voltage U are with higher values compared to these in front of the coded value of the factor duration of treatment x_2 , that demonstrates the greater influence of the voltage on the effect of the pre-sowing treatment.

Electromagnetic treatment with parameters: voltage $U=12$ kV and duration of the treatment $\tau=35$ s could be recommended as the most efficient for stimulation of the germination energy and the germination of the seeds from Bulgarian tomato varieties.

REFERENCES

[1]. Aladjadjian A. (2007) – *The use of physical methods for plant growing stimulation in Bulgaria*. Journal of Central European Agriculture, 8 (3): 369-380;

коэффициенти са най-малките в сравнение с другите подобни. Описаното може да се обясни със сортовата особеност на семената от сортове *Миляна* и *Пловдивска каротина*.

Взаимодействието между факторите напрежение U и продължителност на обработка τ може да се констатира и анализира от стойностите пред коефициентите x_1 и x_2 . Получените резултати за кълняема енергия и лабораторна кълняемост на семената от домати на споменатите сортове, след престой от обработка до засяването им 365 денонощия напълно корелират с тези при сорт *Миляна* [2], чиито семена са престояли 12 денонощия от обработката до засяването в лабораторни условия. При това обработката с параметрите на вариант 1 ($U=12$ kV и $\tau=35$ s) може да се препоръча като най-ефективна за стимулиране на кълняемата енергия и лабораторна кълняемост на семената от домати.

ИЗВОДИ

След 365 денонощия престой до засяването е констатирано продължаващо благотворно въздействие на предсеитбените електромагнитни обработки (при определени стойности на управляемите фактори) върху семена от български сортове домати: *Миляна*, *Пловдивска каротина*, *ИЗК Аля*, *Водолей F₁* и *Идеал*.

След предсеитбени електромагнитни обработки в полето на коронен разряд с параметри на управляемите фактори: напрежение между електродите $U=12$ kV и продължителност на въздействието $\tau=35$ s, и след едногодишен престой на семената до засяването им е установено увеличаване на кълняемата енергия ($к.е.$) и на лабораторната кълняемост ($к.$) спрямо контролните семена както следва: за сорт *Миляна* – $к.е.=109,23\%/к$ и $к.=105,71\%/к$, за сорт *Пловдивска каротина* – $к.е.=109,86\%/к$ и $к.=108,11\%/к$, за сорт *Идеал* – $к.е.=98,61\%/к$ и $к.=104,00\%/к$ и за сорт *Водолей F₁* – $к.е.=101,49\%/к$ и $к.=102,78\%/к$.

Установено е, че при ниските стойности на управляемите фактори на електромагнитна обработка: напрежение между електродите $U=6$ kV и продължителност на въздействието $\tau=5$ s, и след едногодишен престой на семената до засяването им се получава потискане на наблюдаваните лабораторни параметри, при което кълняемата енергия и лабораторната кълняемост достигат до 95%/к.

Констатирано е, че в пресметнатите уравнения, коефициентите на регресия пред кодираната стойност x_1 на управляемия фактор на въздействие напрежение U са с по-големи стойности от тези пред кодираната стойност на фактора продължителност на обработката x_2 , което показва по-голямото влияние на напрежението върху ефекта от предсеитбената обработка.

Електромагнитна обработка с параметри: напрежение $U=12$ kV и продължителност на обработката $\tau=35$ s може да се препоръча като най-ефективна за стимулиране на кълняемата енергия и кълняемостта на семената на българските сортове домати.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Антонова, Г., С. Дечева, М. Михов, К. Сираков, Св. Захариев, Ив. Палов (2013) – *Проучване на ефекта от предсеитбена електромагнитна обработка върху кълняемостта на семена от главесто зеле*.

[2]. Antonova G., Decheva S., Mihov M., Sirakov K., Zahariev S., Palov I. (2013) – *Study on the effect of pre-sowing electromagnetic treatment on germination of head cabbage seeds*, Agricultural Engineering, Vol.50, Issue 1, pg.22-26;

[3]. Danailov Zh. (2012) – *Breeding and seed production of tomato (Solanum lycopersicum L.). History, methods, achievements, trends*. Academic Publishing House “Prof. M. Drinov”, Sofia;

[4]. Ganeva D., Mihov M., Palov I., Sirakov K., Zahariev S. (2013) – *Results of laboratory tests after pre-sowing electromagnetic treatment of seeds of Bulgarian tomato varieties*, Agricultural Engineering, Vol. 50, Issue 3, pg.13-21;

[5]. Ganeva D., Sirakov K., Mihov M., Palov I., Zahariev S. (2014) – *Study on the effect of pre-sowing electromagnetic treatment of tomato seeds on germination in laboratory and field conditions*, Agricultural Engineering, Volume 51, Issue 2, pg.13-18;

[6]. International Seed Testing Association (ISTA). (2004) – *International rules for seed testing*. Bassersdorf, Switzerland;

[7]. Kartalov P., Petrov H., Doykova M., Boshnakov P. (1990) – *Vegetable growing and seed production*. Zemizdat, Sofia;

[8]. Lakin G. (1990) – *Biometry*. Publishing House “Graduated school”, Moscow;

[9]. Martinez E., Carbonell M., Florez M. (2004) – *Influence of 125 and 250 mT stationary magnetic field on the rate of germination of barley seeds (Hordeum vulgare L.)*. Proceedings of the Union of scientist “Energy Efficiency and Agricultural Engineering”, Ruse, Bulgaria, 3-5 June 2004, pg. 131-136;

[10]. Mitkov A., Kardashevski S. (1977) – *Statistical methods in Agricultural technique*, Zemizdat, Sofia;

[11]. Palov I., Stoilova A., Radevska M., Sirakov K. (2008) – *Results from research of pre-sowing electromagnetic treatment of seeds from Bulgarian cotton varieties*. Agricultural Engineering, Vol. 46, Issue 5, pg.12-19;

[12]. Pozeliene A., Lynikiene S. (2009) – *The treatment of rape (Brassica napus L.) seeds with the help of electrical field*. Agronomy Research, 7 (1): 39-46;

[13]. Sirakov K., Ganeva D., Mihov M., Martev K., Zahariev S. Palov I. (2014) – *Study of the influence of electromagnetic treatment and storage period on propagating seed quality of tomato Milyana variety*, Agricultural Engineering, Vol. 51, Issue 3-4, pg. 21-26.

Селскостопанска техника, 50 (1): 22-26;

[2]. Ганева, Д., М. Михов, Ив. Палов, К. Сираков, Св. Захариев (2013) – *Резултати от лабораторни изследвания след предсеитбена електромагнитна обработка на семена български сортове домати*. Селскостопанска техника, 50 (3): 13-21;

[3]. Ганева, Д., К. Сираков, М. Михов, Ив. Палов, Св. Захариев (2014) – *Анализ на посевните качества на семена от домати след електромагнитна обработка при изследвания в лабораторни и полски условия*. Селскостопанска техника, 51 (2): 13-18;

[4]. Данаилов, Ж. (2012) – *Селекция и семе-производство на домати (Solanum lycopersicum L.). История, методи, постижения, тенденции*. Академично издателство “Проф. М. Дринов”, София, 265;

[5]. Карталов, П., Х. Петров, М. Дойкова, П. Бошнаков (1990) – *Зеленчукопроизводство със семепроизводство*. Земиздат, София, 295;

[6]. Лакин, Г. (1990) – *Биометрия*. Высшая школа, Москва, 352;

[7]. Митков, А., С. Кардашевски (1977) – *Статистически методи в селскостопанската техника*. Земиздат, София, 501;

[8]. Палов, Ив., А. Стоилова, М. Радевска, К. Сираков (2008) – *Резултати от изследвания на предсеитбена електромагнитна обработка на семена от нови български сортове памук*. Селскостопанска техника, 46 (5): 12-19;

[9]. Сираков, К., Д. Ганева, М. Михов, К. Мартев, Св. Захариев, Ив. Палов (2014) – *Изследване влиянието на предсеитбената електромагнитна обработка и срока на съхранение върху посевните качества на семена от домати сорт Милана*. Селскостопанска техника, 51 (3-4): 21-26;

[10]. Аладжаджиян. А. (2007) - *Използване на физични методи за стимулиране на растежа на растенията в България*. Списание на Централното Европейско селско-стопанство, 8 (3): 369-380;

[11]. Международна асоциация за тестиране на семена (ИСТА) (2004) - *Международни нормативи за тестиране на семена*, Басерсдорф, Швейцария.

[12]. Мартинез., Е., М. Карбонел и М. Флорез (2004) - *Влияние на стационарно магнитно поле от 125 и 250 mT върху степента на поникване на ечемични семена (Hordeum vulgare L.)*. Сборник трудове от Съюз на учените „Енергийна ефективност и аграрно инженерство”, Русе, България, 3-5 юни, 2004, 131-136

[13]. Позелене, А. С. Линикиене (2009) - *Третиране на семена от рапица (Brassica napus L.) с помоща на електрично поле*. Аграрна наука, 7 (1): 39-46.