

Elektromagnetinių laukų įtaka sėklų dygimo dinamikai

**Aušra Požėlienė,
Alfredas Stašelis**

Lietuvos žemės ūkio universitetas,
Akademija,
LT-4324 Kauno rajonas,
el. paštas ae@nora.lzua.lt

Stefa Lynikienė

Lietuvos žemės ūkio inžinerijos
institutas,
Raudondvaris,
LT-4320 Kauno rajonas,
el. paštas stely@mei.lt

Tyrimai vykdyti Lietuvos žemės ūkio universiteto Agroenergetikos katedroje ir Lietuvos žemės ūkio inžinerijos instituto Energetikos skyriuje 1999–2002 m. Literatūros šaltiniuose teigiama, kad elektromagnetinis laukas ar jo atmainos – elektriniai ir magnetiniai laukai – sukelia sėklose fiziologinius ir biocheminius pokyčius. Pagreitėja vandens pasisavinimas, suintensyvėja dygstančios sėklos kvėpavimas, padidėja jų daigumas. Apžvelgus įvairių autorių duomenis apie elektromagnetinių laukų panaudojimą skatinant sėklų daigumą pasigendama jų dygimo dinamikos tyrimų.

Tyrimai buvo atlikti su morkų ‘Šatrija’, burokėlių ‘Kamuoliai’ ir miežių ‘Ula’ sėklomis, naudojant kintamą magnetinį ir nuolatinės srovės vainikinio išlydžio laukus.

Tyrimų metu nustatyta, kad elektromagnetiniais laukais paveiktų sėklų dygimo tankio funkcijos aprašomos lognormaliuoju, o nepaveiktų – normaliuoju skirstiniu. Tai rodo, kad laukais paveiktos sėklos sudygsta greičiau nei nepaveiktos, jų sudygimo darba didesnė. Dėl skatinančio laukų poveikio morkų sėklų daigumas padidėja 11–17, burokėlių sėklų – 9–12, o miežių – 7–16% ir yra esminis.

Raktažodžiai: elektrinis ir magnetinis laukas, morkų, burokėlių ir miežių sėklų dygimo dinamika, daigumas

IVADAS

Pastebėta, kad elektromagnetinis laukas ar jo atmainos – elektriniai ir magnetiniai laukai – sukelia sėklose fiziologinius-biocheminius pokyčius. Pagreitinamas vandens pasisavinimas, suintensyvėja dygstančios sėklos kvėpavimas bei fotosintezė ir todėl padidėja sėklos daigumas [18]. Apdorojimui naudojami aukšto ar superaukšto dažnio elektromagnetiniai, kintamosios ar nuolatinės srovės bei vainikinio išlydžio elektriniai ir įvairaus stiprumo magnetiniai laukai.

Apdorojus morkų, burokėlių, turnepso, krapų ir ridikėlių sėklas superaukšto dažnio (2,4 GHz) įrengi-

niais, nustatyta, kad mažo daigumo 15–30% sėkla į lauko poveikį nereagavo, o kondicinės sėklos daigumas padidėjo 7–14% [13]. Apdorojus šitokio dažnio elektromagnetiniu lauku svogūnų sėklą, nustatyta, kad sėklos daigumas padidėjo 6–8%, o daigai pasirodė 3–4 dienomis anksčiau [20]. Elektromagnetinio aukšto dažnio poveikio tyrimai su daržovių sėklomis, atlikti Maskvos VAU, parodė, kad jų daigumas padidėjo 14–18% [14].

Dauguma mokslininkų nagrinėja sėklų skatinimą, naudojant vainikinio išlydžio elektros lauką [1, 12, 14]. Vieni iš jų siūlo apdoroti tik vainikinio išlydžio lauke [1, 12–14] ir pažymi daigumo padidėjimą 7–19%, kiti – apdoroti vainikinio išlydžio lauke deri-

nant su mirkymu ar tolimesniu augalų laistymu magnetiniu vandeniu [11].

Be vainikinio išlydžio, sėkloms skatinti naudojamas ir elektrostatinis laukas [4, 16, 19], kuris padidina sėklų dygimo energiją 5–20% [16], o derliaus priedas sudaro 20–25% [4].

Žinoma, kad panaudotas magnetinis laukas sėkloje aktyvina fermentų kompleksus, kurie užtikrina greitesnį gemalo augimą, padidina dygimo energiją ir pagreitina išsisknijimą [2, 3, 6]. Minėti autoriai nurodo, kad lauko daigumas po magnetinio apdorojimo padidėja 8%. Autoriaus [3] teigimu, impulsinis magnetinis laukas, kurio impulsų trukmė 10–40 μ s, sužadina magnetiškai surištas tarpląstelines sėklos struktūras: 20–45% padidina daigumą, 30–55% – dygimo energiją, 20 dienų sutrumpina vegetacijos periodą, o daržovių derlius padidėja 15–29%. Sėklų apdorojimas žemos temperatūros plazma ir magnetiniu lauku [15] įgalina 6–10% padidinti dygimo energiją bei daigumą.

Nepaisant skirtingų literatūros šaltinių, nagrinėjančių elektromagnetinių laukų įtaką sėklų daigumo skatinimui, neradome duomenų apie skatintų sėklų dygimo dinamiką.

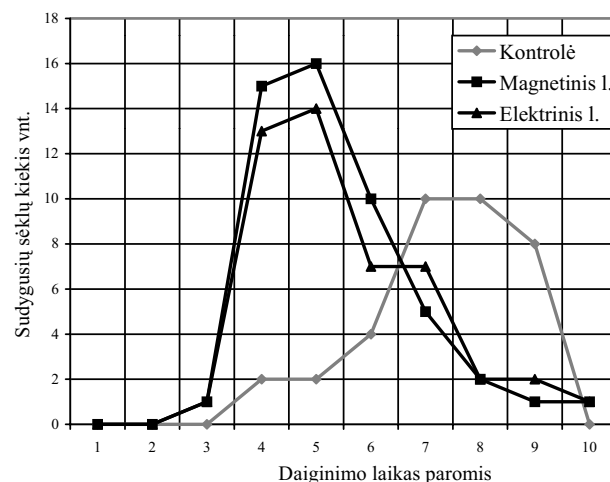
Tyrimų tikslas – elektromagnetinių laukų poveikio sėklų dygimo dinamikai dėsningumo ir daigumo skatinimo efekto nustatymas.

METODAI IR SĄLYGOS

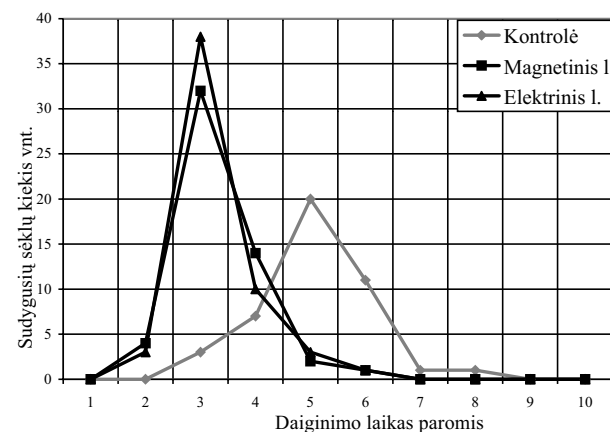
Nagrinėjant magnetinio ir elektrinio (vainikinio išlydžio) lauko įtaką sėklų dygimo dinamikai buvo pasirinktos morkų, burokėlių ir miežių sėklos. Magnetiniu lauku sėklos buvo apdorojamos Lietuvos žemės ūkio universiteto Agroenergetikos katedroje. Elektriniu lauku sėklos apdorotos Lietuvos žemės ūkio inžinerijos instituto Energetikos skyriuje. Magnetinio lauko parametrai: morkų ($\sim H = 6,2$ A/m, $t = 600$ s, $f = 50$ Hz), burokėlių ($\sim H = 8,6$ A/m, $t = 360$ s, $f = 50$ Hz) ir miežių ($\sim H = 12,0$ A/m, $t = 300$ s, $f = 50$ Hz) sėkloms. Elektrinio lauko parametrai: morkų ($E = 2 \cdot 10^5$ V/m, $t = 2$ s), burokėlių ($E = 3 \cdot 10^5$ V/m, $t = 2$ s) ir miežių ($E = 3 \cdot 10^5$ V/m, $t = 2$ s) sėkloms. Kontrolinis morkų sėklų daigumas – 36, burokėlių – 43 ir miežių – 65%. Laukų parametrai įvairių augalų sėkloms pasirinkti remiantis paieškomųjų tyrimų duomenimis, kurie pateikti straipsniuose [5, 7–10]. Tiek magnetiniu, tiek elektriniu lauku sėklos paveikiamos tą pačią dieną, o padiegiamos praėjus 5 ir 10 dienų po poveikio. Sėklos daiginamos Petri lėkštelėse ant drėgno filtracinio popieriaus termostate TPS-2 20°C temperatūroje. Kiekvienas variantas daiginamas 4 pakartojimais, o vienas pakartojimas turi 100 sėklų. Sudygsių sėklų kiekis visuose variantuose skaičiuojamas kiekvieną dieną. Kontrolinių ir laukais paveiktų sėklų daigumų vidutinėms reikšmėms įvertinti naudotas Stjudento kriterijus.

REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

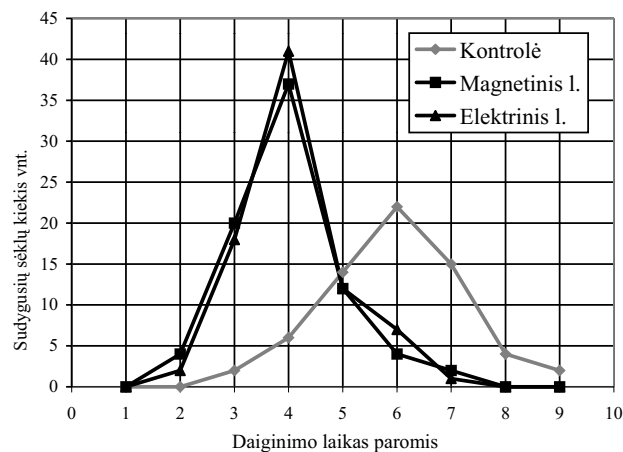
Morkų, burokėlių ir miežių sėklų dygimo dinamika parodyta 1–3 pav.



1 pav. Morkų sėklų dygimo dinamika po 5 dienų atsigulėjimo



2 pav. Burokėlių sėklų dygimo dinamika po 10 dienų atsigulėjimo



3 pav. Miežių sėklų dygimo dinamika po 10 dienų atsigulėjimo

Analizuojant gautus rezultatus pastebėta, kad tiek po 5, tiek po 10 dienų atsigulėjimo nepaveiktų (kontrolinių) sėklų dygimo tankio funkcija aprašoma normaliuoju skirstiniu [17]

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (1)$$

o paveiktų elektriniu ar magnetiniu lauku – lognormaliuoju skirstiniu [17]

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right); \quad (2)$$

čia $f(x)$ – tankio funkcija;

x – kiekvieną dieną sudygusių sėklų kiekis vnt.;

μ – matematinė viltis;

σ – vidutinis kvadratinis nukrypimas.

Formulių (1) ir (2) skaitinės reikšmės pateiktos 1 lentelėje. Lognormalusis skirstinys, būdingas elektromagnetiniais laukais paveiktų sėklų dygimo tankiui, patvirtina teiginį, kad dėl šių laukų poveikio sėklos sudygsta keliomis dienomis anksčiau. Analizuojant kontrolinių ir laukais paveiktų sėklų dygimo tankio funkcijų vidutinius kvadratinius nukrypimus (1 lentelė) matyti, kad paveiktų sėklų dygimas kur kas darnesnis. Sudygusių, laukais paveiktų sėklų sklaida 5–6 kartus mažesnė nei kontrolinių.

Gauti rezultatai rodo, kad elektromagnetiniais laukais paveiktos sėklos ne tik greičiau ir darniau sudygsta, bet ir jų daigumas yra didesnis už kontrolinių sėklų. Elektromagnetiniais laukais paveiktų morkų daigumas – 11–17, burokėlių – 9–12, miežių – 7–16% didesnis už kontrolinių sėklų daigumą. Sprendžiant apie esminį ar atsitiktinį paveiktų sėklų daigumo padidėjimą buvo naudotas Stjudento kriterijus. Laukų įtakos sėklų daigumo skatinimui įvertinimas pateiktas 2 lentelėje.

1 lentelė. Normaliojo ir lognormaliojo skirstinių parametrai

| Variantas | μ | σ | χ^2 | Skirstinys |
|---|-------|----------|----------|------------|
| Morkos (atsigulėjimas 5 d.) | | | | |
| Kontrolė | 7,33 | 1,37 | 8,38 | Norm. |
| Magnetinis 1 | 1,65 | 0,247 | 4,33 | Lognorm. |
| Elektrinis 1. | 1,67 | 0,267 | 4,79 | Lognorm. |
| Morkos (atsigulėjimas 10 d.) | | | | |
| Kontrolė | 7,11 | 1,37 | 4,95 | Norm. |
| Magnetinis 1 | 1,61 | 0,24 | 5,97 | Lognorm. |
| Elektrinis 1. | 1,63 | 0,234 | 3,52 | Lognorm. |
| Burokėliai (atsigulėjimas 5 d.) | | | | |
| Kontrolė | 5,56 | 1,19 | 7,04 | Norm. |
| Magnetinis 1 | 1,15 | 0,21 | 7,37 | Lognorm. |
| Elektrinis 1. | 1,25 | 0,20 | 7,99 | Lognorm. |
| Burokėliai (atsigulėjimas 10 d.) | | | | |
| Kontrolė | 5,07 | 0,99 | 5,48 | Norm. |
| Magnetinis 1 | 1,18 | 0,217 | 2,09 | Lognorm. |
| Elektrinis 1. | 1,17 | 0,205 | 6,68 | Lognorm. |
| Kai $f = 7$ ir $p = 0,05$: $\chi^2_{0,95} = 14,1$ | | | | |
| Miežiai (atsigulėjimas 5 d.) | | | | |
| Kontrolė | 5,92 | 1,08 | 7,69 | Norm. |
| Magnetinis 1 | 1,32 | 0,194 | 2,93 | Lognorm. |
| Elektrinis 1. | 1,35 | 0,249 | 4,56 | Lognorm. |
| Miežiai (atsigulėjimas 10 d.) | | | | |
| Kontrolė | 5,92 | 1,27 | 1,81 | Norm. |
| Magnetinis 1 | 1,38 | 0,23 | 5,83 | Lognorm. |
| Elektrinis 1. | 1,35 | 0,26 | 5,83 | Lognorm. |
| Kai $f = 6$ ir $p = 0,05$: $\chi^2_{0,95} = 12,6$ | | | | |
| Pastaba: f – laisvių skaičius; p – reikšmingumo lygmuo; χ^2 – Pirono kriterijus. | | | | |

2 lentelė. Magnetinio ir elektrinio lauko poveikio sėklų daigumui rezultatų įvertinimas

| Variantas | \bar{x} | s | $t_{skaič.}$ | $t_{(0,95; 6)}$ | Pastabos |
|---|-----------|------|--------------|-----------------|----------|
| Morkos (atsigulėjimas 5 d.) | | | | | |
| Kontrolė | 36 | 3,3 | | 2,45 | |
| Magnetinis laukas | 51 | 3,2 | 5,65 | | Esminis |
| Elektrinis laukas | 47 | 0,82 | 5,6 | | Esminis |
| Morkos (atsigulėjimas 10 d.) | | | | | |
| Kontrolė | 36 | 3,6 | | 2,45 | |
| Magnetinis laukas | 53 | 2,2 | 7,4 | | Esminis |
| Elektrinis laukas | 52 | 2,2 | 7,0 | | Esminis |
| Burokėliai (atsigulėjimas 5 d.) | | | | | |
| Kontrolė | 43 | 3,6 | | 2,45 | |
| Magnetinis laukas | 53 | 4,04 | 3,2 | | Esminis |
| Elektrinis laukas | 52 | 2,8 | 3,42 | | Esminis |
| Burokėliai (atsigulėjimas 10 d.) | | | | | |
| Kontrolė | 43 | 3,3 | | 2,45 | |
| Magnetinis laukas | 53 | 3,4 | 3,5 | | Esminis |
| Elektrinis laukas | 55 | 3,0 | 4,4 | | Esminis |
| Miežiai (atsigulėjimas 10 d.) | | | | | |
| Kontrolė | 65 | 4,55 | | 2,45 | |
| Magnetinis laukas | 72 | 2,45 | 2,71 | | Esminis |
| Elektrinis laukas | 76 | 3,26 | 3,93 | | Esminis |
| Miežiai (atsigulėjimas 10 d.) | | | | | |
| Kontrolė | 65 | 4,08 | | 2,45 | |
| Magnetinis laukas | 81 | 5,48 | 4,68 | | Esminis |
| Elektrinis laukas | 79 | 1,83 | 5,71 | | Esminis |
| Pastaba: \bar{x} – daigumo aritmetinis vidurkis; s – vidutinis kvadratinis nukrypimas; $t_{skaič.}$, $t_{(0,95; 6)}$ – skaičiuotas ir lentelinis Stjudento kriterijus. | | | | | |

Statistinis bandymų duomenų apdorojimas rodo, kad elektromagnetiniais laukais paveiktų sėklų daigumo padidėjimas, palyginus su kontrole, yra esminis.

IŠVADOS

1. Elektriniai ir magnetiniai laukai turi teigiamos įtakos mažo daigumo sėklų dygimo dinamikai. Jie 2–3 dienomis pagreitina sėklų sudygimą ir padidina dygimo darną.

2. Elektromagnetiniais laukais paveiktų sėklų daigumo tankio funkcija aprašoma lognormaliuoju, o nepaveiktų – normaliuoju skirstiniu.

3. Elektromagnetiniais laukais paveiktų morkų sėklų daigumas – 11–17, burokėlių sėklų – 9–12, miežių – 7–16% didesnis už kontrolinį. Daigumo padidėjimas yra esminis.

Gauta
2002 11 12

Literatūra

- Banevičienė Z., Požėlienė A. Priešsėjinio sėklos apdorojimo lazeriu ir koronos lauke efektyvumas žieminiams ir vasariniams miežiams // *Žemdirbystė: Mokslo darbai / LŽI*. 1995. T. 49. P. 167–177.
- Carbonell M., Martinez E., Raya A. Effects of 125 mT stationary magnetic field in the initial stages of growth of wheat // *Agricultural engineering: Research papers / LIAgEng&LU of Ag*. 2000. Vol. 32(3). P. 5–10.
- Davies Mark S. Effects of 60 Hz electromagnetic fields on early growth in three plant species and replication of previous results // *Bioelectromagnetics*. 1996. Vol. 17. N 2. P. 154–161.
- Yadov B. G. Sorting of viable seeds in electrostatic field // *Aspects of Applied Biology* 61, 2000 IAMFE / AAB UK 2000: The 11th International Conference and Exhibition on Mechanization of Field Experiments. P. 297–304.
- Orientienė V., Stašelis A. ir kt. Mechaninių, fizikinių ir cheminių veiksnių poveikis morkų sėklų dygimo energijai // *Sodininkystė ir daržininkystė. Mokslo darbai / LSDI*. 1998. T. 17(2). P. 104–110.
- Pietruszewski S. Effects of magnetic biostimulation of wheat seeds on germination, yield and proteins // *International Agrophysics*. 1996. Vol. 10. N 1. P. 51–55.
- Požėlienė A., Lynikienė S. Influencia de la corriente de descarga en corona en la calidad de semillas de rabano // *Agricultura*. 1998. N 797. P. 992–994.
- Požėlienė A. The particular of seed preparation in the electric field // *Agricultural Engineering: Research papers / LIAgEng&LU of Ag*. 2000. Vol. 32(3). P. 11–17.
- Stašelis A., Duchovskis P. Elektromagnetinių laukų poveikio išliekamasis efektas ridikėlių ir morkų derėjimui // *Žemės ūkio inžinerija. Mokslo darbai / LŽŪII ir LŽŪU*. 1997. T. 29(2). P. 141–147.
- Stašelis A., Brazaitytė A., Duchovskis P. Elektromagnetinių laukų poveikis pomidorams: pigmentų kiekis, fotosintezės intensyvumas bei derėjimas // *Žemės ūkio inžinerija. Mokslo darbai / LŽŪII ir LŽŪU*. 2000. T. 32(2). P. 81–89.
- Szendro P., Kaltay J. Vetomagok besugarzasa elektromagneses kisulesi terrel // *Elelmiszertfizik kozlin*. 1995. N 8. P. 36–41.
- US 0932332. Method and apparatus for enhancing growth characteristics of seeds using ionelectron avalanches / Levengood W. C. 1997 08 29–1999 08 04.
- Бородин И. Ф. Электромагнитное управление ростовыми процессами в растениеводстве // *Автоматизация сельскохозяйственного производства: Тезисы докладов международной научной конференции. Углич, 13–16 мая, 1997. С. 3–4.*
- Бородин И. Ф., Щербаков К. Н. Электрофизические способы стимуляции роста растений // *Техника в сельском хозяйстве*. 1998. № 5. С. 35–36.
- Ирха А. П. и др. Использование термической и магнитной обработки для обеззараживания и улучшения посевных качеств семян // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 1996. № 331. С. 136–141.
- Ли Я. Изучение повышения энергии прорастания семян огурца, томата и перца под действием электростатического поля // *Юаньи сюобло*. 1998. Т. 15. № 2. С. 115–119.
- Пустыльник Е. И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. Москва: Наука, 1968. 288 с.
- Путинцев А. Ф., Платонова Н. А. Обработка семян электромагнитным полем // *Земледелие*. 1997. № 4. С. 45.
- Шмигель В. В., Ниязов А. М. Зерновой слой в электростатическом поле // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 1998. № 6. С. 13–14.
- Юраев С. Е., Богун В. П., Никульшин В. П. Обработка семян электромагнитным полем // *Земледелие*. 1997. № 5. С. 40–41.

Aušra Požėlienė, Alfredas Stašelis, Stefa Lynikienė

INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC FIELDS ON SEED GERMINATION DYNAMICS

S u m m a r y

The study was conducted at the Department of Agricultural Energetics of Lithuanian University of Agriculture and at the Division of Energetics of Lithuanian Institute of Agricultural Engineering, during 1999–2002. Literature sources suggest that the electromagnetic field, or electric and magnetic fields, cause physiological-biochemical changes in seed. Treatment with these fields increases water absorption rate, the respiration rate of the germinating seed and raises seed viability. A review of the data on the use of electromagnetic fields for stimulating seed viability obtained by various researchers showed that the studies and data on seed germination dynamics are scarce.

Our tests were conducted with carrot, red beet and barley seed using the corona discharge field of the constant current and an alternating magnetic field.

We have determined that the functions of germination density of seeds exposed to electromagnetic fields

are described by lognormal distribution and those of the seed not exposed to the electromagnetic fields by normal distribution, *i.e.* that seeds exposed to electromagnetic fields germinate faster with a higher uniformity of germination. Under the stimulating effect of electromagnetic fields seed germination increases by 7–17%, *i.e.* the increase is significant.

Key words: electric and magnetic fields; carrot, red beet, barley seeds; germination dynamics; viability

Аушра Пожелене, Альфредас Сташялис, Стефа Линикене

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ДИНАМИКУ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН

Р е з ю м е

Исследования проведены на Кафедре агроэнергетики Литовского университета сельского хозяйства и в Отделе энергетики Литовского инженерного института сельского хозяйства в 1999–2002 гг. В литературных источниках указано, что электромагнитное поле или его разновидности – электрические и магнитные поля – вызывают в семенах физиологические

и биохимические изменения. Ускоряется усвояемость воды, интенсивнее становится дыхание прорастающего семени, увеличивается процент всхожести семян. При изучении полученных разными авторами результатов применения электромагнитных полей для стимулирования всхожести семян не обнаружены данные по динамике прорастания семян.

Наши исследования проводились на семенах моркови, столовой свеклы и ячменя. Применялись переменное магнитное поле и поле коронного разряда постоянного тока. В ходе исследований установлено, что функция плотности прорастания обработанных полями семян описывается логнормальным, а необработанных – нормальным распределением. Характер этих распределений указывает на то, что обработанные полями семена прорастают раньше необработанных и дают более обильные всходы. Благодаря стимулирующему эффекту электромагнитных полей всхожесть семян увеличивается на 7–17%, что представляется существенным.

Ключевые слова: электрическое и магнитное поля; семена моркови, столовой свеклы, ячменя; динамика прорастания; всхожесть