

# Применение электрически заряженного аэрозоля при химической защите растений

Догода П.А., Догода А.П., Красовский В.В., Цолин Р.А., Трофимов И.М.

Агротехнологическая академия Крымского Федерального Университета им. В. И. Вернадского, 295492, Республика Крым, г. Симферополь, п. Аграрное

**Аннотация.** В статье рассматривается разработка устройства и преимущество систем опрыскивания пестицидов с электростатическим распыляемым аэрозолями, предназначенных для уменьшения объема вносимых пестицидов, а также для улучшения условий труда. Электростатическое распылительное устройство включает в себя внешний кольцевой индукционный зарядный электрод вокруг гидравлического сопла с высокой скоростью потока. Открытые секции по сторонам распылительного устройства создают воздушный поток посредством всасывания на конце сопла. Данный воздушный поток защищает электрод от попадания на него распыляемой жидкости, которая может вызвать нежелательный коронный разряд. Для крупных теплиц предлагается использовать робота по типу Bogaerts Qii-Jet, модернизированного электростатическим устройством для электростатического распыления. Робот оснащается в общей сложности восемью электростатическими распылительными форсунками (со скоростью потока на форсунку 0,56 л/мин. и отношением заряда к массе  $-0,45$  мК/кг). Был проведен эксперимент по определению оставшегося количества насекомых-вредителей после распыления химических веществ, а также объема и качества овощей по сравнению с неэлектростатическим распылением. Штанговый опрыскиватель, оборудованный электростатическим устройством, был разработан и испытан. Полевые испытания показали, что этот штанговый опрыскиватель позволяет снизить количество необходимого объема пестицидов на 30%. При этом качество и урожайность культур были одинаковыми для обоих способов опрыскивания. Для опрыскивания в теплицах был предложен робот, оборудованный электростатическим устройством. Использование электростатического устройства на работе для опрыскивания даст возможность уменьшить норму внесения ядохимикатов, а также обезопасить человека.

**Ключевые слова:** эффективность; электроаэрозоль; опрыскивание; кольцо-диэлектрик.

**Для цитирования:** Догода П.А., Догода А.П., Красовский В.В., Цолин Р.А., Трофимов И.М. Применение электрически заряженного аэрозоля при химической защите растений // «Магарач». Виноградарство и виноделие, 2021;23(2): 173-177. DOI 10.35547/IM.2021.23.2.011

# Application of electrically charged aerosol for chemical plant protection

Dogoda P.A., Dogoda A.P., Krasovsky V.V., Tsolin R.A., Trofimov I.M.

Agrotechnological Academy of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadskiy, Agrarnoye village, 295492 Simferopol, Republic of Crimea

**Abstract.** This article discusses the development of the device and the advantages of pesticide spraying systems with electric charging of sprayed aerosols, intended to reduce the amount of pesticides applied, as well as to improve working conditions. The electrically charging spraying device includes an external annular induction and charging electrode around the high flow rate hydraulic nozzle. Open sections on the sides of the spraying device create airflow by suction at the end of the nozzle. This airflow protects the electrode from spraying liquid that can cause unwanted corona discharge. It is proposed to use a robot of the Bogaerts Qii-Jet type, upgraded with electric charger for electrostatic spraying for large greenhouses. The robot is equipped with eight electrostatic spraying nozzles (with a flow rate per nozzle of 0.56 l/min and a charge-to-weight ratio of 0.45 mC/kg). The experiment determining the remaining amount of insect pests after spraying chemicals, and the volume and quality of vegetables, compared to non-electrostatic spraying, was carried out. The boom sprayer equipped with an electric charger was developed and tested. Field experiments have shown that this boom sprayer can reduce the amount of the required pesticide by up to 30%. At that, the quality and yielding power of crops were the same for both methods of spraying. For spraying in greenhouses, a robot equipped with an electric charger was proposed. Using of electric charger on the spraying robot will make it possible to reduce the rate of introduction of pesticides, as well as to protect a man.

**Key words:** efficiency; electro-aerosol; spraying; dielectric ring.

**For citation:** Dogoda P.A., Dogoda A.P., Krasovsky V.V., Tsolin R.A., Trofimov I.M. Application of electrically charged aerosol for chemical plant protection. Magarach. Viticulture and Winemaking, 2021; 23(2): 173-177. (in Russian). DOI 10.35547/IM.2021.23.2.011

## Введение

В России при возделывании сельскохозяйственных культур, урожайность которых напрямую зависит от применения ядохимикатов, обычно использу-

ются пестициды в форме водорастворимых порошков, суспензий и эмульсий. Разбавленные пестициды распыляются через форсунки с использованием мощного насосного оборудования. Объем внесения ядохимикатов в нашей стране достаточно велик, в отличие от западных стран, где обычно используются малообъемные и ультрамалообъемные методы опры-

скивания, что достигается за счет применения современных технологий внесения химических препаратов. В настоящее время на отечественном рынке нет с.-х. машин, которые позволяют повысить использование химикатов по целевому назначению. Использование таких машин дало бы возможность снизить объемную дозировку вносимых препаратов, повысив тем самым экономичность, и уменьшить загрязнение окружающей среды.

### Материалы и методы исследования

Одной из передовых технологий, возможных для снижения дозировки, является распыление с использованием электростатической зарядки. Почти все типы широко распространенных опрыскивателей с электростатической зарядкой, используемых в Европе и США, используются при малообъемном и ультрамалообъемном опрыскивании.

Для решения данной проблемы было разработано электростатическое зарядное устройство (рис.1), которое может обеспечить высокую адгезионную способность. Было предложено два типа опрыскивателей: полевой штанговый и тепличный, с использованием зарядного устройства.

В работе рассматривается разработка устройства и преимущество систем опрыскивания пестицида с электрозарядкой распыляемых аэрозолей, предназначенных для уменьшения объема вносимых пестицидов, а также для улучшения условий труда.

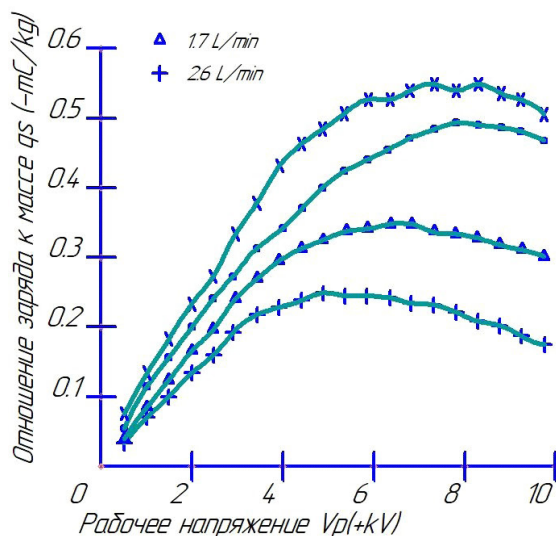
Электрозарядное распылительное устройство включает в себя внешний кольцевой индукционный зарядный электрод вокруг гидравлического сопла с высокой скоростью потока. Открытые секции по сторонам распылительного устройства создают воздушный поток посредством всасывания на конце сопла. Воздушный поток защищает электрод от попадания на него распыляемой жидкости, которая может вызвать нежелательный коронный разряд.

Для оценки эффективности зарядного устройства, были проведены измерения отношения заряда к массе капель брызг. При повышении напряжения, при-

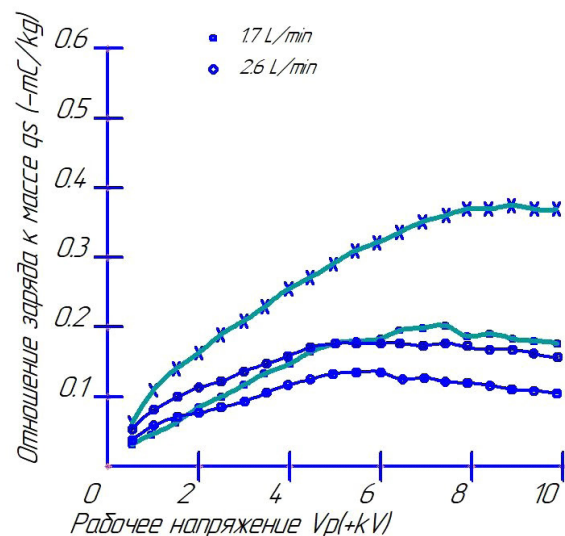


Рис. 1. Форсунка с электрозарядным электродом типа «кольцо»  
Fig. 1. Nozzle with electrically charged ring-type electrode

ложенного к электроду, до +4 кВ отношение заряда к массе капель увеличивается, это происходит без разряда (короткого замыкания). И, наоборот, отношение заряда к массе уменьшается, когда приложенное напряжение повышается до 8,5 кВ. Замечено, что отношение заряда к массе постоянно выше при использовании распылительных насадок с полым конусом вместо плоских распылительных насадок (рис. 2). Отношение заряда к массе снизилось на 13–18%, когда зазор между распылительным конусом и электродом увеличился на 1,6 мм. Отношение заряда к массе, по-



Распылительная насадка с полым конусом



Обычная распылительная насадка

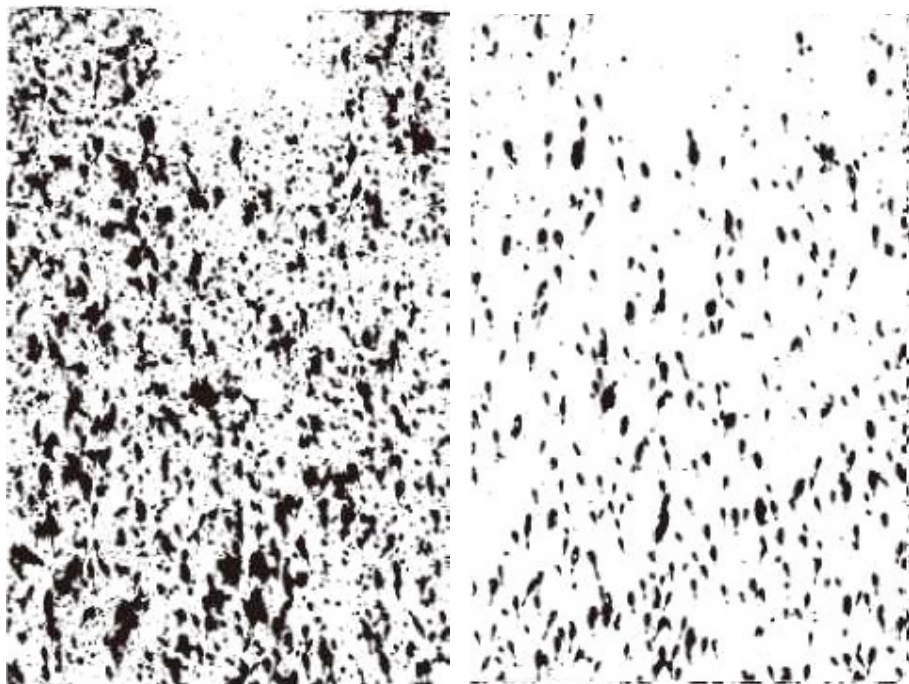
Рис. 2. Соотношение между рабочим напряжением и отношением заряда к массе (рабочее давление сопла: 1,5 МПа)  
Fig. 2. Ratio between working voltage and charge-to-weight ratio (nozzle working pressure: 1.5MPa)

лученное в таких условиях, составляло от  $-0,20$  до  $-0,45$  мК/кг при  $+4$  кВ с соплом с полым конусом, имеющим скорость потока от  $0,56$  до  $2,6$  л/мин.

В России обработка ядохимикатами с.-х. культур в течение вегетационного периода может применяться до семи раз с нормой внесения до  $20$  л/га. В связи с этим, необходимо спроектировать машину, которая позволит минимизировать воздействие на окружающую среду и снизить затраты на обработки. Нами предложено применение отечественных камерных опрыскивателей с устройством электростатической зарядки.

Лабораторные эксперименты проводились для подтверждения эффективности «налипания» каплей при использовании электрозарядного устройства. Для сравнения проводили эксперимент со штатным опрыскивателем, в процессе экспериментов влияние ветра в поле не учитывалось. Для определения размеров и плотности покрытия рабочим раствором листьев использовали чувствительную к воде индикаторную бумагу, размещенную в разных зонах растения.

Результаты и обсуждение. Метод электростатического распыления показал повышение «налипания» каплей (рис. 3). Были изучены показатели покрытия, полученные для различных частей растения. На верхней стороне листа электростатический метод обеспечил покрытие до  $50,4\%$  по сравнению с  $30,5\%$  от неэлектростатического метода распыления при той же норме внесения. Более того, электростатический метод дал меньший коэффициент вариации для степени покрытия, и осаждение пестицидов также было более равномерным.



**E140**

Total number of stain-dots: 3673

Общее количество каплей – 840.  
Средняя площадь на одну каплю –  $0,11$  мм<sup>2</sup>.  
Общий уровень покрытия –  $8,48\%$ .

**E140**

Total number of stain-dots: 3673

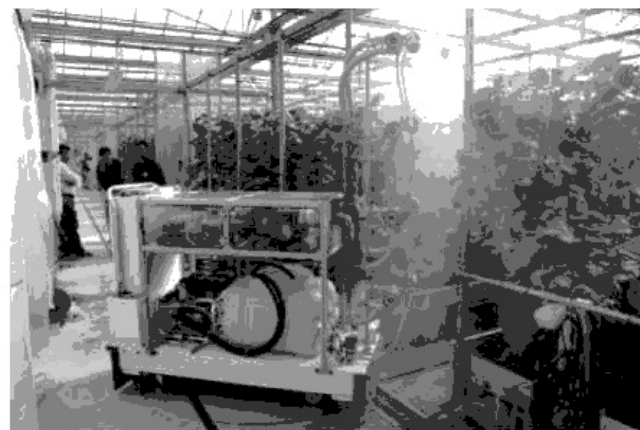
Общее количество каплей – 3673.  
Средняя площадь на одну каплю –  $0,081$  мм<sup>2</sup>.  
Общий коэффициент покрытия –  $28,2\%$ .

**Рис. 3.** Распределение капель на индикаторной бумаге, прикрепленной к растению (верхняя сторона)

**Fig. 3.** Distribution of drops on test-paper, attached to the plant (top side)

Полевой эксперимент был проведен для определения скорректированных значений плотности насекомых-вредителей после опрыскивания, а также урожайности и качества культуры по сравнению с обычным опрыскиванием.

Применение электростатического метода позволило снизить норму внесения препаратов на  $30\%$ . Данный эксперимент подтверждает превосходство электростатического распыления над обычным опрыскиванием. Качество и урожайность культуры были одинаковыми в обоих случаях опрыскивания.



**Рис. 4.** Робот-опрыскиватель с электрозарядным устройством

**Fig. 4.** Spraying robot with electric charger

### Борьба с вредителями в теплицах

В последнее время в средней полосе России наблюдается тенденция к крупномасштабному выращиванию овощей в теплицах. Для борьбы с вредителями в теплицах используется в основном ручной способ опрыскивания, данная процедура является трудозатратой, требует долгого пребывания в закрытых помещениях, где проводится химическая обработка. В данных условиях предлагается использовать роботизированный опрыскиватель с устройством электрозарядки, не требующий оператора, и обеспечивающий более высокую эффективность прилипания пестицидов к листьям сельскохозяйственных культур, чем при использовании традиционных методов.

Для крупных теплиц предлагается использование робота по типу Vogaerts Qii-Jet, модернизированного электрозарядным устройством для электростатического распыления (рис. 4). Робот оснащен в общей сложности восемью электростатическими распылительными форсунками (со скоростью потока на форсунку 0,56 л/мин. и отношением заряда к массе -0,45 мК/кг).

Был проведен эксперимент по определению оставшегося количества насекомых-вредителей после распыления химических веществ, а также количества и качества урожая овощей по сравнению с неэлектростатическим распылением пестицидов.

Показатели осадения на верхней поверхности листьев после электростатического распыления были в два раза выше, чем для неэлектростатического распыления. На нижней поверхности листьев показатели осадения капель раствора для электростатического метода были значительно выше, чем для распыления без применения электрозарядки.

### Выводы

Предложено использование электрозарядного метода опрыскивания. Штанговый опрыскиватель, оборудованный электрозарядным устройством, был разработан и испытан. Полевые испытания показали, что штанговый опрыскиватель позволяет снизить количество необходимого объема пестицидов на 30%. При этом качество и урожайность культур были одинаковыми для обоих способов опрыскивания.

Для опрыскивания в теплицах был предложен робот, оборудованный электрозарядным устройством. Использование электрозарядного устройства на работе для опрыскивания даст возможность уменьшить норму внесения ядохимикатов, а также обезопасить человека.

### Источник финансирования

Не указан.

### Financing source

Not specified.

### Конфликт интересов

Не заявлен.

### Conflict of interests

Not declared.

### Список литературы

1. Бычков В.В., Кадькало Г.И. Защита плантаций земляники от вредителей и болезней // Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства / Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. Рязань: ГНУ ВНИМС. 2013:185–193.
2. Глушанков Р.Е., Шевкун В.А., Бычков В.В., Шевкун Н.А. Пути развития мультисистемных опрыскивателей в садоводстве // Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства: Сб. научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Проблемы инновационного развития сельскохозяйственного производства на основе механизации и автоматизации агрохимического обслуживания». Рязань. 2013:177–185.
3. Догода П.А., Павленко Е.Я., Сорока В.Л., Догода Н.П., Догода А.П. Эффективность внедрения энергосберегающей технологии применения средств защиты растений // Теоретичний і науково-практичний журнал інженерної академії України. Вісник інженерної академії України. Київ. 2005;2:110–115.
4. Никитин Н.В. и др. Штанговые опрыскиватели с вращающимися распылителями // Защита и карантин растений. 2005;3:46–48.
5. Цымбал А.А., Яцков Р.П. Оценка качественных показателей опрыскивателя с электростатической подзарядкой капель // Тракторы и сельхозмашины. 2013;2:44–45.
6. Шевкун В.А., Глушанков Р.Е. Универсальный опрыскиватель для питомников // Плодоводство и ягодоводство России, 2018;36(42):331–337.
7. Agricultural pesticide sprayers. FAO Guidelines on equipment quality control and use. Rome. 2017;1:35.
8. Drincha V.M. and Rufai I.. Prospective areas in Agricultural Engineering Research for Sustainable Agriculture and Rural development. M.: VIM. 2015:168.
9. Johnston D.R., Rendell C.H., Sutherland J.A. The short-term fate of droplets of coarse aerosol size in ULV insecticide application onto a tropical field, crop. Ibid. 395–408.
10. Sehmel G.A. Turbulent deposition of monodisperse particles on simulated grass. In: Assessment of airborne particles. Springfield (111.): C.C. Thomas. 1972:18–43.
11. Fate of pesticides and chemicals in the environment. Ed. by J. L. Sclmooor. New- York etc.: Wiley, Cop. 2018:436 p.

### References

1. Bychkov V.V., Kadykalo G.I. Protection of strawberry plantations from pests and diseases. Problems of mechanization of agrochemical services for agriculture. Collection of scientific works based on the materials of the International Scientific and Practical Conference. Ryazan: GNU VNIMS. 2013:185–193 (in Russian).
2. Glushankov R.E., Shevkun V.A., Bychkov V.V., Shevkun N.A. Ways of development of multisystem sprayers in horticulture. Problems of mechanization of agrochemical services for agriculture. Collection of scientific works based on the materials of the International Scientific and Practical Conference "Problems of innovative development of agricultural production based on mechanization and automation of agrochemical services. Ryazan. 2013:177–185 (in Russian).
3. Dogoda P.A., Pavlenko E. Ya., Soroka V.L., Dogoda N.P., Dogoda A.P. The effectiveness of the introduction of energy-saving technology for the use of plant protection products. Theoretical and scientific-practical journal of the Engineering Academy of Ukraine. Bulletin of the Engineering Academy

- of Ukraine. Kiev. 2005;(2):110–115(in Russian).
4. Nikitin N.V. et al. Boom sprayers with rotating airbrush. Protection and plant quarantine. 2005;3:46–48 (in Russian).
  5. Tsymbal A.A., Yatskov R.P. Evaluation of quality indicators of a sprayer with electrostatic recharging of drops. Tractors and agricultural machines. 2013;2:44–45 (in Russian).
  6. Shevkun V.A., Glushankov R.E. Universal sprayer for nurseries. Fruit and berry growing in Russia. 2018;36(42):331–337 (in Russian).
  7. Agricultural pesticide sprayers. FAO Guidelines on equipment quality control and use. Rome. 2017;1:35.
  8. Drincha V.M. and Rufai I. Prospective areas in Agricultural Engineering Research for Sustainable Agriculture and Rural development. M.: VIM. 2015:168.
  9. Johnston D.R., Rendell C.H., Sutherland J.A. The short-term fate of droplets of coarse aerosol size in ULV insecticide application onto a tropical field, crop. Ibid. 395–408.
  10. Sehmel G.A. Turbulent deposition of monodisperse particles on simulated grass. In: Assessment of airborne particles. Springfield (111.): C.C. Thomas. 1972:18–43.
  11. Fate of pesticides and chemicals in the environment. Ed. by J. L. Sclmoor. New- York etc.: Wiley, Cop. 2018:436 p.

### Информация об авторах

**Петр Ануфриевич Догода**, д-р с.-х. наук, профессор кафедры технических систем в агробизнесе; petr.dogoda@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-4099-4655>;

**Александр Петрович Догода**, доцент кафедры технических систем в агробизнесе; gadget-09@mail.ru; <http://orcid.org/>

**Виталий Викторович Красовский**, доцент кафедры общетехнических дисциплин; vitaliy-krasovskiy@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-5556-9531>;

**Роман Александрович Цолин**, аспирант кафедры технических систем в агробизнесе; roman.tsolin@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-7612-1736>;

**Илья Михайлович Трофимов**, аспирант кафедры технических систем в агробизнесе; iliyaqx@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-6755-4038>.

### Information about authors

**Petr A. Dogoda**, Dr.Agric.Sci., Professor of Department of Agricultural Machinery Technical Systems in Agribusiness; petr.dogoda@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-4099-4655>;

**Aleksander P. Dogoda**, Assistant Professor of Department of Agricultural Machinery Technical Systems in Agribusiness; gadget-09@mail.ru;

**Vitaliy V. Krasovsky**, Assistant Professor of Department of General Technical Disciplines; vitaliy-krasovskiy@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-5556-9531>;

**Roman A. Tsolin**, Graduate Student of Department of Agricultural Machinery Technical Systems in Agribusiness; roman.tsolin@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-7612-1736>;

**Ilya M. Trofimov**, Graduate Student of Department of Agricultural Machinery Technical Systems in Agribusiness; iliyaqx@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-6755-4038>.

Статья поступила в редакцию 07.12.2020, одобрена после рецензии 02.02.2021, принята к публикации 20.05.2021