

Агрехимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

Научная статья

УДК 633.853.483+633.853.494:632.651

DOI: 10.25230/2412-608X-2024-2-198-87-93

Частота встречаемости гетеродеза на масличных культурах семейства Капустные в Краснодарском крае

Оксана Анатольевна Сердюк

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК

Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17
oserduk@mail.ru

Аннотация. В разных странах мира растения многих сельскохозяйственных культур поражаются гетеродезом. Причиной возникновения болезни чаще всего является облигатный паразит – свекловичная нематода *Heterodera schachtii* Schmidt, которая, проникая во внутренние ткани корня растений, вызывает механическое разрушение клеток. Гетеродез проявляется в виде увядших растений. Снижение урожая от болезни может достигать 50 %. Целью исследований являлось определение частоты встречаемости гетеродеза в посевах озимых и яровых масличных культур семейства капустные в Краснодарском крае. Обследования посевов изучаемых культур проводили в фазы вегетации 2–4 настоящих листа и зеленого стручка на базе ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК в 2010–2023 гг. В эти фазы отбирали и анализировали по 20 растений на 10 равноудаленных площадках по диагонали посева каждой культуры. Частоту встречаемости гетеродеза рассчитывали как соотношение количества больных растений к здоровым, выраженное в процентах, и подразделяли ее на группы: пораженные растения отсутствуют; низкая (поражено до 10 % растений); средняя (поражено от 11 до 50 % растений); высокая (поражено 51 % растений и более). Выявлено, что свекловичная нематода выделялась из растений всех изученных культур за исключением озимого и ярового рыжика. В годы выявления гетеродеза в посевах масличных культур семейства Капустные частота встречаемости болезни была низкой (до 10 %) в обе фазы развития растений вплоть до 2021 г. А в 2021 г. она увеличилась до средней (11–18 %) на озимых и яровых рапсе и горчице

сарептской. Степень поражения растений всех изученных культур гетеродезом составляла 1–3 балла с преобладанием 1 балла.

Ключевые слова: частота встречаемости, гетеродез, свекловичная нематода, рапс, горчица сарептская, горчица белая, горчица черная, рыжик

Для цитирования: Сердюк О.А. Частота встречаемости гетеродеза на масличных культурах семейства Капустные в Краснодарском крае // Масличные культуры. 2024. Вып. 2 (198). С. 87–93.

UDC 633.853.483+633.853.494:632.651

Frequency of occurrence of *Heterodera schachtii* on oil crops from Brassicaceae family in the Krasnodar region

Serdyuk O.A., senior researcher, PhD in agriculture

V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops

17 Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia

oserduk@mail.ru

Abstract. A beet cyst nematode *Heterodera schachtii* Schmidt is an obligate parasite, which infected many kinds of agricultural crops in different countries. It penetrates into internal tissues of plant root and causes mechanical destructions of cells. The disease manifests itself in a form of plant wilting. Yield decrease can reach up to 50%. The purpose of the research was to determine frequency of occurrence of the beet cyst nematode *Heterodera schachtii* Schmidt in sowings of winter and spring oil crops from a Brassicaceae family in the Krasnodar region. The observations of sowings of the studied crops were conducted in phases of a vegetative period 2–4 true leaves and green pod on fields of the V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops in 2010–2023. In these phases, 20 plants were selected on ten equidistant plots diagonally across the sowings of each crop. The frequency of occurrence of *Heterodera schachtii* was calculated as a ratio between numbers of sick and healthy plants expressed as a percentage, and then divided into groups: infected plants are absent; low (to 10% of infected plants); average (from 11 to 50% of infected plants); high (51% and more of infected plants). The beet cyst nematode was allocated in plants of all studied crops, besides winter and spring false flax. In years, when the disease was stated in sowings of oil crops from the Brassicaceae family, the frequency of the diseases occurrence was low (up to 10%) in both phases of plant development 2021. And in 2021, it increased to average level (11–18%) on winter and spring rapeseed and brown mustard. An infection degree of plants of all studied groups was equal 1–3 points with a predominance of 1 point.

Key words: frequency of occurrence, *Heterodera schachtii*, beet cyst nematode, rapeseed, brown mustard, white mustard, black mustard, false flax

Введение. Нематоды, или круглые черви, – одни из самых многочисленных и широко распространенных многоклеточных животных. Из более 24 тыс. описанных видов нематод примерно 16 % паразитируют на растениях. Фитопатогенные нематоды принадлежат к числу наиболее опасных и экономически значимых патогенов сельскохозяйственных культур. Общемировые потери урожая от них оцениваются в 77 млрд долларов в год [1]. К наиболее экономически важным седентарным паразитам относятся цистообразующие (роды *Heterodera*, *Globodera*, *Punctodera*) нематоды. Характерной особенностью этих нематод является формирование в конце жизненного цикла цист, заполненных яйцами с личинками первого возраста, что обеспечивает их выживание в неблагоприятных условиях окружающей среды до момента наступления следующего вегетационного периода у растения-хозяина [2].

В последнее время на сельскохозяйственных культурах в Европе, Северной Америке, Австралии, на Ближнем Востоке, в Африке и Южной Америке [3; 4] отмечается гетеродез, причиной возникновения которого являются нематоды рода *Heterodera* Schmidt. Чаще всего из пораженных растений выделяется свекловичная нематода *Heterodera schachtii* Schmidt [5]. Она паразитирует на 218 видах растений из 23 семейств, включая рапс, сахарную свеклу, редис, шпинат, брокколи, капусту, томаты и др. [6; 7], потери урожая культур могут достигать 50 % [8]. В Европе ежегодные убытки, вызванные *H. schachtii*, оцениваются в 90 млн евро [5].

Свекловичная нематода – круглый червь микроскопических размеров, является облигатным паразитом. Самка (0,31–0,89 × 0,19–0,67 мм) лимоновидная, белого цвета, самец (0,97–1,63 × 0,028–0,042 мм) червеобразный, прозрачный. Яйца овальные

(0,122–0,14 × 0,049–0,053 мм). В них развиваются червеобразные личинки I-го, затем II-го возрастов (0,415–0,44 × 0,05–0,09 мм). Последние передвигаются во влажной почве (на расстояния до 30 см), отыскивают корни растений-хозяев и проникают в них. Здесь становятся неподвижными, питаются и превращаются в бутылковидных личинок III-го, затем лимоновидных IV-го возрастов. Последние развиваются в самок или самцов. Раздутое тело личинок IV-го возраста разрывает кору корня, и подвижные самцы выходят в почву. Самок с отложенными яйцами (от 100 до 300 яиц) можно увидеть как маленькие белые точки на поверхности корня. Всего на рапсе развивается 2–3 поколения. Развитие одной генерации заканчивается за 22 суток [9].

В конце вегетации растений яйца с личинками остаются в теле отмершей самки с затвердевшими коричневыми покровами. Это цисты, которые опадают в почву. Весной при температуре воздуха около 10 °С воздуха из цисты выходят личинки, которые передвигаются самостоятельно или разносятся водой. Личинки нематод могут провести в анабиозе до 9 лет без присутствия растения-хозяина. Сами цисты распространяются с почвой, водой и ветром [9].

Стимулируют размножение нематод, способствуя их накоплению в почве, вещества, содержащиеся в корневых выделениях разных культур, в том числе и рапса [9; 10]. Проникая во внутренние ткани корня растений рапса, нематоды вызывают механическое разрушение клеток. Некрозы, образующиеся при переходе нематоды с одного места питания на другое, являются для растения серьезными повреждениями, а также через них в растение легко проникают грибные и бактериальные инфекции, например, возбудители фузариоза – грибы *Fusarium* spp. [11].

Гетеродез в посеве рапса проявляется в июне-июле в виде очагов угнетенных растений. Листья пораженных растений имеют более светлую окраску, в жару

увядают. Главный корень отстает в росте или погибает, его заменяют боковые мелкие корни, которые при сильном поражении сплошь покрываются мелкими белыми цистами размером 0,8 мм. Важно отметить, что болезнью могут поражаться корни как проростков, так и молодых растений рапса при условии выпадения большого количества осадков. В этом случае корень растения усыхает, начиная с конца к корневой шейке [9].

В современной литературе информации о проявлении гетерозиса на масличных культурах семейства Капустные (*Brassicaceae*) в условиях Краснодарского края не обнаружено, поэтому целью исследований являлось определение частоты встречаемости гетерозиса в посевах озимых и яровых масличных культур семейства Капустные в Краснодарском крае.

Материалы и методы. Исследования проводили в полевых условиях ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК в 2010–2023 гг. Обследования посевов масличных культур семейства Капустные (горчица белая, горчица черная, озимые и яровые рапс, горчица сарептская, рыжик) на предмет поражения гетерозисом осуществляли в фазы вегетации 2–4 настоящих листа и зеленого стручка.

В обе фазы развития отбирали и анализировали по 20 растений на 10 равноудаленных площадках по диагонали посева каждой культуры [11].

Частоту встречаемости гетерозиса рассчитывали как соотношение количества пораженных растений к здоровым, выраженное в процентах, и условно подразделяли ее на группы [12]:

- - пораженные растения отсутствуют;
- + - низкая (поражено до 10 % растений);
- ++ - средняя (поражено от 11 до 50 % растений);
- +++ - высокая (поражен 51 % растений и более).

Степень поражения растений озимых и яровых масличных культур семейства Капустные гетерозисом определяли по разработанной нами балльной шкале:

0 баллов – нематоды в тканях корня не выявлены;

1 балл – от 1 до 10 отверстий в тканях корня без потемнения тканей в местах повреждений с наличием взрослых нематод. Растение не увядает и нормально развивается;

2 балла – кроме повреждений корня отмечаются маленькие белые точки (самки с яйцами) на поверхности корня. Растение не увядает и нормально развивается;

3 балла – в местах повреждений корня отмечаются некрозы. Нематоды массово выделяются из тканей корня, происходит дополнительное инфицирование возбудителями фузариоза или бактериоза. Растение увядает.

В лабораторных условиях выявление нематод из корней растений проводили по методикам О.А. Кулинич, Г.В. Песцова [13; 14]. Корни отобранных растений промывали в проточной воде, далее скальпелем отрезали от них вдоль небольшие части, которые помещали во влажную камеру чашек Петри и через сутки проводили микроскопирование. Возбудителя болезни идентифицировали с использованием микроскопа Motic BA300, увеличение 400х.

Результаты исследований. В посевах озимых и яровых культур в фазе 2–4 настоящих листа были отобраны растения (как с симптомами увядания, так и внешне здоровые), осмотр которых в лабораторных условиях показал повреждения корней некоторых растений. На их поверхности выявлено от двух до пяти отверстий с потемнениями и без них. Повреждения тканей с характерными потемнениями отмечены у растений с признаками начала увядания (рис. 1).



а



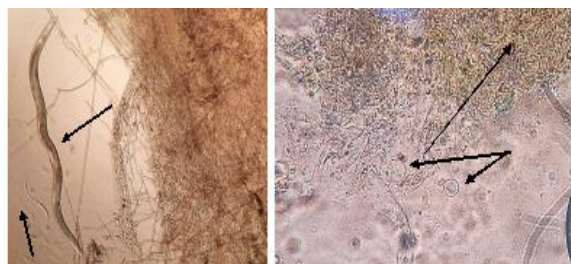
б

Рисунок 1 – Симптомы гетероза (возбудитель *Heterodera schachtii* Schmidt) в фазе 2–4 настоящих листа на горчице белой (ориг.):

а – увядшее растение;

б – повреждения поверхности корня

Микроскопирование показало наличие взрослых нематод в тканях корней у 1–10 % растений (как с признаками начала увядания, так и внешне здоровых) (рис. 2).



а

б

Рисунок 2 – Нематода *Heterodera schachtii* Schmidt при увеличении 400х (ориг.):

а – самцы; б – самки

В этой фазе развития культур нематоды выделялись из тканей корней растений, начиная с 2011 по 2023 гг. ежегодно, за исключением 2018 г. на озимых и 2020 г. на яровых культурах, когда возбудители болезни отсутствовали в расти-

тельных образцах (табл. 1). Частота болезни была низкой, количество пораженных растений культур не превысило 10 %. И только в 2021 г. частота встречаемости гетероза увеличилась до средней (11–15 %) на озимых и яровых рапсе и горчице сарептской. Степень поражения отобранных растений гетерозом составляла от 1 до 3 баллов с преобладанием 1 балла.

Растения с симптомами болезни на корнях в фазе 2–4 настоящих листа не были отмечены у рыжика как озимого, так и ярового.

При проведении обследования посевов изучаемых культур в фазе зеленого стручка установлено, что в посевах горчицы сарептской яровой растения, пораженные болезнью, отмечали ежегодно: в 2011–2020 и 2022–2023 гг. с низкой (до 10 %), а в 2021 г. – со средней частотой встречаемости (11–17 %). На горчице сарептской озимой болезнь встречалась в 2011, 2013, 2015, 2017–2020 и 2022–2023 гг. так же с низкой частотой встречаемости (1–10 %), увеличившейся до средней в 2021 г. (11–15 %) (табл. 2).

На горчице белой и горчице черной гетероз отмечался с низкой частотой встречаемости (до 10 %) только в 2013, 2016, 2021 и 2013, 2017, 2021 гг. соответственно. В остальные годы исследований растения этих видов горчицы, пораженные болезнью, в посевах не выявлялись.

Пораженные болезнью растения рапса отмечали ежегодно за исключением 2011, 2015, 2019 гг. (в посевах ярового рапса) и 2011, 2013, 2016 гг. (в посевах озимого рапса), когда растения культур с симптомами болезни не были обнаружены. Частота встречаемости болезни в годы ее выявления на озимом и яровом рапсе была низкой, количество пораженных растений не превышало 10 %. А в 2021 г. на рапсе озимом частота встречаемости гетероза увеличилась до средней и достигла 12–18 %.

Таблица 1

Частота встречаемости гетерозиса в посевах масличных культур семейства Капустные (фаза 2–4 настоящих листа), ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2010–2023 гг.

Культура	Год исследования													
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Яровая форма														
Рапс	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	–	++	+	+
Горчица сарептская	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	–	++	+	+
Горчица белая	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	–	+	+	+
Горчица черная	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	–	+	+	+
Рыжик	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Озимая форма														
Рапс	+	+	+	+	+	+	+	+	–	+	+	++	+	+
Горчица сарептская	+	+	+	+	+	+	+	+	–	+	+	++	+	+
Рыжик	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

+ – низкая частота встречаемости (поражено до 10 % растений);

++ – средняя частота встречаемости (поражено от 11 до 50 % растений);

+++ – высокая частота встречаемости (поражен 51 % растений и более).

Таблица 2

Частота встречаемости гетерозиса в посевах масличных культур семейства Капустные (фаза зеленого стручка), ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2010–2023 гг.

Культура	Год исследования													
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Яровая форма														
Рапс	+	–	+	+	+	–	+	+	+	–	+	++	+	+
Горчица сарептская	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+	+
Горчица белая	–	–	–	+	–	–	+	–	–	–	–	+	–	–
Горчица черная	–	–	–	+	–	–	–	+	–	–	–	+	–	–
Рыжик	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Озимая форма														
Рапс	+	–	+	–	+	+	–	+	+	+	+	++	+	+
Горчица сарептская	+	+	–	+	–	+	–	+	+	+	+	++	+	+
Рыжик	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

+ – низкая частота встречаемости (поражено до 10 % растений);

++ – средняя частота встречаемости (поражено от 11 до 50 % растений);

+++ – высокая частота встречаемости (поражен 51 % растений и более)

Степень поражения растений всех изученных культур гетеродезом составляла в большинстве случаев 1 балл. Только в посевах яровых рапса, горчицы сарептской и горчицы белой выявлены единичные растения со степенью поражения 2 и 3 балла. На поверхности корней таких растений обнаруживали повреждения с сопутствующим потемнением тканей, а на некоторых из них – белые точки, в которых находились самки нематод с яйцами.

В посевах озимого и ярового рыжика в фазе зеленого стручка так же, как и в фазе 2–4 настоящих листа, не были выявлены растения с признаками поражения болезнью.

Кроме этого, при проведении фитоэкспертизы частей растений изученных культур из тканей корня и корневой шейки некоторых пораженных гетеродезом растений яровых рапса и разных видов горчицы выделялись грибы *Fusarium* spp. Количество пораженных возбудителями фузариоза растений составило от 3 до 5 %, что подтверждает предыдущие исследования о том, что через раневые отверстия на поверхности корня происходит заражение возбудителями других болезней [11].

Выводы. Многолетними исследованиями установлено, что свекловичная нематода выделялась из растений всех изученных культур за исключением озимого и ярового рыжика. В годы выявления гетеродеза в посевах масличных культур семейства Капустные частота встречаемости болезни была низкой в обе фазы развития растений (до 10 %). В 2021 г. отмечено ее увеличение до средней (11–18 %) на озимых и яровых рапсе и горчице сарептской. Степень поражения растений всех изученных культур гетеродезом составляла 1–3 балла с преобладанием 1 балла.

Список литературы

1. Приданников М.В. Фитопатогенные нематоды: урожай под угрозой [Электронный

ресурс] // Наука из первых рук. Мой НГУ. – 2014. – Т. 57/58. – № 3/4. – С. 192–197. – Режим доступа: <https://scfh.ru/papers/fitopatogennye-nematody-urozhay-pod-ugrozoy/> (дата обращения: 25.02.2024).

2. Матвеева Е.М. Диагностика цистообразующих нематод рода *Globodera* (Nematoda: Tylenchida) // В кн.: Паразитические нематоды растений и насекомых. – М.: Наука, 2004. – С. 119–136.

3. Evans K., Rowe J.A. Distribution and economic importance // The Cyst Nematodes / Ed. by S.B. Sharma. – Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 1998. – P. 1–30.

4. Subbotin S.A., Mundo-Ocampo M., Baldwin J.G. Description and diagnosis Of *Heterodera* species // Systematics of cyst nematodes (Nematoda: Heteroderinae). – Brill Leiden-Boston, Netherlands. – 2010. – V. 8A and 8B. – P. 35–449.

5. Miller P.R. The effect of weather on diseases // Plant diseases: the yearbook of agriculture. – 1953. – P. 83–93: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://naldc.nal.usda.gov> (дата обращения: 10.01.2024).

6. Steele A.E. The host range of the sugar beet nematode, *Heterodera schachtii* Schmidt // Journal of Sugarbeet Research. – 1965. – V. 13. – P. 573–603.

7. Huan P., Hui L., Li G., Ru J. [et al.]. Identification of *Heterodera schachtii* on sugar beet in Xinjiang Uygur Autonomous Region of China // Journal of Integrative Agriculture. – 2022. – V. 21. – I. 6. – P. 1694–1702.

8. Curto G. Sustainable methods for management of cyst nematodes // In: Integrated Management and Biocontrol of Vegetable and Grain Crops Nematodes. – Springer, Berlin, 1963. – P. 221–237.

9. Пересыпкин В.Ф., Пожар З.А., Корниенко А.С. Болезни технических культур. – М.: Агропромиздат, 1986. – 317 с.

10. Нематода свеклы: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://karantin.net/nematoda-svekly/> (дата обращения: 10.02.2024).

11. Лукомец В.М., Тишков Н.М., Семеренко С.А., Сердюк О.А. Вредные организмы в посевах рапса и меры борьбы с ними. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2020. – 215 с.

12. Сердюк О.А., Трубина В.С., Горлова Л.А. Частота встречаемости болезней на горчице сарептской в центральной агроклиматической зоне Краснодарского края в зависимости от погодных условий // Труды Кубанского государственного университета. – 2019. – № 78. – С. 115–120.

13. Кулинич О.А. Методические указания по выявлению, определению паразитических нематод лесных древесных пород и методы защиты от них. – М.: ВНИИЦлесресурс, 1990. – С. 4.

14. Песцов Г.В., Лушников О.В., Глазунова А.В. Нематопатогенные грибы как основа биологического метода борьбы с галловыми нематодами // Аграрная наука. – 2019. – Т. 2. – С. 122–125.

References

1. Pridannikov M.V. Fitopatogennye nematody: urozhay pod ugrozoy [Elektronnyy resurs] // Nauka iz pervykh ruk. Moy NGU. – 2014. – Т. 57/58. – № 3/4. – С. 192–197. – Rezhim dostupa: <https://scfh.ru/papers/fitopato-gennye-nematody-urozhay-pod-ugrozoy/> (data obrashcheniya: 25.02.2024).

2. Matveeva E.M. Diagnostika tsisto-obrazuyushchikh nematod roda Globodera (Nematoda: Tylenchida) // V kn.: Paraziticheskie nematody rasteniy i nasekomykh. – М.: Nauka, 2004. – С. 119–136.

3. Evans K., Rowe J.A. Distribution and economic importance // The Cyst Nematodes / Ed. by S.B. Sharma. – Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 1998. – P. 1–30.

4. Subbotin S.A., Mundo-Ocampo M., Baldwin J.G. Description and diagnosis Of Heterodera species // Systematics of cyst nematodes (Nematoda: Heteroderinae). – Brill Leiden-Boston, Netherlands. – 2010. – V. 8A and 8B. – P. 35–449.

5. Miller P.R. The effect of weather on diseases // Plant diseases: the yearbook of agriculture. – 1953. – R. 83–93: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://naldc.nal.usda.gov> (data obrashcheniya: 10.01.2024).

6. Steele A.E. The host range of the sugar beet nematode, *Heterodera schachtii* Schmidt // Journal of Sugarbeet Research. – 1965. – V. 13. – P. 573–603.

7. Huan P., Hui L., Li G., Ru J. [et al.]. Identification of *Heterodera schachtii* on sugar beet

in Xinjiang Uygur Autonomous Region of China // Journal of Integrative Agriculture. – 2022. – V. 21. – I. 6. – P. 1694–1702.

8. Curto G. Sustainable methods for management of cyst nematodes // In: Integrated Management and Biocontrol of Vegetable and Grain Crops Nematodes. – Springer, Berlin, 1963. – P. 221–237.

9. Peresyarkin V.F., Pozhar Z.A., Kornienko A.S. Bolezni tekhnicheskikh kul'tur. – М.: Agropromizdat, 1986. – 317 s.

10. Nematoda svekly: [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://karantin.net/nematoda-svekly/> (data obrashcheniya: 10.02.2024).

11. Lukomets V.M., Tishkov N.M., Semerenko S.A., Serdyuk O.A. Vrednye organizmy v posevakh rapsa i mery bor'by s nimi. – Krasnodar: Prosveshchenie-Yug, 2020. – 215 s.

12. Serdyuk O.A., Trubina V.S., Gorlova L.A. Chastota vstrechaemosti bolezney na gorchitse sareptsКОЙ v tsentral'noy agroklimaticheskoй zone Krasnodarskogo kraя v zavisimosti ot pogodnykh usloviy // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2019. – № 78. – С. 115–120.

13. Kulinich O.A. Metodicheskie ukazaniya po vyyavleniyu, opredeleniyu paraziticheskikh nematod lesnykh drevesnykh porod i metody zashchity ot nikh. – М.: VNIITslesresurs, 1990. – С. 4.

14. Pestsov G.V., Lushnikov O.V., Glazunova A.V. Nematoopatogennye griby kak osnova biologicheskogo metoda bor'by s gallovymi nematodami // Agrarnaya nauka. – 2019. – Т. 2. – С. 122–125.

Сведения об авторе

О.А. Сердюк, ст. науч. сотр., канд. с.-х. наук

Получено/Received

13.02.2024

Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed

01.03.2024

Получено после доработки/Manuscript revised

11.03.2024

Принято/Accepted

25.04.2024

Manuscript on-line

30.06.2024