

Оценка пчелопосещаемости Rf-линий подсолнечника

Игорь Васильевич Рябовол
Оксана Михайловна Борисенко
Мария Сергеевна Фукалова
Валентина Демьяновна Савченко
Елена Николаевна Рыженко

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК
Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17
igorryabovol@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты оценки пчелопосещаемости у 53 Rf-линий подсолнечника. Определены наиболее и наименее пчелопосещаемые генотипы. Оценена динамика пчелопосещения растений подсолнечника в течение периода цветения. Проведён двухфакторный дисперсионный анализ, показавший, что сила влияния генотипа растений подсолнечника на пчелопосещаемость довольно значительна – 35 %, в то время как сила влияния условий года на данный признак всего 4 %. Была проведена оценка пчелопосещаемости у экспериментальных гибридов в комбинациях с двумя наиболее пчелопосещаемыми отцовскими линиями (VK 23-ими, VK 944) и двумя наименее пчелопосещаемыми (K3619, И6 13033). Отцовские линии оказывают влияние на пчелопосещаемость цветущих корзинок гибридов подсолнечника, полученных с различными материнскими формами. При этом не происходит смены рангов по уровню привлекательности для пчел у гибридов, полученных при участии разных по степени аттрактивности отцовских форм.

Ключевые слова: подсолнечник, корзинка, цветение, пчелопосещаемость, опыление

Для цитирования: Рябовол И.В., Борисенко О.М., Фукалова М.С., Савченко В.Д., Рыженко Е.Н. Оценка пчелопосещаемости Rf-линий подсолнечника // Масличные культуры. 2024. Вып. 4 (200). С. 13–18.

Evaluation of bee attendance of sunflower Rf-lines
Ryabovol I.V., junior researcher
Borisenko O.M., head of the lab., leading researcher, PhD in biology
Fukalova M.S., junior researcher

Savchenko V.D., expert of the 2nd category
Ryzhenko E.N., senior researcher

V.S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops
17 Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia
igorryabovol@mail.ru

Abstract. The article presents the results of the evaluation of bee attendance of 53 of sunflower Rf-lines. The most and least bee-attentive genotypes were identified. The dynamics of bee attendance of sunflower plants during the flowering period was evaluated. A two-factor analysis of variance was carried out, which showed that the strength of the influence of sunflower genotype on bee attendance was quite significant – 35 %, while the strength of influence of a year conditions on this trait was only 4 %. Bee attendance of experimental hybrids in combinations with two most bee-attentive paternal lines (VK 23, VK 944) and two least bee-attentive lines (K3619, I6 13033) was evaluated. Paternal lines influence the bee attendance of flowering heads of sunflower hybrids obtained with different maternal forms. At the same time, there is no change in the order of attractiveness for bees in hybrids obtained with paternal forms with different degrees of attraction.

Key words: sunflower, head, flowering, bee attendance, pollination

Введение. Основную долю среди возделываемого подсолнечника, как на территории Российской Федерации, так и остальных стран, занимают гибриды. Решающую роль в семеноводстве подсолнечника, в том числе и гибридного, играет процесс пчелоопыления, поскольку без него не будет высокой доли кондиционных семян [1; 2].

Наследование признака пчелопосещаемости у подсолнечника носит полигенную природу. У различных авторов типы наследования пчелопосещаемости в F₁ относились к промежуточному типу, либо неполному доминированию и сверхдоминированию [3; 4].

Важным следствием опыления при помощи насекомых является улучшение различных характеристик у сформировавшихся семян, таких как качество масла, масса семян, всхожесть [5; 6].

В исследованиях ряда учёных отмечена связь привлекательности для насекомых опылителей с доступностью нектара (длина трубчатого цветка), количеством

нектара (нектаропродуктивность), а также качеством и количеством пыльцы [7; 4; 8; 9; 10; 11; 12]. Также повышенной аттрактивностью для насекомых-опылителей обладают фертильные линии в сравнении с их ЦМС-аналогами [4]. У гибридов наибольшее количество посещений цветов растений насекомыми-опылителями наблюдается на второй и третий день цветения [5].

В исследованиях, проводимых во ВНИИМК, уже отмечалось, что недостаток опыления растений на товарных посевах снижает урожайность подсолнечника на 30–40 %, что приводит к недостаточному раскрытию потенциала продуктивности [1].

Поэтому в селекционных программах по подсолнечнику немаловажной особенностью для отбора эффективных родительских форм является пчелопосещаемость, которая обусловлена разными условиями вегетации и генотипами растений.

Материалы и методы. Полевые исследования проводили на опытных полях ЦЭБ ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК в 2021–2024 гг. Материалом послужили 53 линии-восста-

новители фертильности пыльцы из коллекции лаборатории селекции гибридного подсолнечника ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК. Во время цветения была оценена пчелопосещаемость корзинок маршрутным способом по методике Фасулати [13].

Статистическую обработку результатов исследования проводили с помощью дисперсионного анализа, входящего в пакет Анализ данных программы Excel.

Температурный режим воздуха за годы исследований во время цветения подсолнечника различался. Июнь за четыре года наблюдений в среднем был теплее многолетних показателей на 2 °С, июль в целом не отличался от среднемноголетних показателей, за исключением значений 2021 и 2024 гг. (1,3–1,6 °С) (рис. 1).

Динамика выпадения осадков в июне характеризовалась большим разбросом по годам: в 2021 г. показатель был превышен в сравнении с многолетними в два раза, а в 2022, 2023 и 2024 гг. осадков было меньше нормы. Июль в 2021 и 2024 гг. характеризовался дефицитом влаги, с другой стороны, в 2022 и 2023 гг. превышал многолетние значения (рис. 2).

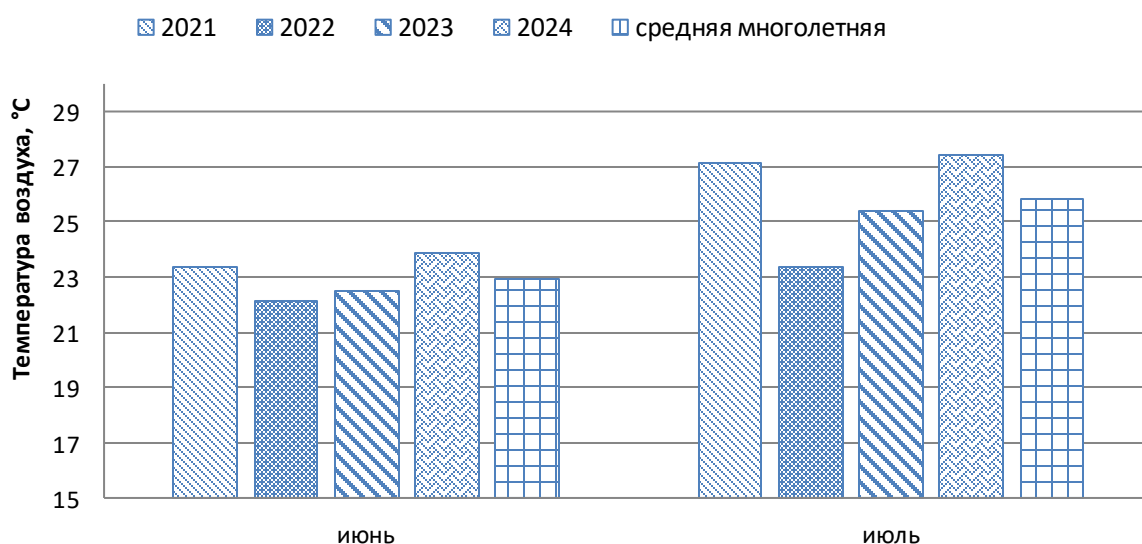


Рисунок 1 – Диаграмма температурного режима воздуха (°С) во время цветения подсолнечника в 2021–2024 гг.

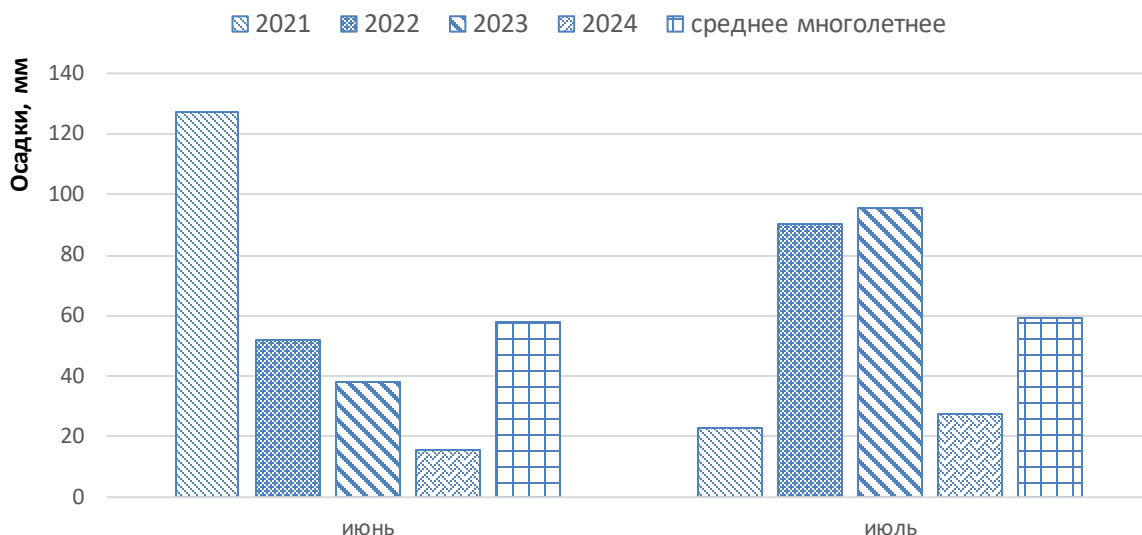


Рисунок 2 – Диаграмма режима осадков (мм) во время цветения подсолнечника в 2021–2024 гг.

Результаты и обсуждение. Средняя пчелопопосещаемость у 53 исследованных генотипов за 4 года составила 9 особей на 20 раст/мин, а максимальная и минимальная – 23 и 2 особи на 20 раст/мин соответственно, размах варьирования достигал 21 особи на 20 раст/мин (табл. 1).

Таблица 1

Статистические показатели пчелопопосещаемости у 53 Rf-линий коллекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК

2021–2024 гг.

Период, год	Максимум	Минимум	Среднее	Размах варьирования
2021	19	2	7	17
2022	24	1	9	23
2023	25	2	11	23
2024	24	1	9	23
Среднее	23	2	9	21

Среди 53 генотипов в 2023 г. максимальная пчелопопосещаемость составила 25 особей на 20 раст/мин, минимальная – 2 особи на 20 раст/мин, также в этом году был наибольший показатель средней пчелопопосещаемости среди генотипов. Самые низкие показатели посещения растений

насекомыми-опылителями были отмечены в 2021 г.: максимальная пчелопопосещаемость при этом составила 19 особей, а минимальная – 2 особи на 20 раст/мин. Примечательно, что самый низкий показатель минимальной пчелопопосещаемости был в 2022 и 2024 гг. – на уровне одной особи на 20 раст/мин.

В целом в 2022–2024 гг. отмечены близкие значения как средней пчелопопосещаемости, так и размаха варьирования. В 2021 г. значения пчелопопосещений были ниже, что может быть связано с более поздним посевом подсолнечника вследствие холодной и затяжной весны, высокими июльскими температурами и дефицитом влаги во время вегетации подсолнечника.

Из 53 изучаемых генотипов в среднем за 4 года самыми высокими показателями пчелопопосещаемости цветущих корзинок обладали четыре Rf-линии: ВК23-ими, ЭОЛ-4, ВК595 и ВК944, имеющие соответственно по 21, 20 и 18 особей на 20 раст/мин (рис. 3). Самыми слабопосещаемыми линиями за 4 года оказались ВК529-1, ВА317, ЭОЛ-7, И6 13033, К3619: на уровне 2–5 особей на 20 раст/мин.

Изучаемые генотипы были разделены по среднему значению пчелопосеваемости на 15 групп (рис. 3). Таким образом, в одну группу объединялись линии, обладающие одинаковыми средними значениями пчелопосеждений за 4 года исследований.

Самыми многочисленными по пчелопосеваемости были группы под номерами 8, 9 и 10, каждая из которых включала в себя по девять генотипов, что в целом составляет 51 % от всего объема изучаемой коллекции.

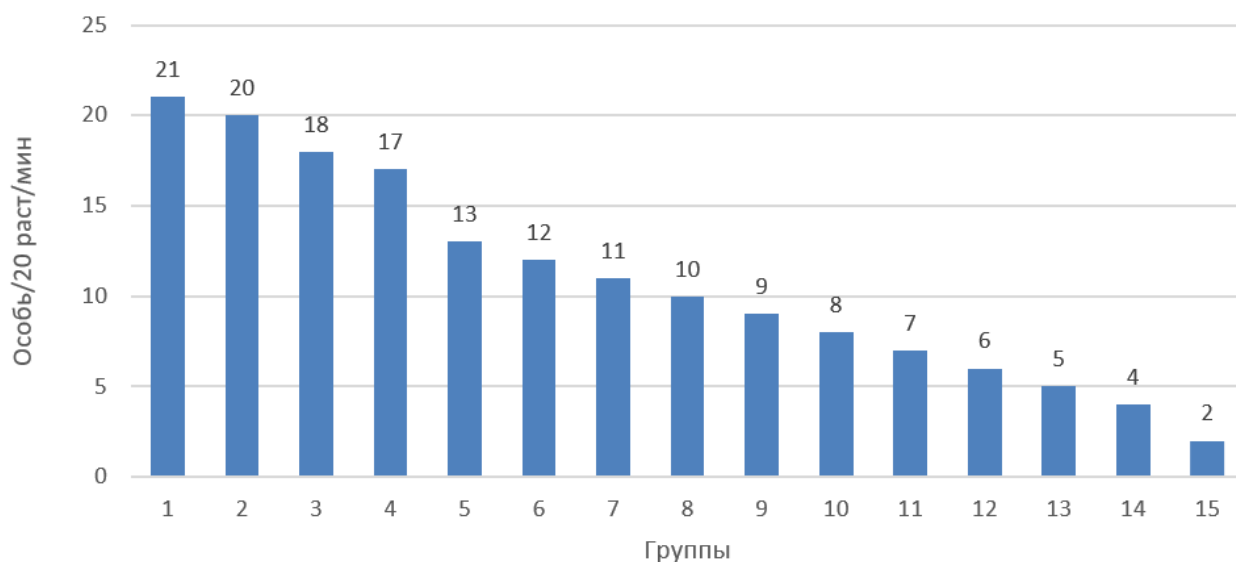


Рисунок 3 – Результаты пчелопосеваемости у 53 Rf-линий коллекции ВНИИМК, 2021–2024 гг.:

- 1** – ВК23-ими; **2** – ЭОЛ-4; **3** – ВК595, ВК944; **4** – ВК595-1; **5** – ВК551, СОНО-3; **6** – ВК548, ЭОЛ-3, ЭД193; **7** – ЭОЛ-2, СОНО-1; **8** – ВК303, ВК304, ВД541, ЭД788, ВА337, ВА384, ЭОЛ-1, ЭОЛ-8, ЭОЛ-12; **9** – ВК930, ВК301, ВК305, Л₀₈006, ЭД155, ВА389, ЭОЛ-5, ЭОЛ-9, ЭОЛ-13; **10** – ВК302, ВК21-сур, ЭД114, ВА325, СОНО-2, ЭОЛ-6, ЭОЛ-10, ЭОЛ-11, ЭОЛ-14; **11** – ВК195, ВА737, ВА820; **12** – ВК549-1, ВК525, ВК989, МоР, ВА568, ВК21-клп; **13** – ВК529-1, ЭОЛ-7; **14** – ВА317; **15** – И6 13033, К3619.

Над каждым столбцом указано среднее число пчелопосеждений для всей группы

Динамика пчелопосеждения за весь период цветения для большинства генотипов происходит по схожей закономерности: в первые 2–4 дня цветения наблюдается постепенный рост пчелопосеваемости, затем в течение нескольких дней пчелопосеваемость находится примерно на одном уровне, с постепенным снижением в последние 2–3 дня цветения растения. Хотя для некоторых линий, в особенности наименее посещаемых пчелами, таких как К3619 и И6 13033, свойственна платообразная динамика посещений насекомыми-опылителями, которая находится в течение всего периода цветения в пределах 1–4 особи на 20 раст/мин.

Некоторые генотипы за годы наблюдений показали относительную стабильность по показателю пчелопосеваемости. К ним можно отнести линии с самыми низкими показателями пчелопосеваемости – И6 13033, К3619, у которых за 4 года наблюдений он колебался от одной до трех особей на 20 раст/мин. Также к стабильным по показателю пчелопосеваемости можно отнести следующие генотипы: ВК549-1 (4–8 особей на 20 раст/мин), ВК525 (4–7 особей на 20 раст/мин), ВА317 (3–6 особей на 20 раст/мин), СОНО-2 (7–10 особей на 20 раст/мин), ВД541 (9–11 особей на 20 раст/мин), ЭОЛ-1 (10–11 особей на 20 раст/мин), ЭОЛ-11 (6–7 особей на

20 раст/мин), ЭОЛ-13 (7–10 особей на 20 раст/мин).

Чтобы оценить силу влияния генотипа и условий средовых факторов на пчелопосещаемость, был проведён двухфакторный дисперсионный анализ, который показал, что сила влияния генотипа на пчелопосещаемость довольно значительна, в то время как сила влияния условий года на данный признак составила всего 4% (табл. 2).

Таблица 2

Двухфакторный дисперсионный анализ влияния генотипических и средовых факторов на пчелопосещаемость Rf-линий подсолнечника

Фактор	SS	df	MS	F	F _{st}	Сила влияния, %
Год	3627,03	3	1209,01	54,63	2,61	4
Генотип растения	30276,36	52	582,24	26,31	1,35	35
Год × генотип растения	11233,81	156	72,01	3,25	1,2	13
Остаточная	42225,80	1908	22,13	-	-	48
Общая	87363,01	2119	-	-	-	-

В свою очередь высокий показатель силы влияния остаточной дисперсии (48 %) говорит о вкладе в пчелопосещаемость других, отличных от условий года и генотипа факторов, например, индивидуальные особенности отдельно взятой корзинки подсолнечника.

Также была проведена оценка пчелопосещаемости у экспериментальных гибридов в комбинациях с двумя наиболее пчелопосещаемыми отцовскими линиями (ВК 23-ими, ВК 944) и двумя наименее пчелопосещаемыми (К3619, И6 13033) в 2021 г. (табл. 3). Гибриды были получены с участием трёх ЦМС-линий: ВК101А, ВА761А, ВК934А.

Большинство исследуемых гибридных комбинаций показали схожую с отцовской линией пчелопосещаемость, также незначительно выросла пчелопосещаемость у комбинаций с отцовскими компонентами, такими как И6 13033 и К3619. Стоит отметить, что гибриды, материнскими компонентами которых являлись линии ВА761А

и ВК934А, не показали сколь-либо значительного увеличения числа посещений опылителями в сравнении с отцовскими формами.

Таблица 3

Пчелопосещаемость у экспериментальных гибридов

ЦЭБ ВНИИМК, 2022–2023 гг.

Генотип	Пчелопосещаемость гибридов, особь/20 раст/мин	Пчелопосещаемость отцовских линий, особь/20 раст/мин		среднее
		Год		
		2022	2023	
ВК101А × ВК23-ими	25			
ВА761А × ВК23-ими	17	24	24	24
ВК934А × ВК23-ими	19			
ВК101А × ВК944	21			
ВА761А × ВК944	18	16	24	20
ВК934А × ВК944	17			
ВК101А × И6 13033	7			
ВА761А × И6 13033	7	1	2	2
ВК934А × И6 13033	5			
ВК101А × К3619	8			
ВА761А × К3619	9	1	3	2
ВК934А × К3619	6			

Заключение. Изучение влияния генотипических и средовых факторов на пчелопосещаемость у линий-восстановителей фертильности пыльцы показало, что этот признак обусловлен значительным вкладом генотипа в его реализацию. В то же время линии различаются по стабильности аттрактивности для пчел. Отцовские линии оказывают влияние на пчелопосещаемость цветущих корзинок гибридов подсолнечника, полученных с различными материнскими формами. При этом не происходит смены рангов по уровню привлекательности для пчел у гибридов, полученных при участии разных по степени аттрактивности отцовских форм. Этот факт необходимо учитывать при подборе родительских пар для гибридизации.

Список литературы

1. Бочковой А.Д. [и др.]. Роль пчелоопыления в получении высоких и стабильных урожаев кондитерских сортов подсолнечника (обзор) // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2017. – № 1 (169). – С. 83–92.

2. Гриднев А.К. Биологические особенности размножения подсолнечника в селекции и семеноводстве. – Краснодар, 2023. – 137 с.

3. Зайцев А.Н. Исходный материал для селекции гибридов подсолнечника на самофертильность и пчелопосещаемость: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05. – Краснодар, 2014. – 120 с.

4. Рубанова О.А. Селекционно-генетическая характеристика репродуктивных признаков у гибридов и линий подсолнечника: дис. ... канд. биол. наук: 06.01.05. – Краснодар, 2021. – 140 с.

5. Chambo E.D. [et al.]. Honey bee visitation to sunflower: effects on pollination and plant genotype // *Scientia Agricola*. – 2011. – Vol. 68. – P. 647–651.

6. Free J.B. *Insect pollination of crops*. – Academic Press, London and New York, 1970. – 544 p.

7. Голиков В.И. Экологические особенности опыления подсолнечника пчелиными // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2008. – № 2. – С. 27–29.

8. Chaudhary O.P. Bee forage and floral calendar of India // *Recent Advances in Apiculture* / Eds Yadav P.R., Sharma S.K., and H.R. Rohilla. – CCS Haryana Agricultural University, Hisar, 2001. – P. 61–65.

9. Chaudhary O.P., Rinku R. Nectar production and nectar secretion rhythms in sunflower populations and hybrids // *J. Entomol. Zool. Stud.* – 2017. – Vol. 5. – P. 1259–1266.

10. Ellis A.M., Myers S.S., Ricketts T.H. Do pollinators contribute to nutritional health? // *Plos One*. – 2015. – Vol. 10. – P. 1–10.

11. Mallinger R.E., Prasifka J.R. Bee visitation rates to cultivated sunflowers increase with the amount and accessibility of nectar sugars // *Journal of Applied Entomology*. – 2017. – Vol. 141. – No. 7. – P. 561–573.

12. Portlas Z.M. [et al.]. Variation in floret size explains differences in wild bee visitation to cultivated sunflowers // *Plant genetic resources*. – 2018. – Vol. 16. – No. 6. – P. 498–503.

13. Фасулати К.К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. – М., 1971. – 424 с.

3. Zaytsev A.N. Iskhodnyy material dlya selektsii gibridov podsolnechnika na samoferil'nost' i pcheloposeshchaemost': dis. ... kand. s.-kh. nauk: 06.01.05. – Krasnodar, 2014. – 120 s.

4. Rubanova O.A. Seleksionno-geneticheskaya kharakteristika reproduktivnykh priznakov u gibridov i liniy podsolnechnika: dis. ... kand. biol. nauk: 06.01.05. – Krasnodar, 2021. – 140 s.

5. Chambo E.D. [et al.]. Honey bee visitation to sunflower: effects on pollination and plant genotype // *Scientia Agricola*. – 2011. – Vol. 68. – P. 647–651.

6. Free J.B. *Insect pollination of crops*. – Academic Press, London and New York, 1970. – 544 r.

7. Golikov V.I. Ekologicheskie osobennosti opyleniya podsolnechnika pchelinyimi // *Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekhn. byul. VNIIMK*. – 2008. – № 2. – S. 27–29.

8. Chaudhary O.P. Bee forage and floral calendar of India // *Recent Advances in Apiculture* / Eds Yadav P.R., Sharma S.K., and H.R. Rohilla. – CCS Haryana Agricultural University, Hisar, 2001. – P. 61–65.

9. Chaudhary O.P., Rinku R. Nectar production and nectar secretion rhythms in sunflower populations and hybrids // *J. Entomol. Zool. Stud.* – 2017. – Vol. 5. – P. 1259–1266.

10. Ellis A.M., Myers S.S., Ricketts T.H. Do pollinators contribute to nutritional health? // *Plos One*. – 2015. – Vol. 10. – P. 1–10.

11. Mallinger R.E., Prasifka J.R. Bee visitation rates to cultivated sunflowers increase with the amount and accessibility of nectar sugars // *Journal of Applied Entomology*. – 2017. – Vol. 141. – No. 7. – P. 561–573.

12. Portlas Z.M. [et al.]. Variation in floret size explains differences in wild bee visitation to cultivated sunflowers // *Plant genetic resources*. – 2018. – Vol. 16. – No. 6. – P. 498–503.

13. Fasulati K.K. Polevoe izuchenie nazemnykh bespozvonochnykh. – M., 1971. – 424 s.

Сведения об авторах

И.В. Рябовол, мл. науч. сотр.

О.М. Борисенко, зав. лаб., вед. науч. сотр., канд. биол. наук

М.С. Фукалова, мл. науч. сотр.

В.Д. Савченко, эксперт 2-й кат.

Е.Н. Рыженко, ст. науч. сотр.

References

1. Bochkovoy A.D. [i dr.]. Rol' pcheloopyleniya v poluchenii vysokikh i stabil'nykh urozhaev konditerskikh sortov podsolnechnika (obzor) // *Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekhn. byul. VNIIMK*. – 2017. – № 1 (169). – S. 83–92.

2. Gridnev A.K. *Biologicheskie osobennosti razmnozheniya podsolnechnika v selektsii i semenovodstve*. – Krasnodar, 2023. – 137 s.

Получено/Received

14.10.2024

Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed

18.10.2024

Получено после доработки/Manuscript revised

21.10.2024

Принято/Accepted

31.10.2024

Manuscript on-line

25.12.2024