

СТАТЬИ

УДК 633.12:595.7

DOI 10.17513/use.38222

ВЛИЯНИЕ АНТОФИЛЬНЫХ НАСЕКОМЫХ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ГРЕЧИХИ ПОСЕВНОЙ (*FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH)

Зыков И.Е., Алексеев М.Е., Ежкова В.Г., Хотулева О.В.

*ГОУ ВО МО «Государственный гуманитарно-технологический университет», Орехово-Зуево,
e-mail: zikov-oz@yandex.ru, v3staa@yandex.ru, eva3015@yandex.ru, khotuleva@yandex.ru*

Аннотация. В ходе коэволюции с цветковыми растениями у насекомых сформировались различные антофильные признаки. Отмечено, что постоянные и взаимовыгодные отношения между цветком и опылителем основаны на питании пыльцой, нектаром и другими веществами, которые являются первичными аттрактантами. Дана оценка влияния насекомых-опылителей на рост и развитие гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum* Moench). Установлена корреляционная зависимость количества и качества урожая гречихи от наличия антофильных насекомых во время цветения. Учитывая расположение посевов гречихи посевной рядом с другими посадками, следует предположить наличие выбора растений у насекомых-опылителей, который они не всегда делают в пользу опытной культуры. Опровергнута гипотеза о доминировании перепончатокрылых и, в частности, пчелиных в качестве основных опылителей гречихи. При снижении численности последних их место занимают другие очевидные (опушенные) опылители, среди которых главная роль принадлежит мухам-журчалкам (Syrphidae, Diptera). Приведен список потенциальных опылителей гречихи посевной, выявлена степень их доминирования, дано соотношение представителей разных отрядов за вегетационный период 2022 г. Доказано положительное влияние антофильных насекомых на растения, проявляющееся в увеличении их биомассы, массы плодов, содержания органических и минеральных веществ.

Ключевые слова: гречиха посевная, антофилия, насекомые-опылители, мухи-журчалки, урожайность, корреляционная зависимость

THE INFLUENCE OF ANTHOPHILIC INSECTS ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF BUCKWHEAT (*FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH)

Zykov I.E., Alekseev M.E., Ezhkova V.G., Khotuleva O.V.

*State University of Humanities and Technology, Orekhovo-Zuyevo,
e-mail: zikov-oz@yandex.ru, v3staa@yandex.ru, eva3015@yandex.ru, khotuleva@yandex.ru*

Annotation. In the course of coevolution with flowering plants, various anthophilic signs formed in insects. It is noted that the permanent and mutually beneficial relationship between the flower and the pollinator is based on feeding on pollen, nectar and other substances that are primary attractants. The influence of insect pollinators on the growth and development of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) assessed. The correlation dependence of the quantity and quality of buckwheat harvest on the presence of anthophilic insects during flowering established. Given the location of buckwheat crops next to other plantings, should assumed that pollinating insects have a choice of plants, which they do not always make in favor of an experimental crop. The hypothesis of the dominance of hymenoptera and, in particular, bees as the main pollinators of buckwheat refuted. With a decrease in the number of the latter, their place taken by other obvious (pubescent) pollinators, among which the main role belongs to the babbler flies (Syrphidae, Diptera). A list of potential pollinators of buckwheat given, the degree of their dominance revealed, and the ratio of representatives of different orders for the growing season of 2022 is given. The positive effect of anthophilic insects on plants proven, manifested in an increase in their biomass, fruit weight, organic and mineral content.

Keywords: buckwheat, anthophilia, pollinating insects, babbler flies, yield, correlation dependence

Насекомые-опылители играют огромную роль в жизни цветковых растений. Антофилия является результатом сопряженной эволюции растений и животных, начиная с пермского периода [1]. Использование покрытосеменными насекомых-опылителей дает им значительные преимущества по сравнению с другими группами высших растений. Значимость перекрестного опыления в жизни растений и взаимосвязь определенных видов насекомых с узким спектром кормовых культур доказывает актуальность выбранной авторами темы.

В ходе коэволюции с цветковыми растениями у насекомых сформировались различные антофильные признаки, выработалась определенная стандартность размеров и формы обоих объектов. Наибольшую приспособленность к антофилии имеют представители надсемейства Apoidea отряда Hymenoptera [2, 3] и семейства Syrphidae отряда Diptera, которые играют особую роль в качестве опылителей.

Установление постоянных и взаимовыгодных отношений между цветком и опылителем основано на питании пыльцой, не-

ктаром и другими веществами, которые являются первичными аттрактантами. Вторичные аттрактанты, действуя на органы чувств опылителя, указывают, где находятся первичные, и уточняют траекторию его перемещения. Здесь большое значение играют размеры цветка или соцветия, яркие или необычные по форме околоцветники, ароматы.

Цель исследования – выявление спектра антофильных насекомых гречихи посевной в разных условиях ее произрастания и установление возможной корреляции количества и качества урожая от наличия потенциальных опылителей во время цветения.

Гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum* Moench) – однолетнее травянистое растение высотой 50–120 см. Цветки гречихи расположены на длинных пазушных цветоносах, обоеполые, собраны в рыхлые соцветия, имеют белую или розовую окраску, приятный медовый запах, появляются в июле, привлекают опылителей. Цветки диморфные, гетеростильные: в одних столбик длиннее тычинок (длинностолбчатые), в других тычинки длиннее столбика (короткостолбчатые). На каждом растении имеются цветки только одного типа. Разное строение цветков лучше обеспечивает перекрестное опыление [4, 5]. Формула цветка: $*P_3+2A_5+3G$.

Плоды гречихи имеют форму трехгранного орешка, светло-зеленый цвет, созревают неравномерно: нижние, созревшие, легко обламываются и осыпаются, тогда как верхушка бывает еще покрыта цветками. Плодовые оболочки плотно облегают семя, но не срываются с ним, что позволяет легко проводить обрушивание.

Цветение у гречихи начинается на 15–40-й день после появления всходов, продолжается около месяца и обычно не заканчивается к уборке. Скороспелые сорта зацветают в начале ветвления, позднеспелые – после образования ветвей. Наибольшее выделение нектара у гречихи наблюдается в утренние часы и до полудня, в остальное время дня при жаркой погоде нектар быстро высыхает [6].

Перенос пыльцы с одного растения на другое и опыление в естественных условиях происходят у гречихи при помощи насекомых, в значительно меньшей степени – ветром. Семена завязываются, как правило, только при перекрестном опылении растений, имеющих цветки с разными типами столбчатости. Опыление цветков одной формы столбчатости пыльцой другой формы называется легитимным. В эксперименте можно осуществить и иллегитимное (неза-

конное) опыление, то есть скрестить короткостолбчатое растение с короткостолбчатым или длинностолбчатое с длинностолбчатым, однако при таких комбинациях семена завязываются плохо. Еще меньше семян образуется при изоляции отдельных растений, то есть при самоопылении.

На одном растении гречихи раскрывается в среднем 500 цветков. Урожай часто создается за счет 4–6% цветков, остальные опадают. Это основная причина низких и неустойчивых урожаев гречихи.

Распространение гречихи на север ограничивается суммой среднесуточных температур (требуется более 13°C), на юг – недостаточным количеством влаги (требуется более 50–70 мм осадков за месяц цветения и плодообразования). Поэтому ареал гречихи посевной ограничен плодородными черноземными или окультуренными торфянистыми регионами [7].

Материалы и методы исследования

Исследование проведено на территории поселка Вольгинский Петушинского района Владимирской области в период с мая по октябрь 2022 г. на пришкольном участке. В основу исследования положена проверка гипотезы о преимущественном опылении гречихи перепончатокрылыми, считается, что гречиха посевная на 80–95% опыляется пчелами [8, 9].

В конце мая на участке высажены фасоль и гречиха. Гречиха отличается быстротой и равномерностью всходов, неприхотливостью к почве, обильно и продолжительно цветет, привлекая большое количество насекомых. Для работы выбрана гречиха посевная сорта Даша – детерминантный сорт с укороченным стеблем, зеленоцветковый, высокоурожайный, скороспелый.

15 июня 2022 г. сформированы четыре делянки площадью по 1 м², которые засеяны гречихой. Выбран широкорядный способ посева:

- на 1 м² в четырех рядах высеяно 180 семян, по 45 штук в каждом ряду;
- расстояние между рядами 6–10 см;
- расстояние между семенами 3 см;
- семена высеяны на глубину 3–5 см.

Расположение делянок: делянки 1 и 4 хорошо освещены, делянки 2 и 3 – затенены.

В связи с поздним посевом для ускорения развития растений проведено предпосевное внесение аммофоски в количестве 15–20 г на 1 м². Второе внесение удобрений проведено в том же количестве в период бутонизации.

Первые всходы появились через 5 дней, всхожесть семян составила 88,9%. По мере роста растений проведены полив, рыхление и прополка.

В период бутонизации делянка 4 была накрыта нетканым материалом. За период цветения проведен сбор и определение обнаруженных на гречихе посевной насекомых, которые являются потенциальными опылителями этой культуры (табл. 5, 6). Собрано более 300 насекомых, относящихся главным образом к отрядам Hymenoptera и Diptera.

Результаты исследования и их обсуждение

В период созревания на одном растении имеются созревшие и зеленые плоды, цветки и бутоны. Несмотря на детерминантность сорта, после дождей растения сильно прибавили в росте, достигнув в среднем 1,5 м. В дальнейшем погодные условия (температура и влажность) способствовали более длительному цветению, которое продолжалось от 25 до 40 дней.

21.09.22 г. при побурении растений на 70–80% проведена уборка урожая. Сформированные снопы с каждой делянки высу-

шены в тени и взвешены. Затем произведен обмолот плодов и определение их массы.

Вследствие выбора места расположения делянок с разной степенью освещенности очевидно наличие разных условий для всхожести семян, роста растений и привлечения насекомых-опылителей. Это влияет на итоговый показатель – общую биомассу растений и массу плодов. Кроме того, дополнительное условие в виде покрытия делянки 4 нетканым материалом, исключающее возможность опыления растений насекомыми, также оказало влияние на количество и качество урожая.

Для оценки качественных отличий проб с каждой делянки проведена репрезентативная 2%-я случайная бесповторная выборка плодов (табл. 1).

Ранговый коэффициент корреляции Кендалла (коэффициент конкордации) используется с целью определения зависимости между количественными и качественными признаками, характеризующими однородные объекты и ранжированными по одному признаку.

Для определения коэффициента выполнены дополнительные вычисления, представленные в табл. 2.

Таблица 1

Общая биомасса растений и масса плодов гречихи посевной

№ делянки	Общая биомасса растений, кг	Масса плодов, г	% к общей биомассе растений	Выборка для биохимического анализа, г
1 (контроль)	3,300	387,43	11,74	8
2	3,000	328,76	10,95	7
3	2,600	287,67	11,064	6
4	1,200	122,41	10,20	2

Таблица 2

Определение рангового коэффициента корреляции Кендалла (коэффициента конкордации)

№ делянки	Условия				Общая биомасса растений, кг	Масса плодов, г	Ранги			$\sum_1^3 R_i$	$\sum_1^3 R_i^2$
	Свет		Насекомые-опылители				R ₁	R ₂	R ₃		
	Наличие	Оценка	Наличие	Оценка							
1	+	1	+	1	3,300	387,43	4	4	4	12	144
2	-	1/2	+	1/2	3,000	328,76	2	3	3	8	64
3	-	1/2	+	1/2	2,600	287,67	2	2	2	6	36
4	+	1	-	0	1,200	122,41	2	1	1	4	16
Итого:										30	260

Коэффициент конкордации (W) вычислен по формуле

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)},$$

где m – количество коррелирующих факторов;

n – число наблюдений;

S – сумма квадратов отклонений суммы рангов по факторам от средней арифметической.

Расчеты:

$$\overline{\sum R} = \frac{30}{4} = 7,5.$$

$$S = (12-7,5)^2 + (8-7,5)^2 + (6-7,5)^2 + (4-7,5)^2 = 35$$

Подставляя полученные значения в формулу, получаем $W \approx 0,78$. Коэффициент конкордации принимает значения от 0 до 1. Учитывая полученную величину коэффициента, можно утверждать, зависимость между рассматриваемыми показателями «наличие насекомых-опылителей», «количество урожая» и «качество урожая» значимая.

Подтвердить значимость полученного показателя можно по критерию Пирсона (хи-квадрат): $7 \cdot 0,78 \cdot (3-1) = 10,92$.

Значение по таблице критерия Пирсона при 1% уровне значимости составляет 9,2, а при 5% – 6,0. И то и другое меньше расчетного значения, следовательно, при уровне значимости 1% принимается значимым коэффициент конкордации [10, 11].

С очищенными от шелухи пробами плодов с каждой делянки проведен биохимический анализ, результаты которого представлены в табл. 3 и 4.

В опытных образцах с делянок 2–4 урожайность заметно ниже, чем в контрольном (1). При этом на накрытой делянке 4 урожай хоть минимальный, но все-таки есть. Это говорит о возможности самоопыления изолированных растений. Показатели делянок 2 и 3 отличаются от показателей контрольной делянки в меньшей степени. Эти делянки находились в тени и меньше посещались насекомыми, что подтверждает важность освещения не только для растений, но и для насекомых, которые их опыляют. Отмечено проявление корреляционной зависимости количества и качества урожая гречихи посевной от наличия опылителей во время цветения. Список потенциальных опылителей и соотношение представителей разных отрядов насекомых, собранных за вегетационный период 2022 г. на гречихе посевной, приведены в табл. 5 и 6.

При обработке собранного материала к доминантным отнесены виды, обилие которых составляет более 5%, к субдоминантным – от 2 до 5%, к рецедентным – менее 2%.

Из всех опылителей можно выделить очевидных (с опушением) и возможных (без опушения). Большинство видов из приведенного списка (табл. 4) можно считать очевидными опылителями из-за наличия опушения на теле, но есть и те, которые не имеют опушения, например *Himacerus mirmicoides*, *Lasius niger* и др.

Таблица 3

Содержание органических и минеральных веществ в плодах гречихи посевной, %

№ делянки	Белки	Жиры	Углеводы	Минеральные вещества
1 (контроль)	12,85	3,57	62,23	0,43
2	12,52	3,52	61,84	0,40
3	12,67	3,43	61,91	0,41
4	10,31	3,10	60,01	0,35

Таблица 4

Содержание минеральных веществ в плодах гречихи посевной, мг/100 г

№ делянки	Железо	Фосфор	Калий	Магний	Кальций	Кремний
1 (контроль)	8,75	320,21	340,96	220,37	62,64	135,01
2	8,02	317,28	340,17	210,96	61,82	136,18
3	8,21	310,85	337,45	215,85	61,12	135,28
4	7,00	311,67	330,89	207,64	59,87	130,79

Таблица 5

Потенциальные опылители гречихи посевной,
собранные за вегетационный период 2022 г.

№ п/п	Виды насекомых	Степень доминирования
1	<i>Apis mellifera</i> L. – пчела медоносная	++
2	<i>Bombus pascuorum</i> (Scopoli) – шмель полевой	++
3	<i>Bombus lapidaries</i> (L.) – шмель краснохвостый	++
4	<i>Bombus lucorum</i> L. – шмель белохвостый	+
5	<i>Polistes dominula</i> Christ – оса бумажная европейская	+
6	<i>Euvenes coarctatus</i> (L.) – оса пилольная	++
7	<i>Lasius niger</i> (L.) – муравей черный садовый	+
8	<i>Syrirta pippins</i> (L.) – журчалка толстоногая	++
9	<i>Dasysyrphus hilaris</i> (Zetterstedt) – журчалка палеарктическая	+
10	<i>Syrphus ribesii</i> (L.) – сирф перевязанный, или журчалка обыкновенная	++
11	<i>Eristalis tenax</i> (L.) – ильница цепкая, или ильница обыкновенная	++
12	<i>Sarcophaga carnaria</i> (L.) – муха мясная серая	+
13	<i>Caliphora vicina</i> Robineau-Desvoidy – муха падальная синяя красноголовая	+
14	<i>Lucilia sericata</i> (Meigen) – муха обыкновенная зеленая бутылочная	+
15	<i>Musca domestica</i> L. – муха комнатная	+
16	<i>I. Elasmusha fieberi</i> Jakovlev – щитник древесный Фибера	
17	<i>Himacerus mirmicoides</i> O.G. Costa – клоп-охотник муравьевидный	+
18	<i>Pieris napi</i> L. – белянка брюквенная	++
19	<i>Aglais io</i> (L.) – глаз павлиний	
20	<i>Cixius nervosus</i> (L.) – носатка ребристая	+
21	<i>Coleomigilla maculata</i> De Geer – божья коровка пятнистая розовая	
22	<i>Propylea quatuordecimpunctata</i> (L.) – коровка четырнадцатиточечная	+

Примечание: ++ – доминантные виды; + – субдоминантные виды.

Таблица 6

Соотношение представителей разных отрядов насекомых-опылителей
на гречихе посевной за вегетационный период 2022 г., %

Отряды насекомых	Июнь	Июль – август
Двукрылые	53,125	73,206
в том числе мухи-журчалки	31,25	41,627
Перепончатокрылые	28,125	21,053
Жесткокрылые	15,625	1,435
Полужесткокрылые	3,125	3,349
Чешуекрылые	–	0,957
Всего	100,0	100,0

Выводы

По результатам проведенного исследования можно сделать некоторые выводы.

1. Учитывая расположение делянок, засеянных гречихой посевной, рядом с другими посадками, такими как фасоль, следует предположить наличие выбора рас-

тений у насекомых-опылителей, который они не всегда делают в пользу опытной культуры. Проведенный учет насекомых, собранных на гречихе, свидетельствует о преобладании отряда Двукрылые над всеми остальными ее потенциальными опылителями.

2. При сравнении урожая, полученного в разных условиях, установлено: общая биомасса растений и масса плодов с деланки 4 (изолированной) значительно ниже, чем с остальных, что говорит о прямой зависимости количества и качества урожая гречихи посевной от наличия опылителей во время цветения.

3. В ходе исследования опровергнута гипотеза о доминировании пчелиных (Hymenoptera, Apoidea) в качестве опылителей гречихи. При снижении численности последних их место занимают другие антофильные насекомые, преимущественно мухи-журчалки (Diptera, Syrphidae).

4. Подтверждено положительное влияние насекомых-опылителей на растения, проявляющееся в увеличении общей биомассы гречихи посевной, массы плодов, увеличении в них содержания органических и минеральных веществ.

5. Учитывая полученную величину коэффициента конкордации $W \approx 0,78$, можно утверждать, что между рассматриваемыми показателями «наличие насекомых-опылителей», «количество урожая» и «качество урожая» имеется значимая корреляционная зависимость.

Список литературы

1. Гринфельд Э.К. Происхождение и развитие антофиллии насекомых. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1978. 280 с.
2. Ченикалова Е.В., Черкашин В.Н. Пути повышения эффективности природных опылителей при органическом земледелии // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 8. С. 25–29.
3. Комлацкий Г.В. Пчеловодство как необходимый фактор развития АПК // Научный журнал Кубанского ГАУ. 2020. № 157 (03). DOI: 10.21515/1990-4665-157-005.
4. Алексеев М.Е., Зыков И.Е. Гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum* Moench) в разработке школьных проектов // Экология и экологическое образование в современном мире: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции. Орехово-Зуево, 2023. С. 63–67.
5. Тихомиров В.В. Пчеловодство. М.: Экспо, 2022. 336 с.
6. Гречиха посевная // Ртищевская краеведческая энциклопедия. [Электронный ресурс]. URL: <http://wikirtishchevo.shoutwiki.com/wik> (дата обращения: 22.02.2024).
7. Гречиха посевная // Энциклопедия растений [Электронный ресурс]. URL: <http://lektrava.ru/encyclopedia/grechikha-posevnaya> (дата обращения: 22.02.2024).
8. Комлацкий В.И., Стрельбицкая О.В., Купченко А.А. Значение и место пчеловодства в индустриальном агроценозе // Труды Кубанского ГАУ. 2019. № 77. С. 161–165.
9. Федеральный закон от 30 декабря 2020 г. № 490-ФЗ «О пчеловодстве в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400056366/t.ru> (дата обращения: 27.02.2024).
10. Общая теория статистики / под ред. М.Г. Назарова. М.: Омега-Л, 2018. 320 с.
11. Лысенко С.Н., Дмитриева И.А. Общая теория статистики. М.: Вузовский учебник, 2019. 216 с.