

Научная статья

УДК 631.527:633.358

doi: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-69-74.

Особенности цветения и плодообразования у сортов гороха посевного (*Pisum sativum* L.)*

Фирзинат Аглямич Давлетов¹, Карина Петровна Гайнуллина^{1,2},

Алексей Михайлович Дмитриев³, Фидан Фаатович Сафин³

¹ Башкирский НИИСХ УФИЦ РАН

² Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН

³ Башкирский государственный аграрный университет

Аннотация. Горох посевной (*Pisum sativum* L.) является ценной зернобобовой культурой, которая играет важную роль в обеспечении населения и предприятий животноводческой отрасли пищевым и кормовым белком. Для успешной селекции новых сортов гороха необходимы знания о закономерностях его роста и развития. Целью исследования стало изучение особенностей цветения и плодообразования у различных сортов гороха. Опыты проводились в условиях Предуральской степной зоны Республики Башкортостан. В 2018 и 2019 гг. дефицит влаги и высокие температуры оказали неблагоприятное воздействие на рост и развитие растений гороха, в 2020 г. погодные условия в период вегетации складывались относительно благоприятно. Объектом исследования послужили сорта гороха Памяти Хангильдина, Памяти Попова и Аксайский усатый 55. Наблюдения проводились ежедневно с 08.00 до 22.00 за 10 растениями каждого сорта. Результаты исследования показали, что у гороха цветение происходит снизу вверх. Из-за разобщенности по времени цветения нижних и верхних кистей на растениях гороха наблюдается неравномерное плодообразование и созревание бобов и семян. В опытах основную часть бобов завязывали цветки, которые раскрывались в начале цветения. Наибольшее количество бобов и семян формировалось из соцветий нижних ярусов. Цветки и завязи верхних ярусов чаще опадали вследствие худшего обеспечения пластическими и минеральными веществами. По мере снижения густоты посева отмечалось увеличение количества цветков и бобов на растении. Результаты исследования показали, что хорошая обеспеченность растений гороха элементами питания приводит к лучшей завязываемости бобов и повышает результативность гибридизации.

Ключевые слова: горох, сорт, цветение, гибридизация, завязываемость бобов, плодообразование.

Для цитирования: Особенности цветения и плодообразования у сортов гороха посевного (*Pisum sativum* L.) / Ф.А. Давлетов, К.П. Гайнуллина, А.М. Дмитриев [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (87). С. 69–74. doi: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-69-74.

Original article

Features of flowering and seed formation in cultivars of pea (*Pisum sativum* L.)

Firzinat A. Davletov¹, Karina P. Gainullina^{1,2}, Aleksey M. Dmitriyev³, Fidan F. Safin³

¹ Bashkir Scientific Research Institute of Agriculture UFRC RAS

² Institute of Biochemistry and Genetics UFRC RAS

³ Bashkir State Agrarian University

Abstract. Pea (*Pisum sativum* L.) is a valuable leguminous crop playing an important role in providing the population and agricultural enterprises of the livestock industry with food and feed protein. It is necessary to know the laws of pea growth and development for successful plant breeding of its new cultivars. The aim of the study was investigation of the features of flowering and seed formation in pea cultivars. The experiments were conducted in the conditions of the Pre-Ural steppe zone of the Republic of Bashkortostan. The humidity deficit and high temperatures had an adverse effect on the growth and development of pea plants in 2018 and 2019, while in 2020 weather conditions were relatively favorable during the growing season. The objects of the study were the pea cultivars Pamyati Khangil'dina, Pamyati Popova and Aksayskiy usatyi 55. Observations for 10 plants of each cultivar were carried out daily from 8.00 to 22.00. The results of the study showed that pea bloom from the bottom to top. Due to the disunity in the flowering time of the lower and upper blossom clusters on pea plants, uneven seed formation and maturation of beans and seeds are observed. In our experiments, the main part of the beans was tied with flowers that opened at the beginning of flowering. The largest number of beans and seeds were formed from the inflorescences of the lower tiers. Flowers and ovaries of the upper tiers often fell due to the worst provision of plastic and mineral substances. As the density of sowing decreased, there was an increase in the number of flowers and beans on the plant. Thus, a good supply of pea plants with nutrients leads to better bean setting and increases the effectiveness of hybridization.

Keywords: pea, cultivar, flowering, hybridization, bean setting, seed formation.

For citation: Davletov F.A., Gainullina K.P., Dmitriyev A.M. et al. Features of flowering and seed formation in cultivars of pea (*Pisum sativum* L.). *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021; 87(1): 69–74. (In Russ.). doi: 10.37670/2073-0853-2021-87-1-69-74.

* Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России АААА-А19-119021190011-0.

Решение проблемы производства растительного белка – одна из ключевых задач сельского хозяйства [1, 2]. Важная роль в данном вопросе отводится возделыванию зернобобовых культур, в частности гороха, который является основным источником растительного протеина в различных регионах России, в том числе и в Республике Башкортостан [3–5]. По выходу белка с гектара горох превосходит яровые зерновые культуры в 2–2,5 раза, по урожайности не уступает другим зернобобовым и яровым зерновым культурам, а зачастую и превосходит их [6, 7].

В повышении продуктивности и улучшении качества зерна большая роль принадлежит сорту [8, 9]. Возделываемые в республике сорта гороха ещё далеко не полностью удовлетворяют требованиям современного сельскохозяйственного производства. Новые сорта гороха должны отличаться высокой продуктивностью, технологичностью, устойчивостью к болезням, вредителям и другим стрессорам [10, 11]. Для успешной селекционной работы по созданию новых сортов необходимо глубокое и всестороннее изучение исходного материала, закономерностей и особенностей их роста и развития в определённых условиях.

В связи с этим нами впервые в Республике Башкортостан проведено изучение биологии цветения гороха, а именно продолжительности и последовательности цветения отдельных соцветий на растении и цветков в соцветиях, а также особенностей плодообразования в зависимости от условий выращивания. Все эти вопросы имеют не только теоретическое, но и практическое значение для селекции и семеноводства гороха в республике.

Целью настоящей работы являлось изучение особенностей цветения и плодообразования различных сортов гороха и определение перспектив их селекционного использования. Были поставлены следующие задачи:

– изучить продолжительность и последовательность цветения отдельных соцветий на растении и цветков в соцветиях у разных сортов гороха;

– определить характер плодообразования в зависимости от условий выращивания.

Материал и методы. Исследование проводили на полях лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур Чишминского селекционного центра по растениеводству Башкирского НИИСХ УФИЦ РАН.

Почва опытного участка – карбонатный чернозём средней мощности. Гумуса в верхнем слое почвы содержалось 8,2 %, общего азота – 0,4 %, на 100 г почвы подвижного калия – 42,1 мг, окиси фосфора – 23,6 мг. Почва нейтральная, по механическому составу относится к среднесуглинисто-илувато-песчаному типу.

Погодные условия в годы проведения исследования были неодинаковыми. В 2018 и 2019 гг. наблюдалось крайне неравномерное распределение осадков в течение всего вегетационного периода. За май, июнь, июль – месяцы, являющиеся основными для вегетации растений, осадков выпало намного меньше среднемноголетней нормы, особенно в период цветения. Недостаток влаги в сочетании с довольно высокой температурой воздуха неблагоприятно сказывался на росте и развитии растений гороха. В 2020 г. в период вегетации гороха погодные условия сложились более благоприятно. Таким образом, метеорологические условия в годы проведения исследования были контрастны и в целом отражали особенности климата региона.

Опыты закладывались на полях первого селекционного севооборота, предшественником выступала озимая рожь. Обработка почвы под горох заключалась в проведении зяблевой вспашки осенью плугом, ранневесеннего боронования зяби и предпосевной культивации на глубину заделки семян. Посев проводили селекционной сеялкой СН-10Ц. Площадь делянок была равна 12,5 м², повторность – трёхкратная.

Для изучения особенностей плодообразования у гороха в зависимости от условий выращивания закладывали специальный опыт. Объектом исследования служил сорт гороха Памяти Хангильдина. Норма высева составляли 1,2; 1,0; 0,8; 0,5 млн всхожих семян на гектар. Размер учётной площади равнялся 12,5 м², повторность – трёхкратная. Расположение повторений – последовательное, в один ярус.

В период вегетации за посевами вели фенологические наблюдения. Все учёты и измерения проводились по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [12]. Статистическая обработка полученных данных выполнена по Б.А. Доспехову [13].

Результаты исследования. *Цветение гороха.* В 2018–2020 гг. цветение изучалось у сортов гороха Памяти Хангильдина, Памяти Попова и Аксайский усатый 55. Наблюдения проводились в период цветения ежедневно с 08.00 до 22.00 за десятью растениями каждого сорта.

Результаты нашего исследования показывают, что цветение гороха происходит в течение продолжительного периода, причём его длительность изменяется по годам и зависит от метеорологических условий. Так, например, в 2018 г. у растений гороха сортов Памяти Хангильдина и Аксайский усатый 55 цветение продолжалось в течение 7 дн., сорта Памяти Попова – 8 дн. (табл. 1).

В 2019 г. продолжительность периода цветения у сортов гороха Памяти Попова и Аксайский усатый 55 составляла 9 дн., сорта Памяти Хангильдина – 8 дн. В 2020 г. растения гороха

сорта Памяти Хангильдина цвели в течение 12 дн., Памяти Попова – 14 дн., Аксайский усатый 55 – 13 дн.

Фенологические наблюдения показали, что у всех сортов независимо от продолжительности вегетационного периода в первый день цветут цветки первого плодущего узла. В последующие дни цветение распространяется вверх по растению. Последними зацветают самые верхние кисти. У изученных нами сортов гороха между цветением первых кистей и последующих проходит некоторый период времени. Чем выше расположена кисть на растении, тем позже она цветёт.

В 2018 г. у сорта Памяти Хангильдина третья кисть зацвела через 3 дня после первой, в 2019 г. – через 3–4 дня, в благоприятном для роста и развития растений гороха 2020 г. – через 5 дней, а вышерасположенные кисти – ещё позже. То же самое наблюдалось и у других изученных нами сортов. Неодновременность появления кистей и зацветания цветков в кистях обуславливает неравномерное плодообразование и созревание бобов и семян.

В наших опытах в среднем за 2018–2020 гг. в кистях, изолированных на растениях гороха пергаментными изоляторами, процент завязываемости плодов (бобов) был достаточно высоким у всех изученных сортов: у сорта Памяти Хангильдина – 85,8 %, Памяти Попова – 87,9 %, Аксайский усатый 55 – 84,0 % (табл. 2).

Таким образом, опыты с изоляцией отдельных кистей у сортов Памяти Хангильдина, Памяти Попова и Аксайский усатый 55 показали, что при самоопылении у гороха завязываемость плодов (бобов) высокая. Цветок у гороха хорошо приспособлен к самоопылению. Главной особенностью, способствующей этому, является наличие в одном цветке как мужских, так

и женских органов размножения, скрытых в лодочке. Очень тесная близость пыльников и рыльца, раннее и быстрое их формирование и созревание до раскрытия цветка также благоприятствуют самоопылению.

Плодообразование у гороха в связи с особенностями цветения. В период цветения при благоприятных погодных условиях на растениях гороха образуется максимальное количество плодов (бобов), при неблагоприятных – минимальное. Опадение завязей чаще происходит в более поздний период их развития. Так, в 2018 г. позже шестидневного срока с момента раскрытия цветков опало 23,3 % завязей, в 2019 г. – 16,7 % завязей. По нашим наблюдениям, в более ранний период бутоны опадают редко.

Таким образом, основная часть бобов развивается из цветков, раскрывшихся в начале цветения, особенно в неблагоприятные для роста и развития гороха годы. Из цветков, раскрывшихся позже, в конце цветения, образуется лишь небольшое количество нормально развитых бобов. Фенологические наблюдения показывают, что цветки, раскрывающиеся в более поздние сроки, вероятно, оказываются в неблагоприятных условиях: их обеспеченность минеральными и пластическими веществами значительно снижена, в результате чего они чаще опадают или оказываются недоразвитыми.

Из нижних кистей и нижних цветков этих кистей формируется максимальное число бобов и семян. Цветки и завязи верхних кистей, как правило, чаще опадают. Так, в наших опытах у сорта гороха Памяти Хангильдина процентное отношение количества развитых бобов к общему числу цветков в первых двух плодonoсящих узлах (кистях) в 2018 и 2019 гг. составляло 66,7 %, в 2020 г. – 50,0 %, в третьем плодonoсящем узле (кисти) в 2018 и 2019 гг. – 16,7 %, в 2020 г. –

1. Продолжительность цветения сортов гороха в зависимости от условий года

Сорт	Год					
	2018		2019		2020	
	даты цветения	продолжительность цветения, дн.	даты цветения	продолжительность цветения, дн.	даты цветения	продолжительность цветения, дн.
Памяти Хангильдина	26.06–04.07	7	25.06–03.07	8	16.06–28.07	12
Памяти Попова	29.06–07.07	8	27.06–06.07	9	18.06–02.07	14
Аксайский усатый 55	30.06–07.07	7	29.06–07.07	9	21.06–04.07	13

2. Процент завязываемости бобов в кистях, изолированных на растениях гороха пергаментными изоляторами

Сорт	Завязываемость бобов по годам, %			
	2018	2019	2020	в среднем за 2018–2020 гг.
Памяти Хангильдина	84,3	87,5	85,7	85,8
Памяти Попова	88,0	85,6	90,1	87,9
Аксайский усатый 55	82,2	86,7	83,0	84,0

12,5 % (табл. 3). Цветки остальных кистей в основном опадали. То же самое было отмечено нами и у других изученных сортов гороха.

Результаты исследования показывают, что на растении завязи цветков нижних ярусов (кистей), начинающих цвести раньше других, оказываются в более благоприятных условиях для развития, обеспечивающих лучшую оплодотворяемость и приток питательных веществ к формирующимся бобам. Оплодотворение в цветках нижних ярусов (кистей) происходит в то время, когда верхние узлы (кисти) ещё только образуются. Следовательно, поток пластических и минеральных веществ направляется в первую очередь к цветкам

нижних ярусов (кистей), а верхние узлы (кисти) значительно хуже обеспечиваются питательными веществами как во время их формирования, так и в период оплодотворения. Полученные данные показывают, что при скрещиваниях для повышения процента завязываемости бобов следует выбирать цветки нижних ярусов.

Особенности плодообразования у гороха в зависимости от условий выращивания. В результате проведённых нами опытов было установлено, что с увеличением густоты стояния число цветков на растениях гороха сорта Памяти Хангильдина уменьшалось. Так, в 2018–2019 гг. при максимальной густоте посева на растениях

3. Процент завязываемости бобов на растениях гороха в кистях разных ярусов

Сорт	В среднем на 1 растение		
	количество цветков, шт.	отношение количества развитых бобов к общему количеству цветков, %	
		в первых двух кистях	в третьей кисти
2018 г.			
Памяти Хангильдина	6	66,7	16,7
Памяти Попова	8	50,0	12,5
Аксацкий усатый 55	10	40,0	10,0
2019 г.			
Памяти Хангильдина	6	66,7	16,7
Памяти Попова	9	44,4	11,1
Аксацкий усатый 55	10	40,0	10,0
2020 г.			
Памяти Хангильдина	8	50,0	12,5
Памяти Попова	10	40,0	10,0
Аксацкий усатый 55	11	36,7	9,1

4. Процент завязываемости бобов и продуктивность растений гороха сорта Памяти Хангильдина в зависимости от густоты посева

Число растений на 1 м ² , шт.	В среднем на 1 растение					Урожайность зерна, ц/га
	цветков, шт.	бобов, шт.	завязываемость бобов, %	семян, шт.	масса семян, г	
2018 г.						
120	6	2,5 ± 0,2	41,7	9,5 ± 0,8	2,10 ± 0,30	16,2
100	6	2,9 ± 0,1	48,3	9,8 ± 0,8	2,22 ± 0,30	16,3
80	8	4,2 ± 0,4	52,5	11,5 ± 1,1	3,09 ± 0,40	13,1
50	9	4,8 ± 0,4	53,3	13,2 ± 1,1	4,05 ± 0,40	10,8
НСР ₀₅	–	–	–	–	–	2,4
2019 г.						
120	6	2,7 ± 0,1	45,0	9,2 ± 0,9	2,36 ± 0,30	18,3
98	8	4,0 ± 0,3	50,0	10,0 ± 0,8	2,30 ± 0,20	18,0
77	9	4,8 ± 0,3	53,3	11,9 ± 1,0	3,27 ± 0,40	15,4
50	12	7,0 ± 0,4	58,3	13,8 ± 1,1	4,25 ± 0,30	13,2
НСР ₀₅	–	–	–	–	–	2,2
2020 г.						
118	8	3,2 ± 0,2	40,0	13,8 ± 1,1	2,64 ± 0,30	25,2
100	10	4,5 ± 0,3	45,0	13,8 ± 1,0	2,67 ± 0,20	23,4
81	12	5,8 ± 0,3	48,3	15,5 ± 1,3	3,50 ± 0,40	20,1
49	14	7,5 ± 0,4	53,6	18,6 ± 1,5	4,98 ± 0,50	17,3
НСР ₀₅	–	–	–	–	–	2,7

развивалось в 1,5–2 раза меньше цветков, чем при минимальной (табл. 4). Одновременно с увеличением количества цветков на растении возрастает процент завязываемости бобов и их количество.

Как видно по данным таблицы 4, по мере снижения густоты посева увеличивается озернёность и продуктивность растений. Однако, как показывают результаты нашего исследования, наиболее высокие урожаи зерна гороха с единицы площади формируют более загущенные посевы – варианты опыта с густотой стояния 120 растений на 1 м² и 100 растений на 1 м².

В наших опытах с увеличением густоты посева отмечалось снижение количества зрелых бобов и процента завязываемости бобов в нижних и средних кистях, а верхние цветки почти полностью опадали. Мы считаем, что одной из главных причин повышения процента завязываемости бобов и общей продуктивности растений при снижении густоты стояния является лучшая обеспеченность растений влагой и элементами питания в редких посевах. Пониженные нормы высева семян гороха позволяют несколько увеличить процент завязываемости бобов, что с успехом может применяться при гибридизации для повышения её результативности.

Выводы

1. В условиях Республики Башкортостан в зависимости от погодных условий продолжительность цветения гороха изменялась по годам и в 2018–2020 гг. составляла: у сорта Памяти Хангильдина – от 7 до 12 дн., Памяти Попова – от 8 до 14 дн., Аксайский усатый 55 – от 7 до 13 дн.

2. Наибольшее число бобов формируется из цветков, раскрывающихся в начале цветения, и цветков нижних кистей, которые оказываются в более благоприятных условиях относительно обеспеченности пластическими и минеральными веществами.

3. Улучшение условий питания растений гороха и влагообеспеченности при пониженных нормах высева семян повышает процент завязываемости бобов.

Литература

1. Ашиев А.Р. Исходный материал гороха (*Pisum sativum* L.) и его селекционное использование в условиях Предуральской степи Республики Башкортостан: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Казань, 2014. 20 с.
2. Гайнуллина К.П., Давлетов Ф.А. Создание и внедрение в производство высокопродуктивного технологического сорта гороха Памяти Хангильдина // Современное состояние, традиции и инновационные технологии в развитии АПК: сб. матер. междунар. науч.-практич. конф. в рамках XXVIII междунар. специализиров. выст. «Агрокомплекс-2018». Уфа: БГАУ, 2018. С. 29–33.
3. Вахитова Р.К. Формирование урожая гороха посева в зависимости от элементов технологии возделывания в условиях Предуралья Республики Башкортостан: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Уфа, 2015. 18 с.
4. Давлетов Ф.А., Гайнуллина К.П., Каримов И.К. Сравнительное изучение морфобиологических и хозяйственно ценных признаков гороха стародавних и современных сортов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2016. № 4 (40). С. 21–30.
5. Ахмадуллина И.И. Совершенствование методики первичного семеноводства и приёмов возделывания гороха на семенные цели в условиях Предуральской степи Республики Башкортостан: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Казань, 2018. 15 с.
6. Хангильдин В.Х., Хангильдин В.В. Методы и результаты селекции гороха // Труды Башкирского НИИХС. Уфа, 1969. Вып. 3. С. 105–122.
7. Давлетов Ф.А. Селекция и технология производства гороха в Башкортостане. Уфа: Мир печати, 2015. 160 с.
8. Гайнуллина К.П. Генетическое разнообразие исходного материала для селекции гороха (*Pisum sativum* L.) в условиях Предуральской степи Башкортостана: автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2013. 19 с.
9. Попов Б.К. Селекция гороха в Башкортостане // 75 лет Татарскому научно-исследовательскому институту сельского хозяйства: сб. матер. науч.-практич. конф. Казань: НПО «Нива Татарстана», 1996. С. 169–170.
10. Давлетов Ф.А., Гайнуллина К.П., Ашиев А.Р. Новый сорт зернового гороха Памяти Хангильдина // Зернобобовые и крупяные культуры. 2014. № 2 (10). С. 26–31.
11. Шакирзянова М.С. Новые и перспективные сорта гороха селекции Ульяновского научно-исследовательского института сельского хозяйства // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 1 (25). С. 22–27.
12. Федин М.А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1985. 269 с.
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 6-е изд., стер. М.: Альянс, 2011. 352 с.

Фирзинат Аглямич Давлетов, доктор сельскохозяйственных наук. Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства УФИЦ РАН. Россия, 450059, г. Уфа, ул. Рихарда Зорге, 19, davletovfa@mail.ru

Карина Петровна Гайнуллина, кандидат биологических наук. Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства УФИЦ РАН. Россия, 450059, г. Уфа, ул. Рихарда Зорге, 19; Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН. Россия, 450054, г. Уфа, проспект Октября, 71/1 е, karina28021985@yandex.ru

Алексей Михайлович Дмитриев, кандидат сельскохозяйственных наук. ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет». Россия, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, dmitriev-bgau@mail.ru

Фидан Фаатович Сафин, агроном. УНЦ ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет». Россия, 450512, Республика Башкортостан, Уфимский р-н, п. Дмитриевка, unc.bsau@mail.ru

Firzinat A. Davletov, Doctor of Agriculture. Bashkir Scientific Research Institute of Agriculture UFRC RAS. 19, Rihard Zorge St., Ufa, 450059, Russia, davletovfa@mail.ru

Karina P. Gainullina, Candidate of Biology. Bashkir Scientific Research Institute of Agriculture UFRC RAS. 19, Rihard Zorge St., Ufa, 450059, Russia; Institute of Biochemistry and Genetics UFRC RAS, 71/1E, prospekt Oktyabrya, Ufa, 450054, Russia, karina28021985@yandex.ru

Aleksey M. Dmitriyev, Candidate of Agriculture. Bashkir State Agrarian University. 34, 50-letiya Oktyabrya St., Ufa, 450001, Russia, dmitriev-bgau@mail.ru

Fidan F. Safin, Agronomist. UNC Bashkir State Agrarian University. Ufa district, Republic of Bashkortostan, Dmitrievka village, 450512, Russia, unc.bsau@mail.ru

