

УДК 633.12

DOI: 10.31040/2222-8349-2023-0-3-50-54

**ИЗМЕНЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ И ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРЫ РАСТЕНИЙ  
В ПРОЦЕССЕ ГИБРИДИЗАЦИИ ВЕТВЯЩЕЙСЯ  
И ОГРАНИЧЕННОВЕТВЯЩЕЙСЯ ФОРМ ГРЕЧИХИ**

© Ф.Ф. Магафурова, В.В. Хуснутдинов

В процесс гибридизации вовлекаются сорта и гибридные популяции с оригинальными хозяйственно-ценными свойствами. Особое внимание при этом обращается на такие признаки, как ограниченное ветвление, высокая продуктивность, короткостебельность, скороспелость. Для передачи положительных свойств и качеств новой (2009 г.) более низкорослой ограниченноветвящейся формы гречихи, в 2013 г. было проведено скрещивание с ветвящейся. Были получены растения, имеющие большее по сравнению с родительскими парами количество ветвей, разную высоту их заложения на стебле, повышенную продуктивность. Погодно-климатические условия вегетации в годы проведения исследований существенно различались: 2018 г. засушливый (ГТК = 0.5), 2019 г. – благоприятный (ГТК = 0.9), 2020 г. с обильными осадками на фоне пониженных температур (ГТК = 1.2). Доминирование признака «ограниченное ветвление» и высокое заложение веток на стебле отмечено лишь у гибрида 234. В выборке этой комбинации выявлено 50% растений, у которых ветвление начинается с четвертого и 15% растений – с пятого междоузлия. Анализ связи архитектоники гибридных растений с их продуктивностью выявил, что наиболее продуктивными были растения, у которых первая первичная ветка закладывалась на втором и третьем междоузлии стебля. Высокая продуктивность гибридных комбинаций сформирована за счет повышенного числа соцветий (37–81 шт.) и семян (206–385 шт.) на одном растении. Корреляционный анализ связи общего количества веток и числа вызревших на них зерен показал устойчивую положительную связь между этими признаками в первой и второй группах:  $r = 0.9$  и  $r = 0.7$ . В третьей группе взаимозависимость более слабая –  $r = 0.4$ . В дальнейшей селекционной работе с данными гибридами необходимо вести отбор растений с заложением первой первичной ветки на втором и третьем междоузлиях с учетом их высокой продуктивности.

Ключевые слова: гречиха, гибридизация, неветвящаяся форма, вегетационный период, наследуемость ветвления, продуктивность.

**Введение.** Проблема повышения урожайности гречихи (*Fagopyrum esculentum Moench*) стоит более остро, чем по другим сельскохозяйственным культурам. По мнению ряда авторов, низкая урожайность гречихи обусловлена ее биологическими особенностями: продолжительный интенсивный рост побегов, параллелизм в росте вегетативной и генеративной сфер растения, слабый гомеостаз плодообразования и т.д. [1, 2]. Целью селекции остается сочетание изменения архитектоники растений с глубоким преобразованием физиологии взаимодействия вегетативного и генеративного развития [3].

Известно, что популяционный уровень сортов гречихи позволяет совершенствовать их методами отбора, выделять новые генотипы и формировать из них генофонд нового сорта.

Успех селекции во многом зависит от правильного подбора исходного материала, поиска системных критериев, характеризующих адаптивные и продукционные особенности нового гибрида [4]. В связи с чем в процесс гибридизации вовлекаются новые сорта и гибридные популяции с оригинальными хозяйственно-ценными свойствами, с учетом крупноплодности, короткостебельности, ограниченности ветвления. Короткостебельные формы являются донорами устойчивости к полеганию, ограниченноветвящиеся формы (ОВ) – дружного плодообразования и скороспелости [5, 6]. По наблюдениям авторов продолжительность генеративного периода у ограниченноветвящихся растений короче в результате дружного и интенсивного цветения растений и раннего достижения

МАГАФУРОВА Флора Фаатовна – к.с.-х.н., Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства УФИЦ РАН, e-mail: bniish@rambler.ru  
ХУСНУТДИНОВ Валир Вакилович, Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства УФИЦ РАН, e-mail: valir80@mail.ru

уборочной спелости [7]. Исследования Г.Е. Мартыненко подтвердили повышенную стабильность урожая ограниченоветвящихся сортов (Есень, Баллада и др.) [8].

Ограниченноветвящаяся форма гречихи впервые была выделена нами в 1974 г. из контрольного питомника обычной ветвящейся гречихи. Растения этой формы достигали 130–170 см высоты, имели толщину нижних междоузлий 1.4–1.7 см, крупные листья, увеличение числа вегетативных узлов на главном побеге при сохранении продолжительности вегетационного периода на уровне сортов традиционного морфотипа, высокое заложение соцветий и одну, две ветви первого и отсутствие ветвей второго порядка.

Далее ОВ форма была скрещена с короткостебельной формой гречихи своей селекции (2009 г.). Последующие отборы в этом селекционном материале позволили сформировать новую популяцию более низкорослой и скороспелой ограниченоветвящейся гречихи. Эта популяция состояла в основном из растений неветвящихся и с одной веткой (75%). При этом доля неветвящихся растений составила третью часть в популяции (34.6%).

Анализ продуктивности растений этой гибридной популяции выявил меньшее количество соцветий и выполненных зерен, чем у стандартного сорта Чишминская. В разреженных посевах (норма высева семян 2 млн шт. на га) растения без веток формировали в среднем 8 соцветий с 95 плодами, растения с одной веткой соответственно 11 и 110 шт., у стандартного сорта формировалось 13.1 соцветий с 186 плодами. В условиях засухи из-за малого количества соцветий и цветков растения ограниченоветвящейся формы существенно снижали урожайность, но в годы с благоприятными погодными условиями вегетационного периода растения этой формы показывали достаточно высокий уровень продуктивности, дружное зацветание и созревание зерен.

Для передачи положительных свойств и качеств ограниченоветвящейся формы в 2013 г. были проведены скрещивания ОВ гречихи с сортом и перспективными гибридными популяциями своей селекции. Получены растения, имеющие большее по сравнению с родительскими парами количество ветвей первого и второго порядка, разную высоту заложения на стебле первой первичной ветки и с повышенной продуктивностью.

Цель нашей работы – определение характера наследования продуктивности и ограниченности ветвления в гибридных популяциях, полученных от скрещивания ограниченоветвящейся формы гречихи с обычной ветвящейся.

**Материал, условия и методы исследований.** Исследования выполнены в 2018–2020 гг. в селекционном питомнике Чишминского селекционного центра по растениеводству Башкирского научно-исследовательского института сельского хозяйства УФИЦ РАН, расположенного в Предуральской степной зоне Республики Башкортостан. Почвы опытного участка – выщелоченные, карбонатные черноземы. Содержание гумуса – 8–12%, общего азота – 0.4–0.5, общего фосфора – 0.2–0.25, общего калия – 1.8%, pH равен 6.7–7.5.

Объектом исследований являлись гибридные популяции пятого-седьмого поколений, полученные от скрещивания гречихи с ограниченным ветвлением с сортом Чишминская и гибридами своей селекции – СГП-119а, СГП-36, СГП-131, высокоурожайными, скороспелыми, устойчивыми к осыпанию зерна. Посев проводили селекционной сеялкой СКС-6-10.

Для структурного анализа полученных гибридов гречихи использовали по 70–80 хорошо развитых растений, выращенных в полевых условиях с площадью питания 30×5 см. Определяли высоту растения, междоузлия с заложением первой первичной ветки, количество веток, соцветий, зерен, урожайность, технологические качества.

Исследования проводили по методике Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур [9]. Математическая обработка результатов опытов – методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [10].

Погодно-климатические условия вегетационных периодов 2018–2020 гг. характеризовались условиями, различающимися и по увлажненности, и по температурному фону.

2018 г. в целом был засушливым, ГТК = 0.5. Рост, развитие, цветение растений гречихи проходили в условиях жаркой и сухой погоды. Но благодаря хорошей влагозарядке почвы в предпосевной период (до 153 мм продуктивной влаги в метровом слое) и частым росам в конце июля–августе засушливые условия вегетации не оказали сильного отрицательного влияния на уровень урожайности испытываемых гибридов.

Вегетационный период 2019 г. был прохладным, дождливым (ГТК = 0.9). Условия периода цветения-созревание были несколько мягче основного времени вегетации – более теплые дни (среднесуточная температура – 18.4°C), осадков выпало в пределах среднегодовой нормы, что положительно сказалось на уровне урожайности.

Погодные условия вегетационного периода 2020 г. в целом были благоприятными (ГТК = 1.2). Но при этом наблюдалось неравномерное выпадение осадков в межфазные периоды вегетации: частые дожди на фоне низких температур в период всходы–цветение, жаркая

и сухая (ГТК = 0.7) погода во время основного цветения и созревания.

**Результаты и обсуждение.** Урожайность новых гибридов 234, 236, 237 и 238 за годы изучения в конкурсном сортоиспытании варьировала в пределах 15.1–27.1 ц/га (табл. 1).

Лучшую устойчивость к неблагоприятным условиям погоды вегетационных периодов 2018, 2020 гг. показали гибриды 236 и 238. Разница в уровне урожайности за эти годы у 236 – 0.1 ц/га, у номера 238 – 0.8 ц/га. Наиболее отзывчивым на благоприятные условия произрастания 2019 г. был гибрид 236 – 27.1 ц/га.

Т а б л и ц а 1

*Урожайность новых гибридов гречихи в годы исследований (2018–2020 гг.)*

Название сорта и гибридов	Средняя урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Пленчатость, %
Инзерская (станд.)	17.6	–	29.5	603	20.6
234 (ОВ × Чишминская)	18.1	+0.5	32.1	589	21.1
236 (ОВ × СГП 36)	19.7	+2.1	31.6	591	21.0
237 (ОВ × ОГП 26)	18.6	+1.0	31.8	589	21.9
238 (ОВ × Популяция 1)	17.5	-0.1	31.4	595	21.6
НСР <sub>05</sub>	0.72				

Т а б л и ц а 2

*Структурный анализ новых гибридных растений*

Название сорта и гибриды	Распределение веток на междоузлиях стебля, %	Высота растений, см	Количество веток			Количество соцветий на растении, шт.	Количество зерен на растении, шт.	Вес зерен с растения, г
			1-го порядка	2-го порядка	3-го порядка			
Инзерская (стандарт)	–	85	3.3	3.6	–	32	131	3.9
Со второго междоузлия								
234	27.0	91	4.7	8.0	3.9	78	385	8.8
236	38.5	87	4.5	5.6	0.9	53	214	6.6
237	50.0	87	4.4	6.6	1.5	56	282	8.0
238	70.5	91	4.5	5.9	2.0	58	259	7.9
С третьего междоузлия								
234	7.7	104	3.5	3.5	3.9	81	373	9.3
236	23.0	94	4.5	6.5	–	61	256	6.6
237	28.1	87	3.9	4.5	1.5	56	231	6.9
238	14.9	82	3.8	3.6	–	37	206	6.2
С четвертого междоузлия								
234	50.0	83	2.6	1.6	–	25	157	4.7
236	38.5	84	2.1	0.9	–	25	130	3.7
237	18.8	87	3.3	2.5	–	32	139	4.9
238	14.6	71	2.3	1.0	–	21	100	3.5
С пятого междоузлия								
234	15.3	71	2.0	0.0	–	17	61	2.8
237	3.1	78	2.0	0.0	–	12	50	1.9

Резких отклонений в показателях технологических качеств зерна у изучаемых гибридных комбинаций не отмечено. При низкой пленчатости зерна – 21.0–21.9%, масса 1000 зерен равнялась 31.4–32.1 г, натура зерна – в пределах 589–595 г/л.

По мнению А.Н. Фесенко, метамерийная архитектура вегетативной системы растения характеризует количество, размеры, пространственное размещение и ритм развития метамеров растения [11]. У гибридов в годы изучения рост продуктивности сопровождался изменением количества элементов структуры растения.

Особое внимание было обращено на растения с разной высотой заложения на стебле первой первичной ветки. Все анализируемые гибридные растения были объединены в группы (табл. 2).

В первую группу вошли растения, у которых первая первичная ветка формировалась на втором междоузлии стебля, во вторую – растения с веткой на третьем междоузлии, в третью – с веткой на четвертом междоузлии и т.д.

У 50.0–70.5% растений гибридных комбинаций 237 и 238, входящих в первую группу, первая первичная ветка заложилась на втором междоузлии. В комбинациях под номерами 234 и 236 этой же группы доля таких растений не превышала 27.0–38.5%. На растениях сформировалось в сумме 11.3–16.6 веток первого, второго и третьего порядков.

Во второй группе во всех гибридных номерах количество растений с заложением первой ветки на третьем междоузлии не превышало 8–28%. Сумма ветвей всех порядков у растений этой группы снизилась до 7.4–11.0 шт.

В третьей группе наблюдается большое количество растений, у которых первая первичная ветка сформировалась на четвертом междоузлии – 38.5–50.0% (№ 234, 236). Наибольшее количество таких растений отмечено в гибридной комбинации 234 – до половины всей выборки. У этого же номера зафиксировано 15.3% растений с первой веткой, заложённой на пятом междоузлии.

Таким образом, структурный анализ вегетативной части растений гречихи показал, что рецессивный ген одностебельности был в большей степени подавлен в комбинациях 237 и 238.

Анализ связи архитектуры гибридных растений с их продуктивностью выявил, что наиболее продуктивными были растения, у которых первая первичная ветка закладывалась на втором и третьем междоузлии стебля. Высокая продуктивность гибридных комбинаций сформирована за счет повышенного числа соцветий (37–81 шт.) и семян (206–385 шт.) на одном растении. Корреляционный анализ взаимосвязи

всех веток на растении с количеством зерен показал устойчивую положительную связь между этими признаками в первой и второй группах:  $r = 0.9$  и  $r = 0.7$ . В третьей группе такая связь несколько слабее –  $r = 0.4$ .

В выборке гибрида 234 у 50% растений ветвление начиналось с четвертого междоузлия, а у 15% – с пятого. Продуктивность таких растений средняя, количество зерен 64–157 шт. Более урожайными были растения, у которых ветки первого порядка формировались на втором и третьем междоузлиях (373–385 зерен), но доля их в группе невелика, всего 8–27%. Сопряженность количества зерен и соцветий с количеством первичных веток средняя –  $r = 0.4–0.7$ . Больше соцветий и семян формировалось на ветках второго порядка и, соответственно, значения коэффициента корреляции поднялись до 0.8–0.9.

В выборке гибрида 236 отмечено относительно равное количество растений с заложением первой ветки на втором – 38.5, третьем – 23.0 и четвертом междоузлиях – 38.5%. Основная часть соцветий (53–61 шт.) и семян (214–256 шт.) формируется на растениях, объединенных в первую и вторую группы. Растения с первой первичной веткой с четвертого междоузлия имеют меньшую высоту и образуют меньшее количество веток всех порядков и, соответственно, соцветий и семян. Рассчитанный коэффициент детерминации ( $r^2$ ) позволил уточнить, что в 79–94 случаях количество соцветий и зерен зависит от количества веток всех порядков, сформированных на растении.

У 50–70% растений гибридных комбинаций 237, 238 основная масса семян вызрела на ветках первого порядка, сформировавшихся на втором междоузлии. Продуктивность таких растений достаточно высокая – на ветках насчитывалось до 56–58 соцветий с 259–282 полноценными зернами. У растений, входящих во вторую и третью группы уменьшается количество веток всех порядков и, соответственно, число соцветий и семян. При этом отмечается усиление взаимосвязи между числом веток и наличием соцветий и семян. Коэффициенты корреляции, равные 0.8–0.9, показывают сильную и положительную связь между указанными признаками как по веткам первого, так и второго порядков.

**Выводы.** У гибридов, полученных от скрещивания ветвящейся гречихи с формой с ограниченным ветвлением, наблюдался гетерозис по количеству первичных, вторичных и третичных веток. В среднем на растении формировалось 3.5–4.7 первичных, 3.5–8.0 вторичных и 1.5–3.9 третичных веток при наличии у стандартного сорта 3.3 и 3.6 веток соответственно.

Признак «ограниченное ветвление» и высокое заложение веток на стебле отмечено лишь у гибрида 234. В выборке этой комбинации выявлено 50% растений, у которых ветвление начинается с четвертого и 15% растений – с пятого междоузлия. При этом количество ветвей второго порядка насчитывается 0–1.6 шт.

Высокую продуктивность показали растения, сформировавшие первую первичную ветку со второго и третьего междоузлия стебля. Количество зерен достигало – 206–385 шт. на растение.

В дальнейшей селекционной работе с данными гибридами необходимо вести отбор растений с заложением первой первичной ветки на втором и третьем междоузлиях с учетом их высокой семенной продуктивности.

### Литература

1. Неттевич Э.Д. К биологии гречихи // Научные труды НИИ земледелия ЦРНИ. Вып. 18. М., 1958. С. 73–81.
2. Фесенко Н.В. Селекция и семеноводство гречихи. М: Колос, 1983. 190 с.
3. Фесенко А.Н., Мазалов В.И., Бирюкова О.В. Сравнительный анализ урожайности сортов гречихи различных лет селекции // Земледелие. 2017. № 3. С. 31–34.

4. Шипулин О.А. Влияние архитектоники растения на продукционные свойства гречихи и использование этого признака в селекции: Автореф. ... дисс. канд. наук. Орел, 2007.

5. Сабитов А.М. Направления, методы работы и результаты селекции гречихи в Башкортостане // Достижения науки и техники АПК. М., 2007. № 2. С. 17–18.

6. Сабитов А.М. Результаты и перспективы селекции черноплодных и ограниченноветвящихся форм гречихи // Эффективные приемы воспроизводства плодородия почв, совершенствование технологий возделывания и внедрение сортов селекционных культур. Уфа, 1995. С. 236–242.

7. Фесенко А.Н., Бирюкова О.В., Фесенко И.Н. Морфологические особенности основных морфотипов гречихи, возделываемых в России // Земледелие. 2019. № 4. С. 36–39.

8. Мартыненко Г.Е. Интродукция генов иностранных сортов в геном *Fagopyrum esculentum* Moench // Земледелие. 2018. № 4. С. 39–42.

9. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1971. 238 с.

10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 236 с.

11. Фесенко А.Н. О роли структуры вегетативной зоны побегов в продукционных свойствах сортов гречихи // НТБ ВНИИЗБК. 2005. Вып. 43. С. 23–27.

## CHANGES IN THE PRODUCTIVITY AND STRUCTURAL ELEMENTS OF PLANTS IN THE PROCESS OF HYBRIDIZATION OF BRANCHING AND LIMITED-BRANCHING FORMS OF BUCKWHEAT

© F.F. Magafurova, V.V. Khusnutdinov

Bashkir Research Institute of Agriculture – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences,  
19, ulitsa Riharda Zorge, 450059, Ufa, Russian Federation

Varieties and hybrid populations with original economically valuable properties are involved in the process of hybridization. Particular attention is drawn to such features as limited branching, high productivity, short stems, early maturity. In order to transfer the positive properties and qualities of the new (2009) shorter, restrictedly branching form of buckwheat, in 2013 a crossing with a branching one was carried out. Plants were obtained that had a larger number of branches compared to parental pairs, different heights of their placement on the stem, and increased productivity. The weather and climatic conditions of the growing season in the years of the study varied significantly: 2018 is dry (HTC = 0.5), 2019 is favorable (HTC = 0.9), 2020 is with heavy precipitation against the background of low temperatures (HTC = 1.2). The dominance of the trait "limited branching" and high branching on the stem was noted only in hybrid 234. In the sample of this combination, 50% of plants were found in which branching begins from the fourth and 15% of plants from the fifth internode. An analysis of the relationship between the architectonics of hybrid plants and their productivity revealed that the most productive were plants in which the first primary branch was laid on the second and third internode of the stem. The high productivity of hybrid combinations is formed due to the increased number of inflorescences (37–81 pcs) and seeds (206–385 pcs) per plant. Correlation analysis of the relationship between the total number of branches and the number of grains matured on them showed a stable positive relationship between these features in the first and second groups:  $r = 0.9$  and  $r = 0.7$ . In the third group, the interdependence is weaker –  $r = 0.4$ . In further breeding work with these hybrids, it is necessary to select plants with the establishment of the first primary branch on the second and third internodes, taking into account their high productivity.

Keywords: buckwheat, hybridization, non-branching form, growing season, heritability of branching, productivity.