

**АНАЛИЗ НАСЛЕДОВАНИЯ ВЫСОТЫ РАСТЕНИЙ
КОРОТКОСТЕБЕЛЬНЫХ ГИБРИДОВ F_1 ЯРОВОГО РАПСА**

Я.Э. Пилюк, кандидат с.-х. наук, **А.Н. Павловская**, младший научный сотрудник, **О.А. Пикун**, **А.В. Бакановская**, научные сотрудники

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
(Поступила 23.03.2021)*

Рецензент: Гордей С.И., кандидат биол. наук

Аннотация. Представлены результаты двухлетних исследований по изучению гибридов F_1 ярового рапса, полученных от скрещивания короткостебельных и среднерослых сортов (линий) и образцов, различающихся по происхождению родительских форм. Показан характер наследования признака «высота растений», выявлена корреляционная зависимость, установлено проявление истинного и конкурсного гетерозиса по комбинациям скрещивания. Установлено, что признак «высота растений» гибридов F_1 ярового рапса имеет сильную корреляционную связь с высотой ветвления ($r=0,65$) и количеством ветвей первого порядка ($r=0,59$). При использовании в системных скрещиваниях низкорослых родительских форм различного эколого-географического происхождения выделены низкорослые линии, которые рекомендуется использовать в селекционном процессе для снижения высоты растений с целью повышения устойчивости сортов и гибридов ярового рапса к полеганию.

В настоящее время яровой рапс в структуре посевных площадей масличных культур занимает 10-15 %, а в годы с неблагоприятной перезимовкой озимого рапса – до 40 %, являясь основной страховой культурой масложировой отрасли Беларуси. В семенах рапса содержится 40-50 % масла и 20-28 % кормового белка [1]. Решение задачи обеспечения перерабатывающей промышленности сырьем, населения пищевым растительным маслом, а животноводства кормовым белком стало возможным благодаря созданию и внедрению в производство отечественных высокоурожайных сортов рапса [2]. Селекция на преодоление полегаемости сортов путем создания низкорослых форм остается актуальной проблемой для ярового рапса. Как указывал Н.И. Вавилов [3], успех селекционной работы во многом определяется наличием разнообразного исходного материала и, что особенно ценно, полнотой информации о нем. По мнению В.Ф. Дорофеева, «современная генетика открывает новые возможности для успешного осуществления селекции на сочетание комплекса хозяйственно-ценных признаков. Для успешной селекции сортов необходимо создание новых источников, сочетающих короткостебельность с высокой продуктивностью, устойчивостью к болезням, скороспелостью» [4]. Наибольшей экономической эффективностью обладают сорта с высоким потенциалом биологической про-

дуктивности. Такие сорта обычно формируют большую вегетативную массу, что может привести к полеганию в посевах уже в период цветения – налива семян, вызвать определенные трудности при уборке рапса, увеличить потери маслосемян и снизить рентабельность. Поэтому целесообразно постоянно вести селекционную работу по созданию устойчивых к полеганию и осыпанию сортов рапса. У высокорослых и низкорослых сортов есть свои преимущества и недостатки. Так, высокорослые сорта обычно являются более продуктивными, но они часто более позднеспелые. Низкорослые созревают раньше, меньше полегают и более пригодны для проведения технологических операций по защите посевов от вредителей и болезней, внесения микроэлементов, а также препаратов предуборочной обработки [5, 6].

По мнению Н. В. Тупицына [7], появление низкостебельных семей и линий во втором и последующих поколениях в значительной степени зависит от материнской формы: чем короче у нее стебель и больше устойчивость к полеганию, тем более низкостебельное и устойчивое к полеганию формируется потомство. По данным S. S. Duhoon et al., аддитивное действие генов у рапса в основном преобладало в наследовании таких признаков, как число дней до начала цветения, высота растения, длина стручка и масса 1000 семян [8]. В засуху, как правило, высота растений снижается [9]. Признак короткостебельности у разных форм рапса и многих сельскохозяйственных культур наследуется неодинаково, в зависимости от его генетических особенностей, при этом проявляется доминирование короткостебельности, сверхдоминирование высокостебельности, промежуточное наследование высоты. Метод гибридизации является основой создания популяций для отбора рапса. Преимущественно это внутривидовая гибридизация. Наиболее эффективен при гибридизации принцип скрещивания отдаленных эколого-географических форм, предложенный Н.И. Вавиловым [10]. Результаты работ П.П. Лукьяненко и В.И. Шевелухи свидетельствуют о том, что чем больше различаются скрещиваемые формы в генетическом отношении, чем меньше их родство, тем перспективнее получение трансгрессий [11, 12]. Источником этой наследственной изменчивости служат рекомбинации генов и хромосом, а также и мутации (генные, хромосомные, геномные и полиплоидия). Огромное разнообразие гибридного материала, созданного путем гибридизации, ставит перед селекционером задачу выявления среди них наиболее ценных сочетаний (комбинаций) для селекции на продуктивность, которая напрямую зависит от устойчивости к биотическим и абиотическим факторам среды. При наличии генофонда сортов с высоким потенциалом урожайности представляют интерес исследования, направленные на увеличение их устойчивости к полеганию на высоких фонах питания, в условиях повышенной влажности и др.

Цель исследований – определить характер наследования высоты растений у короткостебельных гибридов F_1 при диаллельных скрещиваниях низкорослых и среднерослых сортов (линий) и образцов ярового рапса.

Методы исследования. Исследования проводили на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в 2019-2020 гг.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, слабоподзоленная, развивающаяся на легком суглинке, подстилаемом мореной со следующей характеристикой пахотного слоя: гумус (по Тюрину) – 2,03-2,34 %; pH (в KCL) – 6,02-6,2 %; P_2O_5 – 205-245 мг/кг; K_2O – 218-252 мг/кг почвы (по Кирсанову). Предшественник – гречиха. Объектом исследований служили гибридные комбинации F_1 , полученные от диаллельных скрещиваний ярового рапса. В качестве родительских форм использовали отечественные и зарубежные образцы (линии) различного эколого-географического происхождения, различающиеся по признаку «высота растений», созданные в отделе масличных культур, полученные из генбанка РБ (по обмену), в результате сотрудничества с селекционерами научно-исследовательских учреждений и фирм. Посев гибридов F_1 проводили вручную, по методу 2 Гриффинга [13] в гибридном питомнике с использованием родительских форм и сорта-стандарта в качестве контроля. Площадь учетной делянки гибридов составила 0,4-0,8 м², родительских форм – 0,4 м². Закладку опытов, фенологические наблюдения, полевые учеты и структурный анализ снопов проводили согласно методике Государственного испытания [14] и методике полевого опыта Б.А. Доспехова [15]. Определение степени истинного и конкурсного гетерозиса проводили по Д.С. Омарову [16], степень доминирования изучаемых признаков определяли по формуле, предложенной G.M. Beil и R.E. Atkins [17]. Обработка полученных результатов проводилась методом корреляционного и вариационного анализа, статистическая обработка осуществлялась при помощи пакета анализа, входящего в состав Microsoft Excel. Коэффициент вариации определяли по формуле: $V=(S/X) \times 100$.

Метеорологические условия в период исследований существенно отличались от среднеежегодных показателей как по температурному режиму, так и по количеству атмосферных осадков и были в целом благоприятными для роста растений и формирования продуктивности семян ярового рапса.

Результаты и обсуждение. Изучение закономерностей проявления гетерозиса у ярового рапса по признаку «высота растения» необходимо для обоснования и разработки генетических принципов и методов подбора исходного материала при создании низкорослых гибридов. В исследованиях в качестве родительских форм использовались сорт *Герцог*, образцы №14А-2, №111/4 и №10А-2. Средние значения высоты растений родительских форм, гибридов F_1 и сорта-контроля *Тоназ* ярового рапса представлены на рисунке 1. Родительские формы значительно различались между собой по высоте растений: от среднерослого (Нh) сорта *Герцог* (106,5 см) до низкорослого (hh) образца №10А-2 (64,3 см). Разница между ними по данному признаку варьировала от 10,2 до 42,2 см. В среднем за 2 года исследований высота растений родительских форм составила 87,7 см, гибридов F_1 99,9 см, а сорта – контроля 115,1 см. Коэффициент вариации по данному признаку у гибридов F_1 составил в среднем $V=9,9$ %. Корреляционный анализ по выявлению силы и направленности связи высоты растений с другими биометрическими признаками показал, что высота растений гибридов F_1 ярового рапса имеет связь сильной степени с высотой ветвления ($r=0,65$) и количеством ветвей первого порядка ($r=0,59$).

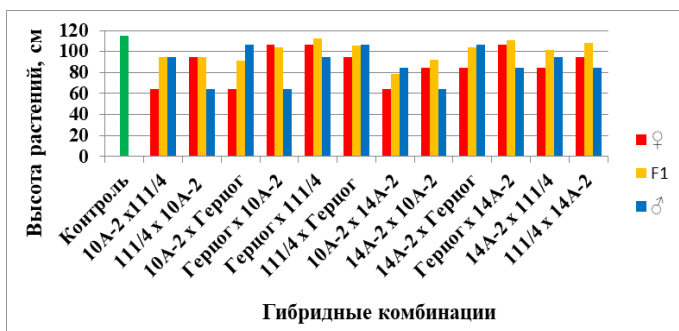


Рисунок 1 – Высота растений родительских форм, гибридов F₁ и сорта-контроля ярового рапса (среднее за 2019-2020 гг.)

Характер наследования высоты растений у гибридов F₁ ярового рапса, полученных от скрещивания короткостебельных и среднерослых сортов (линий) и образцов ярового рапса, представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Характер наследования высоты растений у гибридов F₁ ярового рапса (среднее за 2019-2020 гг.)

Комбинация скрещивания	Высота растений родительских форм, см			Высота растений гибридов F ₁ , см	Степень доминирования (hp)	Гетерозис истинный, %	Гетерозис конкурсный, %
	♀	♂	Р _{ср.}				
10А-2 x 111/4	64,3	95,0	79,7	94,9	0,99	-0,11	-17,51
111/4 x 10А-2	95,0	64,3	79,7	95,1	-1,01	0,11	-17,34
10А-2 x Герцог	64,3	106,5	85,4	91,2	0,27	-14,37	-20,73
Герцог x 10А-2	106,5	64,3	85,4	103,9	-0,88	-2,44	-9,69
Герцог x 111/4	106,5	95,0	100,8	112,8	-2,10	5,92	-1,96
111/4 x Герцог	95,0	106,5	100,8	105,8	0,88	-0,66	-8,04
10А-2 x 14А-2	64,3	84,8	74,6	78,3	0,37	-7,67	-31,94
14А-2 x 10А-2	84,8	64,3	74,6	91,9	-1,69	8,37	-20,12
14А-2 x Герцог	84,8	106,5	95,7	103,8	0,75	-2,54	-9,78
Герцог x 14А-2	106,5	84,8	95,7	110,8	1,40	4,04	-3,70
14А-2 x 111/4	84,8	95,0	89,9	101,7	2,31	7,05	-11,60
111/4 x 14А-2	95,0	84,8	89,9	108,2	3,59	13,89	-6,00

В комбинациях 10А-2 × 111/4 и 111/4 × 10А-2 родительские формы различались между собой на 30,7 см по высоте растений, образец №111/4 был выше, чем образец №10А-2. По данным Д.М. Марченко, при скрещивании различающихся по высоте растений родительских форм также было выявлено неполное (частичное) доминирование большего значения признака [18]. При прямом скрещивании установлено наследование признака по типу частичного положительного доминирования (hp = 0,99), а в обратном – депрессия значения признака (hp = -1,01). В комбинациях 14А-2 × Герцог и Герцог × 14А-2 родитель-

ские формы значительно различались по высоте растений. При прямом скрещивании установлено наследование признака по типу частичного положительного доминирования ($h_p = 0,75$), а в обратном – полное доминирование значения признака ($h_p = 1,40$). При прямом и обратном скрещиваниях образцов *14A-2* × *111/4* и *111/4* × *14A-2* наблюдалось сверхдоминирование и гетерозис признака ($h_p = 2,31$, $h_p = 3,59$) и ($\Gamma_{\text{ист}} = 7,05\%$, $13,89\%$) соответственно.

Изучаемые нами линии проявили отрицательный конкурсный гетерозис по признаку высота растений по всем комбинациям. Отрицательный истинный гетерозис или депрессия наблюдались у 50,0 % гибридов F_1 ярового рапса (рисунок 2).

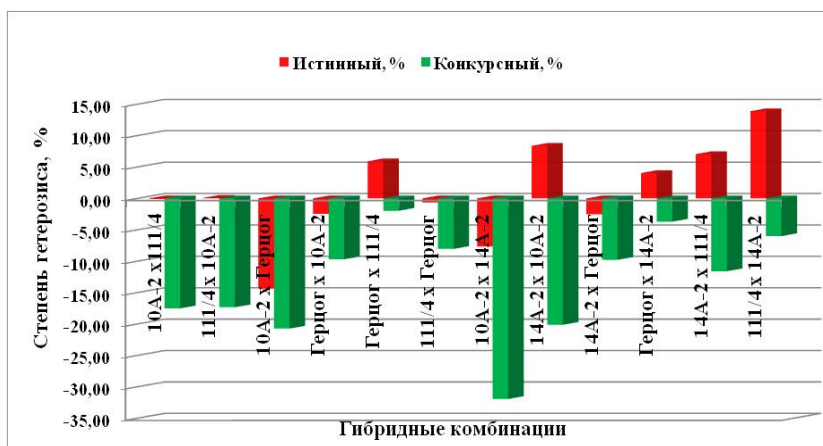


Рисунок 2 – Степень проявления истинного и конкурсного гетерозиса у гибридов F_1 ярового рапса (среднее за 2019-2020 гг.)

Наибольшая степень доминирования по высоте и максимальный положительный истинный гетерозис (13,9 %) получен при использовании образца №111/4 в качестве материнской формы в комбинации *111/4* × *14A-2*. В комбинациях *111/4* × *10A-2*, *Герцог* × *14A-2*, *Герцог* × *111/4*, *14A-2* × *111/4* и *14A-2* × *10A-2* проявились слабые положительные (истинный – 0,11-8,37 %) гетерозисные эффекты. Максимальная высота растений выявлена по комбинации *Герцог* × *111/4* (112,8 см), минимальная – *10A-2* × *14A-2* (78,3 см). При использовании в гибридизации образца №10A-2 в качестве материнской формы и линии (сорт Герцог) – в качестве отцовской формы получено 6 гибридных комбинаций с отрицательным истинным и конкурсным гетерозисом, т.е. произошло снижение высоты растений во вновь созданных комбинациях – депрессия. При использовании родительских форм различного географического происхождения, лучшими, т.е. низкорослыми были линии с использованием образцов: *14A-2* × *10A-2* (91,9 см), *10A-2* × *Герцог* (91,2 см), *10A-2* × *14A-2* (78,3 см), которые были ниже на 23,2-36,8 см или 20,2-32,0 % по сравнению с сортом – контролем *Топаз*.

Выводы

1. Анализ родительских форм и гибридов F_1 ярового рапса показал, что наиболее высокорослыми (от 91,2 до 112,8 см) были гибриды низкорослых форм этой культуры со среднерослым сортом *Герцог*. При использовании в качестве материнской формы низкорослого образца № 10А-2 получены низкорослые продуктивные гибриды с высотой растений 78,3-94,9 см.

2. По признаку «высота растений» наибольшая степень доминирования и максимальный истинный гетерозис (13,9 %) получены в комбинации 111/4 х 14А-2. В прямых и обратных скрещиваниях низкорослых образцов между собой степень доминирования (h²) этого признака составила от -2,10 до 3,59. Установлено, что признак «высота растений» гибридов F_1 ярового рапса имеет сильную корреляционную связь с высотой ветвления ($r=0,65$), количеством ветвей первого порядка ($r=0,59$).

3. При использовании в системных скрещиваниях родительских форм различного географического происхождения, лучшими, т.е. низкорослыми были линии с использованием образцов: 14А-2 х 10А-2 (91,9 см), 10А-2 х *Герцог* (91,2 см), 10А-2 х 14А-2 (78,3 см), которые были ниже на 23,2-36,8 см или 20,2-32,0 % по сравнению с сортом – контролем *Тоназ*. Таким образом, образцы №10А-2 и №14А-2 рекомендуется использовать в селекционном процессе для снижения высоты растений, с целью повышения устойчивости сортов и гибридов ярового рапса к полеганию.

Литература

1. Привалов, Ф.И. Рапс – основная масличная культура республики Беларусь / Ф.И. Привалов, Я.Э. Пилюк // Рапс: настоящее и будущее : к 30-летию возделывания рапса в Беларуси : матер. III Межд. науч.-практ. конф., Жодино, 15–16 сент. 2016 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по земледелию. – Минск, 2016. – С. 3–12.
2. Пилюк, Я.Э. Рапс в Беларуси: (биология, селекция и технология возделывания) / Я.Э. Пилюк – Минск : Бизнесофсет, 2007. – 239 с.
3. Вавилов, Н.И. Теоретические основы селекции. – М.: Наука, 1987. – 512 с.
4. Дорофеев В.Ф. Мировой генофонд в селекции растений // Селекция и семеноводство. – 1981. – № 7. – С. 7-11.
5. Рапс / Д. Шпаар [и др.] / под общ. ред. Д. Шпаара. – Минск: ФА-Унформ, 1999. – 208 с.
6. Paul, V.H. Zum Einsatz von Wachstums-Regulatoren einer neuer Gene-ration in Winterraps / V.H. Paul // Raps. – 1987. – Bd. 5, № 4. – S. 161-164.
7. Тупицын, Н.В. Создание исходного материала и методы отбора пшеницы на урожайность и устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.05 / Н.В. Тупицын. – М., 1993. 48 с.
8. Duhoon S.S. et al. Components of genetic variation for yield and its attributes in a diallel cross of yellow-seeded India colza // Indian J. agric. Sci. – 1982. – V. 52, N 3. – P. 154-158.
9. Ковтун, В.И. Селекция озимой пшеницы на юге России: монография / В.И. Ковтун, Н.Е. Самофалова. – Ростов-на-Дону: ЗАО «Книга», 2006. – 479 с.
10. Вавилов, Н.И. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости. В кн.: Теоретические основы селекции растений. – Л., 1935, ч. I. – С. 75.
11. Лукьяненко, П.П. Селекция высокоурожайных низкостебельных сортов озимой пшеницы / П.П. Лукьяненко // С.-х. биология. – 1969. – № 4. – С. 483.

12. Шевелуха, В.С. Морфофизиологические показатели продуктивности и устойчивости зерновых культур / В.С. Шевелуха [и др.] // Докл. ВАСХНИЛ. – 1982. – № 7. – С. 3.
13. Griffing, B. Concepts of general and specific combining ability in relation to diallelcrossing systems // Austral. J. Biol. Sci. 1956. № 9. P. 463–493.
14. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под ред. М.А. Федина. – М., 1988. – 121 с.
15. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
16. Омаров, Д.С. К методике учета и оценки гетерозиса у растений / Д.С. Омаров // Сельскохозяйственная биология. – 1975. – Т. 10. – № 1. – С. 123–127.
17. Beil, G.M. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum / G.M. Beil, R.E. Atkins // Jowa J. Sci. – 1965. – Vol.39, №3. – P.345–358.
18. Марченко, Д.М. Изучение взаимосвязи морфобиологических признаков мягкой озимой пшеницы с зерновой продуктивностью: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук; 06.01.05 / Д.М. Марченко; Дон. зон. науч.-исслед. ин-т сел. хоз.-ва. – п. Рассвет, 2012. – 18 с.

ANALYSIS OF PLANT HEIGHT INHERITANCE OF SPRING RAPE SHORT-STEMMED HYBRIDS F_1

Y.E. Piliuk, A.N. Pavlovskaya, O.A. Pikun, A. V. Bakanovskaya

The paper presents the results of the two year research on the F_1 hybrid of spring rape obtained due to crossing short-stemmed and medium-grown varieties (lines) and samples differing in the origin of parental forms. The inheritance pattern of the trait "plant height" is shown, correlation dependence is identified, the manifestation of true and competitive heterosis regarding crossing combinations is established. It's identified that the trait "plant height" of the F_1 hybrid of spring rape has a greater correlation with the branching height ($r=0.65$) and the number of primary branches ($r=0.59$). Using system crossings of dwarf parental forms of different ecological and geographical origin dwarf lines have been identified, which are recommended for breeding for reducing the plant height in order to increase the resistance of spring rape varieties and hybrids to lodging.

УДК 633.853.494 «324»:631[53+559]:574

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ И КОРРЕЛЯЦИОННАЯ СВЯЗЬ УРОЖАЙНОСТИ И МАССЫ 1000 СЕМЯН СОРТОВ ОЗИМОГО РАПСА

Я.Э. Пилиук канд. с.-х. наук, С.Ю. Храмченко,

О.Н. Авхимович научные сотрудники

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 01.04.2021)

Рецензент: Холодинский В.В., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье представлен анализ продуктивности и экологической адаптивности сортов озимого рапса белорусской селекции. Наибольшей стабильностью, стрессоустойчивостью и более широким диапазоном адаптивных способностей характеризовались сорта Северин (ПУСС=198,2; ИС=3,5; $d=27,5\%$ и $V=13,7\%$) и Золотой (ПУСС=195,7; ИС=3,4; $d=32,3\%$ и $V=14,2\%$). Сорта Империял и Оникс имели более высокие показатели потенциала урожайности (75,0 и 67,1 ц/га) и степени вариабельности по годам