

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ОЗИМОГО РАПСА ПО КАЧЕСТВУ МАСЛА

Н.Н. Бобко, Я.Э. Пилюк, кандидат с.-х. наук

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

(Поступила 15.03.2017)

Рецензент: канд. с.-х. наук И.С. Матыс

Аннотация. В результате комплексного изучения коллекции озимого рапса различного эколого-географического происхождения (57 образцов) по качеству масла выделены источники высокой масличности с повышенным содержанием простых ненасыщенных жирных кислот (олеиновой и линолевой) и с пониженным содержанием линоленовой кислоты. Определена изменчивость содержания основных жирных кислот и масличности в среднем за 2012 – 2014 гг. Рассчитаны коэффициенты парной корреляции между масличностью семян и содержанием насыщенных и ненасыщенных жирных кислот.

Введение. Рапс (*Brassica napus* L.) – основная масличная культура в Республике Беларусь. В семенах рапса содержится до 40 – 50 % масла и 20 – 28 % белка [1, 2].

По вкусовым достоинствам масло рапса приравнивается к подсолнечному и широко используется на пищевые цели. Рапсовое масло также применяется в металлургической, лакокрасочной, мыловаренной и текстильной отраслях промышленности. В последнее время рапсовое масло используется для получения экологически чистого возобновляемого топлива – биодизеля [3, 4, 5]. Для переработки рапса с целью получения ценного пищевого и технического масла необходимо использовать сорта с определенным жирнокислотным составом, который зависит от сортовых особенностей и агроэкологических условий выращивания растений [6]. Для пищевых целей наиболее пригодны масла с повышенным содержанием олеиновой (60 % и более), линолевой (более 25 %), в небольших количествах линоленовой кислоты и отсутствием эруковой кислоты. Для технического использования (производство пластмасс, смазка двигателей и др.) необходимо масло с высоким уровнем содержания эруковой кислоты. При использовании рапсового масла в качестве биотоплива в нем должно сочетаться высокое содержание эруковой кислоты и низкое ненасыщенных жирных кислот (линоленовой и линолевой) [7].

Для селекции любой культуры огромное значение имеет исходный материал. Скрининг генетических источников селекционно-ценных признаков и свойств сортов и сортообразцов различного эколого-географического происхождения позволяет выявить источники и доноры хозяйственно-полезных признаков рапса, в том числе и показателям качества маслосемян. Поэтому изучение содержания жирных кислот в масле семян рапса является важным направлением селекции сортов и гибридов этой культуры [1, 2].

Методика проведения исследований. Объектом исследований были 57 сортообразцов из коллекции озимого рапса различного эколого-географического происхождения. Посев проводили в полевых условиях на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в 2012-2014 гг. в коллекционном питомнике. Образцы изучали в опытах на делянках 5 м^2 в двукратной повторности, способ посева сплошной рядовой, норма высева 0,6 млн всхожих семян на гектар. Учеты и наблюдения проводили согласно методическим указаниям по изучению мировой коллекции масличных культур [8].

Оценку технологических качеств рапса проводили по методикам ВНИИМК. Биохимические свойства определяли по общепринятым методикам в аналитической лаборатории: содержание в семенах сырого жира (методом инфракрасной спектроскопии), жирнокислотного состава масла (методом газожидкостной хроматографии, ВНИИМК, 1986, ISO 9167-1). Обработку данных проводили методом математической статистики с использованием пакета программ Statistica, Excel 2003-2007, в частности, разделы анализа данных для определения статистических показателей и построения гистограмм.

Результаты исследований и их обсуждение. Потребительскую и питательную ценность маслосемян рапса определяет их высокая масличность. Исследованиями установлено, что содержание жира зависело от погодных условий в период вегетации, генотипических особенностей сортообразцов и варьировало в опыте в пределах 42,6 – 46,8 % (таблица 1). В среднем за 3 года коэффициент вариации содержания жира по коллекции был низким ($V=2,2\%$).

Метеорологические условия в период вегетации коллекционных сортообразцов озимого рапса оказали существенное влияние на количество отдельных жирных кислот и их процентное соотношение. Наибольшей вариабельностью по годам исследований отличались арахионовая ($V=55,1\%$) и эйкозеновая кислоты ($V=38,3\%$).

Скрининг жирно-кислотного состава маслосемян сортообразцов озимого рапса различного эколого-географического происхождения показал, что экологическая пластичность основных жирных кислот ниже генотипической. Изменчивость содержания основных кислот составила: пальмитиновой – от 4,22 до 6,04 %; стеариновой – от 1,00 до 2,74 %; олеиновой – от 53,40 до 64,59 %; линолевой – от 16,47 до 22,03 %; линоленовой от 8,33 до 11,46 %; арахионовой от 0,00 до 0,28 %; эйкозеновой от 0,61 до 2,97 %; эруковой от 0 до 1,14 %.

Соотношение жирных кислот в масле во многом определяет его качество. Жирно-кислотный состав изучаемых сортообразцов озимого рапса характеризуется низким уровнем насыщенных, средним уровнем полинасыщенных жирных кислот, относительно высоким уровнем мононенасыщенной олеиновой кислоты (53,40 – 64,59 %) и хорошим балансом между омега-6 и омега-3 жирными кислотами – 2 : 1.

Суммарное содержание насыщенных жирных кислот (пальмитиновой и стеариновой) в среднем составляет 7,07 %, полиненасыщенных жирных кислот (линолевой и линоленовой) – 28,81 %.

Таблица 1 – Статистические показатели жирнокислотного состава маслосемян коллекционных образцов озимого рапса (среднее за 2012-2014 гг.)

Показатель	Масличность, %	Жирно-кислотный состав, %							
		Пальмитиновой	Стеариновая	Олеиновая	Линолевая	Линолевая	Арахидоновая	Эйкозеновая	Эруковая
Среднее	44,48	5,38	1,69	60,36	19,12	9,69	0,13	0,88	0,03
Стандартная ошибка	0,13	0,04	0,03	0,26	0,13	0,09	0,01	0,04	0,02
Мода	43,70	5,40	1,65	60,41	18,96	9,22	0,00	0,67	0,00
Стандартное отклонение	1,00	0,30	0,21	1,94	1,01	0,66	0,07	0,34	0,002
Дисперсия выборки	1,01	0,09	0,04	3,75	1,02	0,44	0,01	0,11	0,02
Экссесс	-0,48	2,90	12,23	1,81	0,67	-0,14	-0,43	26,07	50,26
Асимметричность	0,22	-0,90	1,87	-0,69	0,18	0,33	-0,33	4,40	6,94
Интервал	4,20	1,82	1,74	11,19	5,56	3,13	0,28	2,36	1,14
Минимум	42,60	4,22	1,01	53,40	16,47	8,33	0,00	0,61	0,00
Максимум	46,80	6,04	2,74	64,59	22,03	11,46	0,28	2,97	1,14
Коэффициент вариации	2,2	5,6	12,5	3,2	5,3	6,9	55,1	38,3	6,7
Уровень надежности (95,0 %)	0,27	0,08	0,06	0,51	0,27	0,18	0,02	0,09	0,04

Наименьшей изменчивостью по жирно-кислотному составу отличались олеиновая, линоленовая, пальмитиновая и линолевая кислоты, коэффициент вариации содержания которых составил 3,2 %; 6,9 %; 5,6 % и 5,3 % соответственно.

Изменение количества эруковой кислоты по годам исследований также было низким и составило ($V=6,7\%$). Условия вегетации не оказали существенного влияния на изменение ее концентрации, что, в основном, обусловлено генетически стабильным проявлением данного признака.

Соотношение жирных кислот в масле учитывается при оценке питательная ценности и пригодности для длительного хранения и переработки. Например, повышение содержания линоленовой кислоты приводит к снижению устойчивости масла к окислению, но обуславливает его питательные свойства и экологическую устойчивость. Повышение уровня содержания олеиновой кислоты позволяет улучшить антиоксидантную способность растительного масла и увеличивает срок его хранения [9].

Олеиновая кислота находится в отрицательной корреляционной связи с связанной с эйкозеновой ($r=-0,37$), линоленовой ($r=-0,58$), эруковой ($r=-0,30$) и линолевой ($r=-0,70$) кислотами (рисунок 1).

Линейный график зависимости массовых долей четырех жирных кислот от содержания массовой доли олеиновой кислоты также подтверждает эту закономерность. Установлено, что с увеличением олеиновой кислоты в масле семян

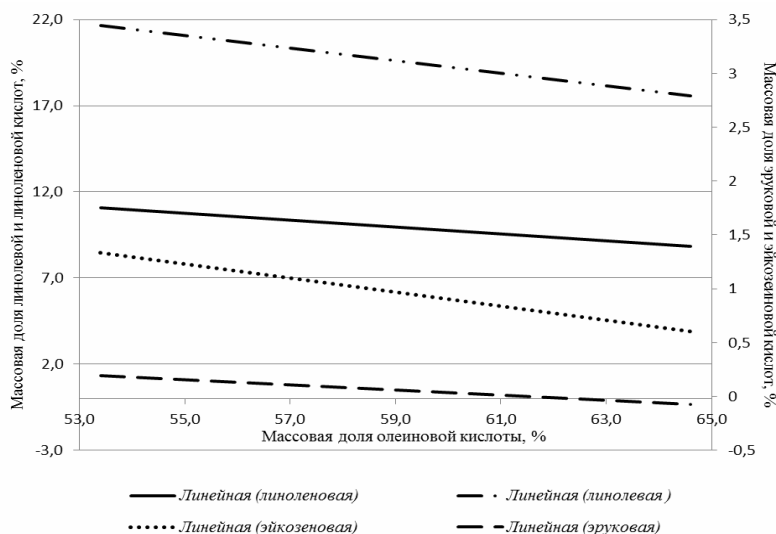


Рисунок 1 – Зависимость жирно-кислотного состава масло-семян озимого рапса от массовой доли олеиновой кислоты

рапса содержание других кислот снижается. Следовательно, увеличить содержание олеиновой кислоты возможно за счет снижения содержания в масле вышеуказанных полиненасыщенных жирных кислот.

Из коллекции выделены образцы с высоким содержанием олеиновой кислоты: *Витязь* (Беларусь) – 64,59 %; *Compass* (Германия) – 63,70 %; *WRH-321* (Германия) – 62,31 %; *Monolit* (Польша) – 63,09 %; *PR44D06* (Франция) – 62,85 %; *Californium* (Франция) – 62,83 %; *OP-BY-13* – 62,63 %; *Merano* (Германия) – 62,68 %; *CWH 135 D* (Италия) – 62,39 %.

Содержание линолевой кислоты находится в положительной корреляционной связи с линоленовой ($r=0,28$) и арахидоновой ($r=0,12$) и практически не зависит от эйкозеновой ($r=0,06$) кислоты.

Наибольшее содержание линолевой кислоты было у коллекционных образцов озимого рапса *Exact* (Великобритания) – 22,03 % и *Hercules* (Германия) – 21,38 %. Низким уровнем линоленовой кислоты (от 8 до 9 %) отличались образцы: *Californium* (Франция) – 8,95 %; *PR46W20* (Франция) – 8,84 %; *Merano* (Германия) – 8,48 %; *WRH 321* (Германия) – 8,78 %; *Monolit* (Польша) – 8,47 %; *OP-BY-13* – 8,33 %.

Содержание эруковой кислоты находилось в сильной положительной корреляционной связи с содержанием эйкозеновой ($r=0,87$) и в отрицательной с содержанием олеиновой ($r=-0,30$), что обусловлено, по-видимому, последовательностью биосинтеза этих ненасыщенных жирных кислот. Между уровнем эруковой и линолевой кислот корреляционная связь отсутствовала.

Масличность семян находилась в положительной корреляционной связи с содержанием олеиновой ($r=0,46$) и арахидоновой ($r=0,10$) кислотами и в отрицательной связи с линолевой ($r=-0,25$), стеариновой ($r=-0,13$), линоленовой ($r=-0,31$), эйкозеновой ($r=-0,16$) и эруковой ($r=-0,16$) жирными кислотами. В связи с этим возможно, в зависимости от цели использования, повысить количество особо ценных жирных кислот селекционным путем без существенного снижения масличности (таблица 2).

Таблица 2 – Коэффициент парной корреляции жирных кислот в масле семян коллекционных образцов озимого рапса

Показатель	Пальмитиновая	Стеариновая	Олеиновая	Линолевая	Линоленовая	Арахидоновая	Эйкозеновая	Эруковая	Масличность, %
Пальмитиновая	1,00								
Стеариновая	0,08	1,00							
Олеиновая	0,13	0,09	1,00						
Линолевая	-0,08	-0,37	-0,70	1,00					
Линоленовая	-0,25	-0,35	-0,58	0,28	1,00				
Арахидоновая	-0,11	0,04	0,13	0,12	0,00	1,00			
Эйкозеновая	-0,09	0,53	-0,37	0,06	-0,02	0,15	1,00		
Эруковая	0,00	0,65	-0,30	-0,03	-0,06	0,02	0,87	1,00	
Масличность, %	0,00	-0,13	0,46	-0,25	-0,31	0,10	-0,16	-0,16	1,00

В качестве потенциальных источников увеличения масличности рекомендуется использовать следующие сортообразцы: *NK Petrol* (Швейцария) – 46,8 %; *Exgold* (Швейцария) – 46,5 %; *Витязь* (Беларусь) – 46,3 %; *Ладога* (Франция) – 46,5 %; *Trabant* (Германия) – 45,7 %; *Арсенал* (Беларусь) – 45,5 %, *OP-BY-13* – 45,4 %; *Taurus* (Германия) – 45,3 %; *Империял* (Беларусь) – 45,4 %; *WRN 351* (Германия) – 45,3 %; *Alaska* (Германия) – 45,2 %; *NK Nemax* (Швейцария) – 45,4 %; *Benefit* – 45,6 %.

Выводы

1. Скрининг жирно-кислотного состава маслосемян сортообразцов озимого рапса различного эколого-географического происхождения показал, что экологическая пластичность основных жирных кислот ниже генотипической. Изменчивость содержания основных кислот в среднем за 2012 – 2014 гг. составила: пальмитиновой – от 4,22 до 6,04 %; стеариновой – от 1,00 до 2,74 %; олеиновой – от 53,40 до 64,59 %; линолевой – от 16,47 до 22,03 %; линоленовой от 8,33 до 11,46 %; арахидоновой – от 0,00-0,28 %; эйкозеновой – от 0,61 до 2,97 %; эруковой – от 0,00 до 1,14 %. Наименьшей изменчивостью отличались олеиновая, линоленовая, пальмитиновая, линолевая и эруковая кислоты, коэффициент вариации содержания которых составил 3,2 %; 6,9 %; 5,6 %; 5,3 % и 6,7 % соответственно.

2. Масличность семян находилась в положительной корреляционной связи с содержанием олеиновой ($r=0,46$) и арахидоновой ($r=0,10$) кислотами и в отрицательной связи с линолевой ($r=-0,25$), стеариновой ($r=-0,13$), линоленовой ($r=-0,31$), эйкозеновой ($r=-0,16$) и эруковой ($r=-0,16$) жирными кислотами. В связи с этим в зависимости от цели использования можно повысить количество жирных кислот селекционным путем, не снижая при этом масличности.

3. Потенциальными источниками увеличения масличности для селекции сортов и гибридов озимого рапса рекомендуется использовать сортообразцы: *NK Petrol* (Швейцария), *Exgold* (Швейцария), *Витязь* (Беларусь), *Ладога* (Франция), *Trabant* (Германия), *Арсенал* (Беларусь), *OP-BY-13*, *Taurus* (Германия), *Империял* (Беларусь), *WRH 351* (Германия), *Alaska* (Германия), *NK Nemax* (Швейцария), *Benefit*.

4. По содержанию олеиновой кислоты выделились образцы: *Витязь* (Беларусь), *Monolit* (Польша), *PR44D06*, *Californium* (Франция), *OP-BY-13*, *Merano*, *SWH 135 D* (Германия). Содержание олеиновой кислоты можно увеличить за счет снижения уровня линоленовой ($r=-0,58$), эйкозеновой ($r=-0,37$), эруковой ($r=-0,30$) и линолевой кислот ($r=-0,70$).

5. Источниками низкого содержания линоленовой кислоты (от 8 до 9 %) являются образцы *Californium*, *R46W20* (Франция), *Merano*, *WRH 321* (Германия), *Monolit* (Польша), *OP-BY-13*, повышения содержания линолевой кислоты – образцы *Exact* (Великобритания) и *Hercules* (Германия).

Литература

1. Пиллюк, Я.Э. Рапс в Беларуси (биология, селекция, технология возделывания) [Текст]: моногр. / Я.Э. Пиллюк. Минск: «Бизнесофсет», 2007. – 240 с.
2. Рапс: настоящее и будущее: К 30-летию возделывания рапса в Беларуси: Матер. III межд. науч.-практ. конф., 15-16 сентября, г. Жодино / РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ Минфина, 2016 – 170 с.
3. Новоселов, Ю.К. Факторы стабильности урожая ярового рапса/ Ю.К. Новоселов, Л.В. Ян// Кормопроизводство. – 2002. – № 10. – С. 17-20.
4. Прахова, Т.Я. Сравнительная продуктивность масличных культур в условиях Пензенской области / Т.Я. Прахова, В.А. Прахов, Е.А. Шепелева // Нива Поволжья. – 2009. – № 3 (12). – С. 88-90.
5. Селиванов, Д.Г. Изменчивость хозяйственно ценных признаков рапса ярового (*Brassica napus* (L.) subsp. *oleifera* Metzg.), горчицы абиссинской (*Brassica carinata* A. Braun) и молочной масличной (*Euphorbia lathyris* L.) технического использования / Д.Г. Селиванов // автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Санкт-Петербург, 2008. – 19 с.
6. Никонова, Г.Н. Содержание и соотношение жирных кислот в масле семян ярового рапса в лесостепи ЦЧР / Г.Н. Никонова// Зерновое хозяйство. – 2008. – №1-2. – С. 14-16.
7. Карпачев, В.В. Рапс яровой / В.В. Карпачев // Основы селекции: моногр. / Всерос. науч.-исслед. и проектно-технол. ин-т рапса. – Липецк, 2008. – 236 с.
8. Методические указаниями по изучению мировой коллекции масличных культур / ВИР – СПб., 1976. – 23 с.
9. Гаврилова, В.А. Изменчивость хозяйственно-ценных признаков масличных культур при эколого-географических испытаниях / В.А. Гаврилова [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2007. – № 5. – С. 26-30.

**EVALUATION RESULTS OF WINTER RAPESEED COLLECTION ACCESSIONS BY OIL
QUALITY**

N.N. Bobko, Y.E. Piliuk

Complex study of winter rapeseed collection of different ecological and geographical origin (57 accessions) by oil quality allowed to isolate the sources of high oil content with elevated content of mono-unsaturated fatty acids (oleic and linoleic) and with lowered linolenic acid content. The variability of basic fatty acid content and oil content on average for 2012-2014 was determined. The coefficients of pair correlation between oil content in seeds and the content of saturated and unsaturated fatty acids were calculated.