

МІНЛИВІСТЬ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ ОЛІЇ ГІРЧИЦІ САРЕПТСЬКОЇ І СЕЛЕКЦІЯ НА ПОЛІПШЕННЯ ЇЇ ЯКОСТІ

В. М. Журавель, І. Б. Комарова
Інститут олійних культур НААН

У статті наведено результати створення перспективного селекційного матеріалу гірчиці сизої з поліпшеним жирнокислотним складом олії. Шляхом прямого добору з гетерогенної популяції протягом чотирьох років отримано перспективний селекційний матеріал, що характеризується підвищеним вмістом олеїнової та лінолевої та зниженим вмістом ерукової та ліноленої кислот. Загальний вміст олеїнової і лінолевої кислот кращих зразків складає 80-84 %, ліноленої і ерукової – 11-15 %.

Гірчиця сиза (сарептська), селекція, добір, мінливість, олія, жирнокислотний склад

Однією із значного числа проблем, що поставлені перед селекцією гірчиці, є поліпшення біохімічного складу її олії. Відомо, що гірчиця – джерело цінної олії, що використовується у багатьох галузях промисловості. При переробці насіння гірчиці близько 95 % від маси виявляється корисною продукцією. Зі 100 кг гірчичного насіння середньої кондиційної якості може бути отримано: 23-24 кг олії гірчичної харчової, 5 кг олії для виготовлення гірчичного ефіру, 50 кг макухи для виготовлення гірчичного порошку, 15 кг макухи на корм тваринам, 2,5 кг лушпиння для палива [1]. Найбільший інтерес, звичайно, викликає якісна гірчична олія. У порівнянні з іншими рослинними оліями вона має найнижчий кислотний показник і довше за інші зберігає свої якості; містить значну кількість біологічно активних речовин. Особливим є те, що до її складу входять всі жиророзчинні вітаміни – А, В₆, РР, Д, Є, К та Р [2]; гліцериди різних жирних кислот: ненасичених – олеїнової, лінолевої, ліноленої, ерукової, ейкозенової та насичених – стеаринової, пальмітинової. Роль окремих жирних кислот у харчуванні людини вивчена недостатньо, але добре відомо, що ерукова кислота негативно діє на організм людини, викликаючи різні патологічні зміни, призводить до помутніння олії при зберіганні та ускладнює технологію виробництва маргарину. Олеїнова кислота підвищує стійкість олії до окислення, а ліноленова, хоч і є небажаною, бо, навпаки, знижує її стійкість і надає в процесі зберігання неприємний смак і запах, в незначній кількості необхідна людині.

На думку закордонних і вітчизняних фахівців, жирнокислотний склад олії гірчиці повинен включати не менше 80 % олеїнової та лінолевої кислот, не більше 4 % ліноленої і від 5 до 15 % – пальмітинової та стеаринової, ерукова та ейкозенова кислоти не повинні входити до складу високоякісної харчової олії. Особлива увага приділяється створенню низькоерукових (до 5 %) та безерукових (до 2 %) сортів гірчиці шляхом застосування різних методів селекції – мутагенезу, добору, гібридизації [3,4].

Метою досліджень є створення перспективного селекційного матеріалу гірчиці сизої з поліпшеним жирнокислотним складом олії, що характеризується підвищеним вмістом олеїнової і лінолевої та зниженим вмістом ерукової і ліноленої кислот.

Методика. Дослідження проводили на полях наукової сівозміни Інституту олійних культур НААН. В якості досліджуваного матеріалу використовували 40 відібраних селекційних зразків гірчиці сизої (*Brassica juncea* Czern.) з поліпшеною структурою урожаю, коротким (до 90 діб) періодом вегетації та зміненими морфологічними ознаками. Добір здійснювали протягом 2009-2013 рр. шляхом послідовного самозапилення рослин з наступним встановленням жирнокислотного складу олії методом газорідинної хроматографії

[5]. Статистичну обробку і представлення числових та графічних результатів проводили з використанням пакету Microsoft Excel у складі Microsoft Office і пакету прикладних програм Statistica.

Результати та обговорення. Аналіз жирнокислотного складу олії селекційних зразків гірчиці сизої свідчить про значну мінливість вмісту жирних кислот зі збереженням її характерного складу. В олії переважають лінолева та олеїнова кислоти, досить високим є вміст ліноленої кислоти, а також наявна властива всім Капустяним ерукова кислота. Порівняно в незначній кількості присутні насичені жирні кислоти: пальмітинова та стеаринова.

На початку досліджень вміст жирних кислот селекційних зразків гірчиці сизої у середньому становив: лінолевої 35,85 %, олеїнової 30,98 %, ліноленої 21,69 %, ерукової 6,35 %, пальмітинової 5,0 %, стеаринової 0,08 % (рис. 1).

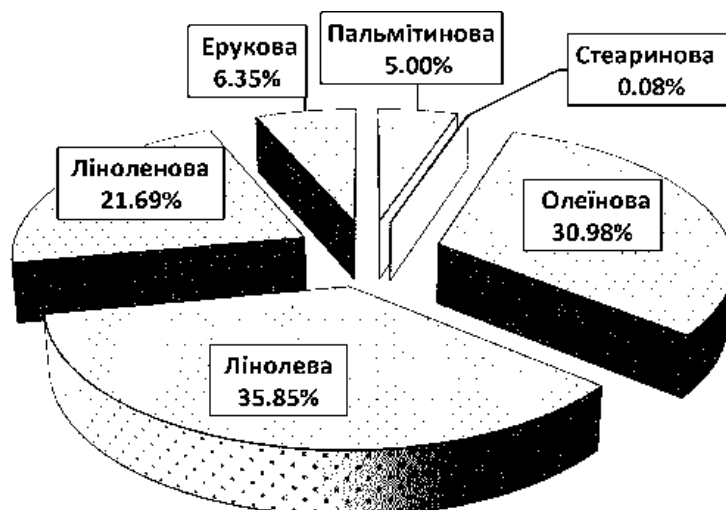


Рис. 1. Середні значення вмісту жирних кислот в олії гірчиці сизої, 2009 р.

Але селекційні зразки суттєво різнилися між собою за вмістом окремих жирних кислот (табл. 1). Так, вміст олеїнової кислоти (C18:1) коливався від найменшого значення 21,36 % (зразок ВН-411.1) до найбільшого 40,54 % (зразок ВН-374.3), лінолевої (C18:2) – від 28,00 % (зразок Тавричанка) до 44,15 % (зразок НК-0251). Для ліноленої (C18:3) межі відповідно становили 16,44 % (зразок НК-0401) і 28,65 % (зразок ВН-411.1). Мінімальною кількістю ерукової кислоти (C22:1) 0,11 % у 2009 р. характеризувався зразок НК-0401, максимальний її вміст (17,37 %) виявлено у зразка К-4342.

Таблиця 1

Розмах мінливості селекційних зразків гірчиці сизої за вмістом жирних кислот, 2009 р.

| Назва параметру | Пальмітинова | Стеаринова | Олеїнова | Лінолева | Ліноленова | Ерукова |
|----------------------|--------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| Мінімальне значення | 3,47 | 0,01 | 21,36 | 28,00 | 16,44 | 0,11 |
| Середнє значення | 5,00±0,09 | 0,08±0,01 | 30,98±0,82 | 35,85±0,61 | 21,69±0,49 | 6,35±0,80 |
| Максимальне значення | 6,30 | 0,24 | 40,54 | 44,15 | 28,65 | 17,37 |
| Коефіцієнт варіації | 1,54 | 0,15 | 13,52 | 9,98 | 8,12 | 13,24 |

Змінювався і вміст насичених жирних кислот в олії гірчиці сизої: пальмітинової (C16:0) від 3,47 % (зразок ВН-426.3) до 6,30 % (зразок ВН-388.2), стеаринової (C18:0) від 0,01 % (зразки ВН-406.2, ВН-410.5) до 0,24 % (зразок ВН-374.4).

Серед жирних кислот, що складають основу олії гірчиці сизої, найбільш варіабельними є олеїнова та ерукова. Коефіцієнти варіації становлять відповідно 13,52 % і 13,24 %. Вміст лінолевої та ліноленої кислот варіює в меншій мірі: коефіцієнти варіації становлять відповідно 9,98 % і 8,12 %.

Найбільш цінними у селекційному плані виявились зразки НК-0320, НК-0401, ВН-388.. Сумарний вміст олеїнової та лінолевої кислот у них становив від 75,0 % до 78,02 %. При цьому кількість лінолевої та ерукової кислот у цих генотипів загалом складає від 16,55 % до 17,85 %.

Для з'ясування можливості поліпшення жирнокислотного складу олії гірчиці сизої було встановлено величини кореляцій між вмістом різних жирних кислот (табл. 2). Кореляції вмісту насиченої стеаринової кислоти з вмістом інших компонентів жирнокислотного складу були невисокими.

Таблиця 2.

Коефіцієнти кореляції для жирнокислотного складу олії гірчиці сизої, 2009 р.

| Назва кислоти | Пальмітинова | Стеаринова | Олеїнова | Лінолева | Ліноленова | Ерукова |
|---------------|--------------|------------|--------------|--------------|-------------|---------|
| Пальмітинова | 1,00 | | | | | |
| Стеаринова | -0,27 | 1,00 | | | | |
| Олеїнова | 0,43 | -0,24 | 1,00 | | | |
| Лінолева | 0,31 | -0,03 | 0,31 | 1,00 | | |
| Ліноленова | -0,45 | 0,24 | -0,69 | -0,55 | 1,00 | |
| Ерукова | -0,51 | 0,16 | -0,86 | -0,65 | 0,60 | 1,00 |

* Жирним шрифтом виділено кореляції, істотні на 5 %-му рівні значущості.

Установлено позитивну кореляцію між вмістом олеїнової кислоти та лінолевої (коефіцієнт кореляції $r = 0,31$ з вірогідністю $p = 0,063$) і пальмітинової ($r = 0,43$, $p = 0,008$), а також суттєву негативну кореляцію між вмістом олеїнової кислоти та ліноленової (коефіцієнт кореляції $r = -0,69$) і ерукової ($r = -0,86$), обидві з вірогідністю $p = 0,001$. Крім того, істотну негативну кореляцію виявлено між вмістом лінолевої кислоти та ліноленової (коефіцієнт кореляції $r = -0,55$) і ерукової ($r = -0,65$), обидві також з вірогідністю $p = 0,001$. З іншого боку, між вмістом ерукової та ліноленової кислот існує суттєва позитивна кореляція ($r = 0,60$, $p = 0,001$). Такі результати свідчать про перспективність селекційної роботи з метою поліпшення якості гірчиці олії шляхом підвищення вмісту олеїнової та лінолевої кислот за рахунок шкідливих для здоров'я людини ерукової і ліноленової кислот.

За результатами проведеного протягом 2009-2013 рр. спрямованого добору за ознакою якості олії виділено 22 зразка гірчиці сизої (табл. 3). Вони характеризуються підвищенням у порівнянні з вихідною формою вмістом олеїнової та лінолевої кислот. Якщо на початку досліджень значення вмісту олеїнової кислоти змінювалось від 21,36 % (зразок ВН-411.1) до 40,54 % (зразок ВН-374.3), а лінолевої – від 28,0 % (зразок Тавричанка) до 44,15 % (зразок НК-0251), то у 2013 р. вміст цих компонентів жирнокислотного складу коливався для олеїнової кислоти від 30,08 % (зразок ВН-415.1) до 45,7 % (зразок ВН-374.3), а для лінолевої – від 30,52 % (зразок ВН-415.1) до 42,06 % (зразок НА-0092).

Таблиця 3

Порівняльна характеристика основних жирних кислот олії перспективних селекційних зразків гірчиці сизої, 2009, 2013 рр.

| Зразок | Олеїнова | | Лінолева | | Ліноленова | | Ерукова | |
|----------|----------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|
| | 2009 | 2013 | 2009 | 2013 | 2009 | 2013 | 2009 | 2013 |
| <i>I</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> | <i>6</i> | <i>7</i> | <i>8</i> | <i>9</i> |
| НС-9013 | 25,83 | 37,05 | 33,62 | 36,64 | 22,75 | 13,58 | 10,4 | 2,3 |
| НВ-0543 | 26,22 | 40,51 | 33,94 | 36,29 | 23,82 | 13,42 | 11,56 | 2,27 |
| НВ-0553 | 34,27 | 37,75 | 37,88 | 38,1 | 19,43 | 15,29 | 2,27 | 2,15 |
| НВ-0015 | 33,6 | 37,34 | 36,81 | 40,16 | 20,51 | 15,57 | 3,7 | 0,33 |
| НА-0238 | 35,1 | 38,69 | 33,59 | 36,58 | 20,89 | 17,04 | 5,01 | 1,23 |
| НС-0601 | 37,94 | 36,29 | 36,73 | 41,85 | 18,67 | 16,22 | 1,26 | 0 |
| НС-9133 | 34,26 | 38,7 | 39,83 | 41,78 | 19,14 | 14,03 | 1,64 | 0 |

Кінець табл. 3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| НВ-0394 | 34,84 | 37,64 | 34,59 | 41,32 | 21,11 | 13,98 | 4,52 | 0,58 |
| НА-0092 | 30,29 | 31,63 | 37,46 | 42,06 | 23,4 | 16,42 | 3,57 | 2,38 |
| НВ-0152 | 30,6 | 41,96 | 36,15 | 33,18 | 26,43 | 10,8 | 5,05 | 7,35 |
| ВН-411.1 | 21,36 | 42,68 | 34,05 | 38,65 | 28,65 | 9,41 | 10,7 | 5,01 |
| НВ-0491 | 26,49 | 39,02 | 33,54 | 36,76 | 23,34 | 15,01 | 11,23 | 2,59 |
| ВН-374.3 | 40,54 | 45,7 | 32,99 | 39,2 | 17,19 | 11,2 | 5,1 | 0 |
| НК-0251 | 27,84 | 43,92 | 44,15 | 40,16 | 20,17 | 13,67 | 5,26 | 0 |
| НК-0100 | 28,38 | 32,17 | 29,66 | 41,92 | 25,66 | 8,61 | 10,89 | 10,37 |
| ВН-406.2 | 30,35 | 40,6 | 32,82 | 40,75 | 23,37 | 10,97 | 9,23 | 0,98 |
| ВН-410.5 | 27,91 | 40,06 | 28,27 | 35,91 | 27,29 | 15,83 | 11,39 | 1,92 |
| Тавричанка | 31,13 | 37,29 | 28 | 36,65 | 18,66 | 13,98 | 10,7 | 3,41 |
| ВН-415.1 | 25,22 | 30,08 | 34,84 | 30,52 | 23,09 | 15,00 | 12,4 | 13,01 |
| ВН-426.3 | 23,93 | 37,56 | 34,74 | 40,36 | 24,74 | 12,65 | 12,99 | 3,47 |
| ВН-472.12 | 27,35 | 40,39 | 40,25 | 37,87 | 20,62 | 14,09 | 6,64 | 1,44 |
| ВН-432.1 | 36,01 | 41,03 | 34,43 | 38,74 | 21,01 | 11,70 | 4,03 | 3,4 |

У середньому вміст олеїнової кислоти збільшився у виділених зразків з 30,43 % до 38,55 %, лінолевої – з 34,92 % до 38,43 % (табл. 4). У той же час середній вміст ліноленої кислоти знизився у виділених зразків з 22,27 % до 13,57 %, а ерукової – з 7,25 % до 2,92 %. Важливим є не лише збільшення вмісту окремої кислоти, а підвищення сумарної кількості корисних олеїнової та лінолевої кислот з одночасним зниженням вмісту небажаних ерукової та ліноленої кислот. У результаті проведеного добору співвідношення загальної кількості олеїнової та лінолевої кислот до сумарного вмісту ліноленої та ерукової суттєво змінилося.

Таблиця 4

Розмах мінливості кращих селекційних зразків гірчиці сизої за вмістом жирних кислот, 2013 р.

| Назва параметру | Пальмітинова | Стеаринова | Олеїнова | Лінолева | Ліноленова | Ерукова |
|----------------------|--------------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| Мінімальне значення | 2,64 | 0 | 30,08 | 30,52 | 8,61 | 0 |
| Середнє значення | 4,65±0,22 | 0,33±0,05 | 38,55±0,81 | 38,43±0,64 | 13,57±0,49 | 2,92±0,72 |
| Максимальне значення | 7,99 | 0,97 | 45,70 | 42,06 | 17,04 | 13,01 |
| Коефіцієнт варіації | 22,37 | 73,02 | 9,84 | 7,76 | 16,91 | 115,86 |

Якщо на початку досліджень воно коливалося від 1,41 (зразок ВН-411.1) до 3,75 (зразок НС-0601), то у 2013 р. розмах варіювання становив від 2,16 (зразок ВН-415.1) до 7,58 (зразок ВН-374.3). Найбільш перспективними виявились зразки ВН-374.3, ВН-406.2, НК-0251, НС-9133, ВН-411.1, ВН-432.1. Загальний вміст олеїнової і лінолевої кислот у них складає 79,77-84,90 %, ліноленої і ерукової – 11,20-15,10 %. Використання їх у подальшій селекційній роботі дозволить створити нові сорти сизої гірчиці з високоякісною олією харчового напрямку використання.

Висновки. Таким чином, доведена можливість створення перспективного селекційного матеріалу сарептської гірчиці з поліпшеним жирнокислотним складом олії, що характеризується підвищеним вмістом олеїнової та лінолевої та зниженим вмістом ерукової та ліноленої кислот шляхом прямого добору з гетерогенної популяції протягом чотирьох років. Загальний вміст олеїнової і лінолевої кислот кращих зразків сягає 80-84 %, ліноленої і ерукової — 11–15 %.

Список використаних джерел

1. *Иванов Н. И.* Биохимия культурных растений / Н. И. Иванов. – М.: Сельхозгиз, 1939. – Т. 3. – 398 с.
2. *Махлаюк В. П.* Лекарственные растения в народной медицине / В. П. Махлаюк. – М.: Нива России, 1992. – 230 с.
3. *Журавель В. М.* Морфологічні мутанти зі зміненим жирнокислотним складом олії / В. М. Журавель, В. О. Лях // Зб. наук. пр. Інституту олійних культур УААН – Запоріжжя, 2004. – С. 28-33.
4. *Шпота В. И.* Создание исходного материала для селекции безэруковой низколиноленовой горчицы сарептской / В. И. Шпота, В. Е. Подколотина // Сельскохозяйственная биология. – 1987. – № 8. – С. 16-18.
5. *Столяров Б. В.* Руководство к практическим работам по газовой хроматографии. Учебное пособие для вузов / Б. В. Столяров, И. М. Савинов, А. Г. Витенберг. – Л.: Химия, 1978. – 288 с.

References

1. Ivanov NI. 1939. Biochemistry crops. Moscow: Sel'khogziz, 3:398.
2. Mahlayuk VP. 1992. Medicinal plants in folk medicine. Moscow: Russian Niva, p. 230.
3. Zhuravel VN, Lyakh VO. 2004. Morphological mutants with changed fatty acid composition of oils. Scientific works of Institute of Oilseed Crops UAAN, p. 28–33.
4. Shpota VI, Podkolozina VE. 1987. Creation of the source material for breeding non erucic low linolenic mustard. Agricultural Biology 8:16–18.
5. Stoliarov BV, Savin IM, Witenberg AG. 1978. Guide to the practical work on the gas chromatography. Textbook for high schools. Lenigrad: Khimya, p. 288.

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА МАСЛА ГОРЧИЦЫ
САРЕПТСКОЙ И СЕЛЕКЦИЯ НА УЛУЧШЕНИЕ ЕГО КАЧЕСТВА**

Журавель В. Н., Комарова И. Б.

Институт масличных культур НААН

В статье приведены результаты создания перспективного селекционного материала горчицы сизой с улучшенным жирнокислотным составом масла. В начале исследований содержание основных жирных кислот исследуемых образцов горчицы составило: линолевой от 28,00 % до 44,15 %, олеиновой от 21,36 % до 40,54 %, линоленовой от 16,44 % до 28,65 %, эруковой от 0,11 % до 17,37 %. Установлена положительная корреляция между содержанием олеиновой кислоты с линолевой и пальмитиновой, а также существенная отрицательная корреляция между содержанием олеиновой кислоты с линоленовой и эруковой, обе с вероятностью $p = 0,001$. Кроме того, существенная отрицательная зависимость выявлена между содержанием линолевой кислоты с линоленовой и эруковой. Между содержанием эруковой и линоленовой кислот обнаружена существенная положительная корреляция. Такие результаты свидетельствуют о перспективности селекционной работы с целью улучшения качества горчичного масла путем повышения содержания олеиновой и линолевой кислот за счет снижения содержания вредных для здоровья человека эруковой и линоленовой кислот. Путем прямого отбора из гетерогенной популяции в течение четырех лет получен перспективный селекционный материал, характеризующийся повышенным содержанием олеиновой и линолевой и пониженным содержанием эруковой и линоленовой кислот. Общее содержание олеиновой и линолевой кислот лучших образцов составляет 80-84 %, линоленовой и эруковой - 11-15 %.

*Горчица сизая (сарептская), селекция, отбор, изменчивость, масло,
жирнокислотный состав*

**VARIABILITY OF FATTY ACID COMPOSITION OF MUSTARD OIL AND BREEDING
TO IMPROVE OF ITS QUALITY**

Zhuravel V. M., Komarova I. B.

Institute of Oilseed Crops NAAN

In article results of creation promising breeding material mustard with improved fatty acid composition of oil are presented. In early of research content of main fatty acid of the mustard samples amounted: linoleic from 28.00 % to 44.15 %, oleic from 21.36 % to 40.54 %, linolenic from 16.44 % to 28.65 %, erucic from 0.11 % to 17.37 %. A positive correlation between oleic acid with linoleic and palmitic acids and significant negative correlation between oleic acid with linolenic and erucic acids, both with probability $p = 0,001$. Moreover, a significant negative correlation was found between the content of linoleic with linolenic and erucic acids. Between erucic and linolenic acids there is a substantial positive correlation. These results suggest promising breeding work to improve the quality of mustard oil by increasing the content of oleic and linoleic acids through harmful for human health erucic and linolenic acids. By direct selection from a heterogeneous populations of mustard in four years received a promising breeding material, characterized by a high content of oleic and linoleic, low erucic and linolenic acids. The total content of oleic and linoleic acids of best samples is 80-84%, linolenic and erucic - 11-15 %.

Mustard, breeding, selection, variability, oil, fatty acid composition