

УДК 634.54:631.526.32(476)

## ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОРТОВ ФУНДУКА БЕЛОРУССКОЙ СЕЛЕКЦИИ И ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ОРЕХОВ

В. В. ВАСЕХА<sup>1</sup>, Л. Ю. ТЫЧИНСКАЯ<sup>2</sup>, Е. Д. СКАКОВСКИЙ<sup>2</sup>,  
С. Е. БОГУШЕВИЧ<sup>3</sup>, И. Н. ОСТАПЧУК<sup>1</sup>

<sup>1</sup>РУП «Институт плодоводства»,  
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,  
e-mail: witalmin@gmail.com

<sup>2</sup>ГНУ «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси»,  
ул. Сурганова, 13, г. Минск, 220072, Беларусь,  
e-mail: sed@ifoch.bas-net.by

<sup>3</sup>ГНУ «Институт биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси»,  
ул. Академика В. Ф. Купревича, 5, корп. 2, г. Минск, 220141, Беларусь

### АННОТАЦИЯ

В статье приводятся данные по результатам изучения хозяйственных и биологических особенностей белорусских сортов фундука Яшма, Лал, Аркадий. Определены сроки, тип цветения, необходимая сумма эффективных температур выше 0 °С для выхода из состояния покоя мужских сережек и женских цветков. Установлены различия между изучаемыми сортами в характере распределения урожая в зависимости от длины побега. За период наблюдений 2022–2024 гг. приведены средние значения по показателям массы орехов в скорлупе и выхода ядра. Проведен биохимический анализ орехов, определены: сумма сахаров (6,0–7,4 %), содержание сухих веществ (96,4–97,5 %) и жиров (63,9–67,1 %). На основании исследования жирнокислотного состава масла орехов методом ЯМР показано, что масла исследованных белорусских сортов состоят практически только из триацилглицеридов жирных кислот – главным образом олеиновой, линолевой, пальмитиновой и пальмитолеиновой – со значительным преобладанием олеиновой кислоты. В орехах фундука, выращенных в условиях Беларуси, определен минеральный состав и доля от суточной нормы следующих макро- и микроэлементов: Ca, Fe, Mg, Mn, K, Cu, Zn.

**Ключевые слова:** фундук, селекция, сорт, фенология, урожай, биохимический состав, пищевая ценность, Беларусь.

### ВВЕДЕНИЕ

На территории Беларуси попытки ввести в культуру отборные формы повсеместно произрастающей лещины обыкновенной были неоднократными на протяжении XX в. На начальных этапах работы для отбора зимостойких форм со стабильным плодоношением довольно активно изучались естественные лещинники страны [1]. Селекционная работа по созданию белорусских сортов фундука была начата в БелНИИ плодоводства Э. П. Сюбаровой в 1940-е гг. Оценка созданного гибридного фонда и изучение амплитуды изменчивости основных хозяйственно ценных признаков лещины были проведены П. И. Хрипачём в конце 1970-х гг. Им же были выделены первые перспективные гибриды для дальнейшей хозяйственной оценки [2]. Однако в то время, за исключением закладки небольших участков и опытно-производственных плантаций в лесхозах Беларуси в начале 1980-х гг., дальнейшее развитие данное направление не получило [3].

Новый этап в развитии направления по селекции фундука начался с 2010 г. под руководством З. А. Козловской. Была сформирована коллекция образцов рода *Corylus* L., которая включает сорта различного эколого-географического происхождения и местные формы диких видов лещины. Вместе с тем с учетом избирательности в процессе оплодотворения для создания гибридного фонда активно применялся метод посева от свободного опыления сортов в многосортном саду, что позволило сформировать пул отборных генотипов фундука белорусской селекции. Наряду с высокой урожайностью и качеством ядра особое внимание в селекционной работе было акцентировано на отбор генотипов с устойчивостью к низким температурам в зимний период и к весенним заморозкам [4, 5].

Несмотря на то, что при семенном размножении фундук является одной из самых поздно вступающих в плодоношение садовых культур, выбор в качестве исходных материнских форм

адаптивных сортов российской селекции позволил создать гибридный фонд с рядом трансгрессивных форм, характеризующихся исключительной скороплодностью, что позволило ускорить селекционный процесс и выделить первые сорта фундука селекции РУП «Институт плодоводства» для промышленного возделывания – Яшма, Лал, Аркадий [6].

*Целью данной работы* являлось установление соответствия природных условий центральной части Беларуси биологическим требованиям отечественных сортов фундука с учетом изменяющегося климата; определение основных хозяйственных параметров деревьев и анализ биохимического состава и питательной ценности орехов, выращенных в условиях Беларуси.

## ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые учеты и наблюдения за особенностями биологии и плодоношения проводили в течение 2022–2024 гг. в отделе селекции плодовых культур РУП «Институт плодоводства». Сад фундука 2018 г. посадки, схема размещения деревьев –  $4 \times 2$  м, растения корнесобственные. Содержание междурядий – естественное залужение, в рядах – гербицидный пар. Почва в садах дерново-подзолистая, среднеподзоленная, развивающаяся на мощном лёссовидном суглинке, относящаяся к первой бонитировочной группе. Объектами исследований являлись три сорта фундука селекции РУП «Институт плодоводства»: Яшма, Лал, Аркадий. Исследования проводили согласно «Генетическим основам и методике селекции плодовых культур и винограда» (Минск, 2019) с учетом подходов, изложенных в работе «Биологические особенности и отбор перспективных форм орешника для селекции и разведения в условиях Белоруссии» (Самохваловичи, 1977), фенологические наблюдения проводили согласно «Consolidated BBCH scale for hazelnut phenotyping» (J. Toillon, R. Hamidi, A. Paradinas et al., 2023) [2, 7, 8].

Продолжительность периода со среднесуточной температурой ниже  $0^{\circ}\text{C}$  за зимний период 2021/2022 г. составила 66 дней, сумма отрицательных температур –  $263,3^{\circ}\text{C}$ , сумма положительных температур –  $59,4^{\circ}\text{C}$ ; за зимний период 2022/2023 г. – 92 дня, сумма отрицательных температур –  $304,8^{\circ}\text{C}$ , сумма положительных температур –  $40,8^{\circ}\text{C}$ ; за зимний период 2023/2024 г. – 64 дня, сумма отрицательных температур –  $295,7^{\circ}\text{C}$ , сумма положительных температур –  $43,4^{\circ}\text{C}$ .

Биохимический анализ орехов фундука урожая 2021–2024 гг. выполнен в отделе биотехнологии РУП «Институт плодоводства», отбор проб орехов осуществлялся через 30 дней после сбора. Показатели определяли следующими методами: сухие вещества – термogravиметрическим методом (ГОСТ 28561-90) [9], сахара – по методу Бертрана в модификации Вознесенского [10]; жиры – гравиметрическим методом (ГОСТ 8756.21-89) [11].

Содержание макро- и микроэлементов в образцах фундука определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре с пламенным атомизатором VARIAN AA240FS (США). Навески массой 1–2 г минерализовали с помощью концентрированной азотной кислоты и 30%-ного раствора перекиси водорода. Для калибровки прибора использовали государственные стандартные образцы растворов ГСО 7682-99 (кальций), ГСО 7681-99 (магний), ГСО 7875-2000 (марганец), ГСО 8092-94 (калий), ГСО 7835-2000 (железо), ГСО 7836-2000 (медь), ГСО 7837-2000 (цинк).

Жирнокислотный состав масел определяли в ГНУ «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси» и ГНУ «Институт биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси». Масла трех сортов фундука – Яшма, Лал, Аркадий – извлекали экстракцией хлороформом из навески ядер орехов. Для этого усредненный образец в количестве 1 г, отобранный из измельченных 10 ядер орехов каждого сорта, заливали 100 г хлороформа и выдерживали в течение суток при комнатной температуре, периодически перемешивая. Затем смесь фильтровали, промывали на фильтре хлороформом, удаляли растворитель, взвешивали остаток.

Для записи спектров методом ядерного магнитного резонанса (ЯМР) готовили 10%-ные растворы масел в дейтерированном хлороформе ( $\text{CDCl}_3$ ). Спектры ЯМР на ядрах  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  регистрировали на ЯМР-спектрометре AVANCE-500 (Bruker, Германия) с рабочими частотами 500 и 125 МГц для ядер  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  соответственно. Для измерения химических сдвигов в протонных спектрах внутренним репером служил сигнал  $\text{CHCl}_3$  (примесь дейтерированного растворителя,

$\delta = 7,27$  м. д.), в углеродных – сигнал растворителя ( $\delta = 77,7$  м. д.). Для количественных расчетов использовали интегральные интенсивности соответствующих линий. Относительная ошибка интегрирования – 3 %. Все экспериментальные данные получены и обработаны с помощью пакета программ XWIN-NMR 3.5. Для записи  $^1\text{H}$ -спектров производили 128 накоплений,  $^{13}\text{C}$  – 2048. Для идентификации соединений предварительно были записаны спектры ЯМР ряда жирных кислот – олеиновой, линолевой,  $\alpha$ -линоленовой, пальмитиновой и стеариновой. Химические сдвиги пальмитолеиновой кислоты были получены на основании ЯМР-спектров масла печени трески, где ее содержание в триацилглицеридах достаточно большое (до 12 %).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Фундуку как представителю рода *Corylus* L. свойственна несовершенная диогогамия, т. е. одновременное цветение мужских и женских цветков в пределах одного растения с частичным перекрытием периодов созревания пестиков и тычинок. Погодные условия в феврале – марте оказывают непосредственное влияние как на сроки цветения культуры, так и на возможность реализации потенциала продуктивности сорта. Ежедневные заморозки на протяжении первых двух декад марта в сочетании с высокой относительной влажностью воздуха как в 2022, так и в 2023 г., несмотря на относительно мягкие условия в зимний период без критических понижений температур, оказали сдерживающее влияние на начало цветения и не спровоцировали преждевременное начало вегетации. Сроки начала цветения как мужских, так и женских генеративных органов у изучаемых сортов фундука оказались довольно близкими и пришлись на 16–22 марта (рис. 1).

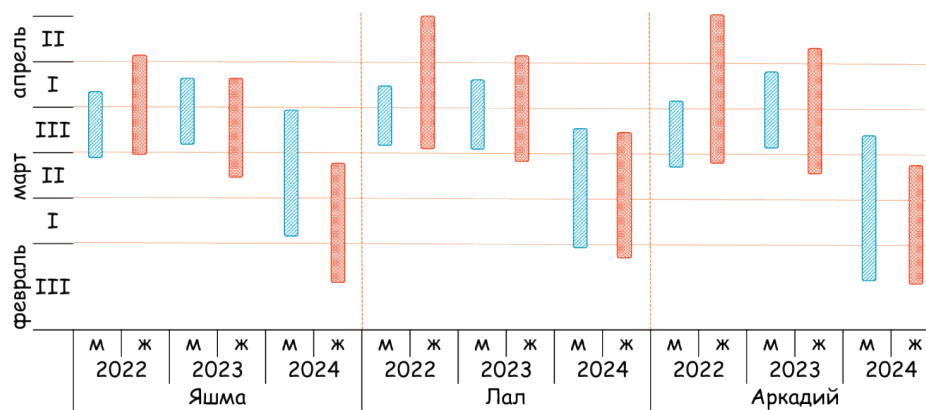


Рис. 1. Сроки цветения сортов фундука белорусской селекции (м – мужское цветение; ж – женское цветение)

Еще одной особенностью в 2022–2023 гг. являлась довольно короткая продолжительность мужского цветения (5–12 дней) по сравнению с женским, которая у отдельных образцов достигала 28–30 дней. Данный факт подтверждает большую восприимчивость сережек к влиянию климатических стресс-факторов [12]. В 2023 г. отрицательное влияние на возможность реализации потенциальной урожайности изучаемых сортов оказали заморозки в период массового пыления сережек в пределах  $-3,0 \dots -6,3$  °C. Сложившиеся погодные условия в феврале 2024 г. способствовали началу цветения мужских и женских соцветий в очень ранние сроки – середина третьей декады февраля. В дальнейшем установившееся похолодание в марте с практически ежедневными заморозками спровоцировало удлинение сроков цветения обоих видов цветов: продолжительность периода цветения у большинства генотипов варьировала в пределах 19–26 дней.

Неблагоприятные погодные условия с частым снижением температуры в течение суток ниже 0 °C не только оказали влияние на продуктивность, но и позволили оценить реакцию изучаемых генотипов на заморозки, что дало возможность по итогам учетов в 2022–2024 гг. отнести все три сорта – Яшма, Лал, Аркадий – в группу адаптивных для климатических условий центральной зоны Беларуси.

В результате проведенных фенологических наблюдений установлено, что для сортов Лал и Аркадий более характерен гомогамный тип цветения с близким или одновременным началом цветения мужских и женских цветков. У сорта Яшма, особенно в условиях мягких зим и раннего перехода среднесуточной температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  в сторону повышения, чаще фиксировалось цветение по протогиничному типу – раньше начинали цветение женские генеративные образования. За три года наблюдений определено, что необходимая сумма эффективных температур выше  $0^{\circ}\text{C}$  ( $\Sigma t_{\text{эф}} \geq 0^{\circ}\text{C}$ ), необходимая для выхода из состояния вынужденного покоя генеративных почек у изучаемых сортов, варьировала в довольно широких пределах и зависела от суммы отрицательных температур и частоты оттепелей в период, непосредственно предшествующий дате перехода среднесуточной температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  в сторону повышения. За 2022–2024 гг.  $\Sigma t_{\text{эф}} \geq 0^{\circ}\text{C}$  для начала пыления мужских сережек изменялась от 6,7 до  $37,2^{\circ}\text{C}$ , для женских цветков этот показатель составил  $10,3\text{--}17,7^{\circ}\text{C}$ .

Обеспечение стабильно высокой урожайности любой культуры определяется не только способностью к адаптации к конкретным экологическим факторам региона возделывания, но и особенностями архитектуры дерева, светового режима внутри кроны, расположения зон плодоношения [13–15], что во многом определяет оптимальные подходы к обрезке и формировке растений.

Как показали учеты распределения урожая в зависимости от длины побега, каждый из изучаемых сортов имел свои особенности. У сорта Лал при формировании свободнорастущей веретеновидной кроны наиболее нагруженными оказывались побеги обрастающей плодовой древесины длиной 5–10 см. В отличие от других объектов исследований на долю побегов до 5 см пришлось только 10 % размещенных плюсок от общего урожая (рис. 2).

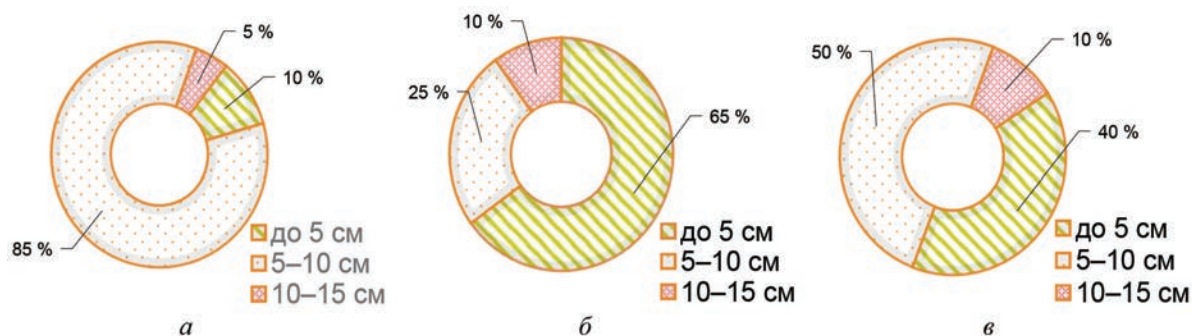


Рис. 2. Особенности распределения точек плодоношения в зависимости от длины побега у сортов фундука белорусской селекции: а – Лал; б – Яшма; в – Аркадий

У сортов Яшма и Аркадий структура распределения урожая более близкая, что, вероятно, связано с происхождением и общей материнской родительской формой – сорт Тамбовский ранний. На приростах предыдущего года длиной до 5 см и 5–10 см у сорта Аркадий образуется приблизительно равное количество точек плодоношения, у сорта Яшма до 65 % женских генеративных почек закладывается на самых коротких побегах. Для всех трех белорусских сортов фундука важной особенностью является неравномерное распределение точек плодоношения в зависимости от длины побега и относительно небольшая доля сформированного урожая (до 10 %) на приростах длиной 10–15 см и более, что необходимо учитывать при обрезке и использовании приемов укорачивания и стимулирования формирования обрастающей плодовой древесины.

Если по среднему выходу ядра за годы наблюдений исследуемые генотипы имели довольно близкие значения, то по массе ореха отличались довольно сильно – от 3,7 у сорта Яшма до 4,6 г у сорта Аркадий (табл. 1). Для генотипов белорусской селекции важной особенностью также является формирование обильных урожаев за счет того, что в соплодии преобладающее число орехов составляет 4–6 шт. Также для фундука как для культуры с продолжительным ювенильным периодом значительную роль играет и период вступления в плодоношение. Все созданные бело-

русские сорта отличаются исключительной скороплодностью, а, например, сорт Яшма способен формировать урожай сразу в первые годы после посадки в сад.

Таблица 1. Качество орехов фундука сортов белорусской селекции, 2021–2024 гг.

Сорт	Средняя масса ореха, г	Средний выход ядра, %	Биохимический состав, %		
			Массовая доля сухих веществ	Сумма сахаров	Содержание жиров
Яшма	3,7	45	97,2	6,0	65,2
Лал	4,2	44	96,4	7,4	67,1
Аркадий	4,6	48	97,5	6,7	63,9

Согласно ряду авторов, орехи фундука характеризуются богатым биохимическим составом, и прежде всего высоким содержанием жиров – до 70 % и выше [16, 17]. Как показали наши исследования, в условиях центральной части Беларуси все три изучаемых генотипа набирают около 97 % сухих веществ. Отдельно стоит отметить довольно высокие значения суммы сахаров (6,0–7,4 %) у белорусских сортов, что обеспечивает высокие вкусовые качества при употреблении орехов без термической обработки в свежем виде, в то время как у целого ряда изученных интродуцентов, широко распространенных по территории страны, данный показатель не превышал 4,0–5,5 %. По содержанию жиров за годы проведения анализов наибольший показатель был характерен для сорта Лал (более 67 %), наименьший – для сорта Аркадий. Однако все генотипы по данному биохимическому параметру были отнесены в группу с высоким содержанием жиров.

Ореховое масло с высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот (прежде всего олеиновой) является одним из самых интересных направлений переработки и используется не только для пищевых целей, но и за счет антиоксидантных свойств получило широкое распространение в косметологии и парфюмерии. Одним из самых эффективных методов химического анализа сложных природных смесей, к которым относятся растительные масла различного происхождения, в том числе и масло фундука, является ЯМР. Применение метода позволяет не только определять состав масла, но и контролировать его качество, зависимость от условий выращивания и хранения плодов, выявлять фальсификаты и др. [18, 19]. Ранее нами был проведен анализ с использованием спектроскопии ЯМР и установлен состав масел кедрового ореха, семян сосны обыкновенной, пажитника греческого и других растений [20–22].

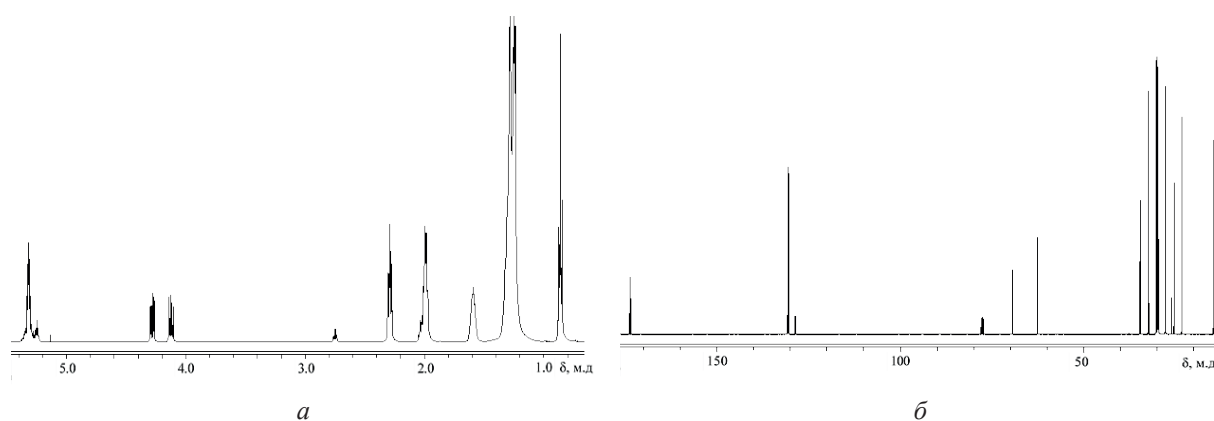


Рис. 3. Спектры раствора в  $\text{CDCl}_3$  масла фундука сорта Лал: а – ЯМР-спектр  $^1\text{H}$ ; б – ЯМР-спектр  $^{13}\text{C}$

На примере исследования жирнокислотного состава масла сорта Лал в работе представлен  $^1\text{H}$  ЯМР-спектр раствора масла в  $\text{CDCl}_3$  (рис. 3). По регистрируемым сигналам видно, что присутствующие в растворе соединения являются триацилглицеридами различных жирных кислот. Мультиплет с максимумом при 5,32 м. д. относится к поглощению протонов при двойных связях жирных кислот. Мультиплеты при 5,22, 4,27 и 4,13 м. д. соответствуют метиновым ( $-\text{CH}$ ) и метиленовым ( $-\text{CH}_2$ ) протонам глицериновой части молекул. Триплетный сигнал при 2,75 м. д.



отражает поглощение атомов водорода  $\text{CH}_2$ -групп, расположенных между двойными связями линолевой кислоты. Метиленовые группы всех жирных кислот, связанные с карбоксильными группами, проявляются при 2,29 м. д., а с двойными связями имеют максимум при 1,99 м. д. Сигнал при 1,59 м. д. соответствует поглощению метиленовых групп в  $\beta$ -положении к карбоксильным группам, остальные  $\text{CH}_2$ -группы алифатических цепей проявляются в интервале 1,20–1,35 м. д. Протоны «хвостовых» метильных групп представлены в виде триплетов при 0,86 м. д.

Таким образом, на основании  $^1\text{H}$  ЯМР-спектра масла возможно определить соотношение ненасыщенных и насыщенных жирных кислот в составе триацилглицеридов и количественное содержание линолевой кислоты, используя интегральные интенсивности соответствующих сигналов.

Для установления содержания других жирных кислот удобно использовать спектры на ядрах  $^{13}\text{C}$  (рис. 3). Атомы углерода карбоксильных групп поглощают в интервале 173,30–173,75 м. д. При этом соответствующие атомы олеиновой кислоты, присоединенной к  $\text{CH}_2$ -группам глицерина, дают сигнал при 173,71 м. д., а к  $\text{CH}$ -группе – 173,31 м. д. С-атомы двойных связей триацилглицеридов резонируют в интервале 128,40–130,80 м. д. Триплетный сигнал при 77,7 м. д. принадлежит растворителю. Линии с химическими сдвигами 69,74 и 62,66 м. д. относятся к метиновому и метиленовым атомам углерода глицеринового фрагмента молекул триацилглицеридов. Отметим, что в спектрах всех исследованных образцов не обнаружены сигналы, соответствующие моно- и диацилглицеридам, что является признаком зрелости орехов. Углеродные атомы  $\text{CH}_2$ -групп, соседствующих с карбоксильными группами молекул, поглощают в интервале 34,50–34,80 м. д. При этом олеиновая кислота имеет соответствующие сигналы при 34,59 м. д. – присоединение к «крайним» положениям глицерина, и 34,76 м. д. – к «центральному».

При изучении спектров ЯМР сырого оливкового масла было установлено, что в области химических сдвигов с  $\delta = 32,00$  и  $32,70$  м. д. поглощают С-атомы, относящиеся к метиленовым группам в 3-м положении относительно метильной группы алифатических цепей жирных кислот в триацилглицеридах [23]. При этом сигналы линолевой, олеиновой и пальмитиновой кислот наблюдаются индивидуально, не перекрываясь друг с другом. Здесь линолевая кислота (1) поглощает при 32,13 м. д., олеиновая (2) – 32,53, пальмитиновая (3) – 32,55 м. д. Слабый сигнал при 32,41 м. д. принадлежит пальмитолеиновой кислоте (4) (рис. 4).

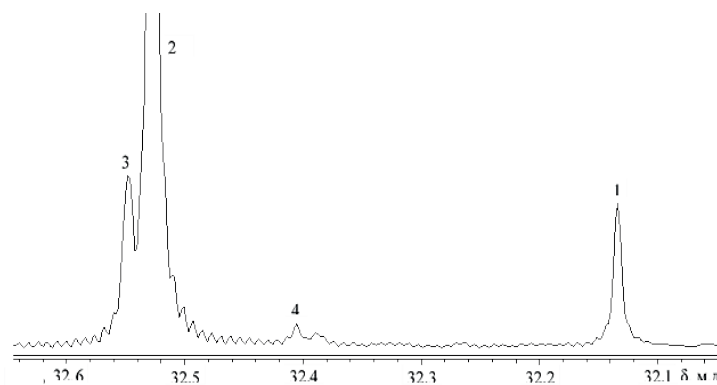


Рис. 4.  $^{13}\text{C}$  ЯМР-спектр раствора в  $\text{CDCl}_3$  масла фундука сорта Лал, область поглощения  $\text{CH}_2$ -групп в 3-м положении от  $\text{CH}_3$ -группы: 1 – линолевая кислота; 2 – олеиновая кислота; 3 – пальмитиновая кислота; 4 – пальмитолеиновая кислота

Основываясь на интегральных интенсивностях указанных линий, был определен жирнокислотный состав масел рассматриваемых сортов фундука (табл. 2). Отметим, что количество линолевой кислоты, установленное по протонному и углеродному спектрам, совпадает в пределах ошибки измерений. Возможное содержание других минорных кислот, не наблюдаемых в данных условиях в спектрах ЯМР, составляет не более 1 %.

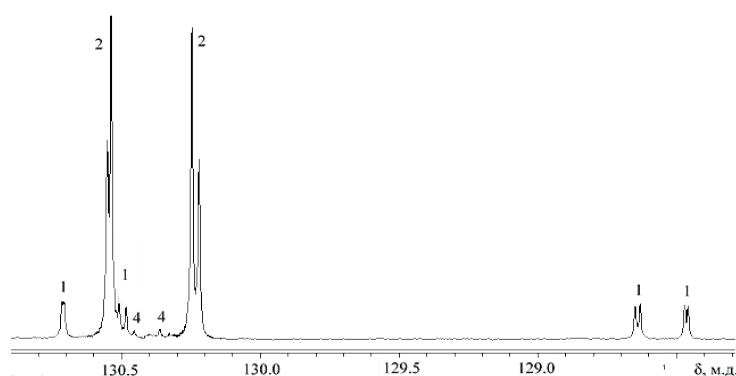
Полученные данные показывают, что жирнокислотный состав масла различных сортов фундука отличается незначительно. Стоит отметить, что в масле фундука сорта Лал содержится

Таблица 2. Жирнокислотный состав масла фундука, определенный методом ЯМР, мольные %

Сорт	Кислота			
	линолевая	олеиновая	пальмитиновая	пальмитолеиновая
Яшма	11,3	80,0	6,7	1,2
Лал	9,5	79,3	9,3	1,1
Аркадий	11,1	79,9	7,1	1,1

больше, чем в других, насыщенной пальмитиновой кислоты и меньше ненасыщенных (в общем их количестве). А если сравнивать сорта Аркадий, Яшма и Лал, то в последнем ощутимо меньше линолевой кислоты – с двумя двойными связями в молекуле. Можно предполагать, что масло ореха данного сорта будет менее подвержено окислению, а сами плоды будут дольше сохранять качество в аналогичных условиях хранения.

Возвращаясь к анализу углеродного спектра, отметим, что остальные метиленовые группы имеют сигналы в интервале 23,10–30,40 м. д., а метильные – в области 14,65–14,75 м. д. Интересные особенности можно наблюдать при анализе спектров поглощения С-атомов двойных связей (рис. 5). Цифрами обозначены линии соответствующих жирных кислот в составе триацилглицеридов (см. обозначения на рис. 4).

Рис. 5.  $^{13}\text{C}$  ЯМР-спектр раствора в  $\text{CDCl}_3$  масла фундука сорта Лал, область двойных связей

Резонансы линолевой кислоты попарно: 128,46 и 128,47 м. д., 128,63 и 128,65, 130,48 и 130,51, 130,71 и 130,72 м. д.; олеиновой кислоты: 130,22 и 130,25 м. д., 130,54 и 130,55 м. д.; пальмитолеиновой кислоты: 130,36 и 130,46 м. д. Дублеты линолевой и олеиновой кислот соответствуют поглощению С-атомов кислотных остатков, присоединенных к метиленовым (крайним) или метиновой (среднее положение) группам глицерина. В случае стехиометрического присоединения отношение интегральных интенсивностей в этих дублетах должно быть 2 : 1. Однако для линолевой кислоты это отношение составляет 1 : 1, а для олеиновой – 1,78 : 1. Таким образом, ненасыщенные кислоты (особенно линолевая) преимущественно присоединяются к центральному положению глицерина. Соответственно, насыщенная пальмитиновая кислота предпочитает крайние положения в глицерине, хотя спектрально это наблюдаться не может.

Орехи фундука относятся к функциональной пище, полезной для здоровья и снижающей риск целого ряда заболеваний. Фундук как продукт, богатый биоактивными и нутрицевтическими соединениями, позволяет восполнить дефицит витаминов и минералов в рационе питания человека. В 2024 г. нами была проведена работа по установлению содержания макро- и микроэлементов в орехах (табл. 3).

Как показали полученные данные, в наибольших количествах в физическом выражении в орехах белорусских сортов содержатся Mg (191,8–237,7 мг/100 г) и K (817,1–889,4 мг/100 г), что соответственно составляет 48–59 и 33–36 % от суточной нормы физиологических потребностей в этих элементах для мужчин 18–59 лет. Стоит отметить, что в 100 г орехов содержится до 25 % от суточной потребности взрослого человека в Zn, до 76 % – Cu. Относительно физиологических

Таблица 3. Содержание макро- и микроэлементов в ядрах фундука разных сортов

Сорт	Ca		Fe		Mg		Mn		K		Cu		Zn	
	мг/100 г	доля от суточной нормы в 100 г*, %	мг/100 г	доля от суточной нормы в 100 г*, %	мг/100 г	доля от суточной нормы в 100 г*, %	мг/100 г	доля от суточной нормы в 100 г*, %	мг/100 г	доля от суточной нормы в 100 г*, %	мг/100 г	доля от суточной нормы в 100 г*, %	мг/100 г	доля от суточной нормы в 100 г*, %
Яшма	84,9	8,5	1,72	17,2	237,7	59,4	7,95	397,5	889,4	35,6	0,76	76	2,59	21,6
Лал	75,9	7,6	1,28	12,8	232,3	58,1	8,90	445,0	817,1	32,7	0,64	64	3,09	25,7
Аркадий	78,2	7,8	1,43	14,3	191,8	47,9	8,95	447,5	868,2	34,7	0,62	62	2,89	24,1

\* Согласно санитарным нормам и правилам «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь», утвержденным постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 20.11.2012 г. № 180 [24].

потребностей содержание кальция и железа в орехах фундука оказалось невысоким, а вот марганца в 100 г содержалось до 448 % (сорт Аркадий) от суточной нормы.

Данные биохимического анализа и минерального состава показывают высокую пищевую ценность орехов фундука, выращенных в условиях Беларуси, что свидетельствует о перспективности развития данного направления как для получения урожая для нужд кондитерской и перерабатывающей промышленности, так и для включения в рацион населения свежих орехов как обязательного элемента здорового питания.

Благодаря созданию уникального по скороплодности гибридного фонда были выделены первые сорта фундука селекции РУП «Институт плодоводства» – Лал, Яшма, Аркадий, которые районированы по всей территории Беларуси (рис. 6).

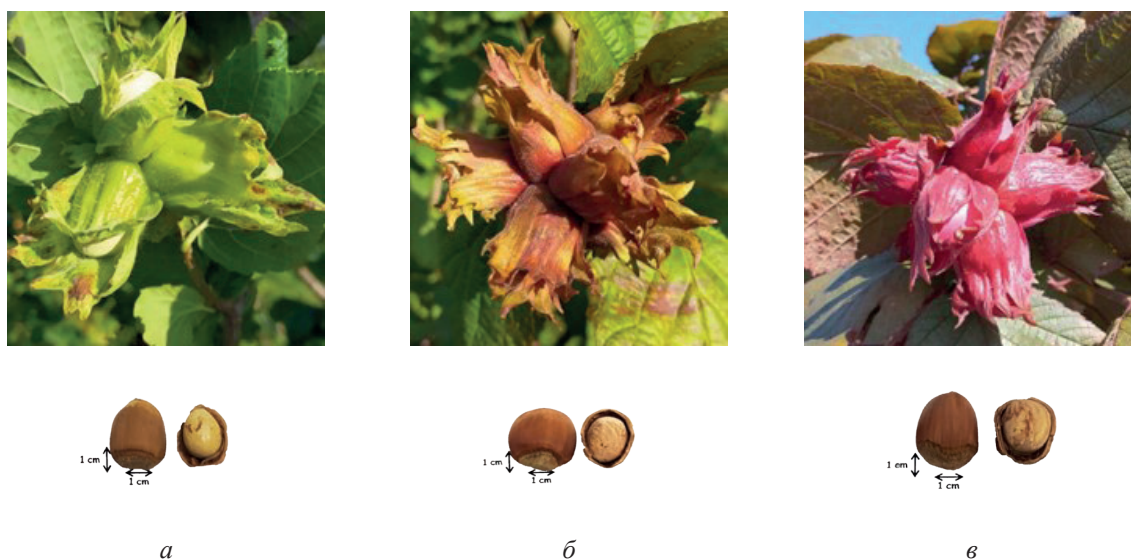


Рис. 6. Сорта фундука селекции РУП «Институт плодоводства»: а – Яшма; б – Лал; в – Аркадий

**Яшма** получен от целенаправленного скрещивания Тамбовский ранний × Тамбовский ранний. Сорт отличается зимостойкостью, регулярным плодоношением, урожайностью 2,2–2,3 кг/растение при плотном размещении деревьев по схеме 4 × 2 м и штамбовой формировке.

Куст прямостоячий, листовая почка красновато-зеленая, яйцевидная, корневые побеги средней силы, может быть сформирован в виде дерева.

Биологические особенности: скороплодный, частично самоплодный, большая часть урожая распределена на побегах длиной до 5 см, мужские сережки зеленые, зимостойкие, является хо-



рошим опылителем для других сортов, массовое цветение мужских и женских цветков приходится на третью декаду марта – первую декаду апреля, во время созревания орехи выпадают из обертки свободно.

Орехи крупные (масса орехов в скорлупе – 3,6–3,8 г), располагаются в открытой обертке, длиннее ореха, с глубокозубчатыми краями, преобладающее число орехов в соплодии – 4–5 шт., выход ядра – 45–47 %, орехи субцилиндрические, ядро яйцевидное, при перегрузке урожаем орехи могут быть неоднородные по размеру. Созревает во второй половине сентября. В государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений включен в 2021 г.

**Лал** получен от свободного опыления сорта Екатерина. Сорт отличается зимостойкостью, регулярным плодоношением, урожайностью 1,8–2,0 кг/растение при плотном размещении деревьев по схеме 4 × 2 м и штамбовой формировке.

Куст прямостоячий, листовая почка красная, коническая, корневые побеги сильные, может быть сформирован в виде дерева.

Биологические особенности: скороплодный, урожай преимущественно распределен на побегах длиной 5–10 см, мужские сережки розово-коричневые, зимостойкие, массовое цветение мужских и женских цветков приходится на третью декаду марта – первую декаду апреля, во время созревания орехи выпадают из обертки свободно.

Орехи крупные (масса орехов в скорлупе – 4,1–4,3 г), располагаются в открытой обертке, длиннее ореха, с глубокозубчатыми краями, преобладающее число орехов в соплодии – 3–4 шт., выход ядра – 43–45 %, орехи широкоовальные, ядро овальное. Созревает во второй – третьей декадах сентября. В государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений включен в 2021 г.

**Аркадий** получен от свободного опыления сорта Тамбовский ранний. Сорт отличается зимостойкостью, регулярным плодоношением, урожайностью 2,0–2,2 кг/растение при плотном размещении деревьев по схеме 4 × 2 м и штамбовой формировке.

Куст прямостоячий, листовая почка красная, шаровидная, корневые побеги средней силы, может быть сформирован в виде дерева.

Биологические особенности: скороплодный, частично самоплодный, урожай преимущественно распределен на побегах длиной до 5 и 5–10 см, мужские сережки розово-коричневые, зимостойкие, является хорошим опылителем для других сортов, массовое цветение мужских и женских цветков приходится на третью декаду марта – первую декаду апреля, во время созревания орехи выпадают из обертки свободно.

Орехи крупные (масса орехов в скорлупе – 4,6–4,8 г), располагаются в открытой обертке, длиннее ореха, с зубчатыми краями и выраженной опушенностью, преобладающее число орехов в соплодии – 5–6 шт., выход ядра – до 50 %, орехи субцилиндрические, ядро овальное. Созревает во второй – третьей декадах сентября. В государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений включен в 2025 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании анализа полученных данных определен ряд хозяйственных и биологических особенностей сортов фундука Яшма, Лал, Аркадий в условиях Беларуси, которые определяют специфику его возделывания. Установлены сроки, продолжительность цветения и восприимчивость мужских генеративных органов к влиянию климатических стресс-факторов ранней весны.

Определено, что для сортов Лал и Аркадий более характерен гомогамный тип цветения с близким или одновременным началом цветения мужских и женских цветков, у сорта Яшма, как правило, раньше начинали цветение женские генеративные образования. За 2022–2024 гг. наблюдений определено, что необходимая сумма эффективных температур выше 0 °С для выхода из состояния вынужденного покоя генеративных почек у изучаемых сортов составила: для начала пыления мужских сережек – 6,7–37,2 °С, для женских цветков – 10,3–17,7 °С.

Установлены особенности распределения урожая в зависимости от длины побега: у сортов Яшма и Аркадий 40–65 % пунктов плодоношения размещались на побегах длиной до 5 см;

у сорта Лал основная нагрузка урожаем (до 85 %) приходилась на обрастающую плодовую древесину длиной 5–10 см. У сортов фундука селекции РУП «Институт плодоводства» средняя масса орехов в скорлупе составила 3,7–4,6 г с выходом ядра в пределах 44–48 %.

На основании результатов биохимического анализа орехов определено, что все три изучаемых генотипа набирают около 97 % сухих веществ, сумма сахаров составила 6,0–7,4 %. По содержанию жиров за годы проведения анализов наибольший показатель был характерен для сорта Лал (более 67 %), наименьший – для сорта Аркадий (около 64 %).

Проведенные исследования жирнокислотного состава масла трех сортов фундука методом ядерного магнитного резонанса показали, что масла исследованных образцов фундука состоят практически только из триацилглицеридов жирных кислот. В их состав входят главным образом олеиновая, линолевая, пальмитиновая и пальмитолеиновая кислоты со значительным преобладанием олеиновой (до 80 мольных %). Показано, что в молекулах триацилглицеридов ненасыщенные кислоты (особенно линолевая) предпочитают среднее (СН) положение в глицерине. Масло сорта Лал содержит наименьшее количество ненасыщенных жирных кислот, что может оказывать положительное влияние на продолжительность хранения без значительного изменения качества орехов.

Анализ состава макро- и микроэлементов в орехах фундука, выращенных в условиях Беларуси, показал высокую пищевую ценность и позволил определить, что в орехах белорусских сортов содержится: магния – 191,8–237,7 мг/100 г, калия – 817,1–889,4, кальция – 75,9–84,9, железа – 1,28–1,72, марганца – 7,95–8,95, меди – 0,62–0,76 и цинка – 2,59–3,09 мг/100 г.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Червяков, П. Д. Особенности цветения и плодоношения лещины в лесах БССР / П. Д. Червяков // Бюллетень научно-технической информации Института лесного хозяйства. – 1958. – № 3. – С. 11–12.
2. Хрипач, П. И. Биологические особенности и отбор перспективных форм орешника для селекции и разведения в условиях Белоруссии : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05 / Хрипач Петр Иванович ; БелНИИ картофелеводства и плодовоовощеводства. – Самохваловичи, 1977. – 182 л.
3. Волович, П. И. Распространение и разнообразие культурных форм лещины в Беларуси / П. И. Волович, П. И. Хрипач // Теплолюбивые культуры (виноград, орех грецкий, абрикос, персик и др.) в северных районах садоводства : материалы междунар. науч. совещ., г. Пинск, 3–5 сент. 1998 г. / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Акад. аграр. наук Респ. Беларусь, Белорус. науч.-исслед. ин-т плодоводства ; гл. ред. В. А. Самусь. – Самохваловичи, 1998. – С. 43–45.
4. Козловская, З. А. Орехоплодные культуры в Беларуси / З. А. Козловская, С. А. Ярмолич // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования : материалы XIII междунар. конф., г. Сочи, 4–8 июня 2018 г. / РАН, Федер. агентство науч. орг., М-во сел. хоз-ва РФ [и др.] ; програм. ком.: П. Ф. Кононков [и др.]. – М., 2018. – С. 69–73.
5. Козловская, З. А. Лещина. Дикие виды и фундук / З. А. Козловская, Н. В. Луговцова // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – Т. 30. – С. 289–303.
6. Васеха, В. В. Фундук – перспективная культура для возделывания в Республике Беларусь / В. В. Васеха // Наука и инновации. – 2023. – № 3 (240). – С. 22–26.
7. Генетические основы и методика селекции плодовых культур и винограда / З. А. Козловская, С. А. Ярмолич, О. А. Якимович [и др.] ; под общ. ред. З. А. Козловской. – Минск : Беларус. навука, 2019. – 249 с.
8. Consolidated BBCH scale for hazelnut phenotyping / J. Toillon, R. Hamidi, A. Paradinas [et al.] // Acta Horticulturae : proc. X Intern. Congr. on hazelnut, Corvallis, OR (United States of America), 5–9 Sept. 2022 / Oregon State University ; ed. S. A. Mehlenbacher. – Corvallis, 2023. – № 1379. – P. 159–168.
9. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги : ГОСТ 28561-90. – Взамен ГОСТ 8756.2-82 в части разд. 1, 2, 3 (кроме консервов из рыбы и морепродуктов), ГОСТ 13340.3-77 ; введ. 01.07.1991. – М. : Стандартиформ, 2011. – 10 с.
10. Слипчик, А. Ф. Определение сахаров в овощах, ягодах и плодах / А. Ф. Слипчик // Практикум по агрохимии / Б. А. Ягодин, И. П. Дерюгин, Ю. П. Жуков [и др.] ; под общ. ред. Б. А. Ягодина. – М., 1987. – С. 200–208.
11. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения жира : ГОСТ 8756.21-89. – Взамен ГОСТ 8756.21-70 в части разд. 1, 4 и 5 ; введ. 01.07.1990. – М. : Стандартиформ, 2010. – 7 с.
12. Васеха, В. В. Біялагічныя асаблівасці развіцця і прадукцыйнасць сартоў фундуку расійскай селекцыі пасля суровай зімы 2020–2021 гг. / В. В. Васеха, К. А. Чарнавокая // Селекція і генетыка: іннавацыі і перспектывы : сб. ст. по матэрыялам II Міжнарод. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию д-ра с.-х. наук, проф. В. И. Бушуевой, г. Горки, 11 февр. 2022 г. / Белорус. гос. с.-х. акад. ; редкол.: Г. И. Витко [и др.]. – Горки, 2022. – С. 180–184.

13. Barthelemy, D. Plant architecture: a dynamic, multilevel and comprehensive approach to plant form, structure and ontogeny / D. Barthelemy, Y. Caraglio // *Annals of Botany*. – 2007. – Vol. 99, № 3. – P. 375–407. – DOI: 10.1093/aob/mcl260.
14. Analysis of bud and sylleptic shoot distribution along one-year-old shoot of hazelnut (*Corylus avellana*) / F. Grisafi, D. Farinelli, E. Costes [et al.] // *Acta Horticulturae*. – 2023. – № 1379. – P. 283–290. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2023.1379.40.
15. Effect of shade on flowering and yield for two different hazelnut training systems / G. Me, N. Valentini, M. Caviglione, C. Lovisolo // *Acta Horticulturae*. – 2005. – № 686. – P. 187–192. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2005.686.25.
16. Инновационная технология выращивания фундука в условиях юга и центрального Черноземья / В. Г. Махно, Т. Д. Беседина, Э. К. Пчихачев [и др.] ; Рос. акад. с.-х. наук, Гос. науч. учреждение Всерос. науч.-исслед. ин-т цветоводства и субтроп. культур. – Белгород : ЛитКараВан, 2014. – 305 с.
17. Рындин, А. В. Современные сорта фундука селекции Всероссийского научно-исследовательского института цветоводства и субтропических культур / А. В. Рындин, Ц. В. Тутберидзе // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. – 2019. – № 60 (6). – С. 71–83.
18. Hazelnut oil classification by NMR techniques / D. Di Caro, C. Liguori, A. Pietrosanto, P. Sommella // *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. – 2017. – Vol. 66 (5). – P. 928–934.
19. 60 MHz <sup>1</sup>H NMR spectroscopy for the analysis of edible oils / T. Parker, E. Limer, A. D. Watson [et al.] // *Trends in Analytical Chemistry*. – 2014. – № 57. – P. 147–158.
20. ЯМР-анализ масел кедрового ореха (*Pinus sibirica*) и семян сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) / Е. Д. Скаковский, Л. Ю. Тычинская, О. А. Гайдукевич [и др.] // *Журнал прикладной спектроскопии*. – 2007. – Т. 74, № 4. – С. 528–532.
21. Спектроскопия ЯМР в комбинации с газожидкостной хроматографией при анализе жирнокислотного состава масла семян пажитника греческого (*Trigonella foenum graecum* L.) / Е. Д. Скаковский, Л. Ю. Тычинская, О. А. Молчанова [и др.] // *Журнал прикладной спектроскопии*. – 2013. – Т. 80, № 5. – С. 788–791.
22. Жирнокислотный состав семян личи китайского (*Litchi chinensis* Sonn.) и димокарпуса лонган (*Dimocarpus longan* Lour.) / А. Г. Шутова, Л. Ю. Тычинская, Е. Д. Скаковский [и др.] // *Вестник Фонда фундаментальных исследований*. – 2021. – № 1. – С. 25–33.
23. Sacchi, R. <sup>1</sup>H and <sup>13</sup>C NMR of virgin olive oil. An overview / R. Sacchi, F. Addeo, L. Paolillo // *Magnetic Resonance in Chemistry*. – 1997. – Vol. 35. – P. 133–145.
24. Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь : постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 20 нояб. 2012 г. № 180 // Министерство здравоохранения Республики Беларусь. – URL: [https://minzdrav.gov.by/upload/lcfiles/text\\_tnpa/000358\\_426130\\_PostMZ\\_N180\\_2012.pdf](https://minzdrav.gov.by/upload/lcfiles/text_tnpa/000358_426130_PostMZ_N180_2012.pdf) (дата обращения: 20.02.2025).

#### AGRONOMIC CHARACTERISTICS OF BELARUSIAN HAZELNUT CULTIVARS AND THE NUTRITIONAL VALUE OF NUTS

V. V. VASEKHA, L. Yu. TYCHINSKAYA, E. D. SKAKOVSKIY, S. E. BOGUSHEVICH, I. N. OSTAPCHUK

#### Abstract

The article presents data on the agronomic and biological characteristics of the Belarusian hazel cultivars Yashma, Lal, and Arkadiy. The timing and type of flowering, as well as the required sum of effective temperatures above 0 °C for breaking dormancy in male catkins and female flowers, were determined. Differences were identified among the studied cultivars regarding yield distribution depending on shoot length. For the observation period (2022–2024), average values for in-shell nut weight and kernel yield are presented. A biochemical analysis of the nuts was conducted, revealing the total sugar content (6.0–7.4 %), dry matter content (96.4–97.5 %), and fat content (63.9–67.1 %). Based on an NMR analysis of the fatty acid composition, it was shown that the oils of the studied Belarusian cultivars consist almost entirely of triacylglycerides of fatty acids – mainly oleic, linoleic, palmitic, and palmitoleic acids – with a significant predominance of oleic acid. The mineral composition of the hazelnuts grown under Belarusian conditions was determined, along with the contribution of each macro- and microelement (Ca, Fe, Mg, Mn, K, Cu, Zn) to the daily nutritional requirement.

**Keywords:** hazelnut, breeding, cultivar, phenology, yield, biochemical composition, nutritional value, Belarus.

*Поступила в редакцию 03.03.2025*