

Научная статья

УДК 631.527

doi: 10.28983/asj.y2024i6pp40-45

### Различия в структуре соцветий некоторых F1 гибридов озимого и ярового рапса (*Brassica napus* L.)

Дмитрий Леонидович Матюхин, Петр Вячеславович Калачев, Григорий Юрьевич Гаус, Михаил Алексеевич Никитин, Сократ Григорьевич Монахос

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия  
e-mail: d.matyukhin@rgau-msha.ru

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследования структуры соцветий некоторых F1 гибридов озимого и ярового рапса (*Brassica napus* L.), выращенных на базе Селекционно-семеноводческого центра овощных культур. Главным продуктом, получаемым при переработке рапса, является масло. Оно добывается из семян, которые образуются в стручках. Плоды формируются из цветков, собранных в соцветия, структура которых может оказывать влияние на урожайность. Исследования соцветий проводились по методике Т.В. Кузнецовой и представляют собой структурный анализ флоральной части растений: подсчет плодов на главном побеге и на боковых побегах (паракладиях) всех порядков ветвления. Полученные данные статистически обработаны в MS Excel для выявления различий между генотипами, а также между озимой и яровой формами в целом. В результате анализа 7 генотипов озимого рапса выявлено, что наиболее существенный вклад в урожай вносят паракладии 1-го порядка ветвления (в среднем 72 % от общего количества стручков на растении). Главные побеги несли 16 % стручков, паракладии 2-го порядка – 12 %. Анализ 9 яровых гибридов показал, что наибольший и почти равный вклад вносят паракладии 1-го и 2-го порядков (по 39 %), а главные побеги и паракладии 3-го порядка несут по 11 % стручков. Сравнение отдельных генотипов проводилось отдельно по озимой и яровой формам, в результате были обнаружены отличия в структуре соцветий.

**Ключевые слова:** озимый рапс; яровой рапс; соцветие; синфлоресценция; структура растения; урожайность; гибрид; генотип; морфология

**Для цитирования:** Матюхин Д. Л., Калачев П. В., Гаус Г. Ю., Никитин М. А., Монахос С. Г. Различия в структуре соцветий некоторых F1 гибридов озимого и ярового рапса (*Brassica napus* L.) // Аграрный научный журнал. 2024. № 6. С. 40–45. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i6pp40-45>.

AGRONOMY

Original article

### Differences in the structure of inflorescences of some winter and spring rapeseed (*Brassica napus* L.) F1 hybrids

Dmitriy L. Matyukhin, Petr V. Kalachev, Grigoriy Yu. Gaus, Mikhail A. Nikitin, Sokrat G. Monakhos

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia  
e-mail: d.matyukhin@rgau-msha.ru

**Abstract.** The article presents the results of a study of the structure of the inflorescences of some F1 hybrids of winter and spring rapeseed (*Brassica napus* L.), grown at the Selection and Seed Center of Vegetable Crops. The main product obtained from rapeseed processing is oil. It is extracted from seeds that form in siliques. The fruits are formed from flowers collected in inflorescences, the structure of which can influence the yield. Studies of inflorescences were carried out according to the method of T.V. Kuznetsova and represent a structural analysis of the floral part of plants: counting fruits on the main shoot and on side shoots (paracladia) of all branching orders. The data were statistically processed in MS Excel to identify differences between genotypes, as well as between winter and spring forms in general. As a result of the analysis of 7 genotypes of winter rapeseed, it was revealed that the most significant contribution to the yield is made by paracladia of the 1st order of branching (on average 72% of the total number of siliques on the plant), the main shoots were carried by 16% of the siliques, paracladia of the 2nd order - 12%. An analysis



of 9 spring hybrids showed that the largest and almost equal contribution is made by paracladia of the 1st and 2nd orders (39% each), and the main shoots and paracladia of the 3rd order each bear 11% of the siliques. Comparison of individual genotypes was carried out separately for winter and spring forms; as a result, differences in the structure of inflorescences were also found.

**Keywords:** winter rapeseed; spring rapeseed; inflorescence; plant structure; yield; F1 hybrid; genotype; morphology

**For citation:** Matyukhin D. L., Kalachev P. V., Gaus G. Yu., Nikitin M. A., Monakhos S. G. Differences in the structure of inflorescences of some winter and spring rapeseed (*Brassica napus* L.) F1 hybrids. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2024;(6):40–45. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i6pp40-45>.

**Введение.** Рапс (*Brassica napus* L.) – одна из важнейших масличных культур. Первоначально она являлась технической культурой, но после выведения гибридов 00-типа с низким содержанием эруковой кислоты и глюкозинолятов рапсовое масло стало пригодным и для пищевого использования [11]. Повышение содержания масла в семенах – приоритетная и перспективная задача селекции. Семена лучших культивируемых гибридов содержат 40–50 % масла, однако исследователями была получена линия с содержанием 64,8 % масла [10].

Рапс находит все более широкое применение в различных областях. Он является перспективным сырьем для производства биотоплива [4]; исследуется влияние введения продуктов переработки рапса в рацион птиц [12] и рыб [14]. В семенах рапса содержатся полиненасыщенные и мононенасыщенные жирные кислоты, каротиноиды, токоферолы, фитостеролы, флавоноиды (эпикатехин, изорамнетин, кемпферол, кверцетин и их производные), витамины, глюкозинолаты и микроэлементы. Клинические исследования показали, что биологически активные вещества рапсового масла полезны для здоровья, улучшают показатели крови [7]. Полифенолы, содержащиеся в семенах рапса, положительно влияют на здоровье человека, однако уровень их содержания в рапсовом масле зависит от технологии его производства. Наибольшее содержание полифенолов в масле можно достичь методом водно-ферментативной экстракции [16]. Вещества, содержащиеся в рапсовом масле, способствуют его антимикробному, противовоспалительному, антидиабетическому, противораковому, нейрозащитному и кардиозащитному действию [6]. Белковая часть семян масличного рапса также заслуживает внимание из-за содержащихся в ней незаменимых аминокислот, в том числе большого количества серосодержащих аминокислот [5, 9].

Эруковая кислота и глюкозинолаты вредны для здоровья, поэтому существуют строгие стандарты по переработке рапсового масла для пищевых целей. Селекционеры выводят безэруковые низкоглюкозинолатные гибриды для пищевой промышленности, при этом стараясь повысить содержание эруковой кислоты для технических целей [3].

Источником масла являются семена, формирующиеся в типичных для рода *Brassica* плодах – стручках, которые в свою очередь образуются из цветков, собранных в соцветия. Поэтому изучение структуры флоральной части растений – одна из наиболее значимых задач при определении продуктивности различных генотипов. Число плодов на растении складывается в зависимости от ветвистости и количества стручков на каждом побеге. Изучение структуры генеративной сферы растения открывает возможность предварительной оценки перспективности новых сортов и гибридов.

Исследование морфологического строения различных генотипов рапса – актуальная тема в современной науке. Изучение структурных характеристик растений *B. napus* позволит генетикам и селекционерам решить важную задачу – улучшить урожайность и устойчивость к полеганию [8, 15].

Цель данной работы – выявление особенностей структуры флоральной части яровых и озимых сортов рапса и оценка вклада различных структурных элементов соцветий в урожайность.

**Материалы и методы.** Объектами исследования служили 7 F1 гибридов озимого рапса и 9 F1 гибридов ярового рапса из коллекции Селекционно-семеноводческого центра овощных культур. Рассада озимого рапса была высажена в гряды в сентябре 2022 г., ярового – в конце мая 2023 г. Изучение структуры соцветий проводили в период цветения и плодоношения летом и осенью 2023 г.

Метод исследования соцветий – структурный анализ организации флоральной части образцов в фазах завершения цветения, начала и завершения плодоношения [1]. Ось главного побега заканчивается совокупностью цветков, которую мы назовем флоральной единицей (ФЕ). Такими же по структуре ФЕ заканчиваются боковые оси, развивающиеся на главной оси ниже верхушечной ФЕ. Назовем эти оси паракладиями по терминологии, примененной для описания соцветий





В. Троллем [13]. Паракладии, в свою очередь, тоже могут быть разветвленными, образуя паракладии следующих порядков. Совокупность всех цветоносных побегов растения целесообразно называть синфлоресценцией [1, 2]. У растений, принимающих участие в опыте, было посчитано количество плодов на главном побеге и паракладиях всех порядков ветвления.

После сбора данных были вычислены средние арифметические значения количества плодов на побегах каждого порядка отдельно для каждого генотипа, найдена стандартная ошибка (ошибка среднего). Для сравнения структуры синфлоресценций озимого и ярового рапса данные по разным гибридам были обобщены.

**Результаты исследований.** У озимого рапса соцветия образуются из верхушечной и боковых почек зимующей вегетативной части главного побега. У F1 гибридов рапса из зимовавших почек развиваются безрозеточные побеги с зелеными листьями срединной формации и эбрактеозными (без кроющих листьев цветков) соцветиями. Рапс, как и большинство других Cruciferae (Brassicaceae), обладает сложноорганизованным флоральным комплексом, включающим в себя верхушечную открытую кисть и структурно ее повторяющие боковые ветви соцветия – паракладии. Кисть – это соцветие с удлинёнными междуузлиями главной оси и удлинёнными боковыми осями, несущими цветки – цветоножками. Кисти, как правило, зацветают акропетально и могут быть закрытыми или открытыми. У рапса, как и у всех описанных однолетних крестоцветных, кисти открытые.

Открытые кисти цвели, образуя новые бутоны, до середины июля. В основании несущей цветки части стебля образуются зеленые листья, отличные от листьев розеточной части побегов. В пазухах этих листьев могут образовываться паракладии следующих порядков ветвления. Позже рост и цветение завершались, нераскрывшиеся бутоны и недоразвитые плоды опадали. К моменту созревания плодов большая часть листьев отмирала, ветвление побеговой части у экземпляров рапса прекращалось.

К моменту уборки растения озимого рапса представляли собой системы, разветвленные до боковых побегов второго, редко – третьего порядка. У части главный побег не реализовывался в соцветие, поэтому учитывалась структура только соцветий, сформированных на боковых побегах первого и второго порядков ветвления. Боковые побеги третьего порядка ветвления были малочисленны, образовывали мало цветков и плодов, в основном быстро отмирали. Вследствие этого, при анализе структур, значимых для урожая, учитывали боковые побеги первого и второго порядка. Структурно все они являются паракладиями в составе синфлоресценции [1, 13].

У озимого рапса система побегов разветвлена иногда до третьего порядка. Флоральная единица – открытая кисть. Имеются терминальное открытое соцветие и ветвящиеся паракладии. У паракладиев (у боковых побегов первого порядка всегда, у боковых побегов второго порядка чаще всего) имеются зоны торможения. У боковых побегов третьего порядка зоны торможения отсутствуют или очень небольшие. Именно в пазухах листьев зоны торможения формируются паракладии. Синфлоресценция у озимого рапса – метелка из открытых кистей. На главном побеге флоральные единицы почти у всех образцов несут большее число цветков, чем паракладии первого и второго порядков. Большая часть плодов формируется на паракладиях первого порядка ветвления, вероятно, увеличение их числа и количества плодов на них – селекционно ценный признак. Это относится и к паракладиям второго порядка, хотя их вклад менее существенен (таблица 1).

Таблица 1 – Структура синфлоресценций у озимых коллекционных F1 гибридов

Table 1 – Synflorescence structure in winter collection F1 hybrids

F1 гибрид	Число ФЭ на главных побегах	Число плодов	Число ФЭ 1-го порядка	Число плодов	Число ФЭ 2-го порядка	Число плодов
Альваро	8	41,88±3,26	108	21,21±0,7	103	3,88±0,35
Гордон	17	31,71±3,51	119	18,68±0,68	122	3,69±0,32
Кикер	5	44,2±8,68	57	20,74±1,21	72	2,25±0,22
Клавиер КЛ	22	25,52±3,63	143	19,5±0,86	187	3,56±0,3
Куга	12	26,33±3,46	97	13,29±0,83	91	1,96±0,3
Эдимакс КЛ	13	31,38±3,73	119	17,85±0,81	42	4,86±0,68
Эйнштейн	17	29,24±3,18	125	16,30±0,7	138	2,99±0,25

Примечание: в графах «Число плодов» указаны средние значения для побегов каждого порядка, а после знака «±» – стандартная ошибка.

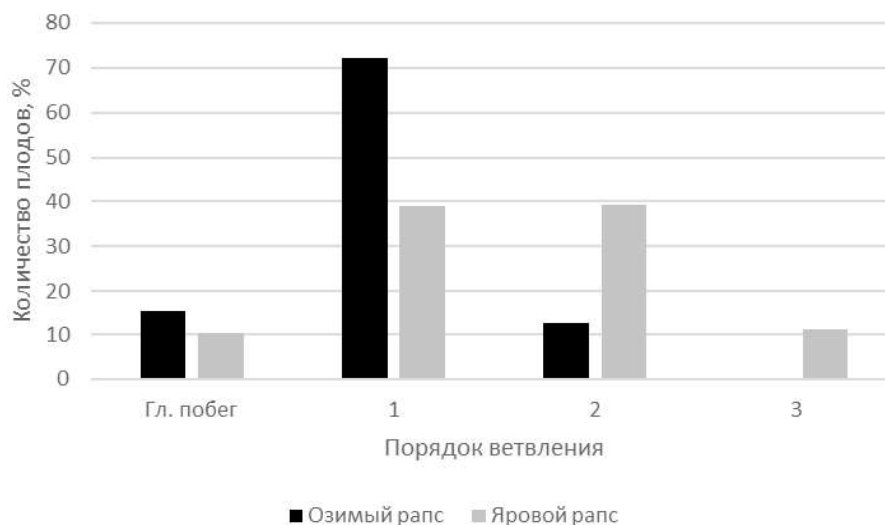
У ярового рапса цветение прекратилось во второй половине августа. Уборка производилась в конце августа и начале сентября. У яровых гибридов (таблица 2) система побегов разветвлена до третьего, редко – до четвертого порядка. Флоральная единица – открытая кисть. Имеются терминальное открытое соцветие и ветвящиеся паракладии. У паракладиев (у боковых побегов первого порядка всегда, у боковых побегов второго порядка чаще всего) имеются зоны торможения. У боковых побегов третьего и четвертого порядков зоны торможения отсутствуют или очень небольшие. Паракладии формируются в пазухах листьев зоны торможения. Синфлоресценция у ярового рапса – метелка из открытых кистей. В отличие от озимого рапса флоральные единицы главного побега не у всех гибридов несут большее количество плодов, чем паракладии первого порядка, однако в целом среднее количество стручков на побеге убывает с повышением порядка ветвления.

Таблица 2 – Структура синфлоресценций у некоторых яровых коллекционных F1 гибридов

Table 2 – Synflorescence structure in some spring collection F1 hybrids

F1 гибрид	Число ФЕ на главных побегах	Число плодов	Число ФЕ 1-го порядка	Число плодов	Число ФЕ 2-го порядка	Число плодов	Число ФЕ 3-го порядка	Число плодов
Цезарь КЛ	4	26,25±3,94	23	15,74±1,52	44	9,23±0,89	13	2,15±0,85
Ахат	5	31,80±3,68	23	20,65±1,91	38	9,03±1,01	16	3,69±0,61
Джаз	4	19,75±4,87	20	25,60±1,55	40	13,03±1,14	43	5,95±0,71
Маджонг	4	29,25±2,06	22	20,05±1,37	35	9,20±1,16	27	3,37±0,50
Джошуа	4	43,75±4,97	22	25,95±2,46	52	12,15±1,21	37	3,46±0,47
Лава	4	27,50±2,60	29	14,90±1,32	45	7,51±0,76	31	5,45±0,87
Спутник КЛ	4	23,25±2,21	27	12,00±1,11	72	7,42±0,63	43	3,37±0,38
Триумф	4	17,75±5,07	25	9,08±1,38	50	6,50±0,78	15	3,00±0,59
Видер КЛ	4	23,00±4,51	23	18,26±2,13	39	9,36±1,02	28	5,00±0,64

На рисунке приводится сравнение распределения плодов по побегам разных порядков ветвления у озимого и ярового рапса. Для построения диаграммы были обобщены данные по всем генотипам, указанным в таблицах 1 и 2. У озимой формы наибольшее количество стручков несут паракладии первого порядка (72 %), значительно меньший вклад вносят главные побеги (16 %) и паракладии второго порядка (12 %). У яровой формы наибольшее и почти равное количество стручков (по 39 %) несут паракладии первого и второго порядков, а главные побеги и паракладии третьего порядка несут по 11 % стручков. Паракладии 4-го порядка образуются очень редко и несут незначительное количество плодов, поэтому не показаны на рисунке. Яровой рапс по сравнению с озимым сильнее ветвится и имеет более равномерное распределение плодов по побегам разных порядков (см. рисунок).



*Распределение плодов по побегам разных порядков ветвления у рапса*

*Distribution of fruits by shoots of different branching orders in rapeseed*





**Заключение.** Выявлена структура и расположение флоральных единиц озимых и яровых сортов и гибридов. Показаны роль флоральных единиц разного порядка в структуре особей, особенности их расположения и строения. Выявлены различия в строении озимых и яровых растений рапса.

Выяснено, что боковые ветви общего соцветия образуются в пазухах зеленых листьев вегетативной части побега. Зона торможения на главном побеге и боковых побегах с паракладиями, относительно дикорастущих представителей семейства, выражена ограниченно. Зона обогащения, напротив, начинается почти сразу за пределами прикорневой розетки. Возможно, это связано с предшествующим отбором на повышение урожайности.

У озимого рапса наиболее важной частью синфлоресценции с точки зрения урожая являются паракладии первого порядка. При этом система побегов разветвлена в основном до второго порядка; у ярового – паракладии первого и второго порядков, при этом система побегов разветвлена в основном до третьего порядка.

Конкретные гибриды отличаются между собой средним количеством плодов на побегах каждого порядка ветвления.

*Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в соответствии с соглашением 075-15-2023-220 на поддержку программы развития университета «Приоритет-2030».*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецова Т. В. Методы исследования соцветий. I. Описательный метод и концепция синфлоресценции Вильгельма Тролля // Бюл. МОИП. Отделение биологии. 1985. Т. 90. Вып. 3. С. 62–72.
2. Кузнецова Т. В., Пряхина Н. И., Яковлев Г. П. Соцветия: Морфологическая классификация. СПб.: СПбХФИ, 1992. 125 с.
3. Черятова Ю. С. Биологически активные вещества и пищевая ценность рапсового масла // Биосферное хозяйство: теория и практика. 2023. № 7(60). С. 33–37. EDN JHEYHZ.
4. Черятова Ю. С., Монахос С. Г. Рапс как альтернативный источник сырья для производства биотоплива // Биосферное хозяйство: теория и практика. 2023. № 6(59). С. 26–30. EDN PQIMMU.
5. Черятова Ю. С. Современные направления селекции *Brassica napus* L.: обзор мировых тенденций // Journal of Agriculture and Environment. 2023. № 6 (34). URL: <https://jae.cifra.science/archive/6-34-2023-june/10.23649/JAE.2023.34.4> (дата обращения: 10.12.2023).
6. Comprehensive Review of Health-Benefiting Components in Rapeseed Oil / J. Shen, Y. Liu, X. Wang, J. Bai, L. Lin, F. Luo, H. Zhong // Nutrients. 2023. Vol. 15. No. 4. P. 999. DOI: 10.3390/nu15040999.
7. Extraction, isolation of bioactive compounds and therapeutic potential of rapeseed (*Brassica napus* L.) / N. Tileberdi, A. Turgumbayeva, B. Yeskaliyeva, L. Sarsenova, R. Issayeva // Molecules. 2022. Vol. 27(24). P. 8824. DOI: 10.3390/molecules27248824.
8. Genetic dissection of plant architecture and yield-related traits in *Brassica napus* / G. Cai, Q. Yang, H. Chen, Q. Yang, C. Zhang, C. Fan, Y. Zhou // Scientific Reports. 2016. Vol. 6. P. 21625. DOI: 10.1038/srep21625.
9. Hannoufa A., Pillai B. V., Shellamma S. Genetic Enhancement of *Brassica napus* Seed Quality // Transgenic Research. 2014. Vol. 23. No. 1. P. 39–52. DOI: 10.1007/s11248-013-9742-3.
10. Seed structure characteristics to form ultrahigh oil content in rapeseed / Z.-Y. Hu, W. Hua, L. Zhang, L.-B. Deng, X.-F. Wang, G.-H. Liu, W.-J. Hao, H.-Z. Wang // PLoS One. 2013. Vol. 8. No. 4. P. e62099. DOI: 10.1371/journal.pone.0062099.
11. The *Brassica napus* (oilseed rape) seeds bioactive health effects are modulated by agronomical traits as assessed by a multi-scale omics approach in the metabolically impaired ob-mouse / D. Bennouna, F. Tourniaire, T. Durand, J. M. Galano, F. Fine, K. Fraser, S. Benatia, C. Rosique, C. Pau, C. Couturier, C. Pontet, C. Vigor, J. F. Landrier, J. C. Martin // Food Chemistry: Molecular Sciences. 2021. Vol. 2. P. 100011. DOI: 10.1016/j.fochms.2021.100011.
12. The effect of raw and fermented rapeseed cake on growth performance, carcass traits, and breast meat quality in turkey / A. Dražbo, K. Kozłowski, K. Ognik, A. Zaworska, J. Jankowski // Poultry Science. 2019. Vol. 98. №. 11. P. 6161–6169. ISSN 0032-5791. DOI: 10.3382/ps/pez322.
13. Troll W. Die Infloreszenzen. Band. I. Jena: Fischer Verlag, 1964. 615 s.
14. Von Danwitz A., Schulz C. Effects of dietary rapeseed glucosinolates, sinapic acid and phytic acid on feed intake, growth performance and fish health in turbot (*Psetta maxima* L.) // Aquaculture. 2020. Vol. 516. P. 734624. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.734624.
15. Xinjun C., Cunkou Q., Huiming P. Evaluation of lodging resistance in rapeseed (*Brassica napus* L.) and relationship between plant architecture and lodging resistance // Chinese Journal of Oil Crop Sciences. 2007.

16. Ye Z., Liu Y. Polyphenolic compounds from rapeseeds (*Brassica napus* L.): The major types, biofunctional roles, bioavailability, and the influences of rapeseed oil processing technologies on the content // *Food Res Int.* 2023. Vol. 163. P. 112282. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.112282.

#### REFERENCES

1. Kuznetsova T. V. Methods for studying inflorescences. I. Descriptive method and the concept of synflorescence by Wilhelm Troll. *Bulletin of the Moscow Society of Naturalists. Biological Series.* 1985;90(3):62–72. (In Russ.)
2. Kuznetsova T. V., Pryakhina N. I., Yakovlev G. P. Inflorescences: Morphological classification. St. Petersburg: SPCPI; 1992. 125 p. (In Russ.)
3. Cheryatova Yu. S. Biologically active substances and nutritional value of rapeseed oil. *Biosphere Management: Theory and Practice.* 2023;7(60):33–37. (In Russ.) EDN JHEYHZ.
4. Cheryatova Yu. S., Monakhos S. G. Rape as an alternative source of raw materials for biofuel production. *Biosphere management: theory and practice.* 2023;6(59):26–30. (In Russ.) EDN PQIMMU.
5. Cheryatova Yu. S. Modern trends of *Brassica napus* L. selection: a review of global tendencies. *Journal of Agriculture and Environment.* 2023;6(34). URL: <https://jae.cifra.science/archive/6-34-2023-june/10.23649/JAE.2023.34.4> (Accessed 10.12.2023). (In Russ.)
6. Comprehensive Review of Health-Benefiting Components in Rapeseed Oil / J. Shen, Y. Liu, X. Wang, J. Bai, L. Lin, F. Luo, H. Zhong. *Nutrients.* 2023;15(4):999. DOI: 10.3390/nu15040999.
7. Extraction, isolation of bioactive compounds and therapeutic potential of rapeseed (*Brassica napus* L.) / N. Tileuberdi, A. Turgumbayeva, B. Yeskaliyeva, L. Sarsenova, R. Issayeva. *Molecules.* 2022;27(24):8824. DOI: 10.3390/molecules27248824.
8. Genetic dissection of plant architecture and yield-related traits in *Brassica napus* / G. Cai, Q. Yang, H. Chen, Q. Yang, C. Zhang, C. Fan, Y. Zhou. *Scientific Reports.* 2016;6:21625. DOI: 10.1038/srep21625.
9. Hannoufa A., Pillai B. V., Shellamma S. Genetic Enhancement of *Brassica napus* Seed Quality. *Transgenic Research.* 2014;23(1):39–52. DOI: 10.1007/s11248-013-9742-3.
10. Seed structure characteristics to form ultrahigh oil content in rapeseed / Z.-Y. Hu, W. Hua, L. Zhang, L.-B. Deng, X.-F. Wang, G.-H. Liu, W.-J. Hao, H.-Z. Wang. *PLoS One.* 2013;8(4):e62099. DOI: 10.1371/journal.pone.0062099.
11. The *Brassica napus* (oilseed rape) seeds bioactive health effects are modulated by agronomical traits as assessed by a multi-scale omics approach in the metabolically impaired ob-mouse / D. Bennouna, F. Tourniaire, T. Durand, J. M. Galano, F. Fine, K. Fraser, S. Benatia, C. Rosique, C. Pau, C. Couturier, C. Pontet, C. Vigor, J. F. Landrier, J. C. Martin. *Food Chemistry: Molecular Sciences.* 2021;2: 100011. DOI: 10.1016/j.fochms.2021.100011.
12. The effect of raw and fermented rapeseed cake on growth performance, carcass traits, and breast meat quality in turkey / A. Dražbo, K. Kozłowski, K. Ognik, A. Zaworska, J. Jankowski. *Poultry Science.* 2019;98(11):6161–6169. ISSN 0032-5791. DOI: 10.3382/ps/pez322.
13. Troll W. Die Infloreszenzen. Band. I. Jena: Fischer Verlag; 1964. 615 p.
14. Von Danwitz A., Schulz C. Effects of dietary rapeseed glucosinolates, sinapic acid and phytic acid on feed intake, growth performance and fish health in turbot (*Psetta maxima* L.). *Aquaculture.* 2020;516:734624. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.734624.
15. Xinjun C., Cunkou Q., Huiming P. Evaluation of lodging resistance in rapeseed (*Brassica napus* L.) and relationship between plant architecture and lodging resistance. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences.* 2007.
16. Ye Z., Liu Y. Polyphenolic compounds from rapeseeds (*Brassica napus* L.): The major types, biofunctional roles, bioavailability, and the influences of rapeseed oil processing technologies on the content. *Food Res Int.* 2023;163: 112282. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.112282.

Статья поступила в редакцию 17.12.2023; одобрена после рецензирования 25.01.2024; принята к публикации 30.01.2024.  
The article was submitted 17.12.2023; approved after reviewing 25.01.2024; accepted for publication 30.01.2024.

