

## Содержание белка в семенах сортов льна масличного и его аминокислотный состав

**М. Е. Маслинская**<sup>1</sup>, кандидат с.-х. наук,  
**И. М. Почицкая**<sup>2</sup>, доктор с.-х. наук

<sup>1</sup> РУП «Институт льна»,

<sup>2</sup> РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию»

(Дата поступления статьи в редакцию 24.05.2024)

**Аннотация.** В статье обобщены результаты исследований по накоплению белка в семенах льна масличного сортов белорусской селекции и его аминокислотному составу, влияние на формирование изучаемых показателей метеорологических условий и возделываемого сорта. По максимальному количеству белка выделены сорта Бонус (22,6 %) и Илим (23,1 %). Отмечено значительное влияние условий возделывания на формирование данного показателя (58,8 %), доля сорта составляет 15,3 %, взаимодействие изучаемых факторов – 21,7 %. Сбор белка с гектара посева составил 19,4–26,0 ц/га и определялся продолжительностью периода цветения-созревание ( $r = 0,865$ ), а также общей продолжительностью вегетационного периода ( $r = 0,553$ ). Общее количество аминокислот в протеине анализируемых семян составляет 8045,5–17679,7 мг/100 г, при этом в процентном соотношении преобладает глутаминовая кислота (19,5–28,1 %). По максимальному содержанию незаменимых кислот выделены сорта Бонус (46,3 %) и Опус (47,2 %). Сорта льна масличного белорусской селекции являются ценным источником масла, полиненасыщенных жирных кислот и белка, что обуславливает возможность их широкого применения в пищевой промышленности.

*The paper summarizes the results of the research on protein accumulation in oil flax seeds of the Belarusian breeding and its amino acid composition, the influence of meteorological conditions and the cultivated variety on formation of the studied indicators. In terms of the maximum amount of protein the varieties Bonus (22.6%) and Ilim (23.1%) were identified. A significant influence of cultivation conditions on the formation of that indicator was noted (58.8%), the share of the variety was 15.3%, the interaction of the studied factors was 21.7%. The protein yield per hectare of crops was 19.4–26.0 c/ha and was determined by the duration of the flowering-ripening period ( $r = 0.865$ ), as well as the total duration of the vegetation period ( $r = 0.553$ ). The total amount of amino acids in the protein of the analyzed seeds was 8045.5–17679.7 mg/100 g, with glutamic acid predominance (19.5–28.1%). According to the maximum content of essential acids, the varieties Bonus (46.3%) and Opus (47.2%) were identified. Thus, Belarusian oil flax varieties are a valuable source of oil, polyunsaturated fatty acids and protein, which makes it possible to use them widely in the food industry.*

### Введение

Масличные культуры имеют огромное экономическое значение во всем мире, поскольку за последнее десятилетие потребление растительного масла увеличилось более чем на 50 % и, как ожидается, удвоится к 2040 г. [1]. Большинство масел, потребляемых человеком, накапливаются в семенах сельскохозяйственных растений. В последние годы в мире наблюдается расширение посевов льна масличного [2–3]. Благодаря широкой адаптационной способности, включающей пониженные требования к плодородию почвы и непродолжительный период вегетации, культуру можно возделывать практически на любых территориях, пригодных для сельскохозяйственного использования [4].

Фармакологическую активность семян льна в основном формируют такие соединения, как аминокислоты, полиненасыщенные жирные кислоты, протеины, витамины и пищевые волокна. Согласно исследованиям семена льна содержат в среднем белка 25 %, жирного масла – до 35 %, клетчатки – 10 %, полисахаридов – 17 % [5]. Химический состав льяных семян колеблется в зависимости от сорта, степени зрелости к моменту уборки, района возделывания, состава почвы и удобрений, климатических и погодных условий [6]. Белки – высокомолекулярные органические вещества, состоящие из альфа-аминокислот, соединенных в цепочку пептидной

связью. Они служат материалом для построения клеток, тканей и органов, для синтеза ферментов, пептидных гормонов, гемоглобина и отвечают за основные обменные и регуляторные функции в организме человека. Важную роль играют количественный и качественный состав аминокислот. Установлено, что аминокислотный профиль льняного семени имеет большое сходство с аминокислотным профилем соевых бобов [7–8].

Цель исследований – изучить содержание белка в семенах сортов льна масличного и его аминокислотный состав в зависимости от метеорологических условий возделывания.

### Материалы и методы исследований

Объекты исследования – сорта льна масличного селекции РУП «Институт льна»: Салют, Фокус, Визирь, Альянс, Дар, Славянин, Бонус, Брестский, Илим, Опус. Полевые исследования проведены на опытных полях РУП «Институт льна» (Оршанский р-н, Республика Беларусь) согласно общепринятым методикам в 2021–2023 гг. [9]. Почва опытных участков дерново-подзолистая, среднесуглинистая, развивающаяся на лессовидном суглинке, подстилаемая с глубины 1 м моренным суглинком. Предшественник – яровые зерновые. Посев и уход осуществляли согласно отраслевому регламенту по возделыванию льна масличного [10].

Метеорологические условия места проведения исследований проанализированы по данным метеостанции города Орша Витебской области [11]. Исследования массовой доли белка и его аминокислотного состава проведены в Республиканском контрольно-испытательном комплексе по качеству и безопасности продуктов питания РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» согласно ГОСТ 10857-64, ГОСТ 10846-91, СТБ ИСО 15304-2007 [12]. Обработка экспериментальных данных осуществлена с использованием программ Excel-2016, Statistica 2010.

**Результаты исследований и обсуждение**

В годы проведения исследований метеорологические условия вегетационного периода различались как по температурному режиму, так и по количеству осадков. Известно, что оптимальные условия для возделывания льна складываются при выпадении не менее 100 мм осадков за период всходы – цветение, а также влагоемкости почвы от полной полевой влагоемкости в фазе елочки – 60 %, цветения – 80 %, созревания – 40–60 % [13].

Так, период всходы – цветение 2021 г. можно охарактеризовать как слабо засушливый (ГТК = 1,03), 2023 г. – как очень засушливый (ГТК = 0,44), 2022 г. – как оптимально увлажненный (ГТК = 1,40).

Период цветения – созревание в 2021 г. определен как сухой (ГТК = 0,37), 2022 г. – как слабо засушливый (ГТК = 1,01), 2023 г. – избыточно увлажненный (ГТК = 2,78).

В целом, условия вегетационного периода 2021 г. характеризуются как засушливые (ГТК = 0,74), 2022 г. – как слабо засушливые (ГТК = 1,17), 2023 г. – как избыточно увлажненные (ГТК = 1,70).

Экспертами ФАО ВОЗ и других международных организаций доказано, что дефицит пищевого белка (менее 35–40 г/сутки) приводит к таким заболеваниям, как дистрофия, нарушение функций кишечника, распад белковых тканей и др. [14]. В этой связи использование семян льна в качестве источника белка является важным направлением их применения.

Проведен анализ содержания данного компонента в семенах изучаемых сортов (рисунок 1). Среднее содержание белка в семенах льна масличного за три года исследований составило 21,2–23,1 %. По наиболее высоким и стабильным по годам изучения значениям выделены сорта Бонус (22,6 %) и Илим (23,1 %).

Для установления доли вклада сорта, метеорологических условий, а также года исследований при накоплении белка в семенах льна масличного проведен двухфакторный дисперсионный анализ (рисунок 2).

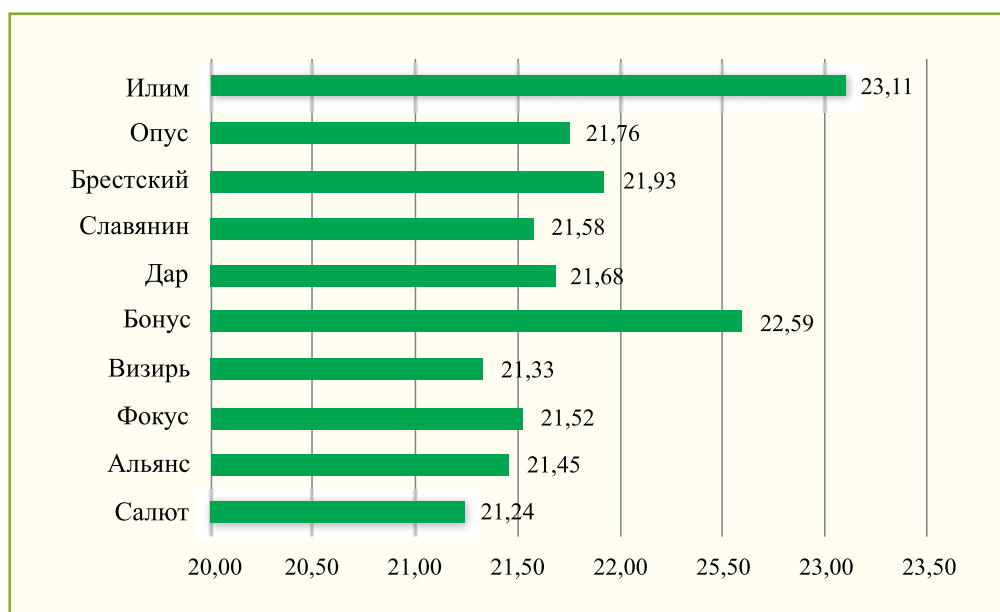


Рисунок 1 – Содержание белка в семенах льна масличного (среднее за 2021–2023 гг.), %

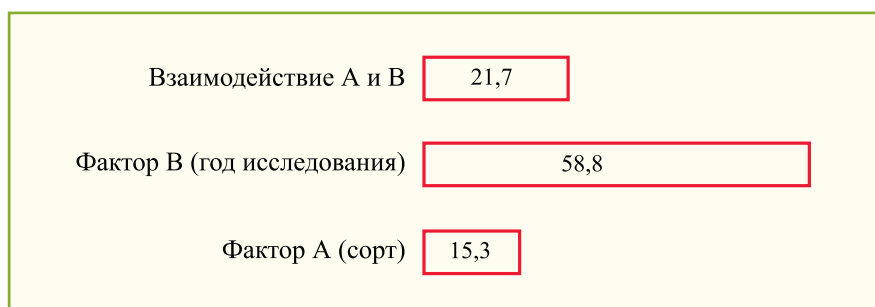


Рисунок 2 – Доля влияния факторов на содержание белка в семенах льна масличного, % (среднее за 2021–2023 гг.)

Полученные результаты свидетельствуют о значительном влиянии метеорологических условий года возделывания на содержание белка у изучаемых сортов (58,8 %), при этом доля сорта составляет 15,3 %, а взаимодействие изучаемых факторов – 21,7 %.

Рассчитан сбор белка с гектара посева в среднем за три года исследований (таблица 1). Значения данного показателя составили от 19,4 до 26,0 ц/га. Максимальный сбор белка отмечен у сортов Салют (25,8 ц/га) и Дар (26,0 ц/га).

**Таблица 1 – Продуктивность и сбор белка у сортов льна масличного (среднее за 2021–2023 гг.)**

Сорт	Продуктивность, ц/га	Сбор белка, ц/га
Салют	13,78	<b>25,8</b>
Опус	12,71	24,3
Илим	11,86	24,1
Фокус	12,47	23,6
Брестский	11,47	22,1
Дар	10,18	19,4
Визирь	11,71	22,0
Альянс	13,09	24,7
Славянин	12,70	24,1
Бонус	13,08	<b>26,0</b>

Проведен корреляционный анализ между продуктивностью, содержанием и сбором белка, общей продолжительностью вегетационного периода и его составных частей (таблица 2).

Содержание и сбор белка в семенах в значительной мере определяются общей продолжительностью вегетационного периода ( $r = 0,578$  и  $r = 0,553$ ). Установлено также, что продолжительность периода цветения – созревание оказывает влияние на сбор белка с гектара посева ( $r = 0,865$ ).

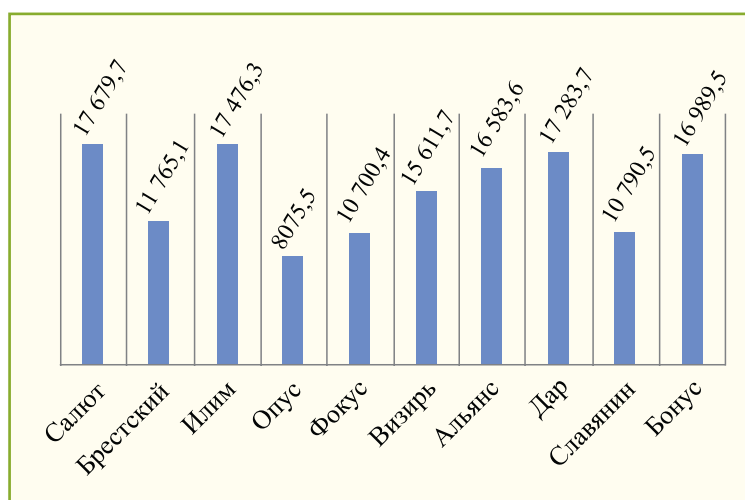
По данным исследователей, белок семян льна представлен в основном глобулинами (95 %), глютелинами (3 %), альбуминами (1 %) и проламинами (1 %) [15]. Кроме общего содержания белка в семенах важно знать его аминокислотный состав, который определяется морфогенетическими, технологическими и экологическими факторами. Попадая с пищей в желудок, белки под воздействием пищеварительных соков разрушаются, а организмом используются аминокислоты, которые их составляют. Следует отметить, что льняной белок (линумин) содержит значительное количество незаменимых аминокислот и лучше сбалансирован по аминокислотному составу по сравнению с белками других масличных культур.

**Таблица 2 – Коэффициенты корреляции между содержанием белка, его сбором и продолжительностью вегетационного периода**

Показатель	Продуктивность, ц/га	Массовая доля белка, %	Продолжительность периода всходы–цветение, дней	Продолжительность периода цветения–созревание, дней	Общая продолжительность вегетационного периода, дней	Сбор белка, ц/га
Продуктивность, ц/га	1,000	–	–	–	–	–
Массовая доля белка, %	–0,015	1,000	–	–	–	–
Продолжительность периода всходы–цветение, дней	<b>0,948</b>	0,127	1,000	–	–	–
Продолжительность периода цветения–созревание, дней	–0,173	–0,257	–0,226	1,000000	–	–
Общая продолжительность вегетационного периода, дней	0,124	<b>0,578</b>	0,057	0,082	1,000	–
Сбор белка, ц/га	–0,158	0,032	–0,234	<b>0,865</b>	<b>0,553</b>	1,000

Общее содержание аминокислот у сортов льна масличного белорусской селекции значительно варьирует и составляет 8045,5–17679,7 мг/100 г (рисунок 3). Максимальное их количество установлено у сортов Салют (17679,7 мг/100 г), Илим (17476,3 мг/100 г), Дар (17283,7 мг/100 г) и Бонус (16989,5 мг/100 г).

Для использования семян в качестве белкового компонента важное значение имеет полноценность белка, не только его количественный, но и качественный состав (содержание незаменимых аминокислот). К незаменимым аминокислотам относят аргинин, гистидин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, фенилаланин, триптофан, треонин и валин, при этом важным является и их оптимальное соотношение, так как даже при недостатке лишь одной из кислот организм вынужден перерабатывать дополнительное количество пищи, чтобы извлечь кислоту,



**Рисунок 3 – Общее содержание аминокислот в белках семян сортов льна масличного, мг/100 г (среднее за 2021–2023 гг.)**

необходимую для строительства соответствующего белка.

Отмечены значительные сортовые различия по доле незаменимых аминокислот: их количество составило 40,3–47,2 % (рисунок 4). Максимальное содержание было у сортов Бонус (46,3 %) и Опус (47,2 %).

Проведен анализ общего содержания незаменимых аминокислот в семенах изучаемых сортов (рисунок 5). Установлено, что среди незаменимых аминокислот преобладают валин, среднее его содержание составило 1214,6 мг/100 г, или 19,43 % от общего содержания, лейцин (среднее содержание 973,7 мг/100 г, или 15,58 % от общего содержания) и аргинин (среднее содержание – 825,6 мг/100 г, или 13,21 % от общего содержания).

В составе белков изучаемых семян льна присутствует также такая незаменимая серосодержащая кислота, как метионин, в количестве от 0,63 (сорт Салют) до 2,25 % (сорт Опус) от общего количества.

Полученные результаты подтверждают идентичность аминокислотного профиля протеина льняного семени состава соевого, который признан наиболее питательным среди растительных культур.

### Заключение

Изучено содержание белка в семенах льна масличного различных сортов в зависимости от года исследований. По максимальному количеству данного компонента выделены сорта Бонус (22,6 %) и Илим (23,1 %). Сбор белка с гектара посева составил 19,4–26,0 ц/га. Установлено значимое влияние метеорологических условий года на содержание протеина у изучаемых сортов (58,8 %). При этом доля сорта составила 15,3 %, взаимодействие изучаемых факторов – 21,7 %. Сбор белка с гектара посева зависит от продолжительности периода цветения – созревание ( $r = 0,865$ ), а также общей продолжительности вегетационного периода ( $r = 0,553$ ).

Анализ общего содержания аминокислот в белках семян льна масличного позволил выделить лучшие сорта: Салют (17679,7 мг/100 г), Илим (17476,3 мг/100 г), Дар (17283,7 мг/100 г) и Бонус (16989,5 мг/100 г). По процентному содержанию незаменимых аминокислот максимальные значения признака установлены у сортов Бонус (46,3 %) и Опус (47,2 %). Полученные результаты показали, что семена льна содержат полный набор наиболее важных аминокислот. Выявлено, что среди незаменимых аминокислот в анализируемых семенах льна преобладают валин (среднее его содержание составило 1214,6 мг/100 г, или 19,43 % от общего количества), лейцин (среднее содержание 973,7 мг/100 г, или 15,58 % от общего количества) и аргинин (среднее содержание – 825,6 мг/100 г, или 13,21 % от общего количества). Результаты исследований подтвержда-

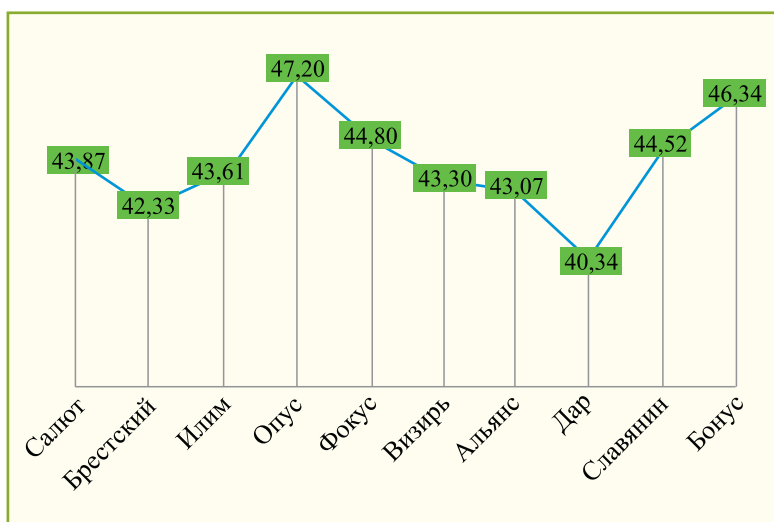


Рисунок 4 – Доля незаменимых аминокислот от их общего содержания, % (среднее за 2021–2023 гг.)

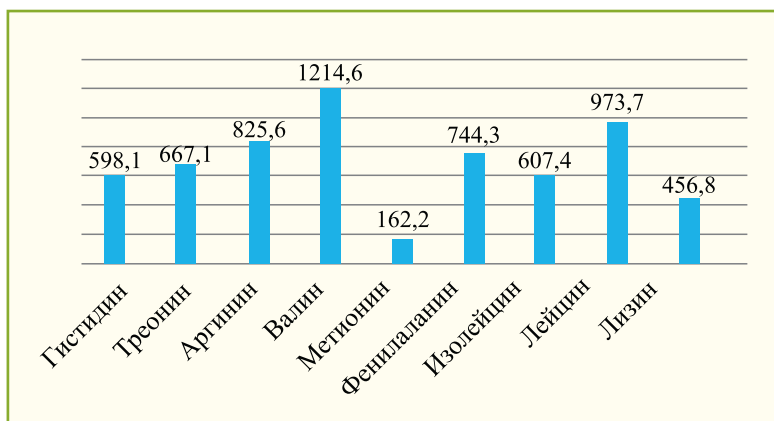


Рисунок 5 – Среднее содержание незаменимых аминокислот в семенах изучаемых сортов, мг/100 г (среднее за 2021–2023 гг.)

ют высокую биологическую ценность семян льна как источника белка благодаря их аминокислотному составу.

### Литература

1. Environmental and varietal impact on linseed composition and on oil unidirectional expression process / R. Savoie [et al.] // Oilseeds and fats, Crops and Lipids. – 2015. – № 22(6). – D605.
2. Кабунина, И. В. К обзору рынка семян льна масличного в России. Технические культуры / И. В. Кабунина // Научный сельскохозяйственный журнал. – 2022. – № 3(2). – С. 4–21. DOI: 10.54016/SVITOK.2022.94.88.002.
3. Степных, Н. В. Перспективы расширения производства масличных культур в Уральском регионе / Н. В. Степных, Е. В. Нестерова, А. М. Заргарян // Аграрный вестник Урала. – 2021. – № 05 (208). – С. 89–102. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-208-05-89-102.
4. Тишков, Н. М. Технологические особенности при возделывании льна масличного / Н. М. Тишков, А. С. Бушнев // Эффективное животноводство. – 2013. – № 3. – С. 27–31.
5. Особенности химического состава семян льна / Е. Е. Курдюков [и др.] // Вестник Пензенского государственного университета. – 2019. – № 4 (28). – С. 81–84.
6. Лисовая, Е. В. Пищевая и физиологическая ценность льняных масел высоколиноленового типа / Е. В. Лисовая, Е. П. Викторова, А. В. Бородкина // Технологии пищевой и пе-

- рерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2015. – № 2. – С. 65–71.
7. Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food / A. Goyal [et al.] // J Food Sci Technol. – 2014. – № 51. – P. 1633–1635.
  8. Oomah, B. D. Flaxseed as a functional food source / B. D. Oomah // J Sci Food Agric. – 2001. – № 81. – P. 889–894.
  9. Методические указания по селекции льна-долгунца / под ред. доктора с.-х. наук В. Ф. Козловской. – М., 2004. – 43 с.
  10. Возделывание льна масличного. Типовые технологические процессы / В. А. Прудников [и др.] // Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных, кормовых и технических растений: сб. отраслевых регламентов / РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию»; под общ. ред. Ф. И. Привалова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2022. – С. 425–437.
  11. Агротемперологический бюллетень / ГУ «Республиканский гидрометеорологический центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды»; редактор О. М. Клинецвич, начальник Т. С. Гомонова, 2020–2021 гг. – (Обзорная информация / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь).
  12. ГОСТ 10846-91. Зерно и продукты его переработки. Методы определения белка. – М.: Стандартинформ, 2010. – 4 с.
  13. Чудинова, Ю. В. Эколого-генетические аспекты возделывания льна в условиях Западно-Сибирского региона: монография / Ю. В. Чудинова. – Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2014. – 161 с.
  14. Федорова, Т. Ц. Семена масличного льна – источник белка при производстве рыбных полуфабрикатов / Т. Ц. Федорова, Ю. Ю. Забалуева, И. В. Хамаганова // Ползуновский вестник. – 2017. – № 2. – С. 28–32.
  15. Косых, Л. А. Лен масличный – культура пищевого использования (обзор) / Л. А. Косых // Аграрная наука. – 2021. – № 353 (10). – С. 56–59.

УДК 631.472.56:633.521

## Влияние органического вещества дерново-подзолистой почвы на рост и развитие растений льна-долгунца

**В. А. Прудников**, доктор с.-х. наук,  
**Н. В. Степанова**, кандидат с.-х. наук, **С. Р. Чуйко**,  
**Д. Ю. Фесько**, **Н. В. Коробова**, **Е. В. Пашкевич**, научные сотрудники,  
 РУП «Институт льна»

(Дата поступления статьи в редакцию 16.02.2024)

**Аннотация.** В статье изложены результаты исследований 2021–2023 гг. по влиянию содержания органического вещества дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы (1,5–2,0–2,5 %) на онтогенез растений льна-долгунца. Установлено положительное влияние органического вещества почвы на основные анатомические показатели стебля, определяющие продуктивность растения (площадь выполненной части стебля и центральной полости, мощность фотосинтезирующей хлоренхимы, соотношение луба и древесины), химический состав растений в основные фазы их развития, что обеспечило к уборке увеличение длины стебля ( $r = 0,84–0,90$ ), числа коробочек и семян на растении ( $r = 0,94–0,99$ ).

### Введение

Органическое вещество почвы представляет собой совокупность органических веществ, находящихся в виде гумуса, остатков животных, растений, микроорганизмов и является одним из важных показателей ее плодородия. В процессе биологического разложения оно служит источником основных элементов минерального питания растений, преимущественно азота.

Органическое вещество почвы аккумулирует в себе запасы углерода, азота, калия, фосфора и микроэлементов; способствует созданию оптимальных режимов и структуры почвы; препятствует эрозионным процессам; оптимизирует корневое питание растений; нивелирует отрицательные последствия неблагоприятных природно-климатических условий; обеспечивает полную реализацию генетического потенциала сортов сельскохозяйственных культур. Оно является един-

*The article deals with the results of the research for 2021–2023 on the influence of the organic matter content in sod-podzolic medium loamy soil (1.5–2.0–2.5 %) on ontogenesis of fiber flax. It's established that organic matter in soil affects positively the main anatomical indicators of the stem, determining the plant productivity (the area of the completed part of the stem and the central cavity, the power of chlorenchyma, the ratio of bast phloem to wood), the chemical composition of plants at the main stages of their development, which provides the increase of the stem length ( $r = 0.84–0.90$ ), the number of bolls and seeds per plant ( $r = 0.94–0.99$ ).*

ственным источником энергии для жизнедеятельности почвенной микрофлоры и биоты, участвует в саморегуляции разложения. Почти 80–90 % от всей органической части почвы составляет гумус, в котором сосредоточены почти все запасы азота (до 5 %) [1, 2]. Почвы с высоким содержанием гумуса биологически активнее: в них больше численность микроорганизмов, разнообразнее их видовой состав, интенсивнее образуется углекислый газ  $CO_2$ , повышена ферментативная активность [3, 4].

Анализ выделяемых для посева льна почв свидетельствует, что в пределах одной организации они имеют широкий диапазон по содержанию органического вещества с варьированием по отдельным полям от 1,1 до 3,5 % [5].

Целью исследований являлось установление особенностей развития растений при возделывании льна-долгунца на дерново-подзолистой почве с разным содержанием органического вещества.