

УДК 633.521:664.72
DOI: 10.5281/zenodo.7898468
EDN CBTAJG

Маслинская М. Е.

НАКОПЛЕНИЕ МАСЛА В СЕМЕНАХ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ГОДА

Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт льна»

Реферат. Значительное влияние на урожайность семян и ее компоненты, процентное содержание масла и его состав оказывают климатические условия во время развития растений. Целью исследований является изучение накопления масла и изменение его жирнокислотного состава в зависимости от метеорологических условий года для выделения генотипов со стабильно высоким уровнем формирования данных признаков. Исходный материал: сорта льна масличного белорусской селекции Фокус, Визирь, Альянс, Дар, Славянин, Бонус и Салют, который является контролем при испытании сортов в ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений». Полевые опыты заложены в селекционном севообороте лаборатории селекции льна масличного РУП «Института льна» в 2020–2021 гг. на опытных делянках площадью 1 м² в трехкратной повторности согласно методическим указаниям по изучению коллекции льна. Почва опытных участков дерново-подзолистая, среднесуглинистая, предшественники – яровые зерновые. Агрохимическая характеристика почв: рН (KCl) – 5,0–5,5, подвижных форм фосфора (P₂O₅) – 186–190 мг/кг почвы, калия (K₂O) – 210 мг/кг почвы; содержание органического вещества почвы – 1,6 %. В 2020 г. наблюдали более благоприятные условия для роста и развития растений, которые способствовали формированию семян с более высокой их масличностью, на уровне 29,2–44,8 %. Отмечено значительное влияние сорта на величину данного показателя (доля фактора – 74,5 %). Выделены сорта Салют и Фокус, которые характеризовались наиболее высоким содержанием масла в оба года исследований (39,2 и 41,0 % соответственно). При анализе жирнокислотного состава наиболее значительные изменения отмечены по содержанию олеиновой, линолевой, а также α-линоленовой кислот как по годам исследований, так и в зависимости от изучаемого сорта. Как наиболее стабильные выделены сорта Салют, Визирь и Бонус.

Ключевые слова: лен масличный (*Linum usitatissimum* L.), содержание масла, жирнокислотный состав.

Для цитирования: Маслинская М. Е. Накопление масла в семенах льна масличного в зависимости от метеорологических условий года // Таврический вестник аграрной науки. 2023. № 1(33). С. 70–79. DOI: 10.5281/zenodo.7898468. EDN: CBTAJG.

For citation: Maslinskaya M. E. Accumulation of oil in linseeds depending on the meteorological conditions of the year // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2023. No. 1(33). P. 70–79. DOI: 10.5281/zenodo.7898468. EDN: CBTAJG.

Введение

У льна масличного все признаки изменяются в определенных пределах в зависимости от природно-географических условий выращивания и метеорологических параметров. Известно, что сорта неодинаково проявляют себя в различных условиях выращивания, поэтому и реализация потенциальной продуктивности осуществляется по-разному. При изменении условий выращивания

у растений происходят значительные изменения в формировании количественных и морфологических признаков [1]. Климатические условия могут выступать критическим фактором и оказывать негативное влияние на накопление масла и белка в семенах, а также изменять жирнокислотный состав масла [2]. Установлено, что поздний посев и избыток азотных удобрений приводят к снижению содержания масла и α -линоленовой кислоты в семенах льна, количества коробочек на растении, количества семян в коробочке. Прохладная температура в период цветения способствует повышению урожайности семян и содержания α -линоленовой кислоты [3]. Перепад температур после цветения приводит к резкому изменению жирнокислотного состава масла [4]. Прохладные температуры и достаточное увлажнение в период от цветения до созревания благоприятно сказываются как на содержании, так и на качестве масла [5]. По мере формирования семян уровень пальмитиновой и линолевой кислот снижается, а уровень линоленовой кислоты увеличивается в процентном соотношении. В это же время по содержанию олеиновой кислоты не наблюдается подобной тенденции [6]. Содержание масла находится в линейной зависимости с полиненасыщенными жирными кислотами (линолевой и линоленовой), имеет отрицательную корреляцию с насыщенными жирными кислотами (пальмитиновой и стеариновой), и слабо коррелирует с мононенасыщенными жирными кислотами (олеиновой) [7]. Количество полиненасыщенных жирных кислот, особенно линоленовой, увеличивается, а количество пальмитиновой кислоты уменьшается во время созревания [8]. Резкие колебания температуры в период созревания вызывают относительно большее накопление ненасыщенных жирных кислот. При низких температурах, преобладающих во время созревания, наблюдается снижение концентрации пальмитиновой, стеариновой и олеиновой кислот, и повышение концентрации линолевой и линоленовой кислот [9]. Многие исследователи считают, что изменение содержания масла зависит от генотипических различий, а также отмечают широкий диапазон изменчивости не только в пределах генотипа, но и в отношении климатических условий выращивания [10–12]. Таким образом, температурный режим и влагообеспеченность во время развития растений являются основными факторами, влияющими на урожайность семян и ее компоненты, высоту растений, продолжительность вегетационного периода в целом, процентное содержание масла и его состав [13–15].

Цель исследований – изучить изменение содержания масла в семенах сортов льна масличного белорусской селекции и его жирнокислотного состава в зависимости от метеорологических условий для выделения генотипов со стабильно высоким уровнем формирования данных признаков.

Материал и методы исследований

Закладка полевых опытов осуществлена в селекционном севообороте лаборатории селекции льна масличного РУП «Института льна» (аг. Устье, Республика Беларусь) в 2020–2021 гг. При проведении исследований руководствовались методическими указаниями по изучению коллекции льна (*Linum usitatissimum* L.) [16]. Исходный материал: сорта льна масличного белорусской селекции: Фокус, Визирь, Альянс, Дар, Славянин, Бонус и сорт Салют, который является контролем при испытании сортов в ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений».

Почва опытных участков дерново-подзолистая, среднесуглинистая, развивающаяся на лессовидном суглинке, подстилаемая с глубины 1 м моренным суглинком. Предшественники – яровые зерновые. Агрохимическая характеристика почв в 2020 г.: рН (KCl) – 5,0, содержание подвижных форм фосфора (P_2O_5) –

190 мг/кг почвы, калия (K_2O) – 210 мг/кг почвы, содержание органического вещества почвы – 1,6 %; в 2021 г. – рН (KCl) – 5,5, содержание подвижных форм фосфора (P_2O_5) – 186 мг/кг почвы, калия (K_2O) – 210 мг/кг почвы, органического вещества почвы – 1,6 %. Опыты заложены из расчета 100 семян на погонный метр 11 мая на делянках 1 м² в трехкратном повторении. Посев и уход осуществляли согласно отраслевому регламенту по возделыванию льна масличного [17].

Метеорологические условия места проведения исследований проанализированы по данным метеостанции города Орши Витебской области [18, 19]. В период проведения посева растений в 2020 г. температурный фон находился на уровне 9,1 °С (на 5,4 °С ниже нормы) при незначительном количестве осадков (7,8 мм или 39 % от нормы), в 2021 г. данный период характеризовался повышенными температурами (на 1,8 °С выше нормы) и количеством осадков 31,9 мм (160 % от нормы). Сформировавшиеся погодные условия способствовали появлению всходов на 7–10 сутки после проведения посева в 2020 г., и на 5–7 сутки в 2021 г. Высокие температуры 1–3 декад июня как в 2020 г., так и в 2021 г. вызвали раннее зацветание растений. Массовое цветение отмечено в 2020 г. в период 17.06–27.06, в 2021 г. – в период 22.06–29.06. В июле 2020 г. зафиксированы температуры на уровне и ниже нормы, период вегетации образцов составил 83–91 суток. В июле 2021 г. установилась жаркая и засушливая погода с незначительным количеством осадков. Сложившиеся условия способствовали быстрому созреванию растений и формированию урожая, имеющего невысокие качественные характеристики. Общая продолжительность вегетационного периода у сортов льна масличного белорусской селекции составила 80–86 суток.

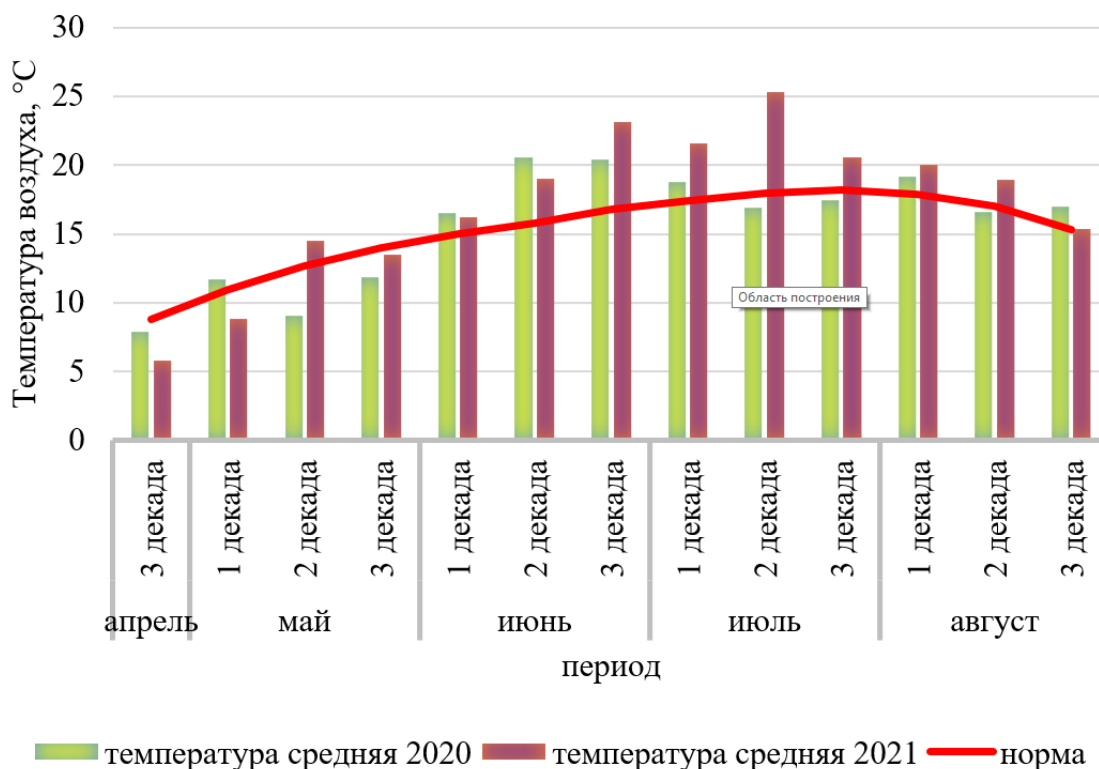
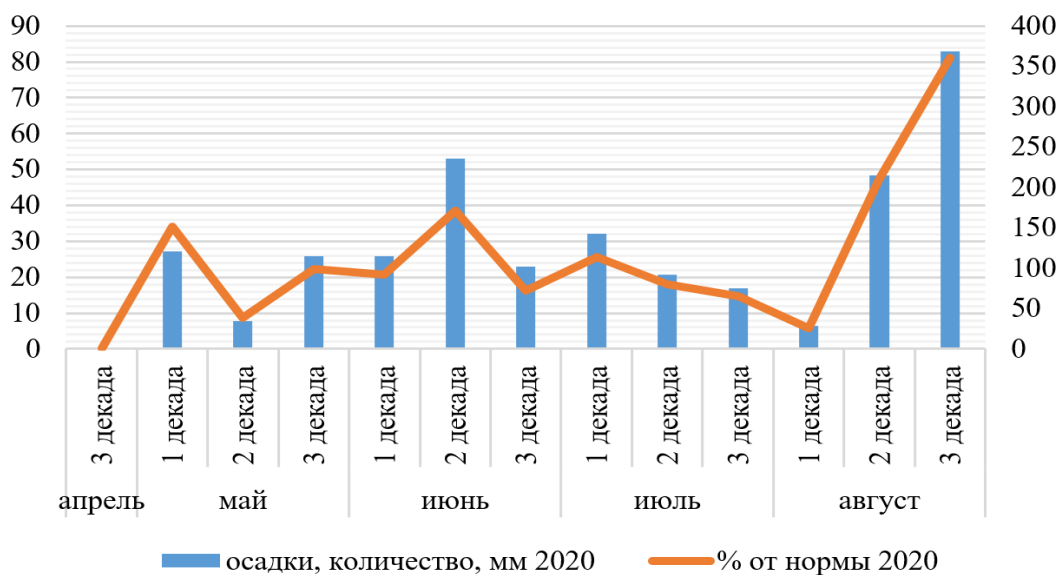
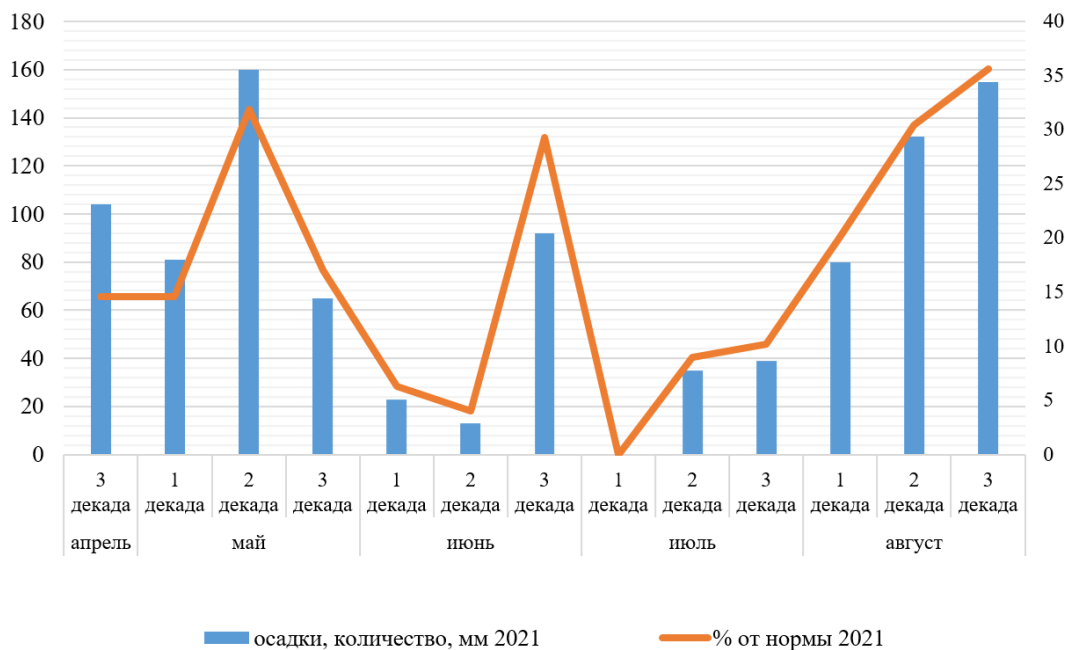


Рисунок 1 – Температурный режим в период вегетации

Содержание масла определено согласно ГОСТ 10857-64 «Семена масличные. Методы определения масличности». Массовая доля жирных кислот в масле, выделенном из семян – на основании СТБ ИСО 15304-2007 [20].



А



Б

Рисунок 2 – Количество осадков в период вегетации льна масличного: А – 2020 г., Б – 2021 г.

Математическую обработку результатов двухфакторного опыта (сорт, год) проводили по методике Б. А. Доспехова с помощью программ Excel и Statistica 10 [21].

Результаты и их обсуждение

Содержание масла в семенах сортов льна масличного урожая 2020 г. составило 29,2–44,8 %, урожая 2021 г. – 28,1–38,3 % (таблица 1). Максимальные значения изучаемого показателя, превышающие контроль, сформированы у сорта Фокус урожая 2020 г., который можно выделить также на основании более высоких средних двух лет изучения. Содержание масла в семенах других изучаемых сортов имело более низкие значения.

Формирование семян с более высокой их масличностью в 2020 г. обусловлено благоприятными условиями для роста и развития растений. Так, сумма активных температур за период вегетации 2020 г. составила 1705 °С при общем количестве выпавших осадков 238,8 мм, условия 2021 г. характеризовались более высоким температурным фоном (1826 °С) и количеством осадков 142,4 мм, что практически вдвое ниже аналогичного периода предыдущего года. При этом у сортов с более высоким процентным содержанием масла в 2020 г. отмечены более высокие значения в 2021 г. Таким образом, накопление масла в семенах обусловлено их сортовыми особенностями.

Таблица 1 – Масличность сортов в годы исследований

Сорт	Содержание масла, %		
	2020 г.	2021 г.	среднее
Салют (контроль)	40,1	38,3	39,2
Альянс	36,2	32,6	34,4
Фокус	44,8	37,2	41,0
Визирь	38,2	32,5	35,4
Бонус	34,6	31,4	33,0
Дар	29,2	31,4	30,3
Славянин	32,1	28,1	30,1
НСР ₀₅	2,0	1,3	

Для установления доли вклада генотипа (сорта), внешних условий (год) и взаимодействия между ними по показателю «содержание масла в семенах» использовали двухфакторный дисперсионный анализ (таблица 2). Полученные результаты свидетельствуют о значительном влиянии на формирование изучаемого показателя сорта (доля фактора – 74,5 %), влияние условий выращивания составило – 14,3 %, взаимодействия между данными факторами – 10,3 %.

Таблица 2 – Вклад факторов в формирование масличности семян по данным двухфакторного дисперсионного анализа

Источник варьирования	Сумма квадратов	Степени свободы	Дисперсия	Fфакт.	F ₀₅	Доля фактора
Фактор А (сорт)	624,60	9	69,40	361,92	2,27	74,5
Фактор В (год)	119,69	1	119,7	624,16	12,71	14,3
Взаимодействие А×В	86,56	9	9,62	50,16	2,27	10,3
Остаток	7,29	38	0,19			

Далее проведен сравнительный анализ жирнокислотного состава масла изучаемых сортов льна масличного урожая 2020 и 2021 гг. Так, средний процент содержания пальмитиновой кислоты в 2020 г. составил 4,8 %, в 2021 – 5,0 %, и лишь у сортов Салют и Визирь отмечено снижение данного показателя на 1,0 и 0,4 процентных пункта соответственно (таблица 3).

Содержание стеариновой кислоты в 2020 г. варьировало в пределах 2,6–3,7 % при среднем содержании 3,0 %, в 2021 г. – 2,5–4,5 % при среднем содержании 3,9 %. По максимальным значениям обеих кислот в течении двух лет исследований выделен сорт Дар, значительно превышающий контрольный сорт Салют (среднее содержание пальмитиновой кислоты – 5,8 %, стеариновой – 4,1 %).

Наиболее значительные изменения отмечены в содержании олеиновой, линолевой, а также α-линоленовой кислот. Сорта урожая 2021 г. характеризовались более высокими значениями содержания олеиновой кислоты (интервал варьирования составил 16,4–21,4 %, среднее содержание – 18,2 % при значениях данного показателя в условиях 2020 г. – 11,1–13,9 и среднем содержании 12,4 %), а

также линолевой кислоты (интервал варьирования составил 14,0–28,9 %, среднее содержание – 17,6 %, при значениях данного показателя в условиях 2020 г. – 12,9–25,9 и среднем содержании 15,6 %). По максимальному содержанию олеиновой кислоты в масле семян в оба года исследований можно выделить сорта Альянс (среднее значение – 16,6 %) и Славянин (среднее значение – 16,8 %). Наибольший процент содержания линолевой кислоты отмечен у сорта Дар (среднее – 27,4 %), что обусловлено измененным жирнокислотным составом данного сорта. Следует отметить значительное снижение содержания полиненасыщенной α -линоленовой кислоты, среднее значение данного показателя в 2020 г. составило 63,7 %, в 2021 г. – 54,9 % при варьировании значений 51,4–66,7 % и 41,1–61,1 % соответственно. Выделены сорта Фокус, Визирь, Бонус, содержание данной кислоты у которых находилось на уровне контрольного сорта Салют.

Таблица 3 – Изменение жирнокислотного состава масла сортов в зависимости от года исследований

Жирная кислота	Год урожая	Сорт							НСР ₀₅
		Салют	Альянс	Фокус	Визирь	Бонус	Дар	Славянин	
Пальмитиновая	2020	4,7	4,6	4,4	5,1	4,5	5,5	4,8	0,14
	2021	3,7	5,2	4,9	4,7	4,8	6,0	5,2	0,26
	среднее	4,2	4,9	4,7	4,9	4,7	5,8	5,0	
Стеариновая	2020	2,6	2,8	3,3	2,8	3,1	3,7	3,0	0,14
	2021	2,5	3,5	4,4	3,4	4,2	4,5	4,0	0,27
	среднее	2,6	3,2	3,9	3,1	3,7	4,1	3,5	
Олеиновая	2020	13,2	13,9	11,8	11,1	11,8	12,9	12,2	0,36
	2021	17,1	19,3	17,3	18,2	18,4	19	21,4	0,55
	среднее	15,2	16,6	14,6	14,7	15,1	16,0	16,8	
Линолевая	2020	14,3	14,6	14	14,2	13,5	25,9	12,9	1,73
	2021	15,2	18	17	16,9	15,2	28,9	18,2	1,79
	среднее	14,8	16,3	15,5	15,6	14,4	27,4	15,6	
γ -линоленовая	2020	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,00
	2021	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,01
	среднее	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
α -линоленовая	2020	64,8	63,7	66,1	66,4	66,7	51,4	66,6	2,09
	2021	61,1	53,5	55,9	56,4	56,8	41,1	50,7	2,41
	среднее	63,0	58,6	61,0	61,4	61,8	46,3	58,7	
Арахидиновая	2020	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,01
	2021	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,01
	среднее	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	
Гондоиновая	2020	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,00
	2021	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
	среднее	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Бегеновая	2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,02
	2021	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,00
	среднее	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	

В ходе исследования установлено значительное варьирование процентного содержания жирных кислот в зависимости от сорта. Анализ содержания пальмитиновой кислоты в 2020–2021 гг. позволил установить интервал варьирования данного показателя в пределах 0,3–1,0 %. Наименьший размах отмечен у сорта Бонус. Разность между максимальным и минимальным значениями процентного содержания стеариновой кислоты составила от 0,1 % у сорта Салют до 1,1 % у сорта Бонус, олеиновой – от 3,9 % у сорта Салют до 9,2 % у сорта Славянин. Размах варьирования содержания линолевой кислоты составил 0,9 (сорт Салют) – 5,3 % (сорт Бонус), α -линоленовой – 3,7 (сорт Салют) – 15,9 % (сорт Бонус).

Для установления влияния метеорологических условий и сортовых особенностей на содержание основных жирных кислот: α -линоленовой, линолевой и олеиновой проведен двухфакторный дисперсионный анализ (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние факторов на накопление основных жирных кислот в масле семян льна масличного по данным двухфакторного дисперсионного анализа

Источник варьирования	Сумма квадратов	Степени свободы	Дисперсия	Fфакт.	F ₀₅	Доля фактора
α-линоленовая кислота						
Фактор А (сорт)	1172,18	9	130,24	421,14	2,27	49,8
Фактор В (год)	1057,01	1	1057,0	3417,87	12,71	44,9
Взаимодействие А×В	112,63	9	12,51	40,46	2,27	4,8
Остаток	11,75	38	0,31			
линолевая кислота						
Фактор А (сорт)	762,69	9	84,74	459,78	2,27	87,4
Фактор В (год)	85,71	1	85,7	465,05	12,71	9,8
Взаимодействие А×В	17,23	9	1,91	10,39	2,27	2,0
Остаток	7,00	38	0,18			
Олеиновая кислота						
Фактор А (сорт)	29,99	9	3,33	14,02	2,27	6,3
Фактор В (год)	412,97	1	413,0	1737,51	12,71	86,8
Взаимодействие А×В	23,83	9	2,65	11,14	2,27	5,0
Остаток	9,03	38	0,24			

Установлено значительное влияние как сорта (доля фактора – 49,8 %), так и года исследований (доля фактора – 44,9 %) на накопление α -линоленовой кислоты, при этом взаимодействие данных факторов было незначительным (доля фактора – 4,8 %).

Накопление линоленовой кислоты обусловлено в значительной мере сортовыми особенностями, доля влияния фактора составила 87,4 % при незначительном влиянии года и взаимодействия изучаемых факторов, доля влияния – 9,8 и 2,0 % соответственно.

В результате проведенного двухфакторного дисперсионного анализа установлено значительное влияние условий года на накопление олеиновой кислоты (доля фактора – 86,8 %).

Выводы

Проведен сравнительный анализ содержания масла и его жирнокислотного состава в семенах урожая 2020 и 2021 гг. Установлено, что в условиях 2021 г. сформировались семена с более низким содержанием масла 28,1–38,3 % при значениях данного показателя в условиях 2020 г. 29,2–44,8 %, чему способствовали более высокий температурный фон и дефицит осадков. Максимальное проявление признака было у сорта Фокус в 2020 г. (который можно выделить также на основании двухлетних данных).

В результате проведения двухфакторного дисперсионного анализа установлено, что накопление масла в семенах обусловлено в значительной мере их сортовыми особенностями (доля фактора 74,5 %).

Отмечено увеличение содержания пальмитиновой (в среднем на 0,2 %), стеариновой (в среднем на 0,8 %), олеиновой (в среднем на 5,8 %) и линолевой (в среднем на 2 %) кислот при анализе жирнокислотного состава масла изучаемых сортов льна масличного урожая 2021 г., а также снижение содержания α -линоленовой кислоты (в среднем на 8,8 %) по сравнению с 2020 г.

По максимальным значениям пальмитиновой (5,8 %) и стеариновой (4,1 %) кислот в оба года исследований, значительно превышающим контрольный сорт Салют,

выделен сорт Дар. Наиболее высокое содержание олеиновой кислоты в масле семян сформировали сорта Альянс (16,6 %) и Славянин (16,8 %). Наибольший процент содержания линолевой кислоты отмечен у сорта Дар (среднее – 27,4 %), что обусловлено его измененным жирнокислотным составом. Выделены сорта Фокус, Визирь, Бонус, содержание α -линоленовой кислоты у которых находилось на уровне контрольного сорта Салют.

Установлены значительные изменения процентного содержания жирных кислот по сортам: пальмитиновой – 0,3–1,0 %, стеариновой 0,1–1,1 %, олеиновой – 3,9–9,2 %, линолевой – 0,9–5,3 %, α -линоленовой – 3,7–15,9 %. Как наиболее стабильный отмечен контрольный сорт Салют, также следует выделить сорта Визирь и Бонус.

Содержание α -линоленовой кислоты обусловлено как генетическими особенностями сорта (доля фактора – 49,8 %), так и условиями года исследований (44,9 %), линолевой – в значительной мере сортовыми особенностями (доля фактора – 87,4 %), олеиновой – в значительной мере условиями года исследований (доля фактора – 86,8 %).

Выделены генотипы со стабильно высоким уровнем формирования признаков: содержанием масла (Салют и Фокус) и накоплением основных жирных кислот (Салют, Визирь, Бонус) по годам исследований.

Литература

1. Дрозд І. Ф. Вплив метеорологічних умов Передкарпаття на морфологічні та біохімічні показники льону олійного // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2020. № 29. С. 112–122. DOI: 10.36710/ioc-2020-29-11.
2. Шевчук Н. И. Урожайность сортов льна масличного в условиях Присалаирской зоны Алтайского края // Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Молодежная наука – развитию агропромышленного комплекса». Ч. 1. Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. С. 311–316.
3. Rahimi M. M., Nourmohammadi G., Ayneband A., Afshar E., Moafpourian G. Study on planting date and nitrogen levels on yield, yield components and fatty acid of linseed (*Linum usitatissimum* L.) // World Appl. Sci. J. 2011. No. 12(1). P. 59–67.
4. Mustafa H., Hasan E., Hasan M., Sarwar S., Qayyum A., Mahmood T. Influence of climatic conditions on chemical configuration of seeds in safflower, soybean, linseed // Nature and Science. 2016. No. 14(9). P. 125–140.
5. Rubilar M., Gutiérrez C., Verdugo M., Shene C., Sineiro J. Flaxseed as a source of functional ingredients // J. Soil Sci. Pl. Nutr. 2010. No. 10 (3). P. 373–377. DOI: 10.4067/S0718-95162010000100010.
6. Comstock V. E. Early generation selection for high oil content and high oil quality in flax // Technical Bulletin 234. University of Minnesota, Agri. Experiment Station. 1960. 26 p.
7. Склярлов С. В. Результаты изучения признаков коллекции льна с изменённым жирнокислотным составом масла // Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2012. № 2 (151–152). С. 68–74.
8. Bhattia I., Sukhija P. Changes in fatty acids of linseed oil (*Linum usitatissimum* L.) during ripening // Indian J. of Biochem. 1970. No. 7. P. 215–216.
9. Green A. Effect of temperature during seed maturation on oil composition of low-linolenic genotypes of flax // Crop Sci. 1986. No. 26. P. 961–965.
10. Kumar S., You F. M., Duguid S., Booker H., Rowland G., Cloutier S. QTL for fatty acid composition and yield in linseed (*Linum usitatissimum* L.) // Theoretical and applied genetics. 2015. No. 128(5). P. 965–984. DOI: 10.1007/s00122-015-2483-3.
11. Галицкий Д. Н., Шаманин В. П. Влияние условий окружающей среды на накопление масла семенах льна масличного и его качество // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2015. № 2. С. 18–24.
12. Gordeyeva Y., Shestakova N. The influence of agroclimatic factors on the formation of oil content in flax seeds in the North of Kazakhstan // Journal of Ecological Engineering. 2018. No. 19. P. 102–105. DOI:10.12911/22998993/85740.
13. Casa R., Russell G., Lo-Cascio B., Rossini F. Environmental effects on linseed (*Linum usitatissimum* L.) yield and growth of flax at different stand densities // European J. of Agron. 1999. No. 11. P. 267–278. DOI: 10.1016/S1161-0301(99)00037-4.

14. Cross R., McKay S., McHughen A., Bonham-Smith P. Heat-stress effects on reproduction and seed set in *Linum usitatissimum* L. (flax) // Plant Cell and Environment. 2003. No. 26. P. 1013–1020. DOI: 10.1046/j.1365-3040.2003.01006.x.
15. Adugna W., Labuschagne M. Association of linseed characters and its variability in different environments // J. of Agr. Sci. 2003. No. 140. P. 285–296. DOI: 10.1017/S0021859603003125.
16. Методические указания по изучению коллекции льна (*Linum usitatissimum* L.) // Под ред. Н.К. Лемешева. Л.: ВИР, 1988. 29 с.
17. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур: сб. отраслевых регламентов // Под ред. Гусакова В. Г., Привалова Ф. И. Минск: Беларус. навука, 2012. 469 с.
18. Агротематологический бюллетень // Под ред. Клинецвич О. М. Минск: Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 2020. 6 с.
19. Агротематологический бюллетень // Под ред. Клинецвич О. М. Минск: Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 2021. 6 с.
20. СТБ ИСО 15304-2007. Жиры и масла животные и растительные. Определение содержания трансизомеров жирных кислот в растительных жирах и маслах методом газовой хроматографии. Минск: Госстандарт. 2007. 24 с.
21. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Альянс, 2014. 351 с.

References

1. Drozd I. F. Influence of meteorological conditions in Precarpathian on morphological and parameters of oil flax // Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS. 2020. No. 29. P. 112–122. DOI: 10.36710/ioc-2020-29-11.
2. Shevchuk N. I. Productivity of oilseed flax varieties in the conditions of the Prisolair zone of the Altai territory // Materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference “Youth science – the development of the agroindustrial complex”. Part 1. Kursk: Kursk State Agricultural Academy. 2020. P. 311–316.
3. Rahimi M. M., Nourmohammadi G., Ayneband A., Afshar E., Moafpourian G. Study on planting date and nitrogen levels on yield, yield components and fatty acid of linseed (*Linum usitatissimum* L.) // World Appl. Sci. J. 2011. No. 12(1). P. 59–67.
4. Mustafa H., Hasan E., Hasan M., Sarwar S., Qayyum A., Mahmood T. Influence of climatic conditions on chemical configuration of seeds in safflower, soybean, linseed // Nature and Science. 2016. No. 14(9). P. 125–140.
5. Rubilar M., Gutiérrez C., Verdugo M., Shene C., Sineiro J. Flaxseed as a source of functional ingredients // J. Soil Sci. Pl. Nutr. 2010. No. 10 (3). P. 373–377. DOI: 10.4067/S0718-95162010000100010.
6. Comstock V. E. Early generation selection for high oil content and high oil quality in flax // Technical Bulletin 234. University of Minnesota, Agri. Experiment Station. 1960. 26 p.
7. Sklyarov S. V. The results of studying the trait collection of flax with the modified fatty acid composition of oil // Oil Crops. Scientific and technical bulletin of V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops. 2012. No. 2 (151–152). P. 68–74.
8. Bhattia I., Sukhija P. Changes in fatty acids of linseed oil (*Linum usitatissimum* L.) during ripening // Indian J. of Biochem. 1970. No. 7. P. 215–216.
9. Green A. Effect of temperature during seed maturation on oil composition of low-linolenic genotypes of flax // Crop Sci. 1986. No. 26. P. 961–965.
10. Kumar S., You F. M., Duguid S., Booker H., Rowland G., Cloutier S. QTL for fatty acid composition and yield in linseed (*Linum usitatissimum* L.) // Theoretical and applied genetics. 2015. No. 128(5). P. 965–984. DOI: 10.1007/s00122-015-2483-3.
11. Galitskiy D. N., Shamanin V.P. Influence of environment on accumulation of oil in flax seeds and its quality // Vestnik NGAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2015. No. 2. P. 18–24.
12. Gordeyeva Y., Shestakova N. The influence of agroclimatic factors on the formation of oil content in flax seeds in the North of Kazakhstan // Journal of Ecological Engineering. 2018. No. 19. P. 102–105. DOI:10.12911/22998993/85740.
13. Casa R., Russell G., Lo-Cascio B., Rossini F. Environmental effects on linseed (*Linum usitatissimum* L.) yield and growth of flax at different stand densities // European J. of Agron. 1999. No. 11. P. 267–278. DOI: 10.1016/S1161-0301(99)00037-4.
14. Cross R., McKay S., McHughen A., Bonham-Smith P. Heat-stress effects on reproduction and seed set in *Linum usitatissimum* L. (flax) // Plant Cell and Environment. 2003. No. 26. P. 1013–1020. DOI:10.1046/j.1365-3040.2003.01006.x.
15. Adugna W., Labuschagne M. Association of linseed characters and its variability in different environments // J. of Agr. Sci. 2003. No. 140. P. 285–296. DOI: 10.1017/S0021859603003125.

16. Guidelines for the study of the collection of flax (*Linum usitatissimum* L.) // Ed. by Lemesheva N. K. Leningrad: VIR, 1988. 29 p.
17. Organizational and technological standards for the cultivation of fodder and industrial crops: collection of industry regulations // Ed. by Gusakova V. G., Privalova F. I. Minsk: Belarus. navuka, 2012. 469 p.
18. Agrometeorological bulletin // Ed. by Klintsevich O. M. Minsk: Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Republic of Belarus, 2020. 6 p.
19. Agrometeorological bulletin // Ed. by Klintsevich O. M. Minsk: Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Republic of Belarus, 2021. 6 p.
20. STB ISO 15304-2007. Animal and vegetable fats and oils. Determination of the content of trans-fatty acids in vegetable fats and oils by gas chromatography. Minsk: Gosstandart. 2007. 24 p.
21. Dospekhov B. A. Methods of field research. Moscow: Alyans, 2014. 351p.

UDC 633.521:664.72

Maslinskaya M. E.

ACCUMULATION OF OIL IN LINSEEDS DEPENDING ON THE METEOROLOGICAL CONDITIONS OF THE YEAR

Summary. Climatic conditions during plant development have a significant impact on the yield of seeds and its components, the percentage of oil content and its composition. The purpose of the research was to study the accumulation of oil and changes in its fatty acid composition depending on the meteorological conditions of the year to identify genotypes with a consistently high level of these traits formation. Source material: varieties of linseed of the Belarusian selection 'Focus', 'Vizir', 'Alliance', 'Dar', 'Slavyanin', 'Bonus' and 'Salyut', which is the control when testing varieties in the State Inspectorate for Testing and Protection of Plant Varieties. Field experiments were laid in the selection crop rotation of the Oil Flax Breeding Laboratory of the RUE "Institute of Flax" in 2020–2021. Square of experimental plots is 1 m², in triple replication. All the studies were carried out according to the Guidelines for the study of the collection of flax (*Linum usitatissimum* L.). The soil of the experimental plots is sod-podzolic, medium loamy. Preceding crop – spring cereals. Agrochemical characteristics of soils: pH (KCl) – 5.0–5.5; mobile forms of phosphorus (P₂O₅) – 186–190 mg/kg of soil, potassium (K₂O) – 210 mg/kg of soil; the content of soil organic matter – 1.6 %. Weather conditions in 2020 were more favourable for the crop development and formation seeds with a higher oil content (29.2–44.8 %). A significant influence of the variety on the value of this indicator was noted (the share of the factor – 74.5 %). Out of the total number of the studied varieties, 'Salyut' and 'Focus' stood out. They clearly differentiated from the others by the higher oil content in both years of research (39.2 and 41.0 %, respectively). When analyzing changes in the fatty acid composition, the highest fluctuations were noted in the content of oleic, linoleic, and α -linolenic acids, both over the years of research and depending on the studied variety. As the most stable varieties, 'Salyut', 'Vizir' and 'Bonus' were selected.

Keywords: *Linum usitatissimum* L., oil content, fatty acid composition.

Маслинская Маргарита Евгеньевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ученый секретарь Республиканского научного дочернего унитарного предприятия «Институт льна»; 211003, Республика Беларусь, аг. Устье, ул. Центральная, 27; e-mail: mme-83@tut.by.

Maslinskaya Marharyta Evgenyevna, Cand. Sc. (Agr.), scientific secretary of the Republican Scientific Subsidiary Unitary Enterprise "Institute of flax"; 27, Tsentralnaya Str., agronomy town Ustye, 211003, Republic of Belarus; e-mail: mme-83@tut.by.

Дата поступления в редакцию – 20.12.2022.
Дата принятия к печати – 30.01.2023.