

**ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ,
МАСЛИЧНОСТЬ И ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МАСЛА РАПСА
ЯРОВОГО**

**THE EFFECT OF CLIMATE CONDITIONS ON PRODUCTIVITY,
OILCONTENT AND FATTY ACID COMPOSITION OF OIL SPRING
RAPESEED**



УДК 633.853.494:631.524

DOI:10.24411/2588-0209-2021-10313

Кузнецова Галина Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции, семеноводства и агротехники капустных культур, ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 350038, Россия, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17. ORSID: <http://orsid.org/0000-0002-1606-9083>, kuznetsovagalina1964@mailru

Полякова Раиса Сергеевна, научный сотрудник, заведующий лабораторией селекции, семеноводства и агротехники капустных культур, ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 350038, Россия, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17. ORSID: <http://orsid.org/0000-0002-1082-3057>, 20raisa1971@mail.ru

Galina N. Kuznetsova, candidate of agricultural sciences, deputy on director on scientific work, senior researcher laboratory of breeding, seed production and agricultural technology of cabbage crops, V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops (17 Filatova str., Krasnodar, 35008, Russia). ORSID: <http://orsid.org/0000-0002-1606-9083>, kuznetsovagalina1964@mailru

Raisa S. Polyakova, head of the laboratory of breeding, seed production and agricultural technology of cabbage crops, researcher, V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops (17 Filatova str., Krasnodar, 35008, Russia). ORSID: <http://orsid.org/0000-0002-1082-3057>, 20raisa1971@mail.ru

Аннотация

Рапс является важным источником растительного масла для пищевой и технической промышленности. Цель исследований – изучить влияние гидротермических условий на урожайность, масличность и жирнокислотный состав масла рапса ярового сорта Юбилейный, проанализировав корреляционную зависимость биохимического состава масла с продолжительностью вегетационного периода и основных фаз органогенеза. Разное соотношение жирных кислот в рапсе позволяет использовать его как на пищевые, так и на технические цели. Исследования проведены в лаборатории селекции капустных культур и биохимической лаборатории СОС–филиала ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК (Омская обл.). Масличность семян определяли на ЯМР-анализаторе (АМВ-1006), жирнокислотный состав – на хроматографе «Кристалл-2000». Сделан глубокий анализ взаимодействия межфазных периодов с условиями года. В результате исследований установили, что урожайность семян рапса сорта Юбилейный в годы исследований составила 1,20-2,61 т/га со значительным варьированием ($CV = 27,72\%$) и положительной взаимосвязью с суммой активных температур и температурой воздуха. Признак масличность семян у рапса ярового стабилен и зависит от генотипа с незначительным варьированием по годам 1,11%. Определена зависимость урожайности, масличности и основных жирных кислот (пальметиновой, олеиновой, линолевой и линоленовой) от гидротермических условий всех межфазных периодов рапса ярового. Установлена сильная положительная корреляционная зависимость содержания линоленовой кислоты с продолжительностью вегетационного периода, с количеством осадков и ГТК периода цветение-созревание ($r = 0,80; 0,86; 0,87$). Более высокое количество линоленовой кислоты – 11,34% отмечалось в переувлажненный 2019 год, а минимальное (6,99%) в засушливом – 2020 г. Основными в формировании олеиновой кислоты межфазными периодами послужили всходы-созревание, посев-созревание, всходы-бутонизация, бутонизация-цветение и цветение-созревание, имея тесную взаимосвязь с суммой активных температур и температурой воздуха.

Abstract

Rapeseed is an important source of vegetable oil for the food and technical industries. The aim of the research is to study the effect of hydrothermal conditions on the productivity, oil content and fatty acid composition of oil of spring rapeseed variety Yubileyny by analyzing the correlation dependance of the biochemical composition of the oil with the duration of the growth season and the main stages of organogenesis. The different ratio of fatty acids in rapeseed allows it to be used for both food and technical purposes. We carried the research in the laboratory of ole crops breeding and in the biochemical laboratory of the Siberian experimental

station of V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops (Omsk region). We determined the oil content of seeds on an NMR analyzer (AMV-1006), the fatty acid composition on a Kristall-2000 chromatograph. We thoroughly analyzed the interaction of interstage periods with the year conditions. As a result of the research, we found that the productivity of rapeseed variety Yubileyny during the years of research was 1.20-2.61 t/ha with significant variation ($CV = 27.72\%$) and a positive interrelation with the sum of active temperatures and air temperature. The characteristic of oil content of seeds in spring rapeseed is stable and depends on the genotype with insignificant variation of 1.11 % over the years. We determined the dependence of productivity, oil content and main fatty acids (palmitic, oleic, linoleic, and linoleic) on the hydrothermal conditions of all interstage periods of spring rapeseed. We found a strong positive between the content of linoleic acid and the duration of the growth season, the amount of precipitation and hydrothermal coefficient of the flowering-ripening period ($r = 0,80; 0,86; 0,87$). We noted a higher amount of linoleic acid, 11.34 %, in the perhumid 2019, and the minimum amount, 6.99 %, in dry 2020. The main interstage periods for the development of oleic acids were seedlings-ripening, sowing-ripening, seedlings-budding, budding-flowering, and flowering-ripening, having a close interrelation with the sum of active temperatures and air temperature.

Ключевые слова: рапс яровой, ГТК, корреляция, урожайность, масличность, жирнокислотный состав, сорт Юбилейный

Keywords: spring rapeseed, hydrothermal coefficient, correlation, productivity, oil content, fatty acid composition, Yubileyny variety

Введение

С ростом потребности населения в растительных маслах, а сельскохозяйственных животных в высокобелковых кормах в мировом земледелии наблюдается тенденция к увеличению посевных площадей масличных культур и наращивания объемов их производства [1]. Такая же тенденция прослеживается и в России, и в Омской области. Так, в 2020 году в стране увеличилась посевная площадь под масличными культурами до 12 млн га, из них под подсолнечником 8,1 млн га, под соей 3,17 млн га, под рапсом яровым 1,3 млн га, под лен масличный около 1 млн. га. В Омской области еще несколько лет назад (2010-2015 гг.) посевные площади под масличными культурами насчитывали не более 90-110 тыс. га, но в последние года наблюдается их значительный рост до 318 тыс. га.

Значение масличных культур в работе отраслей агропромышленного комплекса сложно переоценить. Они имеют большое значение в обеспечении продовольственной безопасности страны, их выращивание является важной частью сельскохозяйственного производства. Получаемые из них растительные масла составляют, с одной стороны, основу рационального питания населения, с другой стороны, – это необходимое сырье для хлебопекарной, кондитерской, консервной промышленности. Семена ряда масличных

культур и продукты их переработки (жмыхи, шроты) дают ценный белковый корм для животных [2, 3].

Потребность в пищевом и техническом масле в современных условиях постоянно растет. В России традиционно использовали подсолнечное масло, но удовлетворять спрос только за счет увеличения производства подсолнечника нерационально. Рапс, как и подсолнечник является одним из важнейших источников растительного масла для пищевой и технической промышленности [4]. Ценность семян рапса определяется, прежде всего, высоким содержанием жиров [5]. Растительное масло широко используется в качестве салатного масла, для приготовления маргарина, майонеза, комбижира, мороженого, шоколадной массы и других продуктов, а так же при производстве комбикормов с целью повышения энергетической питательности (обменная энергия) и незаменимых жирных кислот, особенно при кормлении сельскохозяйственной птицы [6].

Рапс яровой в России возделывают повсеместно, больше – в Среднем Поволжье, а также на Урале, в Западной Сибири, Центрально-Черноземном регионе, меньше – в Центральном, Волго-Вятском и Восточно-Сибирском регионах. По почвенно-климатическим показателям рапс яровой можно высевать и получать качественные семена в разных зонах Омской области. С появлением современных двух и трёх нулевых сортов, характеризующихся низким содержанием эруковой кислоты в масле, глюкозинолатов и клетчатки в семенах, рапс превратился в культуру больших потенциальных возможностей [7]. Для территории Сибири рапс является перспективной культурой. В связи с этим стоит задача в ближайшие годы в Сибирском регионе расширить посевы, повысить урожайность безэруковых, низкоглюкозинолатных сортов рапса.

В Сибирской опытной станции ВНИИМК был создан сорт рапса ярового Юбилейный, в 1998 году он внесен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Площадь посевов этого сорта в стране занимает около 20%, в Западно-Сибирском регионе около 45%. В Республике Казахстан сорт Юбилейный высевают на значительных площадях.

Масличность семян и жирнокислотный состав масла являются генетически закрепленными признаками, но условия выращивания могут оказать влияние на урожайность, накопление масла и его состав. Важным направлением селекции должно стать повышение кормового качества шрота за счет улучшения его переваримости и вкусовых качеств, а также получение сырья, пригодного для высокоуровневой переработки. Создание и внедрение инновационных сортов и гибридов рапса с повышенной добавленной стоимостью в настоящее время актуально, например, с модифицированным жирнокислотным составом, более окси- и термостабильными, которые дают меньше продуктов с отрицательными характеристиками с точки зрения пищевой ценности пищевых продуктов и технического использования (биосмазки, биотопливо). Масла с высоким содержанием эруковой кислоты используются для приготовления нетоксичных смазочных материалов. Рапс с желтой окраской семенной оболочки дает возможность получать шрот с низким содержанием клетчатки и других нежелательных веществ. Для повышения эффективности селекционной программы важно понимать требования и потребности всей производственной цепочки, и особенно перерабатывающей промышленности в ближайшие 10-25 лет [8]. Исследования по изучению влияния климатических условий на продуктивность и ЖКС (жирнокислотный состав) при создании сорта являются весьма важными и актуальными.

Цель исследований – изучить влияние гидротермических условий на урожайность, масличность и жирнокислотный состав масла рапса ярового сорта Юбилейный.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились в 2016-2020 гг. на Сибирской опытной станции-филиале ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, расположенной в южной лесостепной зоне Западной Сибири. Способ посева сплошной (сеялкой – СС-11), междурядье 15 см. Норма высева – 1,5 млн всхожих семян на гектар. Против однолетних злаковых и некоторых двудольных сорняков было проведено опрыскивание почвы до посева гербицидом «Дуал Голд» (1,3 л/га). Почва опытных участков – чернозем обыкновенный среднemocный, среднегумусный, характеризуется средней обеспеченностью фосфором и высокой – калием. Фенологические наблюдения и биометрические учеты проведены согласно методике по сортоиспытанию масличных культур ВНИИМК [9]. Скашивание растений проводилось вручную с последующим обмолотом на комбайне «Хеге-125». Урожайные данные приведены к 100% чистоте и 10% влажности. Масличность семян определяли на ЯМР-анализаторе (АМВ-1006), жирнокислотный состав – на хроматографе «Кристалл-2000».

Метеорологические условия в годы исследований были разнообразными по влагообеспеченности и температурному режиму, что позволило дать объективную оценку влияния этих факторов на продуктивность рапса ярового. Посев рапса проводился в оптимальные для южной лесостепи сроки (18-22 мая). В целом, условия 2016 г. характеризуются как обеспеченные по температуре и увлажнению, в 2017 году количество осадков и температура воздуха не отличались от среднемноголетних показателей, 2018 и 2019 гг. характеризуются значительными осадками (ГТК 1,44-1,74), а в 2020 г. наблюдался резкий недобор осадков (ГТК в июне и августе составил 0,13 и 0,17 соответственно). Продолжительность вегетационного периода варьировала от 87 в 2018 г. до 96 суток в 2019 г. Более высокая среднесуточная температура воздуха за вегетационный период в годы исследований составила 22,1⁰С в 2020 г., а минимальная 17,3⁰С в 2019 г. Наименьшая сумма активных температур (1528,6 ⁰С) отмечена в 2018 г., а наибольшая (1929,7 ⁰С) в 2020 г. За вегетационный период растений минимальное количество осадков 36 мм выпало в 2020 г., а максимальное (277 мм) в 2019 г., из них 88 мм в период всходы-бутонизация и 169 мм в фазу цветение-созревание. Сильное переувлажнение почвы и большое количество осадков неблагоприятно сказалось на урожайности рапса ярового (таблица 1).

Таблица 1 – Гидротермические условия вегетационного периода рапса ярового сорта Юбилейный

Показатель	Год	Межфазный период				Вегетационный период
		посев-всходы	всходы-бутонизация	бутонизация-цветение	цветение-созревание	
Продолжительность, сутки	2016	7	31	11	48	90
	2017	6	27	9	52	88
	2018	7	28	8	51	87
	2019	8	30	14	52	96
	2020	6	33	10	46	89
Среднесу-	2016	12,9	19,1	20,9	19,6	19,8

точная температура воздуха, °С	2017	13,1	19,3	18,1	17,9	18,4
	2018	7,3	17,9	22,6	16,6	19,0
	2019	8,3	16,5	19,9	15,7	17,3
	2020	21,1	19,3	24,4	22,8	22,1
Сумма активных температур, °С	2016	90,3	592,1	229,9	940,8	1762,8
	2017	78,6	521,1	162,9	930,8	1614,8
	2018	51,1	501,2	180,8	846,6	1528,6
	2019	66,4	495,0	278,6	816,4	1590,0
	2020	126,6	636,9	244,0	1048,8	1929,7
Количество осадков, мм	2016	10	76	102	29	207
	2017	5	24	89	14	127
	2018	17	48	71	101	220
	2019	14	88	20	169	277
	2020	18	8	10	18	36
ГТК (по Селянинову)	2016	1,33	1,28	4,44	0,31	1,17
	2017	1,86	0,46	5,46	0,15	0,78
	2018	3,32	0,96	3,92	1,19	1,44
	2019	2,10	1,78	0,72	2,07	1,74
	2020	1,42	0,13	0,41	0,17	0,18

Метеорологические условия в годы исследований были разнообразны и достаточно полно отражали особенности южной лесостепной зоны Омской области.

Результаты и их обсуждение

В результате исследований установлено, что урожайность семян рапса ярового сорта Юбилейный зависела от гидрометрических условий года и имела значительную степень варьирования (27,72%), в среднем по годам составила 2,08 т/га, при минимальном показателе 1,20 т/га в 2019 г. и максимальном 2,61 т/га в 2017 г. (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание жирных кислот в семенах рапса ярового сорта Юбилейный

Кислота/ Показатель	Содержание, %						Св. %
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	среднее	
Миристиновая	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	11,91
Пальмитиновая	3,75	3,77	3,87	4,02	3,75	3,83	3,03
Пальмитолеиновая	0,13	0,13	0,13	0,12	0,08	0,12	18,37
Стеариновая	1,83	1,79	1,96	2,02	1,95	1,91	5,04
Олеиновая	65,85	65,07	65,10	61,38	68,39	65,16	3,85
Линолевая	18,22	16,39	16,70	18,84	16,36	17,3	6,65
Линоленовая	7,80	8,78	8,71	11,34	6,99	8,72	18,72
Арахидиновая	0,56	0,68	0,64	0,53	0,58	0,60	10,2
Эйкозеновая	1,28	1,34	1,45	1,07	1,24	1,28	10,95
Эйкозодиеновая	0,06	0,11	0,11	0,06	0,06	0,08	34,23
Бегеновая	0,24	0,65	0,63	0,32	0,20	0,61	53,10
Эруковая	0,09	0,09	0,15	0,07	0,13	0,11	31,0
Лигноцериновая	0,09	0,05	0,16	0,08	0,08	0,09	44,42
Селахолевая	0,08	0,10	0,34	0,10	0,15	0,15	69,57

Масличность, %	50,3	50,8	50,1	50,7	49,4	50,26	1,11
Урожайность, т/га	2,23	2,61	1,83	1,20	2,51	2,08	27,72
НСР _{0,05} для масличности 0,79; для урожайности 0,92							

Урожайность семян рапса зависела от продолжительности вегетационного периода в фазу всходы-созревание и посев-созревание ($r = -0,74; -0,95$), от температуры воздуха в период посев-созревание, всходы-бутонизация, цветение-созревание ($r = 0,72; 0,98; 0,72$) и суммы активных температур в фазу цветение-созревание ($r = 0,82$), количества осадков в период всходы-созревание, всходы-бутонизация, цветение-созревание ($r = -0,84; -0,78; -0,98$). С урожайностью также сильно отрицательно сопряжен ГТК от $r = -0,86$ в период всходы-созревание до $r = -0,96$ в фазу цветение-созревание. Масличность семян изменялась незначительно от 49,4% в засушливом 2020 г. до 50,8% в 2017 г., в среднем по годам составила 50,26%, при коэффициенте вариации CV – 1,11%, что свидетельствует о стабильности данного показателя. Определена сильная отрицательная корреляция масличности семян с температурой воздуха в период всходы-созревание ($r = -0,92$), бутонизация-цветение ($r = -0,96$) и цветение-созревание ($r = -0,78$), с суммой активных температур в фазу всходы-созревание и всходы-бутонизация ($r = -0,73; -0,75$).

В состав рапсового масла входят мононенасыщенные (пальмитолеиновая, олеиновая, эйкозеновая и эруковая), насыщенные (пальмитиновая, стеариновая, миристиновая, арахидовая, бегеновая и лигноцериновая) и ненасыщенные кислоты (линолевая, линоленовая и олеиновая). Содержание жирных кислот пальмитиновой, стеариновой, олеиновой и линолевой незначительно менялось от погодных условий (коэффициент изменчивости по кислотам составил 3,03-6,65%). К среднеизменчивым жирным кислотам в зависимости от ГТК можно отнести пальмитолеиновую, линоленовую, арахидовую и эйкозеновую (коэффициент изменчивости составил 10,2-18,72%). Содержание эйкозодиеновой, бегеновой, эруковой, лигноцериновой и селаженовой кислот в большей степени зависело от условий выращивания рапса и значительно менялось от ГТК (коэффициент изменчивости по этим кислотам составил 31,0-69,57%).

По содержанию насыщенных кислот преимущество занимает пальмитиновая кислота и большее её содержание отмечено в 2019 г. (4,02%), а наименьшее в 2016 г. (3,75%), степень варьирования по этому показателю минимальная и составляет 3,03%. Определено сильное сопряжение накопления в масле этой кислоты с количеством осадков и ГТК в период цветение-созревание ($r = 0,98$). При анализе масла рапса по содержанию мононенасыщенных жирных кислот отмечается преимущество олеиновой кислоты. Минимальное количество олеиновой кислоты (61,38%) наблюдалось в избыточно увлажненном 2019 году, а максимальное 68,39% в засушливом 2020 году. Массовая доля олеиновой кислоты положительно сопряжена с температурой воздуха в периоды всходы-созревание, посев-созревание, всходы-бутонизация, бутонизация-цветение и цветение-созревание ($r = 0,94; 0,81; 0,89; 0,90$); с суммой активных температур периода всходы-созревание, посев-созревание, всходы-бутонизация и цветение-созревание ($r = 0,75; 0,76; 0,83; 0,90$) (таблица 3).

Таблица 3 – Коэффициенты корреляции основных показателей рапса с гидротермическими условиями вегетационного периода

Показатель	Жирная кислота, %				Масличность, %	Урожайность, т/га
	пальме-тиновая	олеи-новая	линоле-вая	лино-леновая		
Вегетационный период (всходы-созревание)						
Продолжительность, сут.	0,74*	-0,72*	0,85*	0,75	0,37	-0,74*
Температура воздуха, °С	-0,72*	0,94*	-0,46	-0,89*	-0,92*	0,63
Сумма активных температур, °С	-0,61	0,75*	-0,28	-0,76*	-0,73*	0,54
Количество осадков, мм	0,75*	-0,86*	-0,04	0,77*	0,63	-0,84*
ГТК (по Селянинову)	0,79*	-0,87*	-0,15	0,80*	0,62	-0,86*
Вегетационный период (посев-созревание)						
Продолжительность, сут.	0,85*	-0,82*	0,88*	0,78*	0,40	-0,95*
Температура воздуха, °С	-0,69	0,81*	-0,46	-0,73*	-0,61	0,72*
Сумма активных температур, °С	-0,62	0,76*	-0,28	-0,67	-0,65	0,60
Количество осадков, мм	0,27	0,20	-0,04	-0,10	-0,75*	-0,35
ГТК (по Селянинову)	0,48	-0,34	-0,15	0,35	0,10	-0,45
Межфазный период (всходы-бутонизация)						
Продолжительность, сут.	-0,19	-0,43	0,18	-0,40	-0,72*	0,06
Температура воздуха, °С	-0,99*	0,89*	-0,65	-0,89*	-0,37	0,98*
Сумма активных температур, °С	-0,72*	0,83*	-0,25	-0,82*	-0,75*	0,61
Количество осадков, мм	0,64	-0,76*	0,94*	0,66	0,53	-0,78*
ГТК (по Селянинову)	0,75*	-0,84*	0,93*	0,76*	0,55	-0,86*
Межфазный период (бутонизация-цветение)						
Продолжительность, сут.	0,61	-0,62	0,86*	0,63	0,30	-0,64
Температура воздуха, °С	-0,21	0,63	-0,29	-0,56	-0,96*	0,08
Сумма активных температур, °С	0,47	-0,27	0,70	0,3	-0,18	-0,55
Количество осадков, мм	-0,42	0,03	-0,04	-0,20	0,44	0,34
ГТК (по Селянинову)	-0,43	0,04	-0,24	-0,18	0,48	0,42
Межфазный период (цветение-созревание)						
Продолжительность, сут.	0,62	-0,82*	0,20	0,80*	0,85*	-0,48
Температура воздуха, °С	-0,77*	0,90*	-0,43	-0,86*	-0,78*	0,72*
Сумма активных температур, °С	-0,83*	0,90*	-0,54	-0,85*	-0,67	0,82*
Количество осадков, мм	0,98*	-0,83*	0,63	0,86*	0,34	-0,98*
ГТК (по Селянинову)	0,98*	-0,84*	0,63	0,87*	0,35	-0,96*

*-коэффициенты корреляции достоверны на уровне значимости $p < 0,05$

Линолевая кислота является второй по процентному содержанию в масле изучаемого сорта 16,36-18,84% в зависимости от года изучения. При этом положительно сопряжена с количеством осадков и ГТК в межфазные периоды всходы-созревание, всходы-бутонизация, цветение-созревание, где $r = 0,77; 0,80; 0,67$ и $0,76; 0,87; 0,88$

соответственно. Исследователями отмечается, что повышенное содержание в масле полиненасыщенной линоленовой кислоты ведет к быстрому окислению масла, его прогорканию и ухудшению вкусовых качеств при хранении. В настоящее время селекционерами ведется работа по созданию исходного материала с определенным соотношением жирных кислот, в частности, полиненасыщенных [8]. Содержание нежелательной в избыточном количестве линоленовой кислоты имело тесную взаимосвязь с количеством осадков и ГТК в период всходы-созревание и цветение-созревание. Более высокое количество линоленовой кислоты – 11,34% отмечалось в переувлажненный 2019 год, а минимальное (6,99%) в засушливом – 2020 г.

Выводы

В результате проведенных исследований в условиях Западной Сибири на примере районированного широко распространенного рапса ярового сорта Юбилейный определена зависимость урожайности, масличности и основных жирных кислот (пальметиновой, олеиновой, линолевой и линоленовой) от гидротермических условий всех межфазных периодов роста и развития рапса ярового.

Урожайность семян рапса сорта Юбилейный в годы исследований составила 1,20-2,61 т/га со значительным варьированием ($CV = 27,72\%$) и положительной взаимосвязью с суммой активных температур и температурой воздуха. Признак масличность семян у рапса ярового стабилен и зависел от генотипа с незначительным варьированием по годам 1,11%. Определена сильная отрицательная корреляция масличности семян с температурой воздуха в период всходы-созревание ($r = -0,92$), бутонизация-цветение ($r = -0,96$) и цветение-созревание ($r = -0,78$), с суммой активных температур в фазу всходы-созревание и всходы-бутонизация ($r = -0,73; -0,75$).

Основными в формировании олеиновой кислоты межфазными периодами послужили всходы-созревание, посев-созревание, всходы-бутонизация, бутонизация-цветение и цветение-созревание, имея тесную взаимосвязь с суммой активных температур и температурой воздуха. Более высокое количество линоленовой кислоты – 11,34% отмечалось в переувлажненный 2019 год, а минимальное (6,99%) в засушливом – 2020 г. Установлена сильная положительная корреляционная зависимость величины этого показателя с продолжительностью вегетационного периода, с количеством осадков и ГТК периода цветение-созревание ($r = 0,80; 0,86; 0,87$).

Таким образом, оптимальными для рапса ярового являются следующие гидротермические условия: средние значения суммы активных температур в период всходы-созревание, высокая среднесуточная температура воздуха в период цветение-созревание при высоком значении количества осадков в период всходы-бутонизация, бутонизация-цветение и малом количестве осадков и ГТК в фазу цветение-созревание. Установленные зависимости следует учитывать в селекционной работе при создании новых низколиноленовых сортов рапса с изменённым жирнокислотным составом.

Литература

1. Лукомец В.М., Кривошлыков К.М. Состояние и перспективы формирования устойчивого сырьевого сектора масложировой индустрии России // Масложировая промышленности. 2015. № 1. С. 11-16.
2. Артёмов И.В., Киселев А.М. Пути увеличения производства кормов и растительного масла // Кормопроизводство. 1997. № 4. С. 20-23.

3. Протеиновые ресурсы и их рациональное использование при кормлении сельскохозяйственных животных и птиц /П.Ф. Шмаков, А.П. Булатов, Н.А. Мальцева и др. – Омск: Вариант-Омск, 2008. 488 с.

4. Chernova A., Mazin P., Goryunova S., Goryunov D., Demurin Y., Gorlova L., Vanyushkina A., Mair W., Anikanov N., Yushina E., Pavlova A., Martynova E., Garkusha S., Mukhina Z., Savenko E., Khaitovich P. Ultra-performance liquid chromatography-mass spectrometry for precise fatty acid profiling of oilseed crops // PEERJ Tom: 7 - DOI:10.7717/peerj.6547 - MAR 6 2019-4.

5. Кузнецова Г.Н., Бочкарева Э.Б., Полякова Р.С. Высокомасличный сорт рапса ярового Гранит // Масличные культуры. Науч.-техн. бюл. ВНИИМК. 2016. Вып. 4 (168). С. 118-120.

6. Рапс масличная и кормовая культура / И.В. Артемов, В.В. Карпачев – Липецк. 2005. 144 с.

7. Леонидова Т.В., Коровина Л.М. Антипитательные вещества рапса в зависимости от сортовых и погодных условий // Научное обеспечение отрасли рапсосоения и пути реализации биологического потенциала рапса. Липецк, 2000. С. 56-57.

8. Gorlova L.A., Bochkaryova E.B., Strelnikov E.A., Serdyuk V.V. The use of classical and modern methods in rapeseed (*Brassica napus*) breeding at VNIIMK // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. – Volume 180, Issue 4, 2019, Pages 126-131 DOI: 10.30901/2227-8834-2019-4-126-131

9. Методика проведения агротехнических опытов с масличными культурами / В.М. Лукомец, Н.М. Тишков, В.Ф. Баранов и др. / Под общей редакцией В.М. Лукомца. – Краснодар, 2007. 112 с.

References

1. Lukomets V.M., Krivoshlykov K.M. (2015) Sostoyanie i perspektivy formirovaniya ustoichivogo syr'evogo sektora maslozhirivoi industrii Rossii // Maslozhirovaya promyshlennosti, no 1, pp. 11-16.

2. Artemov I.V., Kiselev A.M. (1997) Puti uvelicheniya proizvodstva kormov i rastitel'nogo masla // Kormoproizvodstvo, no 4, pp. 20-23.

3. Proteinovye resursy i ikh ratsional'noe ispol'zovanie pri kormlenii sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh i ptits (2008)/P.F. Shmakov, A.P. Bulatov, N.A. Mal'tseva i dr. – Омск: Variant-Omsk, 488 P.

4. Chernova A., Mazin P., Goryunova S., Goryunov D., Demurin Y., Gorlova L., Vanyushkina A., Mair W., Anikanov N., Yushina E., Pavlova A., Martynova E., Garkusha S., Mukhina Z., Savenko E., Khaitovich P. Ultra-performance liquid chromatography-mass spectrometry for precise fatty acid profiling of oilseed crops // PEERJ Tom: 7 - DOI:10.7717/peerj.6547 - MAR 6 2019-4.

5. Kuznetsova G.N., Bochkareva E.B., Polyakova R.S. (2016) Vysokomaslichnyi sort rapsa yarovogo Granit // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekhn. byul. VNIIMK. Vyp. 4 (168), pp. 118-120.

6. Raps maslichnaya i kormovaya kul'tura (2005) / I.V. Artemov, V.V. Karpachev – Lipetsk, 144 P.

7. Leonidova T.V., Korovina L.M. (2000) Antipitel'nye veshchestva rapsa v zavisimosti ot sortovykh i pogodnykh uslovii // Nauchnoe obespechenie otrasli rapsoseyaniya i puti realizatsii biologicheskogo potentsiala rapsa. Lipetsk, pp. 56-57.

8. Gorlova L.A., Bochkaryova E.B., Strelnikov E.A., Serdyuk V.V. (2019) The use of classical and modern methods in rapeseed (*Brassica napus*) breeding at VNIIMK // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. – Volume 180, Issue 4, Pages 126-131 DOI: 10.30901/2227-8834-2019-4-126-131

9. Metodika provedeniya agrotekhnicheskikh opytov s maslichnymi kul'turami (2007)/ V.M. Lukomets, N.M. Tishkov, V.F. Baranov i dr. / Pod obshchei redaktsiei V.M. Lukomtsa. – Krasnodar, 112 P.