



УДК 631.52:633.853.494
DOI 10.25230/conf11-2021-35-39

**ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫСОКООЛЕИНОВОГО РАПСА ОЗИМОГО
СЕЛЕКЦИИ ВНИИМК**

Голова А.А., Горлова Л.А.
ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК
lelyk96@mail.ru, lagorlova26@yandex.ru

Среднее содержание олеиновой кислоты у высокоолеиновых линий рапса озимого в жарком 2019 г. было максимальным и составило 81,2 %, а минимальное в прохладном 2017 г. – 75,3 %. Изучение влияния дневных и ночных температур воздуха в период формирования семян (19,0–32,4/10,6–24,0 °С) на масличность семян и содержание глюкозинолатов в семенах высокоолеинового озимого рапса, не выявило существенных зависимостей между этими признаками. У высокоолеинового озимого рапса не прослеживалось значимых связей между количеством выпавших осадков в период налива семян с масличностью, жирно-кислотным составом масла и содержанием глюкозинолатов.

Ключевые слова: рапс озимый, олеиновая кислота, линолевая кислота, линоленовая кислота, масличность, глюкозинолаты, температура, осадки.

Введение. В настоящее время всё больше исследований показывают, что потребление рапсового масла действительно представляет интерес для людей, поскольку его потребление благотворно влияет на показатели общего холестерина и холестерина липопротеидов низкой плотности. Использование в пищу рапсового масла предотвращает сердечно-сосудистые болезни, а также повышает уровень токоферолов и улучшает чувствительность к инсулину, по сравнению с потреблением других пищевых источников жира [1]. Это связано с наиболее оптимальным содержанием жирных кислот в рапсовом масле, в особенности это касается количества олеиновой, линолевой и линоленовой жирных кислот. Содержание жирных кислот может существенно варьировать при выращивании в различных регионах, с присущими для них температурами и количеством осадков. Понимание воздействия климата на качественные характеристики рапсового масла при различных условиях необходимо для улучшения его качества.

Результаты, полученные Искьердо и др. по подсолнечнику указали, что, помимо генетических эффектов, наиболее важными критериями для объяснения колебаний жирных



кислот в масле были ночные температуры в течение раннего чувствительного периода, который проходит после цветения (10–30 дней). По прошествии 30 дней после цветения состав жирных кислот в масле колеблется незначительно [2]. Используя эти сведения, ряд учёных представили доказательства того, что можно объяснить изменение состава жирных кислот в подсолнечном масле по разным местам во Франции. Была получена сильная корреляция между минимальной температурой в этот период и содержанием жирных кислот в масле [3]. Похожие работы проводились и отечественными исследователями, в результате чего были опубликованы данные, в которых сообщается, что между содержанием линолевой кислоты в период интенсивного маслообразовательного процесса и минимальной суточной температурой воздуха накануне проведения отбора проб у форм подсолнечника с обычным генотипом по составу жирных кислот существует высокая отрицательная корреляция. [4].

Рапс яровой обычно выращивают при температуре от 12 до 30 °С. Большая часть мирового производства этой культуры сосредоточена в районах с сухой погодой (450–500 мм осадков в год) и коротким вегетационным периодом (88–125 дней) [5]. Канадские учёные продемонстрировали также сильное влияние температуры на равновесие жирных кислот в масле семян рапса. В поле содержание насыщенных (C16:0 + C18:0) и мононенасыщенных (C18:1) жирных кислот в масле семян увеличивалось, когда семена развивались при высоких температурах. Уровни линоленовой кислоты (C18:3) были выше в семенах, собранных на участках с более низкой среднесуточной температурой. Растения, подвергнутые высокотемпературной обработке (30/25 °С день/ночь) в течение 40 дней, дали семена с самым низким содержанием C18:3 и самым высоким C16:0 + C18:0 и C18:1 [6]. Помимо этого, в Нидерландах были проведены исследования в бореальных климатических условиях, которые продемонстрировали значительно измененный состав ЖК, характеризующийся удвоением уровня омега-3 (20 %) в масле по сравнению со стандартным значением во всем мире (9 %) [5].

Показатель масличности семян рапса также может изменяться в зависимости от погодных условий. Так в Канаде было проведено исследование, в ходе которого растения рапса, сафлора, подсолнечника, льна и клецелины выращивали при температурах 10, 16, 21 и 26,5 °С в период формирования семян. На содержание масла подсолнечника, сафлора и клецелины температура не влияла, но в семенах рапса и льна было обнаружено самое высокое содержание масла при самой низкой температуре, и наблюдалось постоянное его снижение с повышением температуры [7]. Условия окружающей среды оказывают значительное влияние на содержание глюкозинолатов в масле. В условиях малого количества осадков содержание глюкозинолатов значительно увеличивается, причём величина дефицита осадков более значительна, чем продолжительность засухи [8].

Сведений по изучению влияния температур и обеспеченностью влагой рапса озимого на жирно-кислотный состав масла не так много. Поэтому целью наших исследований было изучение селекционного материала рапса озимого с высоким содержанием олеиновой кислоты в масле и влияние погодных факторов, складывающихся в период формирования семян на синтез масла, основных жирных кислот и глюкозинолатов.

Материал и методы. Опыты были проведены в 2017–2020 гг. Оценку по биохимическим признакам проводили 35 высокоолеиновых линий глубокого поколения инбридинга (S₁₂) в контрольном питомнике. Посев осуществляли самоходной селекционной сеялкой Wintersteiger на 4-х рядковых делянок площадью 7,5 м² в двукратной повторности. Во время вегетации проводились все наблюдения и учёты. Делянки убирали селекционным комбайном Wintersteiger Classic [3]. После очистки семена были отданы в лабораторию биохимии на анализы.

Экспресс-оценку содержания олеиновой, линолевой и линоленовой в масле семян рапса в малой навеске и без разрушения семян проводили на ИК-анализаторе (MATRIX-I) [9]. Масличность семян и содержание в них глюкозинолатов в навеске 9 грамм также определяли на ИК-анализаторе MATRIX-I.



Результаты и обсуждения. Анализ погодных условий четырёх лет исследований показал, что самые высокие дневные и ночные температуры воздуха наблюдались в 2019 г., среднее значение которых в период формирования и налива семян составляло 29,4 °С и 20,2 °С соответственно. В этот период в 2019 г. средняя дневная температура воздуха была выше, чем аналогичный показатель в другие годы на 0,6–3,6 °С, а ночная на 0,2–4,2 °С. Самым относительно прохладным годом был 2017. В межфазный период «конец цветения-созревание» в 2017 г. дневные температуры в среднем находились на уровне 26,4 °С, а ночные температуры были самыми низкими и в среднем составили 16,0 °С (табл. 1).

В 2017 г. влагообеспеченность растений рапса озимого была самой максимальной, за период формирования семян выпало 149,2 мм осадков, самым слабообеспеченным осадками был 2018 г. – 53,2 мм за два месяца.

Среднее содержание олеиновой кислоты у высокоолеиновых линий рапса озимого в самом жарком 2019 году было максимальным и составило 81,2 %, а минимальное в прохладном 2017 г. – 75,3 % (табл. 2). Это подтверждает исследования учёных о сильном положительном влиянии высоких температур на синтез олеиновой кислоты в масле семян рапса. Образование линолевой и линоленовой кислот в высокоолеиновом рапсовом масле в условиях высоких температур протекает менее интенсивно. Чем выше дневные и ночные температуры воздуха, тем ниже уровень С18:2 и С18:3. Самое низкое содержание линолевой и линоленовой кислот 7,7 % и 3,9 % соответственно наблюдалось в 2019 г., а самое высокое – 10,8 % и 5,9 % соответственно в 2017 г. Данный факт также согласуется с выводами о том, что растения, выращиваемые в условиях высоких температур, дают семена с самым низким содержанием С18:3.

Таблица 1. Погодные условия периода конец цветения – созревание у высокоолеинового рапса озимого

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2017–2020 гг.

Месяц	Декада	Температура День/ночь (°С)				Количество осадков (мм)			
		2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
май	1	25,4/13,8	24,3/17,3	22,4/14,0	19,0/13,3	12,6	25,6	16,0	27,7
	2	21,2/10,6	23,0/15,7	24,5/16,4	23,2/13,6	41,3	13,0	10,4	0,3
	3	23,2/12,7	26,0/18,1	25,2/18,0	22,5/15,0	62,3	4,0	26,1	61,2
июнь	1	28,2/17,2	26,4/17,5	30,2/18,2	26,0/20,4	12,2	0	10,0	17,0
	2	25,1/15,9	30,0/20,4	32,4/22,2	27,5/20,4	20,8	3,6	2,5	20,4
	3	29,2/18,1	32,6/24,0	29,9/22,0	27,3/20,6	30,4	7,0	22,4	1,0

Изучение влияние температуры воздуха на масличность семян и содержание глюкозинолатов в семенах высокоолеинового озимого рапса, не выявило существенных зависимостей между этими признаками. Вероятно, на процесс образования масла и серосодержащих веществ у озимого рапса, средние температуры в диапазоне 19,6–22,7 °С не оказывают значимого действия, их синтез протекает в комфортных для культуры условиях, поэтому масличность и содержание глюкозинолатов слабо изменяют свои значения.

Таблица 2. Биохимические характеристики семян высокоолеинового рапса озимого

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2017–2020 гг.

Признак	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Масличность, %	46,2	47,4	47,1	46,8
Содержание глюкозинолатов мкмоль/г	17,6	17,8	19,3	17,9
Содержание олеиновой кислоты, %	75,3	78,1	81,2	76,7
Содержание линолевой кислоты, %	10,8	8,5	7,7	8,2
Содержание линоленовой кислоты, %	5,9	5,4	3,9	5,1



Также в наших исследованиях не прослеживалось чётких связей у высокоолеинового озимого рапса между количеством выпавших осадков и масличностью, жирно-кислотным составом масла и содержанием глюкозинолатов. Возможно, недостаток влаги для озимого рапса не так актуален, как для ярового, поскольку в почве имеются её зимние запасы, и корневая система может снабжать растение водой без особых проблем.

Заключение. В результате проведённых исследований установлено, что содержание основных жирных в масле высокоолеиновых линий рапса озимого существенно зависят от температуры воздуха в период налива и формирования семян. С увеличением температуры воздуха содержание олеиновой кислоты увеличивается, а линолевой и линоленовой уменьшается. Действие температуры воздуха на масличность семян и содержание глюкозинолатов в семенах высокоолеинового озимого рапса, не существенно. Количество осадков, выпавших в период созревания семян не оказывает значимого влияние на основные биохимические характеристики семян.

Литература

1. Lin L., Allemekinders H., Dansby A., Campbell L., Durance-Tod S., Berger A., Jones P.J.H. Evidence of Health Benefits of Canola Oil // Nutrition Reviews. May, 2013. – P. 370–385.
2. Izquierdo N., Aguirrezábal LAN, Andrade F, Pereyra V. Night temperature affects fatty acid composition in sunflower oil depending on the hybrid and the phenological stage. Field Crops Research. – 2002. – № 77. – P. 115–126.
3. Merrien, A., Pouzet, A., Krouti, M., Dechambre, J. et Garno, V. Contribution à l'étude de l'effet des températures basses sur la composition en acide gras de l'huile des akènes de tournesol (oléique et classique). OCL. – 2005. – Vol. 12. – P. 455–458.
4. Ефименко С.Г. Использование мутаций состава токоферолов и жирных кислот в селекции подсолнечника на качество масла: диссертация ... кандидата биологических наук. – Краснодар, 2003. – 122 с.
5. Sey A., Pham T., Kavanagh V., Kaur S., Cheema M., Galagedara L., Thomas R. Canola produced under boreal climatic conditions in Newfoundland and Labrador have a unique lipid composition and expeller press extraction retained the composition for commercial use // Journal of Advanced Research. – 2020. – P. 423–434.
6. Deng X., Scarth R. Temperature effects on fatty acid composition development of low-linolenic oilseed rape (*Brassica napus* L.). J.A.O.C.S. – 1998. – Vol. 75. – № 7. – P. 759–766.
7. David T. Canvin The Effect of Temperature on the Oil Content and Fatty Acid Composition of the Oils from several Oil Seed Crops / Canadian Journal of Botany. – January, 2011. – № 43 (1). – P. 63–69.
8. Bocianowski J., Nowosad K., Liersch A., Poplawska W., Łačka A. Genotype-by-environment interaction for seed glucosinolate content in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) using an additive main effects and multiplicative interaction model // Biometrical Letters. – 2018. – Vol. 55. – P. 85–96.
9. Ефименко С.Г., Ефименко С.К., Кучеренко Л.А., Нагалева Я.А. Экспресс-оценка содержания основных жирных кислот в масле семян рапса с помощью ИК-спектроскопии // Масличные культуры. НТБ ВНИИМК. – 2015. – Вып. 4 (164). – С. 35–40.



**INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS ON BIOCHEMICAL TRAITS OF
HIGH OLEIC WINTER RAPESEED BRED AT VNIIMK**

Golova A.A., Gorlova L.A.

Middle content of oleic acid in high oleic lines of winter rapeseed in hot 2019 was maximal and equal to 81.2 %, and minimal one – in a cool 2017 – 75.3 %. Studying of influence of day and night air temperatures in a period of seed formation (19.0–32.4/10.6–24.0 °C) on oil and glucosinolate contents in seeds of high oleic winter rapeseed did not demonstrated any significant dependences between these traits. There were not observed any important relations between amount of precipitations in a period of seed formation and oil content, fatty-acid composition of oil and glucosinolate content in high oleic winter rapeseed.

Key words: winter rapeseed, oleic acid, linoleic acid, linolenic acid, oil content, glucosinolates, temperature, precipitations.