

УДК 57.085.23

**СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
В ЛИСТЬЯХ РАСТЕНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ
(BRASSICA OLERACEA L.)**

Р.Н. КИРАКОСЯН, Е.А. КАЛАШНИКОВА

(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

Было изучено накопление соединений фенольной природы (суммы растворимых фенольных соединений (СРФС), флаванов и флаванолов) в листьях капусты белокочанной в зависимости от уровня пloidности клеток. Экспериментально установлено, что исследуемые в работе растения-регенеранты, представляющие собой миксопloidные культуры, обладают разной способностью к синтезу фенольных соединений. Так, СРФС в листьях гапloidных растений капусты белокочанной в 1,3-1,4 раза выше, по сравнению с диплоидными формами. В то время как для растений, содержащих 3n и 5n уровни пloidности, такой тенденции не наблюдалось, а наоборот, данный показатель был в 1,4-1,5 раза ниже по сравнению с диплоидными (2n) формами. При определении содержания флаванов и флаванолов в листьях полученных растений-регенерантов наблюдалась такая же тенденция в зависимости от уровня пloidности клеток. В настоящей работе определяли сумму растворимых фенольных соединений (СРФС) в 1-ом и 3-ем нормальном листе. Исследования показали, что у растений-регенерантов капусты белокочанной с пloidностью 3n и 5n эти изменения были существенными. В 3-ем нормальном листе СРФС у растений 5n увеличилась на 80%, а у растений 3n — на 35% по сравнению с 1-ым нормальным листом. Для диплоидных и гапloidных растений существенных изменений в содержании СРФС в листьях не было отмечено. Определение содержания хлорофиллов а и b показало, что у гапloidных форм капусты белокочанной уровень этих пигментов был выше, чем у других форм растений, отличающихся по пloidности. Их накопление как в 1-ом, так и в 3-ем нормальном листе было не существенно. Полученные данные свидетельствуют о том, что у гапloidных форм растений-регенерантов капусты белокочанной, полученных из репродуктивных органов *in vitro*, накопление фенольных соединений находится на более высоком уровне, что свидетельствует об изменении фенольного метаболизма в растениях.

Ключевые слова: *Brassica oleracea*, уровень пloidности, фенольные соединения, растения-регенеранты, *in vitro*.

Сокращения: СРФС — сумма растворимых фенольных соединений, ИУК-β-индолилуксусная кислота, БАП — 6-бензиламинопурин, n — гапloidные растения, 3n — трипloidные формы, 5n — пентапloidные формы, МС — базовая среда Мурасиге и Скуга.

Растительные продукты содержат значительное количество биологически активных соединений, которые полезны для здоровья человека, а потребление пищи, богатой именно овощами и фруктами имеет положительные результаты. В последние десятилетия особое внимание уделяется растениям богатым вторичными метаболитами, которые часто называют фитохимическими веществами. Среди них особый интерес представляют вещества с антиоксидантной активностью. Установлено, что овощи семейства Капустные (Крестоцветные) являются ценным источником природных антиоксидантов, в которых содержится высокий уровень каротиноидов, токоферолов, аскорбиновой кислоты, а также фенольных соединений, выполняющих защитную функцию в организме человека. В этом аспекте растения видов рода *Brassica* L., пользуются популярностью, а потребление их в пищу постоянно возрастает. Это связано с тем, что данные растения способствуют уменьшению риска возникновения хронических заболеваний, включая сердечно-сосудистые и рак [1, 2].

Особый интерес у исследователей к культурам *Brassica* проявляется в связи с тем, что в них содержится комплекс фенольных соединений, содержание которых может быть совершенно разным у разных видов и даже среди культур одного и того же вида. Полифенольный состав различных видов *Brassica* хорошо описан как с количественной, так и с качественной стороны. Например, Podsedek [2] сделал обстоятельный обзор по фенольным соединениям у различных видов *Brassica* и обнаружил, что, например, антиоксидантная активность у красной и брюссельской капусты в 2,2–5 раз выше по сравнению с зеленой капустой, горчицей, капустой китайской и капустой белокочанной [2]. Авторы предполагают, что такая высокая активность данных видов может быть связана с наличием различных антиоксидантных компонентов фенольной природы.

На основе ВЭЖХ были идентифицированы и определен количественный состав основных фенольных соединений у различных видов рода *Brassica* [6, 9–11]. Было показано, что овощные культуры *Brassica* содержат флавоноиды и особенно большое количество флавонолов. Так, например, были найдены гликозиды — кемпферол и кверцетин, их производные в сочетании с гидроксикоричными кислотами, а также производные синаповой кислоты, которые являются наиболее важными представителями фенольных соединений видов *Brassica* [11]. Большинство исследований было проведено на таких культурах как брокколи (*Brassica oleracea* var. *botrytis italica*) [9], капуста белокочанная (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) [10] и кале (*Brassica oleracea* var. *sabellica*) [5]. Однако в последнее время интерес в этой области исследований был проявлен и к другим представителям *Brassica*: *B. rapa*, *B. napus* и *B. juncea* [11].

Известно, что биосинтез и концентрация фенольных соединений в растениях зависят от многочисленных факторов окружающей среды (свет, температура, минеральное питание, УФ-излучение и др.), а также от генотипических особенностей исследуемых растений. Кроме того, экспериментально установлено, что эти показатели могут изменяться в онтогенезе, в пределах одного растения и одного органа по ярусам. Например, наглядно это было продемонстрировано на репе (*Brassica rapa*) [6], капусте пекинской (*Brassica pekinensis*) [9] и капусте цветной (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) [5]. С другой стороны, фенольные соединения, присутствующие в растениях рода *Brassica*, очень чувствительны к способам и режимам хранения продукции, а также к послеуборочной обработке [8], которые оказывают влияние на конечную концентрацию соединений фенольной природы в тканях. Для капусты белокочанной, изучение зависимости синтеза фенольных соединений, преимущест-

венно флавановой природы, в динамике от условий культивирования мало исследовано. Поэтому работы в этом направлении актуальны и являются важными для разработки технологии рационального использования растительных ресурсов.

Целью настоящей работы было изучение динамики накопления фенольных соединений в листьях капусты белокочанной в зависимости от уровня пloidности клеток и расположения листа.

Методика

Объектами исследования служили листья, изолированные с интактных диплоидных растений капусты белокочанной, и растений-регенерантов, полученных в культуре *in vitro* из репродуктивных органов (завязей и семян), характеризующиеся разным набором хромосом. В работе использовали селекционные образцы, полученные в лаборатории селекции и семеноводства капустных культур Всероссийского научно-исследовательского института селекции и семеноводства овощных культур (ВНИИССОК). Растения-доноры выращивали в камерах искусственного климата лаборатории ВНИИССОК.

Растения-регенеранты были получены при культивировании пыльников и завязей капусты белокочанной, которые асептически извлекали из бутонов в условиях ламинар-бокса и помещали на питательные среды, содержащие минеральный состав по прописи МС или 1/2 МС. Культивирование изолированных эксплантов проводили в чашках Петри при контролируемых условиях выращивания. Чашки Петри с растительным материалом помещали в климакамеру (Binder, Германия) и инкубировали в темноте при температуре 35°C в течение 5-ти суток, после чего температурный режим уменьшали до 25°C. В этих условиях экспланты выращивали в течение 25 суток и затем переносили в световую комнату, где был установлен 16-часовой фотопериод и освещение белыми люминесцентными лампами с интенсивностью света 5 тыс. лк. Сформировавшиеся меристематические зоны отделяли от первичного экспланта и переносили на питательную среду, содержащую минеральные соли по прописи МС, а также гормоны ИУК 0,2 мг/л, БАП 0,2 мг/л и Дропп 0,01 мг/л, сахарозу — 3%, агар — 7 г/л. В этих условиях формировались растения, которые проявили высокую способность к последующему размножению. Для развития корневой системы, полученные растения-регенеранты помещали на питательную среду, содержащей соли по прописи МС, а также ИУК или НУК 1 мг/л, сахарозу 2%. Перед переносом регенерантов в условия *in vivo* корни отмывали от питательной среды. Адаптацию растений проводили в контейнерах на проавтоклавированном субстрате, где поддерживалась высокая влажность. В течение двух недель контейнеры периодически открывали для проветривания. В следующей серии эксперимента проводили цитогенетические исследования — определение числа хромосом в меристемах корней, полученных растений-регенерантов. Препараты метафазных хромосом были приготовлены методом «SteamDrop» [2].

Определение суммы растворимых фенольных соединений проводили по методике М.Н. Запрометова [3, 4]. Клетки растений экстрагировали 96%-ным этанолом в течение 1 часа. Для определения содержания суммы растворимых фенольных соединений к 0,5 мл этанольного экстракта в мерной пробирке добавляли 3 мл дистиллированной воды и перемешивали. После этого прибавляли 0,5 мл реактива Фолина-Дениса, перемешивали и через 3 мин приливали 1 мл насыщенного раствора соды, и доводили общий объем до 10 мл дистиллированной водой. Через 1 час

определяли содержание суммы соединений при длине волны 725 нм на спектрофотометре.

Содержание флаванов определяли с 1%-ным раствором ванилина в 70% серной кислоте при 500 нм [3]. Калибровочные кривые строили по (-)-эпикатехину.

Содержание флаванолов определяли по реакции с 1%-ным водным раствором $AlCl_3$ с последующим спектрометрированием при 415 нм [3]. Калибровочную кривую строили по рутину.

Определение суммы растворимых фенольных соединений, а также хлорофиллов а и б проводили на 1-ом и 3-ем нормальных листьях диплоидных растений, а также растений-регенерантов (n, 3n, 5n).

Математическая обработка экспериментальных данных выполнена на кафедре статистики и эконометрики РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева с использованием пакета STATA. Дисперсионный анализ проводили с использованием программы MS EXCEL.

Эксперименты проводили в трех биологических и 2-3 аналитических повторностях. На графиках представлены средние арифметические и стандартные ошибки.

Результаты и их обсуждение

Известно, что модификация генома растений сопровождается значительными изменениями в их физиологических и биохимических функциях. Уровень плоидности относится к числу важных цитогенетических характеристик клеток, определяющих физиологические и биохимические особенности растений. В ряде случаев отмечалась прямая взаимосвязь между уровнем плоидности растительных тканей и их способностью к образованию различных классов фенольных соединений [1]. В свою очередь, уровень накопления фенольных соединений в определенной степени служит «критерием» потенциальной устойчивости растений к стрессовым факторам окружающей среды [2].

В данном эксперименте было изучено накопление соединений фенольной природы (суммы растворимых фенольных соединений, флаванов и флаванолов) в листьях капусты белокочанной в зависимости от уровня плоидности клеток. Экспериментально установлено, что исследуемые в работе растения-регенеранты, полученные из репродуктивных органов *in vitro* и представляющие собой миксоплоидные культуры, обладают разной способностью к синтезу фенольных соединений. Так, содержание суммы растворимых фенольных соединений в листьях гаплоидных растений в 1,3-1,4 раза выше, по сравнению с диплоидными формами. В то время как для 3n- и 5n-растений, такой тенденции не наблюдалось, а наоборот, данный показатель был ниже в 1,4-1,5 раза по сравнению с диплоидными (2n) формами (рис. 1).

При определении содержания флаванов и флаванолов в листьях полученных растений-регенерантов наблюдалась такая же тенденция в зависимости от уровня плоидности клеток (рис. 2, 3).

На рисунке 4 представлена сравнительная характеристика содержания суммы фенольных соединений, флаванов и флаванолов в гаплоидных и диплоидных растениях капусты белокочанной для двух селекционных образцов ВНИИССОК.

Как следует из представленных на рисунке 4 данных, накопление фенольных соединений одинаковое и не зависит от исследуемых селекционных образцов. Экспериментально нами доказано, что на процесс синтеза этих веществ существенное влияние оказывает уровень плоидности клеток растений — чем выше уровень

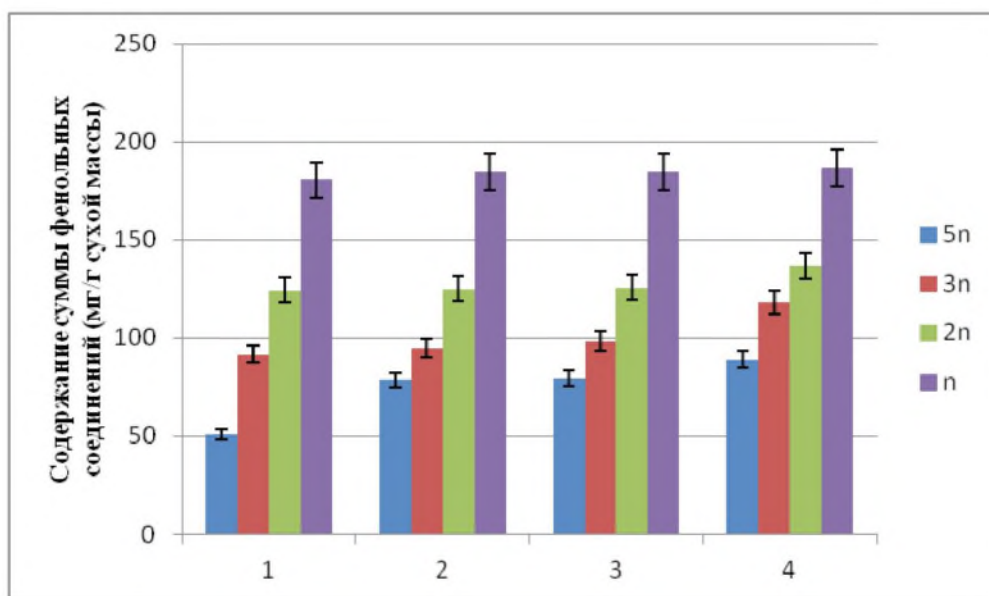


Рис. 1. Содержание суммы фенольных соединений в растениях капусты белокочанной в зависимости от уровня пloidности (мг/г сухой массы) (1, 2, 3, 4 — селекционные образцы, ВНИИССОК)

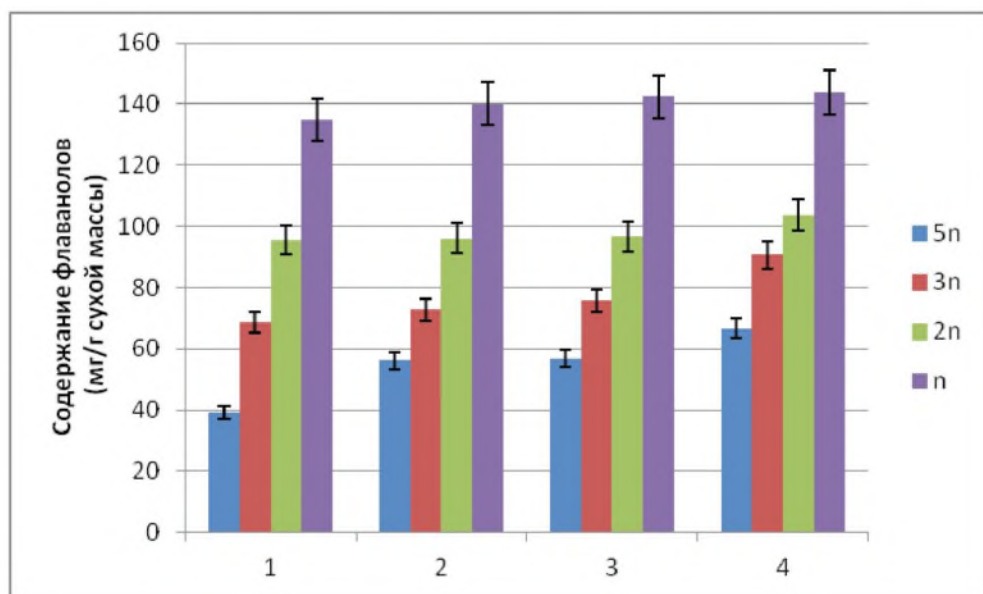


Рис. 2. Содержание флаванолов в растениях капусты белокочанной в зависимости от уровня пloidности (мг/г сухой массы) (1, 2, 3, 4- селекционные образцы, ВНИИССОК)

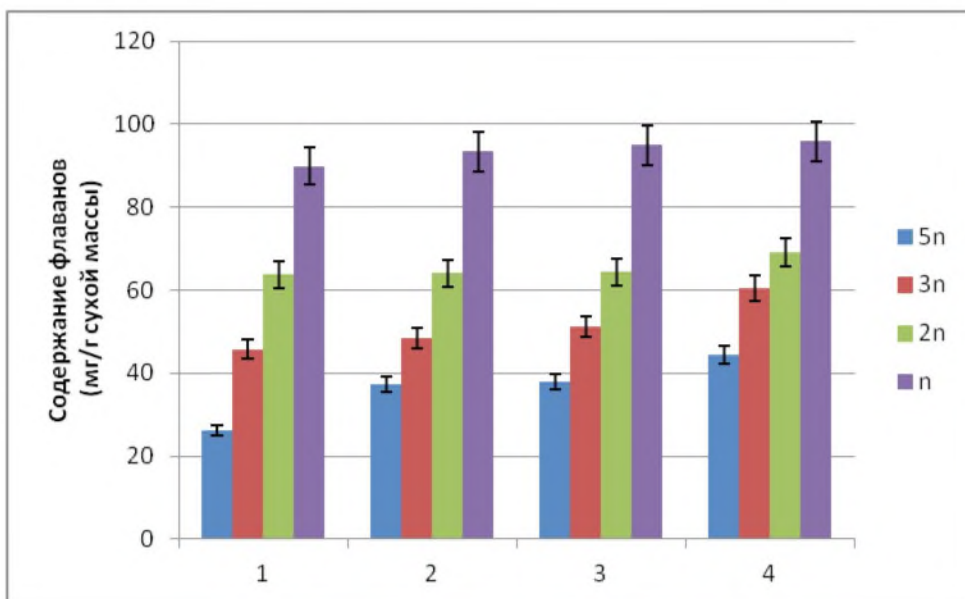


Рис. 3. Содержание флаванов в растениях капусты белокачанной в зависимости от уровня плоидности (мг/г сухой массы) (1, 2, 3, 4- селекционные образцы, ВНИИССОК.)

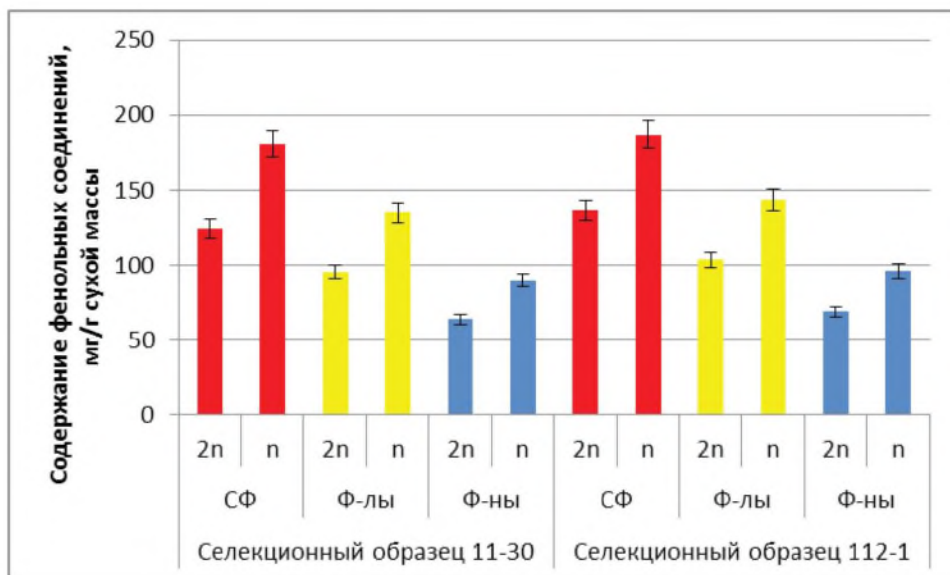


Рис. 4. Содержание суммы фенольных соединений, флаванов и флаванолов в гаплоидных и диплоидных растениях капусты белокачанной в зависимости от уровня плоидности (мг/г сухой массы) (n- гаплоидные, 2n-диплоидные растения)

плоидности, тем ниже их синтез. Полученные данные согласуются с результатами других авторов [1].

Известно, что в онтогенезе накопление фенольных соединений в клетках растений может меняться [5, 7]. Причем эти изменения могут происходить на уровне одного органа, но различного порядка. В своей работе мы определяли сумму растворимых фенольных соединений (СРФС) в 1-ом и 3-ем нормальном листе (рис. 5, 6).

Исследования показали, что у растений-регенерантов капусты белокочанной с плоидностью 3n и 5n эти изменения были существенными. В 3-ем нормальном листе

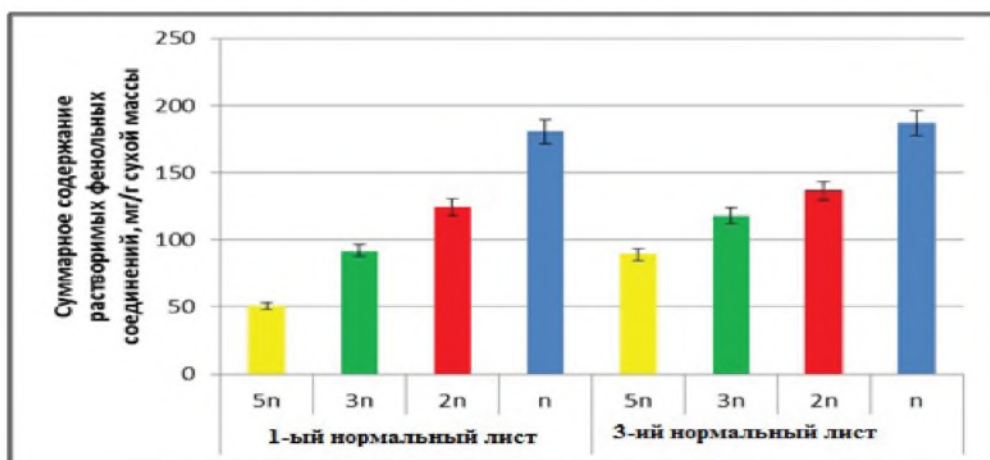


Рис. 5. Суммарное содержание растворимых фенольных соединений в 1-ом и 3-ем нормальном листе растений-регенерантов капусты белокочанной

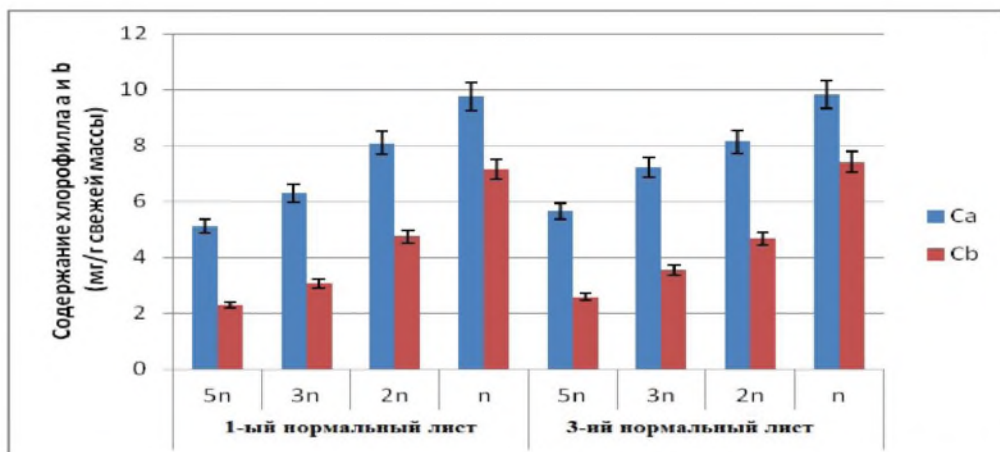


Рис. 7. Содержание хлорофиллов a и b (mg/g свежей массы) в 1-ом и 3-ем нормальном листе растений-регенерантов капусты белокочанной (n-5n форм)

СРФС у растений 5n увеличилась на 80%, а у растений 3n — на 35% по сравнению с 1-ым нормальным листом. Для диплоидных и гаплоидных растений существенных изменений в содержании СРФС в листьях не было отмечено.

В дальнейшем нами было определено содержание хлорофиллов *a* и *b*, так как общеизвестно участие фенольных соединений в процессах фотосинтеза и дыхания. Именно синтез полифенолов связан с фотосинтезом, поскольку в хлоропластах происходит образование флавоноидов [2].

Определение содержания хлорофиллов *a* и *b* показало, что у гаплоидных форм капусты белокочанной уровень этих пигментов был выше, чем у других форм растений, отличающихся по плоидности. Их накопление как в 1-ом, так и в 3-ем нормальном листе было не существенно (рис. 7).

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что у гаплоидных форм растений-регенерантов капусты белокочанной, полученных из репродуктивных органов *in vitro*, накопление фенольных соединений находится на более высоком уровне, что свидетельствует об изменении фенольного метаболизма в растениях. Вероятно, эти изменения могут способствовать формированию новых растений, обладающих устойчивостью к стрессовым факторам окружающей среды.

Библиографический список

1. Киракосян Р.Н., Калашникова Е.А. Содержание фенольных соединений в растениях-регенерантах капусты белокочанной / Р.Н. Киракосян, Е.А. Калашникова // Материалы IX Международного симпозиума «Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты» // Москва, 2015. С. 291–292.
2. Киракосян Р.Н., Калашникова Е.А. Уровень фенольных соединений в растениях-регенерантах капусты белокочанной / Р.Н. Киракосян, Е.А. Калашникова // Сборник материалов Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Москва, 2015. С. 36–37.
3. Киракосян Р.Н., Калашникова Е.А. Цитологический и биохимический анализ растений-регенерантов капусты белокочанной (*Brassica oleracea* L.), полученных из репродуктивных органов *in vitro* / Р.Н. Киракосян, Е.А. Калашникова // Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции «Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира», Ялта 2016 г. С. 224.
4. Киракосян Р.Н., Калашникова Е.А. Cytological and Biochemical Analysis of Regenerated Plants of Cabbage (*Brassica oleracea* L.) / Р.Н. Киракосян, Е.А. Калашникова // 2nd Symposium on EuroAsian Biodiversity (SEAB-2016), Турция, г. Анталья, 23–27 мая 2016 г.
5. Francisco M. Cooking methods of *Brassica rapa* affect the preservation of glucosinolates, phenolics and vitamin C / M. Francisco, P. Velasco, D.A. Moreno, C. Garcia-Viguera, M.E. Cartea // Food Res. Int. 2010. Vol. 43. P. 1455–1463.
6. Francisco M. Simultaneous identification of glucosinolates and phenolic compounds in a representative collection of vegetable *Brassica rapa* / M. Francisco, D.A. Moreno, M.E. Cartea, F. Ferreres, C. Garcia-Viguera, P. Velasco // J. Chromatogr. 2009. Vol. 1216. P. 6611–6619.
7. Gawlik-Dziki U. Effect of hydrothermal treatment on the antioxidant properties of broccoli (*Brassica oleracea* var. *botrytis italica*) florets / U. Gawlik-Dziki // Food Chem. 2008. Vol. 109. P. 393–401. Molecules. 2011. Vol. 16. P. 279.
8. Jahangir M. Health-Affecting Compounds in Brassicaceae / M. Jahangir, H.K. Kim, Y.H. Choi, R. Verpoorte // Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 2009. Vol. 8. P. 31–43.
9. Kirov I. An easy “SteamDrop” method for high quality plant chromosome preparation / Ilya Kirov, Mikhail Divashuk, Katrijn Van Laere, Oleg Alexandrov, Alexander Soloviev, Ludmila Khrustaleva // Plant molecular cytogenetics in genomic and postgenomic era, Katowice, Poland. 2014. P. 61.

10. *Martinez-Sanchez A.* A comparative study of flavonoid compounds, vitamin C, and antioxidant properties of baby leaf Brassicaceae species / A. Martinez-Sanchez, A. Gil-Izquierdo, M.I. Gil, F. Ferreres // *J. Agric. Food Chem.* 2008. Vol. 56. P. 2330–2340.

11. *Velasco P.* Phytochemical fingerprinting of vegetable Brassica oleracea and Brassica napus by simultaneous identification of glucosinolates and phenolics / P. Velasco, M. Francisco, D.A. Moreno, F. Ferreres, C. Garcia-Viguera, M.E. Cartea // *Phytochemical Analysis (in press)*. 2010. doi: 10.1002/pca.1259.

TOTAL CONTENT OF PHENOLIC COMPOUNDS IN REGENERATED CABBAGE LEAVES (*BRASSICA OLERACEA L.*)

R.N. KIRAKOSYAN, YE.A. KALASHNIKOVA

(Russian Timiryazev State Agrarian University)

The authors have experimentally studied the accumulation of phenolic compounds (the amount of soluble phenolic compounds (SFC), flavans and flavanols) in cabbage leaves depending on the ploidy level of cells. It has been experimentally proved that the studied regenerants being mixoploidy crops have various abilities to synthesize phenolic compounds. So, SRFs in the leaves of haploid cabbage is 1,3–1,4 times higher as compared with diploid forms. However, this trend has not been observed in plants with 3n and 5n ploidy levels, on the contrary, this indicator has proved to be 1.4–1.5 times lower as compared with diploid (2n) forms. When determining the content of flavans and flavanols in leaves of the obtained regenerated plants the authors have observed the same trend depending on the ploidy level of cells. In the discussed work they also have determined the amount of soluble phenolic compounds (SFC) in the 1st and 3rd samples of normal leaves. The studies have shown that the regenerated cabbage plants the with the 3n and 5n ploidy featured significant changes. In the 3rd normal leave of 5n plants SFC has increased by 80%, and in 3n plants — by 35% as compared with the 1st normal leave. For diploid and haploid plants no significant changes in the SFC content in leaves were observed. Determination of a and b-type chlorophylls has shown that haploid white cabbage forms possesses higher level of these pigments than other forms of plants varying in ploidy. Their accumulation both in the 1st and 3rd normal leaves has not been essential. The obtained data indicate that haploid forms of cabbage regenerants developed from reproductive organs in vitro are characterized by a higher level of the accumulation of phenolic compounds that indicates a change in phenolic metabolism in the plants.

Key words: cabbage, ploidy level, phenolic compounds, regenerated plants, in vitro.

References

1. *Kirakosyan R.N., Kalashnikova Ye.A.* Soderzhaniye fenolnykh soyedineniy v rasteniyakh-regenerantakh kapusty belokochannoy [The content of phenolic compounds in plants-regenerants of white cabbage] / R.N. Kirakosyan. Ye.A. Kalashnikova // *Materialy IX Mezhdunarodnogo simpoziuma "Fenolnyye soyedineniya: fundamentalnyye i prikladnyye aspekty"* // Moskva. 2015. P. 291–292.

2. *Kirakosyan R.N., Kalashnikova Ye.A.* Uroven fenolnykh soyedineniy v rasteniyakh-regenerantakh kapusty belokochannoy [The amount of phenolic compounds in plants-regenerants of white cabbage] / R.N. Kirakosyan. Ye.A. Kalashnikova // *Sbornik materialov Mezhdunarodnoy*

nauchnoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov, posvyashchenoy 150-letiyu RGAU-MSKhA imeni K.A. Timiryazeva. Moskva. 2015. P. 36–37.

3. *Kirakosyan R.N., Kalashnikova Ye.A.* Tsitologicheskiy i biokhimicheskiy analiz rasteniy-regenerantov kapusty belokochannoy (*Brassica oleracea* L.). poluchennykh iz mproduktivnykh organov in vitro [Cytological and biochemical analysis of plants-regenerants of white cabbage (*Brassica oleracea* L.) obtained in vitro from reproductive organs] / R.N. Kirakosyan, Ye.A. Kalashnikova // Sbornik materialov VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “Biotekhnologiya kak instrument sokhraneniya bioraznoobraziya rastitel'nogo mira”. Yalta 2016. 224 p.

4. *Kirakosyan R.N., Kalashnikova Ye.A.* Cytological and Biochemical Analysis of Regenerated Plants of Cabbage (*Brassica oleracea* L.) / R.N. Kirakosyan, Ye.A. Kalashnikova // 2nd Symposium on EuroAsian Biodiversity (SEAB-2016). Turkey, Antalia. 23–27 May 2016.

5. *Francisco M.* Cooking methods of Brassica rapa affect the preservation of glucosinolates, phenolics and vitamin C / M. Francisco, P. Velasco, D.A. Moreno, C. Garcia-Viguera, M.E. Cartea // Food Res. Int. 2010. Vol.43. P. 1455–1463.

6. *Francisco M.* Simultaneous identification of glucosinolates and phenolic compounds in a representative collection of vegetable Brassica rapa / M. Francisco, D.A. Moreno, M.E. Cartea, F. Ferreres, C. Garcia-Viguera, P. Velasco // J. Chromatogr. 2009. Vol. 1216. P. 6611–6619.

7. *Gawlik-Dziki U.* Effect of hydrothermal treatment on the antioxidant properties of broccoli (*Brassica oleracea* var. botrytis italica) florets / U. Gawlik-Dziki // Food Chem. 2008. Vol. 109. Pp. 393–401. Molecules. 2011. Vol. 16. 279 p.

8. *Jahangir M.* Health-Affecting Compounds in Brassicaceae / M. Jahangir, H.K. Kim, Y.H. Choi, R. Verpoorte // Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 2009. Vol. 8. P. 31–43.

9. *Kirov I.* An easy “SteamDrop” method for high quality plant chromosome preparation / Ilya Kirov, Mikhail Divashuk, Katrijn Van Laere, Oleg Alexandrov, Alexander Soloviev, Ludmila Khrustaleva // Plant molecular cytogenetics in genomic and postgenomic era, Katowice, Poland. 2014. 61 p.

10. *Martinez-Sanchez A.* A comparative study of flavonoid compounds, vitamin C, and antioxidant properties of baby leaf Brassicaceae species / A. Martinez-Sanchez, A. Gil-Izquierdo, M.I. Gil, F. Ferreres // J. Agric. Food Chem. 2008. Vol. 56. P. 2330–2340.

11. *Velasco P.* Phytochemical fingerprinting of vegetable Brassica oleracea and Brassica napus by simultaneous identification of glucosinolates and phenolics / P. Velasco, M.Francisco, D.A. Moreno, F. Ferreres, C. Garcia-Viguera, M.E. Cartea // Phytochemical Analysis (in press). 2010. doi: 10.1002/pca.1259.

Киракосян Рима Нориковна — к. б. н., асс. кафедры генетики, биотехнологии, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: mia41291@mail.ru).

Калашникова Елена Анатольевна — д. б. н., проф. кафедры генетики, биотехнологии, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (916) 927-73-19; e-mail: kalash0407@mail.ru).

Rima N. Kirakosyan — PhD (Bio), Assistant Professor, the Department of Genetics, Biotechnology, Selection and Seed-Growing, Russian Timiryazev State Agrarian Universit (127550, Timiryazevskaya str., 49, e-mail: mia41291@mail.ru).

Yelena A. Kalashnikova — PhD (Bio), Professor, the Department of Genetics, Biotechnology, Selection and Seed-Growing, Russian Timiryazev State Agrarian Universit (127550, Timiryazevskaya str, 49; phone: (916) 927-73-19; e-mail: kalash0407@mail.ru).