

ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПИГМЕНТНОГО СОСТАВА ЛИСТЬЕВ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО СОРТА ЦИАН В СТЕПНОЙ ЗОНЕ УКРАИНЫ

В.В. Яранцева*

Запорожский национальный университет

Приведены данные исследований по содержанию основных фотосинтетических пигментов (хлорофиллов *a, b* и каротиноидов) у льна масличного сорта Циан на трех стадиях развития: «елочке», бутонизации, цветении. Установлено, что количество хлорофилла *a* превышает содержание хлорофилла *b* на всех стадиях развития. Выявлено возрастание содержания пигментов в течении онтогенеза к стадии цветения, за исключением хлорофилла *b*. Соотношения количества хлорофиллов и суммы хлорофиллов к каротиноидам изменяется в зависимости от стадии развития сорта и условий вегетации.

Ключевые слова: *Linum humile* Mill., лен масличный, хлорофилл, каротиноид, фотосинтетический пигмент.

Введение

Последние годы в Украине лен масличный пользуется большой популярностью. Льняное масло имеет широкий спектр хозяйственно-биологических свойств: используется в лакокрасочной, электротехнической кожевенно-обувной промышленности, а так же в диетологии, косметологии и медицине, как источник ценных полиненасыщенных Омега-3 (линоленовой) и Омега-6 (линолевой) жирных кислот (Tovstanovska et al. 2012; Zhivetin, Ginsburg 2000).

Различные сферы использования культуры свидетельствуют о хороших адаптационных возможностях выращивания льна масличного в разных регионах Украины. Успешное выращивание льна масличного на юге страны в первую очередь зависит от наличия сортов, адаптированных к климатическим условиям степи.

Уровень адаптации растений к климатическим условиям конкретного региона, количество и качество урожая зависят от работы фотосинтетического аппарата растения. Основными фотосинтетическими пигментами хлоропластов является хлорофиллы *a, b* и каротиноиды. Количество пигментов и их соотношение может меняться в зависимости от сорта растения и фазы его развития, что влияет на метаболизм растений и продуктивность (Gryuner, Kuleshova 2018).

*научный руководитель - В.А. Лях, д.б.н, профессор, заведующий кафедрой садово-паркового хозяйства и генетики биологического факультета Запорожского национального университета

Так как сорт льна масличного Циан является ценным генетическим материалом, то актуальным является изучение его адаптационных возможностей на уровне фотосинтетического аппарата.

Целью данной работы является изучение содержания и соотношения основных фотосинтетических пигментов сорта льна масличного Циан в онтогенезе.

Материал и методы исследований

На опытном участке кафедры садово-паркового хозяйства и генетики Запорожского национального университета в течение трех лет в полевых условиях выращивали сорт льна масличного Циан. Сорт был выведен во ВНИИМК (г. Краснодар). Имеет высоту растений 60-65 см; куст без антоциановой окраски; лист удлинённо-ланцетный, без опушения, расположение спиральное; масса 1000 семян 7-8 г; содержание масла 46-49%; урожайность семян 2,0-2,3 т/га. (Lyah, Soroka 2008; Lyah et al. 2009).

Растения выращивали в естественных условиях открытого грунта. Основные показатели климатических условий, среднемесячная температура воздуха и сумма выпавших осадков в городе Запорожье представлена по данным сайта www.pogodaiklimat.ru в таблице 1.

Таблица 1

Средние месячные температуры воздуха и суммы выпавших осадков в Запорожье (2014-2016 гг.)

Год	Месяц							
	май		июнь		июль		август	
	t, °C	осадки, мм	t, °C	осадки, мм	t, °C	осадки, мм	t, °C	осадки, мм
2014	18.8	80	19.8	89	23.8	13	24.0	29
2015	16.6	44	21.4	70	23.1	25	23.3	34
2016	16.0	80	21.6	50	23.9	12	24.7	8

Для определения содержания фотосинтетических пигментов (хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов) отбирали листья сорта Циан в верхней части растения в течении онтогенеза, на трех стадиях развития: «елочке», бутонизации, цветении. Листья взвешивали (200-300 мг) и в пятикратной повторности растирали в ступке с небольшим количеством CaCO₃, кварцевого песка и 80% ацетона. Гомогенат фильтровали на сложенном фильтре для извлечения фотосинтетических пигментов. Для расчета концентрации хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов оптическую плотность экстракта определяли на спектрофотометре СФ-46 на длине волны, соответствующей максимальному поглощению исследуемых пигментов в данном растворителе, $\lambda = 663, 646$ и 470 нм. Контроль – чистый растворитель (80% ацетон), *l* кюветы = 1 см. Концентрацию пигментов рассчитывали по формуле для определения хлорофиллов и каротиноидов в 80% ацетоне (Verestyanaуа 2012).

Результаты исследований и их обсуждение

На стадии «елочки», когда у льна масличного наблюдалось 8-10 пар настоящих листьев наблюдалось следующие распределение основных фотосинтетических пигментов.

В 2014 году на стадии «елочки» у сорта Циан было обнаружено высокое количество хлорофилла *a*, в пределах $1559,25 \pm 136,542$ мкг/г сырого веса. Количество хлорофилла *b* оказалась в три раза ниже, чем хлорофилла *a*. Количество каротиноидов не превышало количество хлорофилла *b* ($602,24 \pm 46,577$ мкг/г сырого веса) и составило $409,94 \pm 37,572$ мкг/г сырого веса.

В 2015 году соотношение пигментов отличалось от предыдущего года. Количество хлорофилла *a* ($754,74 \pm 63,768$ мкг/г сырого веса) было вдвое меньше, чем в прошлом году, а количество хлорофилла *b* и каротиноидов было на одном уровне ($203,23 \pm 17,549$ и $220,99 \pm 18,388$ мкг/г сырого веса соответственно) и составляла примерно треть от количества хлорофилла *a*.

В 2016 году у сорта Циан наблюдалось такое же распределение пигментов, как и в 2014 году. Количество хлорофилла *a* ($1582,82 \pm 126,973$ мкг/г сырого веса), было в три раза больше хлорофилла *b* ($466,37 \pm 39,653$ мкг/г сырого веса) и почти в семь раз больше содержания каротиноидов ($229,421 \pm 18,631$ мкг/г сырого веса).

В фазе бутонизации, когда в пазухах верхних листьев главного побега льна наблюдается образование бутонов, распределение фотосинтетических пигментов имело следующую закономерность.

В 2014 году у сорта Циан, выращенного в полевых условиях степной зоны Украины, содержание хлорофилла *a* и *b* ($2024,96 \pm 174,764$ и $1668,26 \pm 159,653$ мкг/г сырого веса соответственно) не имело значительной разницы, в то время как содержание каротиноидов ($354,81 \pm 26,759$ мкг/г сырого веса) более чем в 5 раз меньше, чем количество хлорофилла *a*. Достоверной разницы в верхней и нижней части растений по содержанию фотосинтетических пигментов обнаружено не было.

Характеристика пигментного состава сорта Циан 2015 года имела следующую закономерность: высокое содержание хлорофилла *a* ($1444,87 \pm 105,771$ мкг/г сырого веса), в три раза меньше количество хлорофилла *b* ($553,23 \pm 48,345$ мкг/г сырого веса) и почти в четыре раза меньшее количество каротиноидов ($385,81 \pm 26,986$ мкг/г сырого веса) по сравнению с количеством хлорофилла *a*.

В 2016 году у сорта Циан количество хлорофилла *a* ($2027,34 \pm 174,258$ мкг/г сырого веса) и *b* ($1733,69 \pm 109,675$ мкг/г сырого веса) находилась примерно на одном уровне. Наблюдалось низкое содержание каротиноидов ($402,63 \pm 26,765$ мкг/г сырого веса), количество которых было в 5 раз ниже по сравнению с хлорофиллом *a*.

Через 9-15 дней после заложения бутонов наблюдается фаза цветения.

На этой стадии у сорта Циан в 2014 году количество хлорофилла *a* ($1804,43 \pm 164,425$ мкг/г сырого веса) достоверно превышало содержание хлорофилла *b* ($1055,24 \pm 89,562$ мкг/г сырого веса), а количество каротиноидов ($489,41 \pm 39,754$ мкг/г сырого веса) была почти в 4 раза меньше количества хлорофилла *a*.

Характеристика пигментного состава сорта Циан в 2015 году имела уже привычную картину распределения пигментов: количество хлорофилла *b* ($1271,67 \pm 121,636$ мкг/г) было достоверно меньше количества хлорофилла *a* ($1896,55 \pm 175,861$ мкг/г), а количество каротиноидов ($472,19 \pm 36,141$ мкг/г сырого веса) почти в четыре раза.

В 2016 году у сорта Циан наблюдалось следующее разделение пигментов: количество хлорофилла *b* ($1649,21 \pm 107,258$ мкг/г сырого веса) было достоверно ниже по сравнению с содержанием хлорофилла *a* ($2370,56 \pm 207,589$ мкг/г сырого

веса), а количество каротиноидов ($519,3322 \pm 39,911$ мкг/г сырого веса) снижалась почти в 5 раз по сравнению с количеством хлорофилла *a*.

Известно, что содержание хлорофиллов *a* и *b* в листовой пластинке имеет противоположную тенденцию. Как и в нашем случае: большому содержанию хлорофилла *a* соответствует значительно меньшее содержание хлорофилла *b*, но возможно и наоборот (Stepanov at al. 2015).

Степанов С.А. изучая содержание хлорофилла в листьях пшеницы отмечал, что в рамках одноименного листа могут наблюдаться сортовые различия между содержанием хлорофиллов и каротиноидов. Это соотношение определяется генотипом сорта и степени его пластичности и устойчивости к действию экзогенных факторов внешней среды.

Известно, что у льна-долгунца количество фотосинтетических пигментов может увеличиваться в геометрической прогрессии к стадии цветения (Gavrilenko, Varanova 2010).

У сорта льна масличного Циан в онтогенезе количество хлорофилла *a* (рис. 1) увеличивалась от стадии «елочки» до стадии цветения, но в исследованиях 2014 года существенных отличий по содержанию хлорофилла *a* на разных стадиях развития не наблюдалось.

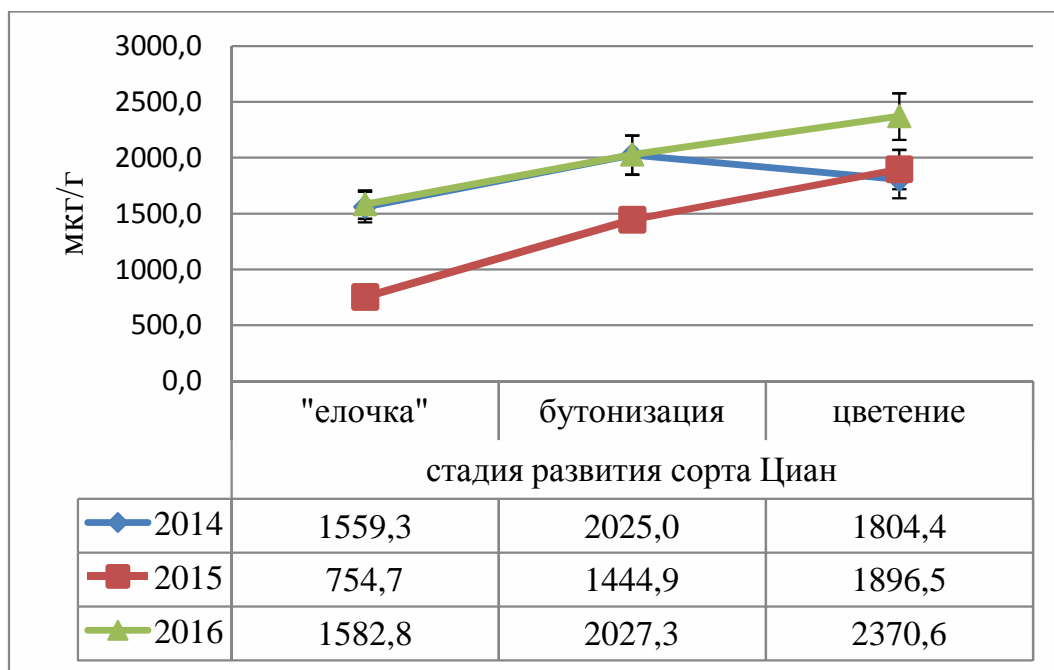


Рис. 1. Содержание хлорофилла *a* сорта льна масличного Циан в онтогенезе в течении трех лет (2014-2016 гг.)

Что же касается содержания хлорофилла *b*, то самые высокие показатели содержания пигментов наблюдаются на стадии бутонизации (рис.2). К стадии цветения количество хлорофилла *b* достоверно снижается. В 2016 году содержание хлорофилла *b* на стадии бутонизации и цветения было на одном уровне.

Содержание каротиноидов (рис.3) имело такую же закономерность распределения в онтогенезе, как и содержание хлорофилла *a*. Максимальное количество каротиноидов пропорционально увеличивалась от стадии «елочки» к стадии цветения. Данная закономерность была нарушена по данным 2014: содержание каротиноидов было почти на одном уровне в течении онтогенеза.

Из полученных данных следует, что на поздних стадиях развития наблюдалось максимальное количество всех фотосинтетических пигментов. Увеличение количества содержания фотосинтетических пигментов в фазах бутонизации и цветения наблюдалось и при исследовании люцерны, но по мере старения листьев, содержание пигментов уменьшалось (Narzulloev, Ergashev 2010).

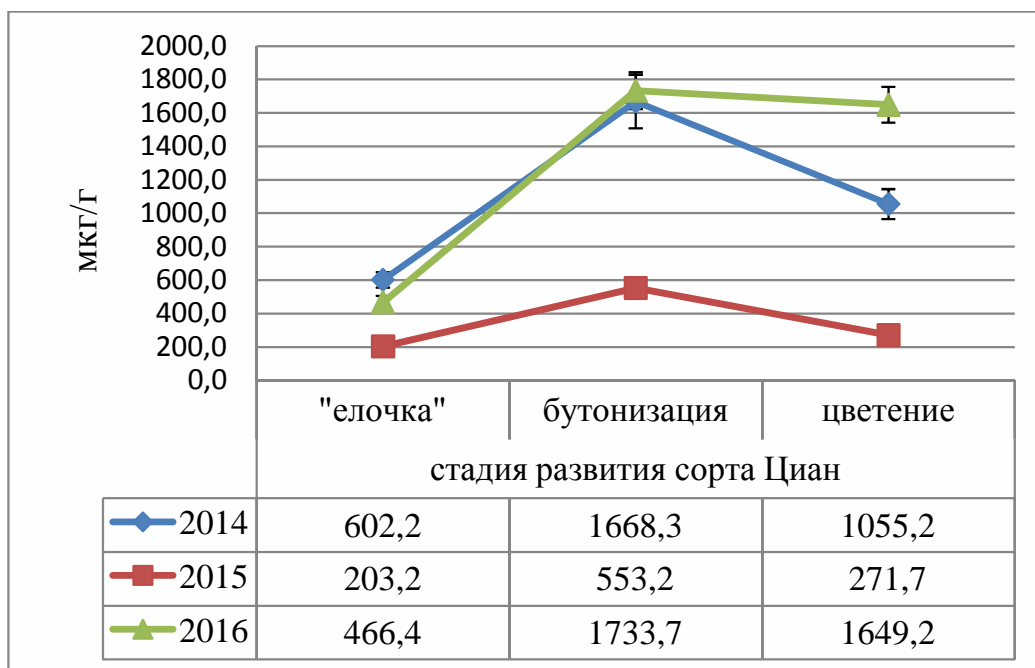


Рис. 2. Содержание хлорофилла *b* сорта льна масличного Циан в онтогенезе в течении трех лет (2014-2016 гг.)

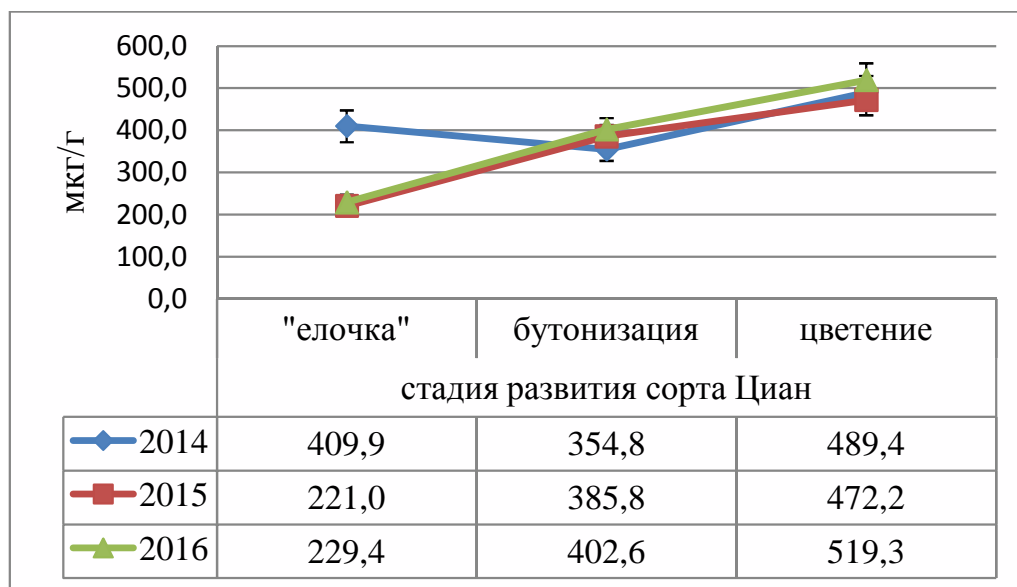


Рис. 3. Содержание каротиноидов сорта льна масличного Циан в онтогенезе в течении трех лет (2014-2016 гг.)

Известно также, что зеленые и желтые пигменты на функциональном отношении являют собой единую систему (Narzulloev, Ergashev 2010). Уменьшение хлорофилла *b* на стадии цветения могло компенсироваться высоким содержанием хлорофилла *a* и каротиноидов.

Известно, что у льна-долгунца содержание пигментов в ходе онтогенеза зависит от продуктивности растений. У низкопродуктивных сортов было обнаружено незначительные изменения по стадиям развития показателя содержания хлорофилла *a* и *b*. У некоторых сортов может (Gavrilenko, Baranova 2010) наблюдаться снижение количества хлорофиллов в начале стадии «цветения», тогда как для многих сельскохозяйственных культур в этот период наблюдают максимальное увеличение этого показателя. Снижение количества хлорофилла на этой стадии развития, по мнению авторов, может быть связано с ответной реакцией на неблагоприятные климатические условия. По нашим исследованиям к стадии «цветения» наблюдается снижение количества хлорофилла *b*, в то время как количество хлорофилла *a* и каротиноидов увеличивается в геометрической прогрессии.

Изменения в содержании каротиноидов в процессе онтогенеза также может быть связано с изменением физиологических процессов в процессе роста, а так же с погодными условиями вегетации. По выше приведенным данным (табл.1) основных показателей климатических условий за исследуемые года не наблюдалось колебаний температуры в пределах месяца больше чем на 2 °С. Что касается количества осадков, то их минимальный показатель наблюдался в мае 2015 года, на ранних этапах развития исследуемого сорта льна масличного. В этот же год по нашим данным наблюдаются более низкие показатели содержания хлорофиллов у сорта Циан, что может быть спровоцировано стрессовыми факторами на ранних этапах развития.

Более значимым для роста растения является соотношение пигментов. Из литературных данных известно, что соотношение зелёных пигментов свидетельствует о степени сформированности фотосинтетического аппарата, особенно это связано с активностью основного фотосинтетического пигмента (хлорофилла *a*). Чем больше показатель соотношения хлорофилла *a/b*, тем тем интенсивность фотосинтеза выше (в норме данный показатель должен составлять 2,2–3,5, а соотношение суммы хлорофиллов к каротиноидам 3–8). Так же по соотношению хлорофиллов можно судить о теневыносливости растений. Известно, что у светолюбивых растений соотношения хлорофилла *a/b* составляет величину порядка 4, а у теневыносливых оно близко к 2. Показатель отношения сумм хлорофиллов и каротиноидов показывает степень приспособленности растений к различным неблагоприятным факторам, и изменяется в зависимости от различных факторов среды (Kirizij 2004; Titova 2010; Ryndin et al. 2014).

Содержание хлорофиллов *a* и *b* в листьях и показатель отношение их суммы хлорофиллов к содержанию каротиноидов так же являются показателем стресса и физиологического состояния растения. Высокое содержание хлорофиллов характерно для здоровых растений, тогда как содержание каротиноидов, как правило, увеличивается при действии стресса (Lichtenthaler 2001; Kancheva 2014).

На стадии «елочки» у сорта Циан в 2014 году показатель соотношения хлорофиллов и суммы хлорофиллов к каротиноидам находится в пределах нормы и составляет 2,6 и 5,3 соответственно (табл.2). На стадии бутонизации и цветения показатель соотношения хлорофилла *a/b* уменьшается до 1,2 и 1,7 соответственно (как у теневыносливых растений) за счет повышения содержания хлорофилла *b*. На стадии цветения количество каротиноидов повышается и соотношение суммы хлорофиллов к каротиноидам находится в пределах литературных норм. Такую же тенденцию распределения пигментов на стадии

бутонизации и цветения можно наблюдать и в 2016 году. На стадии «елочки» соотношение хлорофилла a/b в 2015 и 2016 году имеет более высокие показатели, чем в 2014 - 3,7 и 3,4 соответственно (как в светолюбивые растения). Показатели изменяются из-за повышения хлорофилла b на стадии бутонизации и уменьшение его количества на стадии цветения. Соотношение суммы хлорофиллов к каротиноидов на стадии цветения находится в пределах нормы (за счет повышения содержания каротиноидов в ответ на уменьшение хлорофилла b). По числовыми показателями исследований соотношения хлорофилла a/b в течении трех лет невозможно отнести сорт Циан к светолюбивым или теневыносливым растениям, что свидетельствует о пластичности данного показателя.

Таблица 2

Соотношение основных фотосинтетических пигментов сорта Циан в течении трех лет (2014-2016 гг.)

Год исследования	Стадия развития льна масличного					
	«елочка»		бутонизация		цветение	
	Cl_a/Cl_b	$\frac{\sum \text{хлор.}}{\sum \text{карот}}$	Cl_a/Cl_b	$\frac{\sum \text{хлор.}}{\sum \text{карот}}$	Cl_a/Cl_b	$\frac{\sum \text{хлор.}}{\sum \text{карот}}$
2014	2,6	5,3	1,2	10,4	1,7	5,8
2015	3,7	4,3	2,6	5,2	7,0	4,6
2016	3,4	8,9	1,2	9,3	1,4	7,7

Есть данные о том, что в растениях, в которых соотношение хлорофилла a/b с хлорофиллом равно $2,8 \pm 0,35$, ассимиляция диоксида углерода происходит по типу C_3 (по циклу Кальвин). Если соотношение хлорофиллов a/b равно $3,9 \pm 0,6$, то ассимиляция диоксида углерода происходит по типу C_4 . У растений с C_4 типом фотосинтеза производство сухой биомассы происходит в 2,5–6 раз более интенсивно, по сравнению с растениями C_3 -типа (Turmanidze, Dolidze 2014).

Ранее было изучено, что количество фотосинтетических пигментов, их соотношение связано с морфологией пластид льна и продуктивностью растений (Yaranczeva, Lyakh 2013, Yaranczeva et al. 2013, Lyakh et al. 2016). По изменению в строении фотосинтетического аппарата на ранних этапах развития растения можно прогнозировать продуктивность растений льна на поздних этапах онтогенеза (Lyakh et al. 2016).

Выводы

1. У сорта льна масличного Циан наблюдается преобладание количества хлорофилла a по сравнению с хлорофиллом b в 2,6-3,7 раз на стадии «елочки», к стадии бутонизации количество хлорофилла b существенно возрастает (Cl_a/Cl_b 1,2-2,6).
2. Стремительное увеличение количества всех фотосинтетических пигментов у исследуемого сорта льна масличного происходит от стадии «елочки» к стадии бутонизации.

3. Количество хлорофилла *a* и каротиноидов у сорта льна масличного Циан увеличивается в процессе онтогенеза, но количество хлорофилла *b* снижается от стадии бутонизации к стадии цветения.

4. Соотношение основных фотосинтетических пигментов колеблется в зависимости от стадии развития растения и года исследований, что свидетельствует о пластичности комплекса хлорофиллов и каротиноидов в зависимости от вегетации.

References

Tovstanovska TG, Kislicka IO, Mahno YuO (2012) Lon olijniy – alternativa sonyashniku?! Praktichnij posibnik agrariya «Agroexpert» 4(45):34-35.

Zhivetin VV, Ginsburg LN (2000) Maslichnyj len i ego kompleksnoe ispolzovanie. Moskva. CNII-KALP.

Gryuner LA, Kuleshova OV (2018) Kolichestvo i sootnoshenie fotosinteticheskikh pigmentov v listyah ezheviki. Sovremennoe 3:74-80.

Lyah VA, Polyakova IA, Soroka AI (2009) Inducirovannyj mutagenez maslichnyh kultur. Zaporozhe: ZNU.

Lyah VA, Soroka AI (2008) Botanicheskie i citogeneticheskie osobennosti vidov roda Linum i biotehnologicheskte puti raboty s nimi. Zaporozhe: ZNU.

Berestyanaya AN (2012) Dinamika koncentracii hlorofilla v ontogeneze semyadolnyh listev Linum usitatissimum, podvergshihsy UF-V oblucheniyu. Dopovidi Nacionalnoyi akademiyi nauk Ukrayini 12:137-141.

Stepanov SA, Gagarinskij EL, Kasatkin MYu, Ilin NS (2015) Geterogenost organov pshenicy po sodержaniyu pigmentov fotosinteza izvestiya saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya himiya. Biologiya. Ekologiya 15(2): 59-62

Gavrilenko NT, Baranova AA (2010) Geneticheskie osnovy selekcii rastenij. Chastnaya genetika rastenij : monografiya. Minsk : Belorusskaya nauka 4(2).

Narzulloev A, Ergashev A (2010) Dinamika izmeneniya sodержaniya fotosinteticheskikh pigmentov v listyah lyucerny. Doklady akademii nauk respubliki tadjikistan. Fiziologiya rastenij 53(11):884-888

Kirizij DA (2004) Fotosintez i rost rastenij v aspekte donorno-akceptornyh otnoshenij. Kiev: Logos.

Titova MS (2010) Soderzhanie fotosinteticheskikh pigmentov v hvoe Picea abies i Picea koraiensis. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta 12-1(118):9-12.

Ryndin AV, Belous OG, Malyarovskaya VI, Pritula ZV, Abilfazova YuS, Kozhevnikova AM (2014) Ispolzovanie fiziologo-biohimicheskikh metodov dlya vyyavleniya mehanizmov adaptacii subtropicheskikh, yuzhnyh plodovyh i dekorativnyh kultur v usloviyah subtropikov Rossii. Selskohozyajstvennaya biologiya 3: 40-48.

Lichtenthaler H, Buschmann C. (2001) Chlorophylls and Carotenoids: Measurement and Characterization by UV-VIS Spectroscopy. Current Protocols in Food Analytical Chemistry F4.3.1-F4.3.8.

Kancheva R, Borisova D, Georgiev G. (2014) Chlorophyll assessment and stress detection from vegetation optical properties. Ecological Engineering and Environment Protection 1:34–43.

Turmanidze NM, Dolidze KG (2014) Rezultaty izucheniya dinamiki sodержaniya plastidnyh pigmentov v listyah chajnogo rasteniya. Fundamentalnye issledovaniya 9(9):2009-2012.

Yaranczeva VV, Lyakh VO (2013) Stan plastidnogo aparatu yak i`ndikator ri`vnya produktivnosti` roslin i`onu oli`jnogo. Acta Carpathica 1:43-48.

Yaranczeva VV, Drozd GF, Lyakh VO (2013) Zv'yazok ri`vnya produktivnosti` roslin i`onu oli`jnogo zi` stanom yikh plastidnogo apparatu Acta Carpathica 7:75-80

Lyakh VO, Yaranczeva VV, Levchuk GM, Polyakova IO (2016) Sposi`b oczi`nki ta prognozuvannya produktivnosti` roslin Patent na vinakhi`d # 111420 vi`d 25.04.2016 r.

ОНТОГЕНЕТИЧНІ ЗМІНИ ПІГМЕНТНОГО СКЛАДУ ЛИСТЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО СОРТУ ЦИАН В СТЕПОВІЙ ЗОНІ УКРАЇНИ

В.В. Яранцева

Запорізький національний університет

Останні роки в Україні льон олійний користується великою популярністю. Різні сфери використання культури свідчать про гарні адаптивні можливості вирощування льону олійного в різних регіонах України.

Метою даної роботи було вивчення вмісту та співвідношення основних фотосинтетичних пігментів сорту льону олійного Ціан в онтогенезі. Рослини вирощували в природних умовах відкритого ґрунту. Кількість пігментів визначали спектрофотометричним методом. В роботі наведені дані досліджень щодо вмісту основних фотосинтетичних пігментів (хлорофілів а, b і каротиноїдів) у льону олійного сорту Ціан на трьох стадіях розвитку: «ялинці», бутонізації, цвітіння.

Встановлено, що кількість хлорофілу а перевищує вміст хлорофілу b на всіх стадіях розвитку. Виявлено зростання вмісту пігментів в процесі онтогенезу до стадії цвітіння, за винятком хлорофілу b. На стадії «ялинки» у сорту Ціан кількість хлорофілу а, варіювала в межах *min* 754,74 ± 63,768 мкг/г, *max* 1582,82 ± 126,973 мкг/г сирої ваги, кількість хлорофілу b в межах від *min* 203,23 ± 17,549 до *max* 602,24 ± 46,577 мкг/г сирої ваги, а каротиноїдів від *min* 220,99 ± 18,388 до *max* 409,94 ± 37,572 мкг/г сирої ваги, в залежності від року дослідження. У фазі бутонізації мінімальний вміст хлорофілу а становив *min* 1444,87 ± 105,771, а максимальний *max* 2027,34 ± 174,258 мкг/г сирої ваги, хлорофілу b: від *min* 553,23 ± 48,345 до *max* 1733,69 ± 109,675 мкг/г сирого ваги, а каротиноїдів: від *min* 354,81 ± 26,759 до *max* 402,63 ± 26,765 мкг/г сирої ваги, в залежності від року дослідження. У фазі цвітіння спостерігалися наступні показники вміст хлорофілу а від *min* 1804,43 ± 164,425 до *max* 2370,56 ± 207,589 мкг/г сирої ваги, хлорофілу b від *min* 1055,24 ± 89,562 мкг/г сирої ваги до *max* 1649,21 ± 107,258 мкг/г, а каротиноїдів від *min* 472,19 ± 36,141 мкг/г до *max* 519,3322 ± 39,911 мкг/г, в залежності від року дослідження.

Співвідношення кількості хлорофілів і суми хлорофілів до каротиноїдів змінюється в залежності від стадії розвитку сорту і умов вегетації.

Ключові слова: *Linum humile* Mill., льон олійний, хлорофіл, каротиноїд, фотосинтетичні пігменти.

ONTOGENETIC CHANGES OF THE PIGMENT COMPOSITION OF LEAVES IN CYAN OIL FLAX VARIETY IN THE STEPPE ZONE OF UKRAINE

V.V. Yarantseva

Zaporizhzhia National University

In recent years, oil flax has been very popular in Ukraine. Different spheres of the use of culture indicate good adaptive opportunities for growing oil flax in different regions of Ukraine. The aim of this work is to study the content and ratio of the main photosynthetic pigments of the flax variety of oilseed Cyan grown in ontogenesis. Plants were grown in natural open ground. The number of pigments was determined by spectrophotometric method.

This is research data on the content of the main photosynthetic pigments in flax of Tsian. The content of chlorophyll a, b and carotenoids was studied at three stages of development: at the stage of 8-10 leaves, budding, flowering. It was established that the amount of chlorophyll a exceeds the content of chlorophyll b at all stages of development.

An increase in the pigment content during ontogenesis to the flowering stage was revealed, with the exception of chlorophyll b.

At the stage of the at the stage of 8-10 leaves in the Tsian variety, the amount of chlorophyll a ranged from min $754.74 \pm 63.768 \mu\text{g/g}$, max $1582.82 \pm 126.973 \mu\text{g/g}$ wet weight, the amount of chlorophyll b ranging from min 203.23 ± 17.549 to max $602.24 \pm 46.577 \mu\text{g g}$ wet weight, and carotenoids from min 220.99 ± 18.388 to max $409.94 \pm 37.572 \mu\text{g/g}$ fresh weight, depending on the year of study. In the budding phase, the minimum content of chlorophyll a was min 1444.87 ± 105.771 , and the maximum max $2027.34 \pm 174.258 \mu\text{g/g}$ wet weight, chlorophyll b: from min 553.23 ± 48.345 to max $1733.69 \pm 109.675 \mu\text{g/g}$ raw weight, and carotenoids: from min 354.81 ± 26.759 to max $402.63 \pm 26.765 \mu\text{g/g}$ wet weight, depending on the year of study. In the flowering phase, the following indicators were observed: chlorophyll a content from min 1804.43 ± 164.425 to max $2370.56 \pm 207.589 \mu\text{g/g}$ wet weight, chlorophyll b from min $1055.24 \pm 89.562 \mu\text{g/g}$ wet weight to max $1649.21 \pm 107.258 \mu\text{g/g}$, and carotenoids from min $472.19 \pm 36.141 \mu\text{g/g}$ to max $519.3322 \pm 39.911 \mu\text{g/g}$, depending on the year of study.

The ratio of the number of chlorophylls and the sum of chlorophylls to carotenoids varies depending on the stage of development of the variety and growing conditions.

Key words: *Linum humile* Mill., flax, chlorophyll, carotenoid, photosynthetic pigments.