

УДК: 582. 751.4: 581.4: 581.174

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТРОЕНИЯ ПЛАСТИДНОГО АППАРАТА КЛЕТОК МЕЗОФИЛЛА ЛИСТЬЕВ РАЗНЫХ ВИДОВ РОДА *LINUM L.*

Левчук А.Н., Максимчук А.А., Лях В.А.

Запорожский национальный университет Украина, 69600, г. Запорожье, ул. Жуковського, 66.

anna.levchuck@yandex.ua

На примере четырёх многолетних видов льна (*L. narbonense*, *L. perenne*, *L. thracicum*, *L. austriacum*) в сравнении с культурным льном (*L. humile*) изучена морфология пластидного аппарата многолетних видов р. *Linum*. В результате проведенных исследований показано, что пластидный аппарат изученных видов рода характеризуется различным составом. Кроме того, что хлоропласты делятся на мелкие и крупные, последние бывают круглые, овальные и удлинённые в соответствии с соотношением длины и ширины. Обнаружено, что для *L. narbonense* и *L. perenne* характерно наличие крупных круглых и овальных хлоропластов, для *L. thracicum* характерны крупные пластиды всех трёх типов, круглые и удлинённые хлоропласты присутствуют в клетках *L. austriacum*, в то время как для *L. humile* характерно наличие только круглых пластид.

Ключевые слова: пластидный аппарат, хлоропласт, мезофилл листа, многолетний вид, лён.

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА БУДОВИ ПЛАСТИДНОГО АПАРАТУ КЛІТИН МЕЗОФІЛУ ЛИСТЯ РІЗНИХ ВИДІВ РОДУ *LINUM L.*

Левчук Г.М., Максимчук А.А., Лях В.О.

Запорізький національний університет Україна, 69600, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 66.

На прикладі чотирьох багаторічних видів льону (*L. narbonense*, *L. perenne*, *L. thracicum*, *L. austriacum*) у порівнянні з льном олійним (*L. humile*) вивчена морфологія пластидного апарату багаторічних видів р. *Linum*. В результаті проведених досліджень виявлено, що пластидний апарат вивчених видів роду характеризується різним складом. Окрім того, що хлоропласти поділяються на дрібні та великі, останні бувають округлі, овальні та видовжені у відповідності до співвідношення довжини та ширини. Виявлено, що для *L. narbonense* та *L. perenne* характерна наявність великих округлих та овальних хлоропластів, для *L. thracicum* характерні великі пластиди всіх трьох типів, округлі та видовжені хлоропласти присутні у клітинах *L. austriacum*, в той час як для *L. humile* характерна наявність тільки округлих пластид.

Ключові слова: пластидний апарат, хлоропласт, мезофіл листка, багаторічний вид, льон.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF PLASTID APPARATUS STRUCTURE OF LEAF CELLS MESOPHYLL IN THE DIFFERENT SPECIES OF GENUS *LINUM L.*

Maksymchuk A.A., Levchuk A.N., Lyakh V.A.

Zaporizhzhya National University, Ukraine, 69600, Zaporizhzhya Zhukovskogo Street, 66.

Flax this is one of the major commercial crops of the world. According to FAO, it takes about 4 million hectares of crop areas. The stems, thread, rope and other flax products were found in the buildings belonging to the Stone Age. Since ancient times, before the foundation of the Kiev state, flax was grown for fiber, oil and fabric manufacturing by all the tribes that inhabited the territory of modern Ukraine.

The largest acreage of linseed are concentrated in Canada, Argentina, China, India, USA, Russia. In Ukraine, the main acreage of linseed are in Dnepropetrovsk, Zaporozhye, Nikolayev, Kherson regions and in Crimea. On average, every year the area of its sowing occupy about 60 thousands of hectares. With its growing such a valuable product as non-saturating oil is receiving. Seeds contain 35-42% of oil (iodine value is 165-192), and about 25% of proteins. Oil is widely used in food, paint, soap, paper, electrical industry and in medicine.

However, except cultivated flax, *Linum L.* genus comprises more than 200 species, among which there are annual and perennial herbaceous plants, shrubs and trees. The greatest quantities of plants in this genus are concentrated in the temperate and subtropical zones of the globe.

It is known that flax is a plastic crop. It can exist and give high yields on the different territory of the globe. Linseed is grown in Canada, as well as in Africa and Australia. Representatives of flax were found in different environmental conditions. Most often, they grow on dry rocky, clay, limestone and grassy slopes, mountain steppes, subalpine and alpine meadows, and sometimes even on saline marshes.

Therefore, there is a mechanism of adaptation of these plants to various environmental conditions. Due to the almost constant performance is believed that this adaptation occurs at the level of the basic structural unit of photosynthesis - chloroplasts. So, in linseed (*L. humile*) two types of chloroplasts (small and large) were found, and the opinion is suggested that small chloroplasts are necessary for this adaptation. It was also found that in chlorophyll mutants of cultivated flax the size and shape of large chloroplasts are significantly change.

The aim of this study was to investigate the morphology of the plastid apparatus in perennial species of genus *Linum*, which are phylogenetically more ancient in comparison with the cultivated flax.

The study involved such perennial species of flax as *Linum narbonense* L., *Linum thracicum* L., *Linum perenne* L. and *Linum austriacum* L. and annual species *Linum humile* Mill (variety Cyan). As materials for the study of chloroplasts fully formed leaves of these species were used.

The investigations were carried out at the experimental station of Chair of Landscape Industry and Plant Genetics of Zaporizhzhya National University., The leaves were taken in the field conditions to study the morphology of the plastid apparatus in the tested plants. Selection was carried out at the flowering stage.

Leaves were fixed in a mixture Tempera (0.2% solution of copper chloride, 0.2% solution of copper nitrate, 41% phenol solution) for 10 days in a dark which allows keep color chloroplasts.

Preparations of slices were performed by Pausheva. This method involves fixing, washing and dehydration, impregnation of organic solvents and paraffin manufacture of paraffin blocks and microtome slices sticking them on glass slides and dewaxing.

The resultant preparations were photographed using a microscope trinocular XS-3330 and the ocular camera MA88-500 at magnification of $\times 640$ and $\times 1600$ times. Sizes of chloroplasts measured using eyepiece micrometer, chloroplast volume was calculated using the method Mokronosova.

The measurements have shown that different types of flax are characterized by different plastid apparatus (the composition of chloroplasts). So, *L. narbonense* has revealed large oval and round the chloroplasts in mesophyll cells, but small and large elongated plastids have not been identified; in *L. thracicum* is characteristic the presence of all the varieties of chloroplast morphology; in *L. perenne* large oval and round chloroplasts, as well as small chloroplasts were revealed; in *L. austriacum* large and round the elongated chloroplasts, as well as a small number of cells with small chloroplasts is indentified.

Thus, we can say that the oval chloroplasts were characteristic for all species except *L. austriacum* and *L. humile*, and round chloroplasts - for every species. *L. thracicum* has all kinds of large chloroplasts and also has small chloroplasts (as well as *L. narbonense*). Besides, long chloroplasts are also characteristic for *L. austriacum*.

It is found that the longest chloroplasts are elongated chloroplasts of *L. austriacum*, and the shortest ones are round chloroplasts of the same species. In addition, the size of chloroplasts in many of studied species is significantly differed from size of the *L. humile* chloroplasts. So, length of the round chloroplasts in all the studied species, except *L. narbonense*, significantly smaller, than chloroplasts of *L. humile*. The length of the elongated and oval chloroplasts in all studied species was significantly bigger than in *L. humile*, and elongated chloroplasts, besides, are significantly narrower in comparison with the control. The width of round and oval chloroplasts in all studied species did not differ from round of chloroplasts *L. humile*. For a more objective and accurate description of the objects the average volumes of chloroplasts in all studied species compared with *L. humile* were calculated. Chloroplasts of all studied species of perennial flax (regardless of form) have a smaller volume than the chloroplasts of *L. humile*. Volume of chloroplasts in different species are varieing from 9.8 mm^3 for elongated chloroplasts in *L. austriacum* to 53.7 mm^3 for oval chloroplasts in *L. narbonense*. So, all studied species have the smallest volume of elongated chloroplasts, and the highest – oval.

Thus, the analyzed perennial species of flax were different, both in the qualitative composition of the plastid apparatus (regardless of form chloroplasts) and quantitative characteristics (linear sizes and volume of chloroplasts). For the plastid apparatus of mesophyll leaves for all studied species is characteristic the presence of round chloroplasts. In

addition, in different species oval and elongated chloroplasts, which are species-specific, are found. Thus, *L. narbonense* and *L. perenne* are characterized by oval chloroplasts as well *L. thracicum* – oval and elongated chloroplasts, and *L. austriacum* – elongated chloroplasts.

Key words: plastid apparatus, chloroplast, leaf mesophyll, perennial species, flax.

ВВЕДЕНИЕ

Лен – одна из важнейших технических культур мира. По данным ФАО он занимает около 4 млн. га посевных площадей [1]. Стебли льна, нитки, веревки и другие изделия найдены в постройках, относящихся к каменному веку. С древних времен, еще до основания Киевского государства, лен, для получения волокна, масла и изготовления полотна, выращивали все племена, населявшие территорию современной Украины.

Наибольшие посевные площади льна масличного сосредоточены в Канаде, Аргентине, Китае, Индии, США, России. В Украине основные посевные площади льна масличного находятся в Днепропетровской, Запорожской, Николаевской, Херсонской областях и в АР Крым. В среднем, каждый год площади его посева занимают около 60 тыс. га. При его выращивании получают такой ценный вид продукции как невысыхающее масло. Семена содержат 35-42% масла (йодное число 165-192) и около 25% белковых веществ. Масло широко используется в пищевой, лакокрасочной, мыловаренной, бумажной, электротехнической промышленности и в медицине.

Основным фактором, способствующим росту посевных площадей под льном, в настоящее время является экономический. Лен считается достаточно урожайной ранней яровой масличной культурой (потенциал урожайности составляет до 20 ц/га). Еще одна важная особенность – агротехническая. Благодаря ранним срокам сева (март-апрель), короткому периоду вегетации (до 90 дней) лен является хорошим предшественником для большинства сельскохозяйственных культур, в том числе озимой пшеницы. Этот факт делает его идеальной страховой культурой в случае гибели озимых [2].

Однако, кроме льна культурного, род *Linum L.* объединяет более 200 видов, среди которых есть однолетние и многолетние травянистые растения, кустарники и деревья. Наибольшее количество растений этого рода сосредоточены в умеренном и субтропическом поясах Земного шара [3].

Известно, что лен является очень пластичной культурой. Он может существовать и давать высокие урожаи на территории почти всего Земного шара [4]. Лен масличный выращивают как в Канаде, так и в Африке и Австралии. Представители льна встречаются в довольно разнообразных экологических условиях. Чаще всего они произрастают на сухих каменистых, глинистых, известняковых и травянистых склонах, горных степях, на субальпийских и альпийских лугах, а иногда даже на засоленных болотах [5].

Поэтому существует механизм адаптаций этого растения к различным условиям окружающей среды. Считается, что эта адаптация происходит на уровне основной структурной единицы фотосинтеза – хлоропластов. Так, у льна масличного (*L. humile*) найдено 2 типа хлоропластов – мелкие и крупные и высказано мнение о том, что мелкие хлоропласты являются необходимыми для этой адаптации [6]. Было также установлено, что у хлорофилльных мутантов льна культурного размеры и форма крупных хлоропластов существенно меняются.

Целью данной работы было исследовать морфологию пластидного аппарата многолетних видов *p. Linum*, являющихся филогенетически более древними, в сравнении с культурным льном.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования были многолетние виды льна - *Linum narbonense* L., *Linum thracicum* L., *Linum perenne* L. и *Linum austriacum* L. и однолетний вид *Linum humile* Mill (сорт Циан). В качестве материалов для исследования хлоропластов были использованы полностью сформированные листья этих видов.

Исследования проводились на опытном участке кафедры садово-паркового хозяйства и генетики растений Запорожского национального университета. В полевых условиях отбирали листья для изучения морфологии пластидного аппарата у исследуемых растений. Отбор проводили на стадии цветения.

Приготовление срезов проводились по С. П. Паушевой [7]. Данная методика включает в себя фиксацию, промывку и обезвоживание, пропитку органическими растворителями и парафином, изготовление парафиновых блоков и микротомных срезов, их наклеивание на предметные стекла и депарафинирование.

Листья фиксировали в смеси Темпера (0,2 % раствор хлорида меди, 0,2% раствор азотно-кислой меди, 41% раствор фенола) в течение 10 дней в темноте, которая позволяет сохранить окраску хлоропластов [8]. Зафиксированные листья промывали большим количеством воды и трижды выдерживали в 10-кратном объеме дистиллированной воды по 24 часа. Затем осуществляли проведение растительного материала через спирты с различной концентрацией (использовали 12 изменений спирта: по 2 смены 20%, 40%, 60%, 70%, 96%, 100%). В каждом растворе материал выдерживали по 1 часу.

Далее осуществляли проводку материала через растворы органического растворителя путем выдерживания в течение 1 часа последовательно в растворах хлороформа различной концентрации на спирте: 25%, 50 % 75% и чистом хлороформе. Этап заливки в парафин проводили путем замещения хлороформа парафином. Образец помещали в небольшой объем хлороформа, сверху наслаивали парафин, помещали в термостат и оставляли там до полного испарения хлороформа на несколько суток. Затем готовили парафиновые блоки. Из готовых парафиновых блоков изготавливали серии срезов толщиной 10 мкм и наклеивали на предметные стекла.

После этого проводили депарафинирование срезов. Для этого стекло с наклеенными срезами промывали в трех сменах ксилола, трех сменах спирта и трех сменах дистиллированной воды. Время нахождения в каждой среде – 20-30 минут. Срезы помещали в глицерин и накрывали покровными стеклами [7].

Полученные препараты фотографировали с помощью тринокулярного микроскопа XS-3330 и окулярной камеры МА88-500 при увеличении $\times 640$ и $\times 1600$ раз. Размеры хлоропластов определяли с помощью окуляр-микрометра, рассчитывали объем хлоропластов, используя методику Мокроносова [9].

Обработку данных проводили, используя стандартные методы математической статистики [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При исследовании микротомных анатомических препаратов срезов мезофилла листьев льна разных многолетних видов было обнаружено, что различные клетки мезофилла листа одного и того же вида льна содержат различные хлоропласты, различающиеся по размеру (мелкие и крупные) и форме крупных хлоропластов (круглые, овальные и длинные). Было обнаружено, что мезофилл различных видов льна имеет различный пластидный аппарат (табл. 1).

Таблица 1 - Типы хлоропластов в листьях разных видов льна

| Вид льна | Типы хлоропластов | | | |
|-------------------------|-------------------|---------|------------|--------|
| | крупные | | | мелкие |
| | овальные | круглые | удлинённые | |
| <i>Linum narbonense</i> | + | + | - | - |
| <i>Linum thracicum</i> | + | + | + | - |
| <i>Linum perenne</i> | + | + | - | + |
| <i>Linum austriacum</i> | - | + | + | - |
| <i>Linum humile</i> | - | + | - | + |

Примечание: «+» - наличие клеток с хлоропластами данного типа; «-» - наличие клеток с хлоропластами данного типа.

Для удобства обработки полученных результатов мы составили определенную шкалу для точного их количественного анализа. Таким образом, к овальным были отнесены хлоропласты, у которых отношение ширины к длине составляло 1,5-2 единицы (рис. 1).

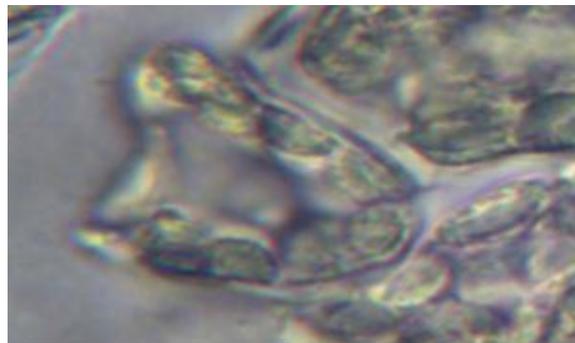


Рисунок 1 - Овальные хлоропласты мезофилла листа льна

К круглым были отнесены хлоропласты, у которых отношение ширины к длине составляло 1-1,5 единицы (рис. 2б). Форму и размер мелких хлоропластов (рис. 2а) мы не рассчитывали.

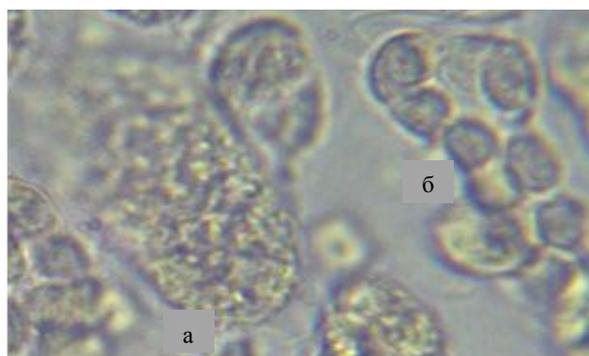


Рисунок 2 – Мелкие (а) и круглые крупные (б) хлоропласты мезофилла листа льна

К длинным пластидам было отнесены хлоропласты, у которых отношение ширины к длине составляло 2 единицы, или более (рис. 3).

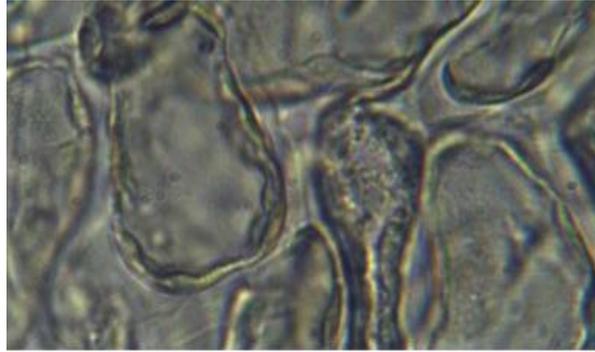


Рисунок 3 - Длинные хлоропласты мезофилла листа льна

В результате измерений было выявлено, что различные виды льна характеризуются различным пластидным аппаратом – составом хлоропластов. Так, у *L. narbonense* в клетках мезофилла обнаружены крупные овальные и круглые хлоропласты, а мелкие и крупные удлинённые пластиды – не выявлены; для *L. thracicum* характерно присутствие всех найденных нами разновидностей морфологии крупных хлоропластов и отсутствие мелких; у *L. perenne* обнаружены крупные овальные и круглые хлоропласты, а также мелкие хлоропласты; у *L. austriacum* имеются крупные удлинённые и круглые хлоропласты, а также незначительное количество клеток с мелкими хлоропластами.

Таким образом, можно сказать, что овальные хлоропласты были характерными для всех представленных видов, кроме *L. austriacum* и контроля – *L. humile*, а круглые – для всех. *L. thracicum* имеет все виды крупных хлоропластов и не имеет мелких (так же как и *L. narbonense*). Кроме этого длинные хлоропласты также характерны для *L. austriacum*.

В связи с тем, что кроме формы хлоропласты разных типов отличались ещё и размером, были измерены длина и ширина крупных хлоропластов разных типов. Для вычисления размеров крупных хлоропластов в клетках мезофилла листьев исследуемых видов р. *Linum* мы измеряли по 15-30 найденных крупных хлоропластов каждой формы (табл. 2).

Таблица 2 - Размеры хлоропластов клеток мезофилла разных многолетних видов р. *Linum*

| Вид льна | Форма крупных хлоропластов | | | | | |
|-------------------------|----------------------------|-------------|---------------|-------------|---------------|---------------|
| | овальные | | круглые | | удлинённые | |
| | длина, мкм | ширина, мкм | длина, мкм | ширина, мкм | длина, мкм | ширина, мкм |
| <i>Linum narbonense</i> | 7,1 ± 0,28** | 3,8 ± 0,24 | 5,0 ± 0,01 | 4,0 ± 0,01 | - | - |
| <i>Linum thracicum</i> | 6,3 ± 0,22* | 3,8 ± 0,23 | 4,0 ± 0,02*** | 4,0 ± 0,1 | 7,0 ± 0,94** | 2,0 ± 0,01*** |
| <i>Linum perenne</i> | 6,5 ± 0,21* | 3,5 ± 0,31 | 4,4 ± 0,27* | 3,8 ± 0,22 | - | - |
| <i>Linum austriacum</i> | - | - | 3,5 ± 0,31** | 3,5 ± 0,32 | 7,3 ± 0,87*** | 1,6 ± 0,22*** |
| <i>Linum humile</i> | - | - | 5,5 ± 0,23 | 4,5 ± 0,22 | - | - |

Примечание: *, **, *** - отличия от *L. humile* существенны при 5 %, 1 % и 0,1 % уровне значимости

Из представленных результатов видно, что самыми длинными являются удлинённые хлоропласты *L. austriacum*, а самыми короткими – круглые хлоропласты того же вида. Кроме того, как видно из табл. 2, размеры хлоропластов многих из исследуемых видов достоверно отличаются от размеров *L. humile*. Так, длина круглых хлоропластов у всех исследуемых видов, кроме *L. narbonense* достоверно меньше чем хлоропласты *L. humile*. Длина удлинённых и овальных хлоропластов у всех исследуемых видов достоверно больше по сравнению с *L. humile*, а удлинённые хлоропласты к тому же являются достоверно более узкими по сравнению с контролем. Ширина круглых и овальных хлоропластов у всех исследуемых видов от круглых хлоропластов *L. humile* достоверно не отличается.

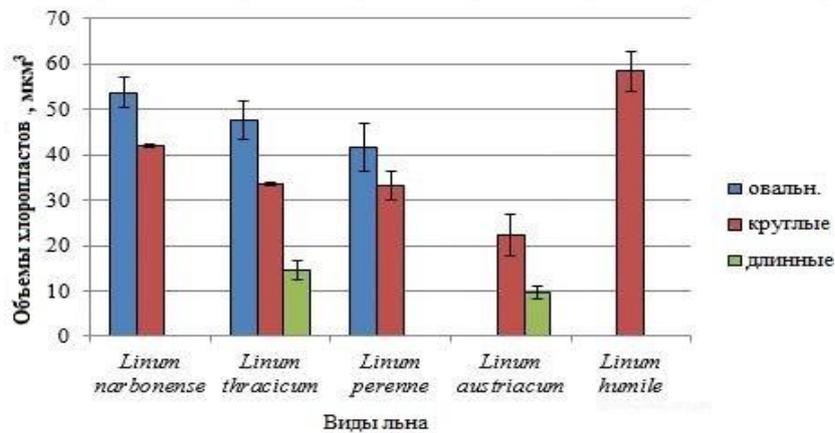


Рисунок 4 – Объём хлоропластов у различных видов льна

Для более объективной и точной характеристики исследуемых объектов были рассчитаны средние объёмы хлоропластов всех исследуемых видов по сравнению с *L. humile*. Полученные результаты представлены на рисунке 4.

Как видно из рис. 4, хлоропласты всех исследуемых многолетних видов льна (независимо от формы) имеют меньший объём, чем хлоропласты *Linum humile*. Объём хлоропластов у разных видов колеблется от 9,8 мкм³ для удлинённых хлоропластов *L. austriacum* до 53,7 мкм³ для овальных хлоропластов *L. narbonense*. В целом, у исследуемых видов наименьший объём имеют удлинённые хлоропласты, а наибольший – овальные.

Из исследуемых образцов наиболее близок к контролю *Linum narbonense*, пластидный аппарат которого состоит из самых крупных (из исследуемых видов льна) овальных и круглых хлоропластов (53,7 и 41,2 мкм³ соответственно). Наименьшие показатели объёма хлоропластов имеет мезофилл *L. austriacum*, который содержит круглые и удлинённые хлоропласты (9,8 и 22,5 мкм³ соответственно).

Таким образом, проанализированные многолетние виды льна оказались разными как по качественному составу пластидного аппарата (форма хлоропластов), так и по количественным характеристикам (линейные размеры и объём хлоропластов). Так, для пластидного аппарата мезофилла листьев всех исследуемых видов характерно наличие круглых хлоропластов. Кроме того, у представителей разных видов встречаются ещё и овальные и удлинённые хлоропласты, что является видоспецифичным. Так, для *L. narbonense* и *L. perenne* характерно наличие ещё и овальных хлоропластов, для *L. thracicum* – овальных и удлинённых, а для *L. austriacum* – ещё и удлинённых хлоропластов.

Выявлено, что более длинными, по сравнению с *L. humile*, являются овальные и удлинённые хлоропласты диких видов, а последние являются ещё и наиболее узкими. Однако все хлоропласты оказались меньшими по объёму, чем хлоропласты льна масличного.

ВЫВОДЫ

1. Пластидный аппарат представленных многолетних видов рода *Linum* не является одинаковым, а характеризуется специфичностью своего состава, в зависимости от вида, которому он принадлежит.
2. Крупные хлоропласты различных видов льна не являются однородными по форме. Они классифицируются на круглые, овальные и удлинённые в соответствии с соотношением длины и ширины.
3. Было обнаружено, что среди крупных пластид круглые и овальные характерны для *L. narbonense* и *L. perenne*, для *L. thracicum* характерны большие пластиды всех трёх типов, круглые и удлинённые хлоропласты присутствуют в клетках *L. austriacum*, а для *L. humile* характерно наличие только круглых пластид.

ЛИТЕРАТУРА

1. Живетин В. В. Масличный лен и его комплексное использование / В. В. Живетин, Гинзбург Л. Н. – М., 2000. - 90 с.
2. Овчаченко Е. Украинский рынок льна: тенденции и перспективы, [Электронный ресурс] / Е. Овчаренко – Режим доступа: <http://www.apk-inform.com/ru/exclusive/topic/111957>.
3. Лях В.А. Ботанические и цитогенетические особенности видов рода *Linum* и биотехнологические пути работы с ними: монография / В.А. Лях, А.И. Сорока. - Запорожье: ЗНУ, 2008. – 181 с.
4. Кутузова С.Н. Генетика льна/ С.Н. Кутузова // Генетика культурных растений. - Санкт - Петербург, 1998. – С. 36– 37.
5. Пробатова Н. С. Сем. Льновые *Linaceae* S. F. Gray / под ред С. С. Харкевич // Сосудистые растения Советского Дальнего Востока. – Л., 1988. - Т.3. - С. 133.
6. Левчук А.Н. Особенности морфологии пластидного аппарата хлорофилльных мутантов льна масличного / А.Н. Левчук, И.А. Полякова, Е.Н. Войтович, В.А. Лях // Физиология и биохимия культурных растений – 2012. – Т.44, № 3. – С. 232-239.
7. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений / З.П. Паушева. – М.: Агропром, 1988. – 271 с.
8. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы / Р. П. Барыкина, Т. Д. Веселова, А. Г. Девятов и др. – М.: МГУ, 2004. – 312., С.28;
9. Мокронос А.Т. Методика количественной оценки структуры и функциональной активности фотосинтезируемых тканей и органов / А. Т. Мокронос, Р. А. Борзенкова // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 1978. – 61, вып. 3. – С. 119-133.
10. Лакин Г. Ф. Биометрия. Учебное пособие для биологич. спец. вузов / Г. Ф. Лакин – [3-е изд. перераб. и доп.] – М.: Высшая школа, 1980. – 293 с.

«REFERENCES»

1. Zhivetin V. V. Maslichnyj len i ego kompleksnoe ispol'zovanie / V. V. Zhivetin, Ginzburg L. N. – М., 2000. - 90 s.
2. Ovchachenko E. Ukrainskij rynek l'na: tendencii i perspektivy, [Elektronnij resurs] / E. Ovcharenko – Rezhim dostupu: <http://www.apk-inform.com/ru/exclusive/topic/111957>.
3. Ljah V.A. Botanicheskie i citogeneticheskie osobennosti vidov roda *Linum* i biotehnologicheskie puti raboty s nimi: monografija / V.A. Ljah, A.I. Soroka. - Zaporozh'e: ZNU, 2008. – 181 s.

4. Kutuzova S.N. Genetika l'na/ S.N. Kutuzova // Genetika kul'turnyh rastenij. - Sankt - Peterburg, 1998. – S. 36– 37.
5. Probatova N. S. Sem. L'novye Linaceae S. F. Gray / pod red S. S. Harkevich // Sosudistye rastenija Sovetskogo Dal'nego Vostoka. - L., 1988. - T.Z. - S. 133.
6. Levchuk A.N. Osobennosti morfologii plastidnogo apparata hlorofill'nyh mutantov l'na maslichnogo / A.N. Levchuk, I. A. Poljakova, E. N. Vojtovich, V. A. Ljah // Fiziologija i biohimija kul'turnyh rastenij – 2012. – T.44, № 3. – S. 232-239.
7. Pausheva Z. P. Praktikum po citologii rastenij / Z.P. Pausheva. – M.: Agroprom, 1988. – 271 s.
8. Spravochnik po botanicheskoj mikrotehnikе. Osnovy i metody / R. P. Barykina, T. D. Veselova, A. G. Devjatov i dr.. - M.: MGU, 2004. – 312., S.28;
9. Mokronosov A.T. Metodika kolichestvennoj ocenki struktury i funkcional'noj aktivnosti fotosinteziruemyh tkanej i organov / A. T. Mokronosov, R. A. Borzenkova // Tr. Po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. – 1978. – 61, vyp. 3. – S. 119-133.
10. Lakin G. F. Biometrija. Uchebnoe posobie dlja biologich. spec. vuzov / G. F. Lakin – [3-e izd. pererab. i dop.] – M.: Vysshaja shkola, 1980. – 293 s.

Рецензенты: Махно Ю.А., к.с.-х. н., зав. лаборатории селекции льна Института масличных культур НААНУ;
Полякова И.А., к.б.н., доцент кафедры садово-паркового хозяйства и генетики растений ЗНУ.