

ХАРАКТЕРИСТИКА МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ *LINUM PUBESCENS*

И. А. Полякова

Запорожский национальный университет

В статье приведено описание морфологических признаков и биохимических показателей *Linum pubescens* (льна пушистого). Изучение проводилось *ex-situ* в полевом банке. Установлено, что в засушливых условиях юго-восточной Степи Украины *L. pubescens* имеет однолетний цикл развития, высоту 30 см, 1,2 цветоносных стебля, цветок яркого розового цвета диаметром 25 мм, мелкую слегка вытянутую коробочку диаметром 2,7 мм, масса 1000 шт. семян составляет 0,6 г, а площадь листа – 218,9 мм². Цветение растений происходит в июле-августе. В популяции зафиксирована диморфная гетеростилия цветков. В семенах *L. pubescens* содержится 24 % белка и 35 % масла с преобладанием линоленовой кислоты, что также характерно для других представителей рода. Выявлено, что данный вид имеет плотную нерастрескивающуюся коробочку, в которой накапливается меньше органического вещества и больше зольных элементов, чем у других видов рода *Linum*. Предложено включить *L. pubescens* в селекционную работу для создания декоративных сортов.

Ключевые слова: *Linum pubescens*, высота, лист, цветок, окраска, содержание белка, масличность, жирнокислотный состав масла.

Введение

Теоретический фундамент решения глобальных проблем сбора, сохранения, изучения и использования мировых генетических ресурсов растений был заложен великим ученым Николаем Ивановичем Вавиловым (Vavilov 1987). Принимая во внимание условия изменения климата для производства продуктов питания, необходимость устойчивого развития экологически безопасного сельского хозяйства, важность обеспечения сырьем для промышленности, научная и практическая значимость исследований генетических ресурсов растений возрастает с каждым десятилетием. На современном этапе проводится активная деятельность по их мобилизации и сохранению, создаются информационные системы и базы данных как произрастающих в природных условиях (*in-situ*), так и находящихся в семенных и полевых коллекциях научных учреждений (*ex-situ*) (Global Biodiversity Outlook 2014).

Важной составляющей этого направления является привлечение в генетико-селекционные программы диких сородичей культурных растений. Такая работа направлена на сохранение ценной генетической плазмы, предотвращение генетической эрозии, создание нового селекционного материала, особенно, признаков устойчивости к заболеваниям и неблагоприятным условиям внешней среды (Zhuchenko 2009).

Дикорастущие родственники культурных растений являются эволюционно и генетически близкими к культурным растениям представителями природной флоры и потому потенциально пригодны для введения в культуру. Они чаще всего произрастают в неблагоприятных условиях, поэтому имеют комплекс адаптивных признаков и составляют важную часть генетических ресурсов.

Культурный лен имеет тысячелетнюю историю успешного возделывания и широкого хозяйственного использования на разных континентах. Одним из центров видового разнообразия рода *Linum* считается Средиземноморье. Однако культурным растением стал только один вид *Linum usitatissimum* L., хотя ряд исследователей указывали на положительные качества и других представителей обширного рода *Linum* (Yuzepchuk 1949; Kutuzova 1998).

Нами проводятся научные исследования по изучению разных диких видов рода *Linum* как однолетних (Poliakova 2016), так и многолетних (Poliakova, Lyakh 2017), а также видов аборигенных для Степи Украины (Poliakova 2016). Коллекция интродуцированных и собранных *in-situ* образцов поддерживается нами в виде полевого банка на протяжении многих лет.

Linum pubescens – представитель рода *Linum* восточного Средиземноморского региона. Он произрастает в Египте, Палестине, Сирии, Ливане, Израиле, Турции, Ираке, Греции, Кипре, Албании (Sawsan 2014; https://es.wikipedia.org/wiki/Linum_pubescens).

Согласно описанию флоры Израиля, это однолетнее растение с весенним цветением (февраль-март), которое достаточно широко встречается в дикой природе на редколесьях и зарослях кустарников (http://www.flowersinisrael.com/Linumpubescens_page.htm).

Ботаническое название вида *Linum pubescens* Banks and Solander или лен пушистый связано с характерным опушением листьев и стебля растения. Местные названия на разных языках (финикийском и еврейском) также имеют очень близкий смысл (http://www.flowersinisrael.com/Linumpubescens_page.htm). Стандартные авторские сокращения присвоены в честь ученых-первооткрывателей вида: Banks используется для обозначения британского ботаника и естествоиспытателя Джозефа Бэнкса (1743–1820 гг.), а Solander – шведского ботаника Даниэля Соландера (1733–1782 гг.).

Вид *Linum pubescens* очень мало изучен. Краткое упоминание об этом виде имеется у С.Н. Кутузовой в обзоре рода *Linum* «Генетика льна» (Kutuzova 1998). В монографии В. А. Ляха и А. И. Сороки приведено, сделанное ими, краткое ботаническое и цитогенетическое описание данного вида (Lyakh, Soroka 2008). На приведенных выше сайтах, посвященных флоре отдельных регионов Ближнего Востока, приведены фотографии растений, карты распространения вида, его очень краткая характеристика. Имеются упоминания о том, что для данного вида характерна диморфная гетеростилия (разностолбчатость), при которой цветки различаются по длине столбиков и тычиночных нитей, благодаря чему рыльца и пыльники располагаются на разной высоте. Гетеростилия является приспособлением перекрестному опылению, так как препятствует опылению цветка собственной пылью.

Израильской исследовательницей Ривкой Дулбергер из университета Тель-Авива были изучены естественные популяции *Linum pubescens* с диморфной гетеростилией. Выявлено, что они имеют две цветочные морфы с

примерно равным числом особей – длиннопестичные и короткопестичные. Эти морфы различаются длиной пестика, длиной тычинок, размером стигматических сосочков. Автором установлены межморфные различия в структуре стенок и составляющих стигматических сосочков. Проведенное искусственное самоопыление и внутриморфное перекрестное опыление было безрезультатным, из чего сделан вывод о их самонесовместимости. Подавление роста пыльцевых трубок у несовместимых опылений происходило внутри рыльца. Межморфное опыление привело к появлению семян. По мнению автора, дальнейшие исследования диморфизма помогут выяснить эволюционные отношения между диморфными и мономорфными видами рода *Linum* (Dulberger 1973).

Принимая во внимание недостаточную изученность вида *Linum pubescens*, работа по сбору информации о его признаках и свойствах имеет безусловную научную новизну.

Целью наших исследований было изучить морфологические и биохимические признаки *Linum pubescens* и выявить перспективы его включения в селекционную работу.

Материалы и методы исследования

Полевые исследования проводили на опытном участке кафедры генетики и растительных ресурсов Запорожского национального университета в течении 2011–2014 и 2018–2019 гг.

Образец *Linum pubescens* приобретен нами в «Bejo Zaden B.V.», г. Вагенинген (Голландия).

Закладка опытов проводилась в соответствии с рекомендациями (Lyakh, Poliakova 2008). Все измерения при изучении образцов проведены в соответствии с общепринятыми методиками, определение масличности семян образцов льна – согласно «ГОСТ 10857-64 Семена масличные. Методы определения масличности»; жирнокислотный состав триглицеридов семян определялся методом газожидкостной хроматографии на приборе “HP-6980”, азот – по Кьельдалю. Данные статистически обрабатывали (Lakin 1990).

Результаты исследований и их обсуждение

Вид *Linum pubescens* Banks and Solander относится к секции *Dasylinum* Planch. Ее выделил еще в 1847 году французский ботаник Жюль Эмиль Планшон. В эту секцию были включены однолетние и многолетние травянистые льны, с характерным опушением на листьях и сросшимися между собой лепестками. Кроме *Linum pubescens* в нее входят *L. hypericifolium* или лен зверобоелистный, *L. hirsutum* или лен жестковолосистый, *L. lanuginosum* или лен шерстистый (Yuzerchuk 1949).

У исследователей нет единого мнения по количеству хромосом у *L. pubescens*. С.Н. Кутузова относит его в группу $2n=18$ (Kutuzova 1998). В. А. Лях указывает, что данный вид имеет $2n=16$ (Lyakh, Soroka 2008). В этой же работе высказано предположение о вероятности существования в пределах вида образцов как с $2n=16$, так и $2n=18$.

Для Украины данный вид является интродуцентом.

В наших многолетних исследованиях в условиях южной степи Украины – это однолетнее травянистое растение с прямым стеблем высотой около 30 см (рис. 1а).

Цветки ярко-розовые, достаточно крупные до 25 мм в диаметре, открытой формы, с пятью лепестками (рис. 1 б). В нашей популяции *L. pubescens*

четко прослеживается диморфная гетеростилия. Нами идентифицированы длинно- и короткопестичные морфы. Мы полагаем, что такая особенность делает данный вид интересным объектом для изучения механизмов опыления и несовместимости.



а)

б)

Рис. 1. *Linum pubescens*: а) внешний вид растения в фазе цветения; б) цветок.

Листья мягкие, широколанцетные, шириной около 8 мм, длиной 29–31 мм, зеленого цвета (табл. 1). Листья и стебель покрыты многочисленными мягкими волосками. Данный вид имеет достаточно крупную листовую пластинку площадью более 218 мм², что также, наряду с характерным опушением, выделяет его среди других однолетних видов льна.

Таблица 1

Морфологические признаки *Linum pubescens*

Признак	Показатели
Высота, см	30,2 ± 0,70
Количество цветоносных стеблей, шт.	1,2 ± 0,12
Листовая пластинка:	
длина, мм	29,1 ± 1,81
ширина, мм	8,24 ± 0,43
площадь, мм ²	218,9 ± 1,05
Диаметр цветка, мм	23,4 ± 0,48
Диаметр коробочки, мм	2,9 ± 0,25
Высота коробочки, мм	3,3 ± 0,29
Длина семян, мм	2,1 ± 0,19
Ширина семян, мм	1,1 ± 0,16
Масса 1000 шт. семян, г	0,6 ± 0,11

Необходимо отметить, что этот вид льна в условиях юга Украины цветет с середины июля до начала сентября. Это значительно позже чем другие виды льна. Кроме, того в этот период лета в условиях юга Украины цветет ограниченное количество декоративных растений из-за жары и недостатка влаги. Принимая во внимание достаточно крупные размеры, яркую окраску цветка и период цветения, приходящийся на середину лета, мы считаем, что вид *L. pubescens* имеет перспективы использования как декоративно-цветущее растение.

На рисунке 2 показаны разные части растения льна пушистого для сравнения их размеров, формы и окраски. Как можно видеть, у него мелкая слегка вытянута не растрескивающаяся, очень жесткая коробочка, диаметром 2,7 мм и отношение диаметра к высоте 0,88. Жесткость и не растрескивание коробочки при созревании, на наш взгляд, является крайне необычным признаком, потому что другие дикие виды льна характеризуются средним и даже сильным, растрескиванием, что очень затрудняет практическую работу с ними. В то же время, для культурного льна характерна не растрескивающаяся коробочка, но без твердости, легко разламывающаяся при нажатии пальцами. Она может пропускать дождевую воду после созревания и высыхания плодов при «перестаивании на корню» и задержке уборки. Это сопровождается прорастанием семян в коробочке, что приводит к снижению урожайности.



Рис. 2. Морфологические признаки отдельных органов растений *Linum pubescens* Banks and Solander

Для изучения этого признака, нами было проведено сравнительное изучение коробочек трех видов *L. pubescens* (льна пушистого), *L. perenne* (льна многолетнего) и *L. humile* (льна масличного). Из полученных данных видно (табл. 2), что *L. pubescens* накапливает наименьшее количество сухого вещества в коробочках 68,61 %.

У культурного льна этот показатель составляет более 90 %, а у льна многолетнего – 76 %. Такая же тенденция наблюдается и в накоплении сухого вещества в семенах исследуемых видов: 77,97% у льна пушистого; 90,64 % у льна многолетнего и 95,30 % у льна масличного.

А в накопленні зольних елементів в коробочках і семенах цих видів прослідковується зворотна залежність. Найменше кількість зольних елементів накоплює лен культурний 3,51 % в коробочках і 1,15 % в семенах, більше – лен багаторічний 5,55 % і 3,78 %, і значно більше лен пушистий – 9,37 % і 4,16 %, відповідно.

У культурного льна цей показник становить більше 90 %, а у льна багаторічного – 76 %. Така ж тенденція спостерігається і в накопленні сухого речовини в семенах досліджуваних видів: 77,97 % у льна пушистого; 90,64 % у льна багаторічного і 95,30 % у льна масличного.

Таблиця 2

Содержание сухого вещества и золы в семенах и коробочках разных видов льна

Вид	Часть плода	Содержание сухого вещества, %	Содержание золы, %
<i>Linum pubescens</i>	семена	77,97 ± 1,34***	4,16 ± 0,69***
	коробочки	68,61 ± 1,56***	9,37 ± 1,21***
<i>Linum perenne</i>	семена	90,64 ± 0,81**	3,78 ± 0,31 **
	коробочки	76,06 ± 1,16**	5,55 ± 0,55**
<i>Linum humile</i>	семена	95,30 ± 0,65	1,15 ± 0,42
	коробочки	90,18 ± 1,23	3,51 ± 0,71

Прим.: **, *** – отличия от контроля существенны при $P \leq 0,99$ и $0,999$, соответственно.

Таким образом, полученные данные указывают, что *L. pubescens* при образовании коробочек и созревании семян накапливает значительно меньше органического вещества, чем другие виды льна, и существенно больше зольных элементов в генеративных органах. По нашему мнению, такая особенность помогает лучшему сохранению семян в сложных природных условиях и сохраняет всхожесть.

Изучение признаков и показателей семян у льна – одно из важных направлений, так как их широко используют для получения масла, а также в медицине и пищевой промышленности.

Семена у льна пушистого темно коричневые, блестящие, очень мелкие: длиной около 2 мм, шириной 1–1,2 мм. По форме яйцевидные, плоские. Соотношение длины к ширине составляет 1,88. Масса 1000 шт. – 0,6 г. Это наименьшие показатели среди других видов льна, имеющиеся в коллекции кафедры генетики и растительных ресурсов Запорожского национального университета. И гораздо меньше, чем у льна масличного, у которого этот показатель составляет 7,0–8,5 г в зависимости от сорта.

Помимо значительно меньших размеров семян для льна пушистого характерно существенно меньшее содержание масла 35 % по сравнению с масличным льном, у которого этот показатель составляет 45–50 % (рис. 3). А по содержанию белка *L. pubescens* достаточно близок к культурному сорочичу. Как видно из данных диаграммы, оба вида содержат в семенах 24–25 % белка.

Изучаемый вид имеет жирнокислотный состав масла характерный для большинства видов рода *Linum* (рис. 4). с преобладанием линоленовой кислоты. Благодаря этой специфической особенности жирнокислотного состава масла лен выделен в особый «линум-тип». Как можно видеть из представленных

результатов, в целом *L. pubescens* имеет масло близкое по жирнокислотному составу к льну масличному с небольшим содержанием насыщенных кислот (пальмитиновой 6,7 % и стеариновой 2,8 %) и существенным преобладанием ненасыщенных кислот, особенно линоленовой до 64 %.

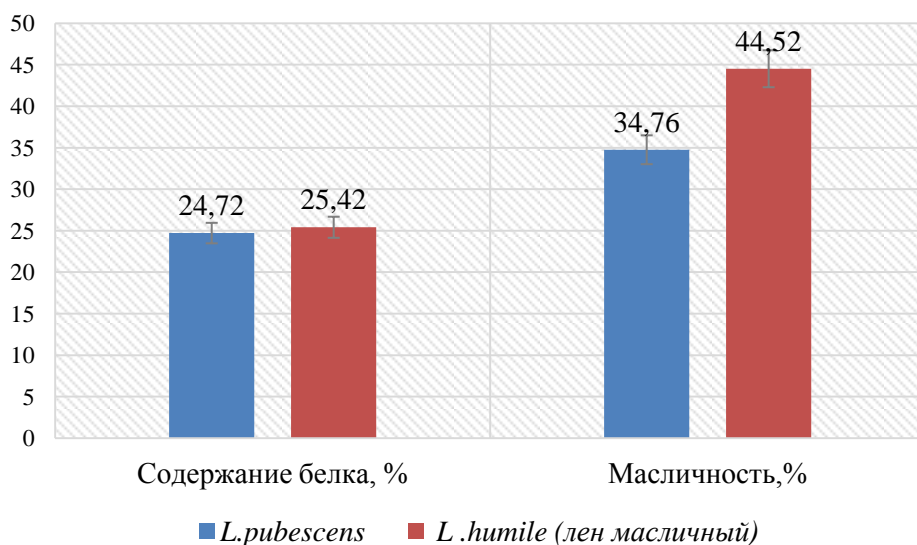


Рис. 3. Сравнение показателей содержания белка и масла в семенах льна масличного и *L. pubescens*

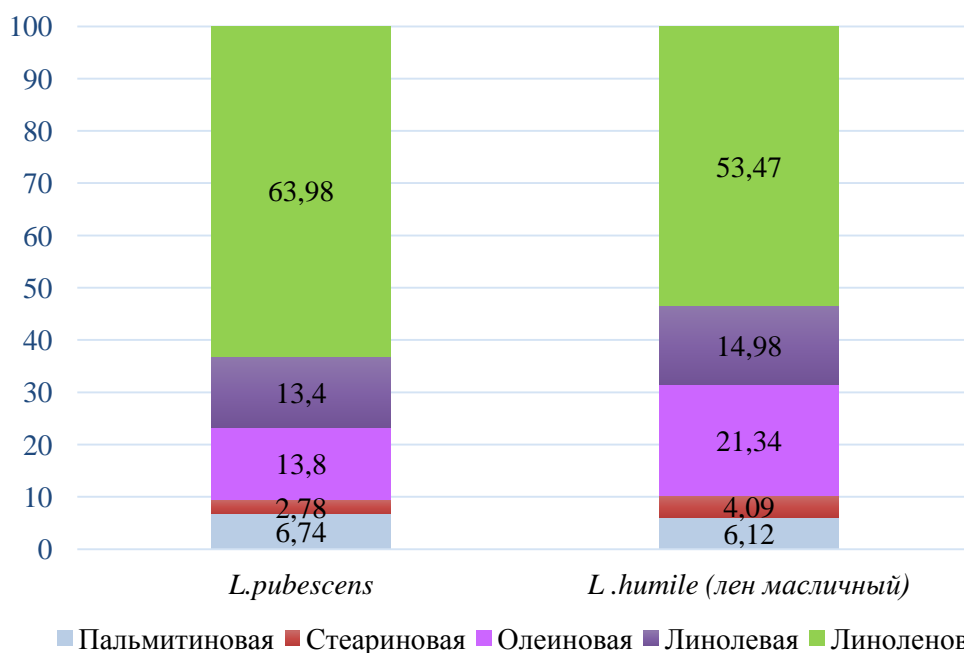


Рис. 4. Сравнение жирнокислотного состава масла льна масличного и *L. pubescens*

При работе с генетическими ресурсами А. А. Жученко предложено их классифицировать на следующие группы: 1 – дикие или сорные родичи; 2 – местные сорта; 3 – улучшенная зародышевая плазма; 4 – элитная зародышевая плазма; 5 – генетические коллекции; 6 – преадаптивная зародышевая плазма (Zhuchenko 2009). На данном этапе вид *L. pubescens*, следует отнести к первой группе. Дальнейшее изучение дикорастущего вида *Linum pubescens* позволит расширить и углубить генетико-селекционную работу с ним, проводить направленный отбор и создавать высокодекоративные сорта, что приведет к переводу его в третью или четвертую группы генетических ресурсов.

Выводы

1. Установлено, что исследуемый однолетний дикий вид льна *Linum pubescens* имеет ряд ценных признаков такие как высота до 30 см, цветок яркого розового цвета диаметром 25 мм, период цветения начало июля-сентябрь. Поэтому он имеет перспективы для доместикации и использования в декоративном озеленении.

2. Выявлено, что *L. pubescens* в генеративных органах накапливает значительно меньше органического вещества, чем другие виды льна. При этом в его коробочках и семенах содержится существенно больше зольных элементов.

3. В семенах льна пушистого содержание масла составляет 35 %, а белка – 24 %. Жирнокислотный состав подобен маслу культурного льна с преобладанием линоленовой кислоты.

References

Dulberger R (1973) Distyly in *Linum pubescens* and *L. mucronatum*. Botanical Journal of the Linnean Society 66(2): 117–126.

Global Biodiversity Outlook 4 – Findings and conclusion (2014) Montreal: World Trade Centre.

http://www.flowersinIsrael.com/Linumpubescens_page.htm (дата обращения: 08.02.2021)

https://es.wikipedia.org/wiki/Linum_pubescens (дата обращения: 05.02.2021)

Kutuzova SN (1998) Genetics of flax. Genetics of cultivated plants. SPb: VIR : 6-52.

Lakin GPh (1990) Biometriya (Biometrics) M.: Vysshaya shkola.

Lyakh VA, Poliakova IO (2008) Seleksiya l'onu oliynogo. Metodichni rekomendatsiyi. ZNU: Zaporizhzhya.

Lyakh VA, Soroka AI (2008) Botanicheskie i cizitogeneticheskie osobennosti vidov roda *Linum* i biotekhnologicheskie puti raboty s nimi. Zaporozh'e: ZNU.

Poliakova I, Lyakh V (2017) Comparative characteristics of vegetative and generative sphere in plants of wild flax species. International Journal of Agriculture and Environmental Research 3(5): 3743-3754.

Poliakova IO (2014) Domestikaczi`ya dikorostuchikh v Ukrayini` vidi`v l'onu *Linum hirsutum* ta *Linum austriacum*. Naukovi` dopovi`di` Naczi`onal`nogo uni`versitetu bi`oresursi`v i` prirodokoristuvannya Ukrayini 5: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Nd_2014_5_8.pdf

Poliakova IA (2016) Sravnitel`noe izuchenie odnoletnikh dikikh vidov l'na po osnovny`m khozyajstvenno-czenny`m priznakam. Sci-Tech Bul IOC 23: 88-95.

Sawsan AO (2014) A list of flowering wild plants in Tafila Province, Jordan. International Journal of Biodiversity and Conservation 6(1): 28-40.

Vavilov NI (1987) Pyat` kontinentov. M.: Prosveshhenie.

Yuzepchuk SV (1949) Flora of USSR. Moskva-Leningrad: Izd-vo Akademii nauk SSSR 14: 86-146.

Zhuchenko AA (2009) Adaptivnaya strategiya ustojchivogo razvitiya sel'skogo khozyajstva Rossii v XXI stoletii. Teoriya i praktika. M.: Agrorus.

ХАРАКТЕРИСТИКА МОРФОЛОГІЧНИХ ОЗНАК І БІОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ *LINUM PUBESCENS*

І. О. Полякова

Запорізький національний університет

У статті наведено опис морфологічних ознак і біохімічних показників *Linum pubescens* (льону пухнастого). Дослідження проводилося *ex-situ* в польовому банку. Встановлено, що в посушливих умовах південно-східного Степу України *L. pubescens* має однорічний цикл розвитку, висоту 30 см, 1,2 квітконосних стебла, квітку яскравого рожевого кольору діаметром 25 мм, дрібну злегка витягнуту коробочку діаметром 2,7 мм, маса 1000 шт. насінин становить 0,6 г, а площа листка – 218,9 мм². Цвітіння рослин відбувається з липня по серпень. У популяції зафіксована диморфна гетеростилія квіток. У насінні *L. pubescens* міститься 24 % білка і 35 % олії з переважанням ліноленової кислоти, що також характерно для інших представників роду. Виявлено, що даний вид має щільну коробочку, що не розтріскується, в якій накопичується менше органічної речовини і більше зольних елементів, ніж у інших видів роду *Linum*. Запропоновано включати *L. pubescens* у селекційну роботу для створення декоративних сортів.

Ключові слова: *Linum pubescens*, висота, лист, квітка, забарвлення, вміст білку, олійність, жирнокислотний склад олії.

CHARACTERISTIC OF MORPHOLOGICAL TRAITS AND BIOCHEMICAL INDICATORS IN *LINUM PUBESCENS*

I. O. Poliakova

Zaporozhye National University

The article describes the morphological characteristics and biochemical parameters of a very little studied wild species *Linum pubescens* (downy flax).

This representative of the genus *Linum* naturally grows in the eastern Mediterranean: Palestine, Syria, Lebanon, Israel, Turkey, Iraq, Greece, Cyprus, Albania. There are brief references to it in the description of the flora of these regions. In Israel, on natural populations of *L. pubescens*, studies of dimorphic heterostyly, anatomical features of the flower, mechanisms of pollination and incompatibility were carried out. However, other signs, including economically valuable ones, are not described in him. We were the first to study the species *ex-situ* in a field bank. It was found that in the arid conditions of the southeastern Steppe of Ukraine

L. pubescens has a one-year development cycle, a height of 30 cm, 1.2 flowering stems, a bright pink flower with a diameter of 25 mm, a small slightly elongated box with a diameter of 2.7 mm, weight 1000 seeds is 0.6 g, and the leaf area is 218.9 mm². Plants bloom in mid-July- September.

Taking into account the rather large size, the bright color of the flower and the flowering period, we believe that the *L. pubescens* species has prospects of use as an ornamental flowering plant.

In the resulting artificial population of *L. pubescens*, dimorphic heterostyly is clearly traced. Long and short pest morphs are clearly identified.

L. pubescens seeds contain 24% protein and 35% oil. The fatty acid composition of the oil belongs to the "linum-type", like most other types of flax. With a low content of saturated acids (palmitic 6.7% and stearic 2.8%) and a significant predominance of unsaturated acids, especially linolenic up to 64%.

It was revealed that this species has a dense non-cracking capsule. This trait is unusual for other flax varieties. Most annual and perennial species are characterized by moderate to severe cracking. Cultivated flax has a non-cracking boll, but not a hard one that breaks easily. It was found that less organic matter and more ash elements accumulate in the capsules and seeds of *L. pubescens* than in other species of the genus *Linum*. Probably, this feature, together with non-cracking, helps to better preserve fruits in difficult natural conditions and preserves seed germination for a long time.

According to A.A. Zhuchenko, plant genetic resources are divided into six groups. At this stage, *L. pubescens* is classified as a wild weed relative. It was proposed to include *L. pubescens* in breeding work to create ornamental varieties in order to transfer it to the improved germplasm group in the future.

Key words: *Linum pubescens*, height, leaf, flower, color, protein content, oil content, fatty acid composition of oil.