

## ФОРМА ЦВЕТКА У *LINUM GRANDIFLORUM* DESF. И ОСОБЕННОСТИ ЕЕ НАСЛЕДОВАНИЯ ГИБРИДАМИ F<sub>1</sub>

В.А. Лях, Е.Ю. Белова

*Запорожский национальный университет*

Изучены различия в размере лепестков венчика и семян у образцов *L. grandiflorum* Desf. с разной формой цветка и выявлены особенности ее наследования гибридами F<sub>1</sub>. Показано, что по сравнению с открытой, цветки звездчатой формы и типа «гвоздичка» имеют меньшую длину и ширину лепестка. Растения с цветком типа «гвоздичка» характеризуются также значительно меньшим размером семян. Установлено, что открытая форма цветка доминирует как над звездчатой, так и над типом «гвоздичка». При скрещивании последних восстанавливается дикий тип – открытая форма цветка. Полученные данные предполагают, что форма цветка у льна крупноцветкового контролируется не менее чем двумя парами неаллельных генов с комплементарным типом взаимодействия.

**Ключевые слова:** лен крупноцветковый, гибрид F<sub>1</sub>, размер цветка, размер семени, форма цветка, наследование.

**Введение.** Род *Linum* L. представлен большим количеством видов, которые произрастают в самых разных уголках земного шара. Многие из них относят к высоко декоративным растениям. Наиболее яркий представитель этой группы – лен крупноцветковый [1-3].

Лен крупноцветковый (*Linum grandiflorum* Desf.) – однолетнее травянистое растение родом из Северо-Западной Африки. Растения иногда достигают более метра в высоту, но чаще – от 30 до 60 см. В природе цветет весной, с апреля по май, а при посеве в грунт – в июне-августе. Выращивается в качестве яркого декоративного однолетника во многих регионах мира. Хорошо растет на любых грунтах, засухоустойчив, легко размножается семенами [4-5].

Правильные, пятичленные цветки, собранные на верхушке в рыхлое соцветие-щиток, – достаточно крупные, обычно до 3-4 см в диаметре. Типичной окраской для них является малиновая и ярко-красная. Усилиями ряда селекционеров спектр окрасок цветка удалось значительно расширить и сейчас уже имеются сорта с розовой, абрикосовой, светло-абрикосовой и белой окраской цветка. Наличие разнообразных окрасок цветка позволило изучить генетику этого признака [6-7].

Вместе с тем, имеющиеся в настоящее время сорта льна крупноцветкового достаточно однотипны по форме цветка. Большинство из них имеют открытую форму цветка, хотя этот признак не менее важен чем окраска для придания облика декоративному растению.

В результате индуцированного мутагенеза нами у одного из сортов была выделена оригинальная мутация формы цветка (тип «гвоздичка»), которая

характеризувалась меншим (почти в 2 раза) діаметром венчика за рахунок укорочування неокрашеної частини лепестка [8]. Друга оригінальна форма цвітків – зірчаста – була виявлена нами в одній з розщеплюючихся популяцій в поєднанні з абрикосовою і світло-абрикосовою окрасками цвітків. Характерною особливістю цвітків такого типу є сильне закручування латеральних країв лепестків всередину, що і надає венчику зірчасту форму. При цьому лепестки після розкриття бутону довго тримаються разом.

Цілью даної роботи являлось виявлення морфологічних відмінностей в генеративній сфері зразків льна крупноцвіткового з різною формою цвітків і вивчення особливостей успадкування цього признака гібридами першого покоління.

**Матеріал і методи дослідження.** В якості матеріалу використовували лінійні зразки з відкритою, типу «гвоздик» і зірчастою формою цвітків з колекції кафедри садово-паркового господарства і генетики Запорізького національного університету (рис.).



Рис. Форма цвітків у *L. grandiflorum* (зліва направо): відкрита, зірчаста і типу «гвоздик», відповідно

Для вивчення особливостей успадкування різних форм цвітків були проведені наступні схрещування: відкрита форма цвітків х «гвоздик»; «гвоздик» х відкрита; відкрита х зірчаста; зірчаста х відкрита; «гвоздик» х зірчаста; зірчаста х «гвоздик». Крім того, в межах кожної гібридної комбінації батьки відрізнялись не тільки формою, але і окраскою цвітків. Зразки з відкритою формою цвітків характеризувались абрикосовою (сорт Аврора) і світло-абрикосовою (сорт Запорізький сувенір) окрасками. Тип «гвоздик» був представлений малиновою, рожевою, абрикосовою і світло-абрикосовими окрасками. Зразки зі зірчастою формою цвітків мали або абрикосову або світло-абрикосову окраску цвітків. Гібридні насіння спочатку висівають в стаканчики в умовах фітотрону кафедри, а потім розвинувшись рослини на стадії «солодки» пересаджують в поле. В період цвітіння в кожному варіанті аналізували форму і окраску цвітків 3-5 гібридних рослин.

Для виявлення відмінностей в генеративній сфері у зразків з різною формою цвітків аналізували довжину і ширину лепестків 50 шт. свіжо розкритих цвітків і довжину, і ширину 50 шт. насіння. Порівняння проводили між зразками з однаковою окраскою цвітків – абрикосовою.

Статистичну обробку даних проводили згідно загальноприйнятими методиками [9].

**Результаты исследования и их обсуждение.** В комбинациях скрещивания, где в качестве матери выступали образцы с формой цветка типа «гвоздика», гибридные семена не завязались, тогда как использование этих генотипов в качестве отцовского родителя было успешным. Каждая гибридная комбинация по форме цветка была представлена несколькими вариантами с учетом разной окраски цветка родителей.

Например, образцы с открытой формой цветка абрикосовой окраски или светло-абрикосовой окраски скрещивались с генотипами, имеющими форму цветка типа «гвоздика» малиновой или розовой окраски. Использование в качестве родителей генотипов с разной окраской цветка, учитывая достаточно хорошо изученную генетику этого признака, во многих случаях позволяло с высокой долей вероятности судить о гибридности полученных растений.

Характеристика гибридов F<sub>1</sub> и их родителей по форме и окраске цветка представлена в таблице 1.

Таблица 1

**Наследование гибридами F<sub>1</sub> формы и окраски цветка у *L. grandiflorum* (2015-2016 гг.)**

Родители				Гибрид F <sub>1</sub>	
♀		♂			
форма цветка	окраска цветка	форма цветка	окраска цветка	форма цветка	окраска цветка
открытая	абрикосовая	гвоздика	малиновая	открытая	малиновая
открытая	светло-абрикосовая	гвоздика	малиновая	открытая	малиновая
открытая	абрикосовая	гвоздика	розовая	открытая	малиновая
открытая	светло-абрикосовая	звездчатая	абрикосовая	открытая	абрикосовая
открытая	абрикосовая	звездчатая	светло-абрикосовая	открытая	абрикосовая
открытая	светло-абрикосовая	звездчатая	светло-абрикосовая	открытая	светло-абрикосовая
звездчатая	абрикосовая	открытая	абрикосовая	открытая	абрикосовая
звездчатая	абрикосовая	открытая	светло-абрикосовая	открытая	абрикосовая
звездчатая	абрикосовая	открытая	светло-абрикосовая	открытая	абрикосовая
звездчатая	абрикосовая	гвоздика	розовая	открытая	малиновая
звездчатая	абрикосовая	гвоздика	светло-абрикосовая	открытая	абрикосовая
звездчатая	абрикосовая	гвоздика	абрикосовая	открытая	абрикосовая

Гібриди F<sub>1</sub>, отримані від взаємних схрещувань лінійних зразків з відкритою і зіркоподібною формою квітки, мали відкриту форму квітки. Аналогічним фенотипічним проявом характеризувалися і гібриди від схрещування рослин з формою квітки відкритого типу і типу «зірочка». Гібриди, батьки яких мали форму квітки зірчастого і зіркоподібного типу, також виявляли відкриту форму квітки.

Результати вивчення успадкування форми квітки гібридами F<sub>1</sub> свідчать, що відкрита форма домінує як над зіркоподібною, так і над формою типу «зірочка». В свою чергу, гени, детермінують зіркоподібний і зірчастий типи, очевидно, комплементарно взаємодіють, відновлюючи у гібридів дикий тип (відкрита форма квітки). Таким чином, в генетичному контролі форми квітки у льна крупноквіткового бере участь не менше двох пар неалельних генів з комплементарним типом взаємодії.

Порівняння розмірів квіток різної форми свідчить про їх суттєві відмінності (табл. 2).

І квітки зіркоподібною формою, і типу «зірочка» мають меншу довжину і ширину лепестка, ніж квітка з відкритою формою квітки. При цьому відмінностей між собою за даним ознакою квітки зіркоподібною формою і типу «зірочка» не виявляють. Рослини з квіткою типу «зірочка» порівняно з диким типом характеризуються також значно меншим розміром насіння.

Таблиця 2

**Розміри лепестків венчика і насіння у різних за формою квітки зразків *L. grandiflorum* (2015-2016 рр.)**

Форма квітки	Квітка		Насіння	
	довжина лепестка, мм	ширина лепестка, мм	довжина, мм	ширина, мм
відкрита	25,1±0,27	14,2±0,23	4,5±0,01	2,3±0,01
«зірочка»	19,4±0,18*	11,5±0,16*	4,0±0,02*	2,1±0,02*
зіркоподібна	20,0±0,23*	11,8±0,21*	–	–

\* – відмінності від відкритої форми суттєві на 1 %-ному рівні значимості.

Наявність у батьків певних забарвлень квітки дозволяло однозначно утвердити, що в результаті схрещувань були отримані гібриди, а не рослини від випадкового самоопилення. Так, відомо, що гени, детермінують абрикосову і рожеву забарвлення квітки у гібрида, комплементарно взаємодіють, в результаті чого відновлюється дикий тип – малинова забарвлення квітки [6]. Це ж ми спостерігаємо і в разі схрещування зразків з відкритою формою квітки і типу «зірочка», а також при схрещуванні зіркоподібною і типу «зірочка», де материнський і батьківський батьки несуть відповідно абрикосову і рожеву забарвлення. В свою чергу, ген, що визначає малинову забарвлення, подавляє ген, що визначає абрикосову і світло-абрикосову. Як наслідок, гібриди з малиновою забарвленням квітки ми бачимо в ряду схрещувань, де така забарвлення присутня

отцовскому компоненту. Эти закономерности наследования окрасок цветка позволяют отличить гибридное по форме цветка растение от не гибридного.

Форма цветка типа «гвоздичка» (carnation type) была получена нами в результате обработки химическим мутагеном этилметансульфонатом семян белоцветкового сорта Bright Eyes. Как оказалось, клетки столбика, тычиночных нитей и лепестков венчика мутанта значительно короче клеток растений исходной формы [6]. Позднее этот белоцветковый мутант был вовлечен в скрещивания и в настоящее время имеются линейные образцы с формой цветка типа «гвоздичка» малиновой, ярко-красной, розовой, абрикосовой и светло-абрикосовой окрасок.

Звездчатая форма цветка, о которой идет речь в данной статье, была обнаружена нами лишь в сочетании с абрикосовой и светло-абрикосовой окрасками и никогда не выявлялась вместе с другими известными окрасками. Для последних характерен значительно менее редуцированный вариант звездчатой формы цветка. Впервые такая форма цветка была выделена в популяции  $M_2$  после мутагенной обработки семян красноцветкового льна [10]. После вовлечения в селекционный процесс эта форма цветка стала диагностическим признаком таких сортов как Зорепад и Фламинго с малиновой и розовой окрасками цветка соответственно.

#### **Выводы**

1. Установлено, что открытая форма цветка доминирует как над звездчатой, так и над формой типа «гвоздичка».

2. В контролировании формы цветка у льна крупноцветкового принимает участие не менее двух пар неаллельных генов с комплементарным типом взаимодействия.

3. Цветки звездчатой формы и типа «гвоздичка» имеют меньшую длину и ширину лепестка, чем цветок с открытой формой цветка. При этом отличий между собой по данному признаку цветки звездчатой формы и типа «гвоздичка» не выявляют. Растения с цветком типа «гвоздичка» по сравнению с диким типом характеризуются также значительно меньшим размером семян.

#### **Литература**

1. Егорова Т.В. Таксономический обзор рода *Linum* (*Linacea*) флора Кавказа / Т.В. Егорова. // Ботанический журнал. – 2000. – №7. – С. 164–176.

2. Кутузова С.Н. Генетика льна / С.Н. Кутузова. – Санкт Петербург: ВИР, 1998. – 52 с.

3. Определитель высших растений Украины / [М.И. Котов, Ю.М. Прокудин, А.И. Барбарич и др.]. – Киев: Фитосоциоцентр, 1999. – 548 с.

4. Декоративные растения открытого и закрытого грунта / [С.М. Приходько, Л.М. Яременко, Т.М. Червченко и др.]. – Киев: «Наукова думка», 1985. – 664 с.

5. Abdulla P. Flora of Pakistan: *Linum grandiflorum* Desf. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [http://efloras.org/florataxon.aspx?flora\\_id=5&taxon\\_id=250063162](http://efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=5&taxon_id=250063162).

6. Лях В.А. Ботанические и цитогенетические особенности видов рода *Linum* L. и биотехнологические пути работы с ними / В.А. Лях, А.И. Сорока. – Запорожье: ЗНУ, 2008. – 182 с.

7. Lyakh V. Genetics of flower color in *Linum grandiflorum* Desf. Indian journal of genetics and plant breeding. – 2013. – Vol. 73, № 3. – pp. 335-337.

8. Lyakh V. Induced mutation variability in *Linum grandiflorum* Desf. / V. Lyakh, V. Lagron. // Mutation Breeding Newsletter and Reviews. – 2005. – pp. 4–5.
9. Лакин М. Биометрия. Учеб. пособие для биолог. спец. вузов / М. Лакин. – Москва: Высш. шк., 1990. – 352 с.
10. Лагрон В.А. Мутационная изменчивость в  $M_2$  у *Linum grandiflorum* Desf. под действием этилметансульфоната, спектр мутаций / В.А. Лагрон, В.А. Лях. // Вісник Запорізького державного університету. – 2002. – С. 125–129.

## ФОРМА КВІТКИ У *LINUM GRANDIFLORUM* DESF. І ОСОБЛИВОСТІ ЇЇ УСПАДКУВАННЯ ГІБРИДАМИ $F_1$

В.О. Лях, Є.Ю. Белова

Вивчено відмінності в розмірі пелюсток віночка і насіння у зразків *L. grandiflorum* Desf. з різною формою квітки і виявлено особливості її успадкування гібридами  $F_1$ . Показано, що в порівнянні з відкритою, квітки зірчастої форми і типу «гвоздичка» мають меншу довжину і ширину пелюстки. Рослини з квіткою типу «гвоздичка» характеризуються також значно меншим розміром насіння. Встановлено, що відкрита форма квітки домінує як над зірчастою, так і над типом «гвоздичка». При схрещуванні останніх відновлюється дикий тип – відкрита форма квітки. Отримані дані припускають, що форма квітки у льону великоквіткового контролюється не менше ніж двома парами неалельних генів з комплементарним типом взаємодії.

**Ключові слова:** льон великоквітковий, гібрид  $F_1$ , розмір квітки, розмір насінини, форма квітки, успадкування.

## FLOWER SHAPE IN *LINUM GRANDIFLORUM* DESF. AND PECULIARITIES OF ITS INHERITANCE BY $F_1$ HYBRIDS

Lyakh V., Belova E.

The *Linum* L. genus includes a large number of species that grow in different parts of the globe. Many of them belong to highly ornamental plants. *Linum grandiflorum* is the most prominent representative of this group. Through the efforts of a number of breeders the flower color spectrum of this species was significantly expanded and now there are varieties with pink, apricot, pale apricot and white flower color. However, the currently available varieties of *Linum grandiflorum* are enough monotypic as for flower shape. Most of them have a flower of an open shape, although this trait is as important as the color for giving the appearance to an ornamental plant. The aim of this work was to identify the morphological differences in the generative sphere of *L. grandiflorum* samples with different flower shape and to study the inheritance of this trait by hybrids of the first generation.

As a material there were used the samples with an open, carnation and star-shaped flowers from the collection of the Department of Landscape Industry and Genetics of Zaporozhye National University. Flower shape like carnation type has been received by us as a result of the treatment with a chemical mutagen ethyl methanesulfonate the seeds of white-flowered variety Bright Eyes. Later this white-flowered mutant was involved in the crossing and the plants are currently available with the shape of a carnation-shaped flower of crimson, bright red, pink, apricot and pale apricot colors. Star-shaped flower, which is discussed in this article, was discovered by us

only in combination with apricot and light apricot colors and has never been found together with other known colors. The last ones are characterized with much less reduced version of the star-shaped flower. For the first time such flower shape was isolated in a population of  $M_2$  after mutagenic seed treatment of crimson-flowered plants. The following crosses were conducted to study the inheritance features of different shapes of flower: open x carnation; carnation x open; open x star; star x open; carnation x star; star x carnation. Originally, the hybrid seeds were seeded in the cups in a phytotron of the Department, and then the developed plants at the stage of 3-4 pairs of true leaves were transplanted in the field. During the flowering period in each variant the shape and color of the flower of 3-5 hybrid plants were analyzed. In order to identify the differences in the generative sphere for samples with different flower shape the length and width of 50 petals of the fresh flowers and the length and width of 50 seeds were analyzed. A comparison was performed between samples with the same flower color — apricot.

$F_1$  hybrids, obtained from the reciprocal crosses of the samples with an open and star-shaped flower, had the open shape of flowers. The hybrid plants after crossing the plants with the open flower and carnation-shaped flower were characterized by the similar phenotypic appearance. The hybrids, whose parents had the flowers of carnation and star types, also revealed an open flower shape. The results of the inheritance study of flower shape in  $F_1$  hybrids indicate that the open shape dominates over the star shape and over the carnation shape. In its turn, the genes that determine the carnation-shaped and star-shaped types, interact obviously complementarily, restoring in the hybrids the wild type (open shape) of the flower. Thus, at least two non-allelic pairs of genes with the complementary type of interaction participate in controlling the flower shape in *Linum grandiflorum*. Size comparison of different flower shape indicates of their significant differences. Star-shaped flowers, and flowers of carnation type, have a smaller length and width of petals than a flower of the open shape. In this case, star-shaped and carnation type flowers do not reveal the differences between them. Plants with flowers of carnation type are also characterized by significantly smaller seed size as compared to wild type.

**Key words:** *Linum grandiflorum*,  $F_1$  hybrid, flower size, seed size, flower shape, inheritance.

Рецензент: А.И. Сорока, доктор с.-х. наук, зав. отделом генетики и биотехнологии Института масличных культур НААН.