

STUDY OF MAIZE INITIAL MATERIAL ON INTENSITY OF GRAIN WATER-YIELDING CAPACITY DURING THE PRE-HARVEST PERIOD

V.I. Kravtsov, L.P. Shimansky

The article reflects the results of the evaluation of maize initial material in terms of intensity of grain water-yielding capacity during the pre-harvest period. As a result of the conducted research self-pollinated lines of maize of different heterotic groups were identified with a high rate of grain water-yielding capacity during the pre-harvest period. The possibility of using the identified lines as parent forms was established while developing single-cross hybrids with a high rate of water-yielding capacity. It's recommended to use the models: Raid x Lacon, Raid x Co-125, Raid x Lancaster, Lacon x Lancaster, Lacon x Co-125 as heterotic models with a high intensity of grain water-yielding capacity during the pre-harvest period.

УДК 633.367.2:631.527

ГЕНЕТИКА ТЕМПА НАЧАЛЬНОГО РОСТА ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО

А.А. Козловский, научный сотрудник

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», г. Жодино
(Поступила 25.02.2020)*

Рецензент: Урбан Э.П., член-корреспондент НАН Беларуси

Аннотация. В статье представлены результаты гибридологического анализа признака «темпа начального роста» люпина узколистного. Обобщаются сведения литературы и собственные данные по генетике указанного признака. Обсуждаются дальнейшие направления селекции интенсивных сортов люпина узколистного.

Введение. Продолжающаяся аридизация климата планеты и тот факт, что в Европе этот процесс идет более высокими темпами, чем в среднем по миру [7], ориентируют селекцию на ускоренное целенаправленное создание у сельскохозяйственных культур, в том числе и у люпина узколистного, интенсивных сортов различного типа развития (яровых, факультативных, озимых и многолетних) с высоким потенциалом как продуктивности, так и адаптивности.

У люпина узколистного к настоящему времени выведена серия яровых интенсивных сортов (*Миртан*, *Першацвет* и др.) с потенциальной урожайностью семян 5-6 т/га. Однако для реализации высокого потенциала урожайности в условиях сельскохозяйственного производства и меняющегося климата эта культура нуждается в дальнейшем повышении потенциала ее адаптивности. Мы полагаем, что у люпина узколистного существенно повысить потенциал адаптивности, как средства реализации высокого потенциала продуктивности, можно только селекционным путем, используя в гибридизации близкие к нему дикие формы трибы (*Tribus L. angustifolii*): люпин позднцветущий (*L. opsianthus* Atab. et Maiss) и люпин льнолистный (*L. linifolius* Roth). Эти дикие

формы имеют многие желательные для люпина узколистного признаки адаптивности (устойчивость к холоду и засухе, ксероморфность мезоструктуры, высокая интенсивность фотосинтеза, толерантность к болезням, вредителям, низкотоксичность алкалоидного комплекса и др.), которые у первого за время его domestikации и использования в культуре потеряны. Однако следует особо подчеркнуть, что указанные дикие формы характеризуются очень медленным и медленным темпом начального роста [4, 5]. Поэтому для их успешного и результативного использования в селекционном процессе по повышению потенциала адаптивности люпина узколистного необходима информация по генетике признака «темп начального роста» растений.

В мировой литературе генетике темпа начального роста люпина узколистного уделено крайне мало внимания [1, 2, 3, 4]. Цель настоящей работы состоит в том, чтобы восполнить этот пробел.

Материал и метод исследования. Объектом изучения являлись дикие формы люпина (*L. opsianthus* Atab. et Maiss, *L. linifolius* Roth), сорта люпина узколистного (*L. angustifolii*), обладающие разным темпом начального роста (*Гелена*, *Периацивет*, *Миртан*), гибриды люпина узколистного F_1 и F_2 .

Морфофизиологические и генетические исследования проводили в соответствии с методическими указаниями [8, 9]

Результаты исследований и обсуждение. На основании проведенных исследований коллекции люпина узколистного (59 штук) и сведений литературы [1, 2, 3] установлено, что для подавляющего большинства диких форм характерен очень медленный, медленный и средний темп начального роста. Образцы с быстрым темпом начального роста среди диких форм встречаются очень редко. Сорта и селекционные образцы люпина узколистного обладают преимущественно средним и быстрым темпом начального роста, редко – таковым медленным и очень быстрым.

Генетический анализ темпа начального роста образцов люпина узколистного, склонных к яровизации, проведенный польским исследователем Миколайчиком [2], выявил, что указанный признак контролируется генами трех локусов. Совместно доминантные аллели этих локусов определяют медленный темп роста диких форм люпина узколистного, а также и люпина льнолистного. Рecessивные аллели обуславливают средний темп начального роста, а их парное сочетание в одном генотипе – быстрый темп роста.

Генетический анализ темпа начального роста как у склонных, так и не склонных к яровизации образцов и сортов люпина узколистного, проведенный в Беларуси [4], установил, что очень медленный темп начального роста, характерный для диких форм типа Опсиантус, является истинно диким признаком и обусловлен действием блока диких генов четырех локусов ($gral^+$, $gra2^+$, $gra3^+$, $gra4^+$). Медленный темп начального роста, характерный для диких форм типа люпина льнолистного, контролируется recessивным геном $gral$. Быстрый темп начального роста польского сорта *Эмир* обусловлен действием двух recessивных генов $gra2$ и $gra3$, а очень быстрый темп начального роста польского сорта *Мирелла* контролируется блоком из трех recessивных генов $gral$, $gra2$, $gra3$.

Изложенные выше сведения, имеющиеся в литературе, показывают, что темп начального роста люпина узколистного является сложным признаком, который контролируется у разных его типов различным сочетанием диких и рецессивных генов.

Учитывая это, мы провели сравнительный генетический анализ темпа начального роста у диких форм (люпина поздnocветущего, льнолистного), а также современных сортов люпина узколистного (*Гелена*, *Першацвет*, *Миртан*). Результаты исследований сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Расщепление по темпу начального роста в F₂ гибридов люпина узколистного

Гибридная комбинация, темп начального роста родителей и F ₁	Количество растений в F ₂ , всего из них с темпом начального роста, шт.	Соотношение	X ₂
1	2	3	4
Гелена х Дикая ф. Опсиантус	всего 170	3:1	0,39
P ₁ средний	131 очень медленный		
P ₂ очень медленный	39 средний		
F ₁ очень медленный			
Першацвет х Дикая ф. Опсиантус	всего 172	9:3:3:1	1,20
P ₁ быстрый	100 очень медленный		
P ₂ очень медленный	35 медленный		
F ₁ очень медленный	28 средний 9 быстрый		
Миртан х Дикая ф. Опсиантус	всего 178	27:9:18:6:4	2,47
P ₁ очень быстрый	79 очень медленный		
P ₂ очень медленный	20 медленный 53 средний		
F ₁ очень медленный	17 быстрый 9 очень быстрый		
Гелена х Дикая ф. Льнолистный	всего 176	9:3:3:1	2,59
P ₁ средний	107 очень медленный		
P ₂ медленный	27 медленный		
F ₁ медленный	34 средний 8 очень быстрый		
Першацвет х Дикая ф. Льнолистный	всего 172	27:9:18:6:4	3,85
P ₁ быстрый	76 очень медленный		
P ₂ медленный	21 медленный 49 средний		
F ₁ очень медленный	20 быстрый 6 очень быстрый		
Миртан х Дикая ф. Льнолистный	всего 178	9:6:1	1,24
P ₁ очень быстрый	107 медленный		
P ₂ медленный	62 быстрый		
F ₁ медленный	9 очень быстрый		

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Першацвет х Гелена	всего 170	3:1	0,64
P ₁ быстрый	132 средний		
P ₂ средний	38 быстрый		
F ₁ средний			
Миртан х Гелена	всего 177	9:6:1	2,19
P ₁ быстрый	107 средний		
P ₂ очень медленный	63 быстрый		
F ₁ очень медленный	7 очень быстрый		
Миртан х Першацвет	всего 166	3:1	0,40
P ₁ очень быстрый	128 быстрый		
P ₂ быстрый	38 очень быстрый		
F ₁ быстрый			

Из таблицы видно, что при скрещивании сорта *Гелена*, обладающего средним темпом начального роста с дикой формой Опсиантус гибрид первого поколения имеет очень медленный темп начального роста, а во втором поколении этого гибрида происходит расщепление на растения с очень медленным и средним темпом начального роста в соотношении 3 : 1. Эти данные указывают на то, что средний темп начального роста сорта *Гелена* является рецессивным признаком и обусловлен действием одного рецессивного гена.

В комбинации скрещивания сорта *Першацвет*, обладающего быстрым темпом начального роста, с дикой формой Опсиантус гибрид первого поколения имеет очень медленный темп начального роста, характерный для второго родителя, а во втором поколении наблюдается расщепление на растения с очень медленным, медленным, средним и быстрым темпом начального роста типа сорта *Першацвет* в соотношении 9 : 3 : 3 : 1. Такой характер поведения указанного гибрида говорит о том, что быстрый темп начального роста сорта *Першацвет* контролируется двумя неаллельными рецессивными генами.

Гибрид от скрещивания сорта *Миртан*, обладающего очень быстрым темпом начального роста с дикой формой Опсиантус, в первом поколении имеет очень медленный темп начального роста. Во втором поколении этого гибрида происходит расщепление на растения с очень медленным, медленным, средним, быстрым и очень быстрым темпом начального роста в соотношении 27 : 9 : 18 : 6 : 4. Эти данные свидетельствуют о том, что очень быстрый темп начального роста сорта *Миртан* контролируется минимум тремя неаллельными рецессивными генами.

Гибрид от скрещивания сорта *Гелена* с дикой формой Льюлистной, обладающей медленным темпом начального роста, в первом поколении имеет медленный темп начального роста, а во втором поколении наблюдается расщепление на растения с очень медленным, медленным, средним и быстрым темпом начального роста в соотношении 9 : 3 : 3 : 1. Такой характер поведения гибрида первого поколения, а также тип расщепления второго поколения, свидетельствуют о том, что медленный темп начального роста дикой формы Льюлистной

обусловлен действием одного рецессивного гена, который неаллелен рецессивному гену сорта *Гелена*, контролирующему средний темп начального роста. Очень быстрый темп начального роста части растений второго поколения этого гибрида обусловлен, по-видимому, совместным действием двух неаллельных рецессивных генов.

В комбинации скрещивания сорта *Першацвет* с дикой формой Льюлистной гибрид первого поколения имеет очень медленный темп начального роста, а во втором поколении наблюдается расщепление на растения с очень медленным, медленным, средним, быстрым и очень быстрым темпом начального роста в соотношении 27 : 9 : 18 : 6 : 4. Такой характер поведения гибрида первого поколения, а также тип расщепления второго поколения, говорят о том, что быстрый темп начального роста сорта *Першацвет* обусловлен действием двух неаллельных рецессивных генов, которые неаллельны рецессивному гену дикой формы Льюлистной, контролирующему ее медленный темп начального роста. На это указывает также и факт наличия во втором поколении растений с очень медленным и очень быстрым темпом начального роста.

Гибрид первого поколения от скрещивания сорта *Миртан* с дикой формой Льюлистной имеет медленный темп начального роста, характерный для дикой формы, а во втором поколении этого гибрида происходит расщепление на растения с медленным, быстрым и очень быстрым темпом начального роста в соотношении 9 : 6 : 1. Эти данные указывают на то, что очень быстрый темп начального роста сорта *Миртан* обусловлен действием трех неаллельных рецессивных генов, один из которых аллелен рецессивному гену дикой формой Льюлистной, контролирующему медленный темп начального роста.

Гибрид первого поколения от скрещивания сорта *Першацвет* с сортом *Гелена* имеет средний темп начального роста, характерный для второго родителя, а во втором поколении этого гибрида происходит расщепление на растения с средним и быстрым темпом начального роста в соотношении 3 : 1. Эти данные свидетельствуют о том, что родительские сорта отличаются между собой по одной паре аллелей изучаемого признака. Указанное согласуется с результатами расщепления второго поколения комбинаций скрещивания *Першацвет* х *Опсиантус*, *Гелена* х *Опсиантус*, *Першацвет* х Льюлистной, *Гелена* х Льюлистной.

При скрещивании сорта *Миртан* с сортом *Гелена* гибрид первого поколения имеет средний темп начального роста, характерный для второго родителя, а во втором поколении наблюдается расщепление на растения со средним, быстрым и очень быстрым темпом начального роста в соотношении 9 : 6 : 1. Такое расщепление указывает на то, что родительские сорта отличаются между собой двумя парами аллелей изучаемого признака. Эти данные подтверждают результаты расщепления второго поколения комбинаций скрещивания *Миртан* х *Опсиантус*, *Миртан* х Льюлистной, *Гелена* х *Опсиантус*, *Гелена* х Льюлистной.

В комбинации скрещивания сорта *Миртан* с сортом *Першацвет* гибрид первого поколения имеет быстрый темп начального роста, характерный для второго родителя, а во втором поколении происходит расщепление на растения

с быстрым и очень быстрым темпом начального роста в соотношении 3 : 1. Такой характер поведения данного гибрида говорит о том, что родительские сорта отличаются между собой по одной паре аллелей изучаемого признака. Указанное полностью согласуется с результатами расщепления второго поколения комбинаций скрещивания *Миртан* х *Опсиантус* и *Першацвет* х *Опсиантус*, *Миртан* х *Льнолистный*, *Першацвет* х *Льнолистный*.

Изложенные результаты наших исследований полностью подтвердили сведения литературы [1, 2, 3, 4] о том, что темп начального роста люпина узколистного является сложным признаком, который у истинно диких форм (типа *L. opsianthus* Atab. et Maiss) обусловлен действием диких (нормальных генов), а у разных сортов и образцов контролируется различным сочетанием нормальных и мутантных рецессивных генов, как минимум трех локусов.

Опираясь на изложенное выше, мы составили формулы генотипов изучаемого признака у образцов и сортов, участвующих в гибридологическом анализе.

Так, очень медленный темп начального роста дикой формы *Опсиантус* является истинно диким (нормальным) признаком и контролируется блоком диких генов трех локусов, формула генотипа: $gra1^+ gra1^+, gra2^+ gra2^+, gra3^+ gra3^+$.

Медленный темп начального роста дикой формы *Льнолистный* является мутантным рецессивным признаком и контролируется одним рецессивным геном $gra1$, формула генотипа: $gra1 gra1, gra2^+ gra2^+, gra3^+ gra3^+$.

Средний темп начального роста сорта *Гелена* является рецессивным признаком и контролируется рецессивным геном $gra2$, формула генотипа: $gra1^+ gra1^+, gra2 gra2, gra3^+ gra3^+$.

Быстрый темп начального роста сорта *Першацвет* является рецессивным признаком и контролируется совместно рецессивными генами $gra2$ и $gra3$, формула генотипа: $gra1^+ gra1^+, gra2 gra2, gra3 gra3$.

Очень быстрый темп начального роста сорта *Миртан* также является рецессивным признаком и обусловлен действием трех рецессивных генов $gra1$ и $gra2$ и $gra3$, формула генотипа: $gra1 gra1, gra2 gra2, gra3 gra3$.

Опираясь на изложенные выше собственные результаты гибридологического анализа и, учитывая сведения литературы по генетике темпа начального роста люпина узколистного [2, 4], можно заключить, что в ходе доместикации и селекции этого вида люпина происходило накопление в генотипах мутантных неаллельных рецессивных генов, ускоряющих начальный рост растений. Это обусловлено ориентацией человека на отбор растений с быстрым темпом начального роста, как наиболее приспособленных к агроценозам. Посевы быстрорастущих сортов более полно используют факторы весеннего плодородия почвы (влагу, питательные вещества и др.), раньше затевают поверхность почвы, создавая тем самым большую конкуренцию сорнякам, имеют более короткий вегетационный период, что способствует уборке урожая в более благоприятный период [6].

Указанное выше косвенно подтверждает и тот факт, что из 27 сортов, внесенных в Госреестр сортов Республики Беларусь в период 1993-2012 гг., только сорта с быстрым темпом начального роста (*Данко*, *Першацвет*) и очень быст-

рым темпом (*Миртан*) возделывались в отдельные годы на площадях около 8 тыс. га и использовались 17 лет и более.

Так, сорт *Миртан* возделывается уже на протяжении 22 лет и максимум площадей (20,6 тыс. га) имел в 2006 г., а сорт *Перицацвет* возделывается 22 года, максимум площадей (9,5 тыс. га) занимал в 2006 г. Сорта же со средним (*Гелена* и др.) и медленным (*Метель* и др.) темпом начального роста возделывались в течение 2-9 лет и имели максимум площадей на уровне 0,1-4 тыс. га.

Соответственно, опираясь на изложенное выше, дальнейшую селекцию люпина узколистного мы ориентируем на выведение интенсивных сортов с быстрым и очень быстрым темпом начального роста.

Выводы

1. Темп начального роста люпина узколистного является сложным признаком и контролируется генами как минимум трех локусов.

2. Очень медленный темп начального роста люпина узколистного является истинно диким (нормальным) признаком, а очень быстрый – мутантным рецессивным.

3. В ходе domestikации и селекции этого вида люпина происходило накопление в генотипах мутантных неаллельных рецессивных генов (*gralgral*, *gra2gra2*, *gra3gra3*), ускоряющих начальный рост растений.

Литература

1. Gladstones, J.S. An historical review of lupins in Australia / J.S. Gladstones // In: Dracup M., Palta J., eds. Proc. of the first Australian Lupin Technical Symposium. Perth, WA, Depart. of Agriculture, 17–21 October, 1994. – P. 1-38
2. Mikolajczyk, J. Genetic studies in *Lupinus angustifolius* / J. Mikolajczyk // III. Inheritance of alkaloid content, seed hardness and length of the Growing in blue lupine // Genet. Pol. 7 (3-4). - 1966. - p. 181- 196
3. Swiecicki, W.K. Domestication and breeding improvement of narrow-leaved lupin (*L. angustifolius* L.) / W.K. Swiecicki // J. Appl. Genet. 36 (2), 1995. - p.155-157
4. Купцов, Н.С. Люпин - генетика, селекция, гетерогенные посевы / Н.С. Купцов, И.П. Такунов. – Брянск, Клиницы : КРТ, 2006. – 76 с.
5. Майсурия, Н.А. Люпин / Н.А. Майсурия, А.И. Атабекова. – М. : Колос, 1974. – 464 с.
6. Миронова, Т.П. Фитоценотическая ситуация посевов люпина и методы борьбы с сорной растительностью / Т.П. Миронова // матер. Межд. научн.-практ. конф. «Актуальные проблемы борьбы с сорной растительностью в современном земледелии и пути их решения». БелНИИЗК. – Жодино. – Т. 2, 1999. – С. 71–78.
7. Мельник, В.И. Изменения климата и меры по адаптации сельского хозяйства к этим изменениям в Республике Беларусь / В.И. Мельник // Тр. ФГБУ ВНИИСХМ. – 2013. – Вып. 38. – С. 249-256.
8. Мережко, А.Ф. Система генетического изучения исходного материала для селекции растений (методические указания) / А.Ф. Мережко // Всесоюзный НИИ растениеводства имени Н.И. Вавилова (ВИР). Под редакцией академика ВАСХНИЛ В.Ф. Дорофеева. – Ленинград, 1984. – 70 с. Типография ВИР, г. Павловск, редакционно-издательский отдел ВИР.
9. Унифицированный классификатор люпина *Lupinus* L. / Ф.И. Привалов [и др.] ; рец.: Э.П. Урбан, Е.Н. Куликович ; Национальная академия наук Беларуси, РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – [Минск], [2013].

GENETICS OF INITIAL GROWTH RATE OF BLUE LUPINE

A.A. Kozlovsky

The paper presents the results of hybridological analysis of the trait "initial growth rate". Literature and own data on genetics of the indicated trait are summarized. Further directions of breeding of blue lupine intensive varieties are discussed.

УДК 633.367.2:631.527

ЭВОЛЮЦИЯ БИОМОРФОФИЗИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО В ХОДЕ ДОМЕСТИКАЦИИ И СЕЛЕКЦИИ

А.А. Козловский, Н.С. Купцов*, канд. биол. наук

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»

(Поступила 25.02.2020)

Рецензент: Гриб С.И., академик НАН Беларуси

Аннотация. В статье обобщены сведения литературы и собственные результаты по изменению морфофизиологической структуры растения в ходе эволюции, доместикации и селекции люпина узколистного. Представлены закономерности изменения биоморфофизиологии растений в результате вмешательства человека. Обсуждаются направления дальнейшего усовершенствования растений люпина узколистного в ходе селекции интенсивных сортов.

История доместикации большинства ныне возделываемых растений насчитывает тысячелетия [7, 14]. Процесс окультуривания растений сопровождался бессознательным отбором в условиях новой экологической обстановки первобытного земледелия таких образцов, которые отвечали интересам человека в большей степени, чем их дикие предки. Под непрерывным воздействием человека культурные растения приобрели иную форму и новые биологические свойства. В эпоху развитого земледелия, как экстенсивного, так и интенсивного, способы воздействия на дикие и культурные растения носят уже сознательный характер и связаны с применением методов генетико-селекционной работы.

Познание тех изменений в растениях, которые осуществлены человеком в процессе окультуривания и селекции, представляет большой теоретический и практический интерес как в деле доместикации новых видов растений, так и выяснения направлений дальнейшей селекции культурных растений.

Особенности культурных растений, в том числе и люпина узколистного, отличающие их от диких родичей, большей частью изучены [1, 2, 7, 9, 13, 14]. Однако вопросу изменения биоморфологии растений в ходе доместикации и селекции уделено крайне мало внимания.

Цель настоящей работы и состоит как раз в том, чтобы восполнить этот пробел.