

## ФЕНОТИПИРОВАНИЕ ГЕРМОПЛАЗМЫ СОИ GLYCINE MAX (L.) MERR. ПО ПРИЗНАКУ НЕОСЫПАЕМОСТИ СЕМЯН

**С.В. ДИДОРЕНКО**, кандидат биологических наук, ORCID ID 0000-0002-2223-0718

**А.В. АГЕЕНКО**, доктор PhD, ORCID ID 0000-0003-3829-9629

**И. САГИТ**, ORCID ID 0000-0001-8138-8243

**Ж.Б. АБИЛДАЕВА**, ORCID ID 0000-0001-7898-0887

**А.Ж. САЙКЕНОВА**, ORCID ID 0000-0002-9211-1415

**М. КАНАТКЫЗЫ**, ORCID ID 0000-0001-5515-0311

ТОО «КАЗАХСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И РАСТЕНИЕВОДСТВА», РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

E-mail: svetl\_did@mail.ru

*Расширение ареала распространения сои в северном и южном направлении Республики Казахстан выявили необходимость создания сортов сои устойчивых к стрессу засухи и перепадам суточных температур, которые приводят к растрескиванию бобов и осыпанию семян. Проведена идентификация сортообразцов сои на наличие белого глазка на рубчике, что свидетельствует о плотном срастании семяножки со створками боба. Фенотипирована обширная гермоплазма сои отдела зернобобовых культур ТОО «Казахского научно-исследовательского института земледелия и растениеводства» объемом 1790 сортообразцов. Гермоплазма включает коллекционные сортообразцы мировой коллекции, а также линейный и константный генетический материал собственной селекции. Выявлен 391 сортообразец с данным признаком. Наибольшее количество неосыпающихся сортообразцов из мировой коллекции относится к сортам Российской и Украинской селекции. Из сортов отечественной селекции только два обладают наличием данного признака – Алматы и Зара. Установлено, что в гибридных популяциях F3 с участием в качестве материнской формы сорта Зара от 20 до 100% линий имеют данный признак.*

**Ключевые слова:** соя, гермоплазма, рубчик, семяножка, неосыпаемость.

## PHENOTYPING OF GERMOPLASM OF SOYBEAN GLYCINE MAX (L.) MERR., ACCORDING TO NON- DROPPING OF SEEDS

**S.V. Didorenko, A.V. Ageyenko, I. Sagit, J.B. Abildaeva, A.ZH.Saikenova, M. Kanatkyzy**

E-mail: svetl\_did@mail.ru

LLP «KAZAKH RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE AND PLANT GROWING»,  
Republic of Kazakhstan

***Abstract:** The expansion of the distribution area of soybeans in the northern and southern directions of the Republic of Kazakhstan revealed the need to create soybean varieties that are resistant to drought stress and changes in daily temperatures, which lead to cracking of beans and shedding of seeds. The identification of soybean cultivars for the presence of a white eye on the scar was carried out, which indicates a dense accretion of the seedling with the bean valves. Extensive germplasm of soybeans of the Department of Leguminous Crops of LLP «Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing» with a volume of 1790 varieties was phenotyped. Germplasm includes collection varieties of the world collection, as well as linear and constant genetic material of our own selection. Identified 391 varieties with this trait. The largest non-dropping number from the world collection belongs to varieties of Russian and Ukrainian selection. Of the varieties of*

*domestic selection, only two have this trait - Almaty and Zara. It was found that in hybrid populations F3 with participation as the maternal form of the Zara variety, from 20 to 100% of the lines have this trait.*

**Keywords:** soybeans, germplasm, scar, funicle, non-dropping.

Соя *Glycine max (L.) Merr.* – одна из главных белково-масличных культур с широким спектром применения: пищевой, кормовой, технической и медицинской, текстильной [1-3]. С учетом высокой пищевой ценности и содержанию протеина соя определена как стратегическая культура. Половину мировых запасов потребления растительных белков составляют соевые белки. Треть потребляемого в мире растительного масла человеком является соевым.

Мировое производство сои ежегодно растет и в 2019 году посевные площади сои составили 139,5 млн. га. В настоящее время на три страны – США, Бразилию и Аргентину – приходится более 80% мирового производства сои. Посевная площадь сои по Казахстану за последние 10 лет выросла более чем в 2,5 раза, с 53,6 тыс. га в 2009 году до 139,5 тыс. га в 2019 году, однако урожайность культуры за этот период повысилась незначительно – с 18,0 ц/га до 20,7 ц/га [4].

В Казахстане единственным селекционным центром по сое является ТОО «КазНИИЗиР», который является основным держателем генетического фонда зерновых, зернобобовых культур. Селекция сои здесь ведется с 1961 года и успешно продолжается в настоящее время. За эти годы было создано более 30 сортов этой культуры, из которых 18 были допущены к использованию, а 5 сортов – находятся в Государственном сортоиспытании [5]. Налажено первичное и элитное семеноводство сортов, допущенных к использованию в производстве. Основные признаки, по которым ведется селекция сои: урожайность, различные группы спелости, качество семян (белковость, масличность) и засухоустойчивость. Селекция по признаку засухоустойчивости в основном опирается на отборы по морфологическим и биохимическим маркерам.

Основным соесеющим регионом в Республике является орошаемая пашня Алматинской области (107 тыс. га). Лимитирующими факторами увеличения посевных площадей в республике являются такие факторы, как вегетационный период [6], фотопериодическая чувствительность [7], устойчивость к болезням [8], устойчивость к неблагоприятным климатическим факторам морозо -, соле - и засухоустойчивость [9].

Стратегия и тактика пополнения коллекции – непрерывный процесс. На каждом этапе развития общества необходимо учитывать приоритеты развития сельского хозяйства, селекции и страны в целом.

Расширение ареала распространения сои в северном и южном направлении республики Казахстан выявили необходимость создания сортов сои устойчивых к стрессу засухи и перепадам суточных температур, которые приводят к растрескиванию бобов и осыпанию семян. Потери семян сои у неустойчивых к растрескиванию сортов могут достигать 34–99 %. Растрескивание бобов необходимо для размножения их потомства в диких растениях, но является основной причиной потери урожая у сельскохозяйственных культур. Бобовые виды рассеивают семена, разбивая боб вдоль брюшного шва после созревания. В культивируемых соевых бобах (*Glycine max*) нерастущий стручок является основным признаком одомашнивания, на который нацеливается искусственный отбор.

Возделывание устойчивых к растрескиванию генотипов в иных климатических условиях часто приводит к потере этой устойчивости. Многие исследователи, изучавшие этот признак, обращали внимание на тот факт, что при перестое, особенно в условиях чередования сухих и дождливых дней, риск растрескивания бобов заметно увеличивается. А в условиях длительных засух на последних этапах органогенеза сои преждевременное вскрытие бобов нередко наблюдалось даже у высокоустойчивых к растрескиванию сортов [10, 11]. Соя при поливе менее склонна к растрескиванию, чем в отсутствии полива. На растрескивание также оказывают влияние перепады ночных и дневных температур.

В 1952 г. селекционер гороха А. Эглитис во 2-м гибридном поколении констатировал признак неосыпаемости. В научном отчете за 1954 г. он дает следующую характеристику этого признака: «Особенно интересной и перспективной является гибридная форма гороха, полученная от скрещивания разновидностей вителлиnum и коронатум. Горошины у растений этой формы держатся крепко и не высыпаются даже из раскрытых стручков. Особенность этого явления состоит в том, что в силу глубоких анатомических изменений в строении семяножки – фуникулуса и рубчика зерна произошло их прочное срастание» [12].

Генетическое изучение признака неосыпаемости проведено многими исследователями, а первое генетическое описание признака сделали в 1969 году Васик Хайдарович и Вилли Васикович Хангильдины из Башкирии. Новому рецессивному гену неосыпаемости семян дали название *def* (*defeloment funiculus*) и определили его локус в группе сцепления. Описание и широкое использование в селекции гена *def*, обуславливающего прочное срастание семяножки со створкой боба и устойчивость семян к осыпанию, позволяет снизить потери урожая семян. Семена прикрепляются к створке боба с помощью семяножки, называемой фуникулусом. Отделение семени от боба может происходить двумя путями: либо семяножка остается на семени, либо на створке плода.

Изучение данного признака и наследование его в гибридных популяциях на территории Казахстана проводится впервые.

**Цель исследований** – выявить наличие неосыпаемых сортообразцов сои в имеющемся генофонде для дальнейшего включения их в селекционную программу.

#### **Материал и методика**

Материалом исследований является обширная коллекция сои отдела зернобобовых культур ТОО «КазНИИЗиР», состоящая из гермоплазмы зарубежных сортов мировой коллекции и отечественного селекционного материала (табл. 1).

Таблица 1

#### **Объем питомников для фенотипирования морфологических признаков**

Наименование питомника	Происхождение	Количество образцов, шт
Генофонд сои	Мировая коллекция 26 стран	891
Коллекция сои	Отечественные сорта	30
Гибридный питомник	F1- F5	438
Селекционный питомник	СП1 - СП2	353
Контрольный питомник	Отечественные константные номера	60
Питомник предварительного сортоиспытания	Отечественные константные номера	21
Питомник конкурсного сортоиспытания	Отечественные константные номера	27
<b>ИТОГО</b>		<b>1790</b>

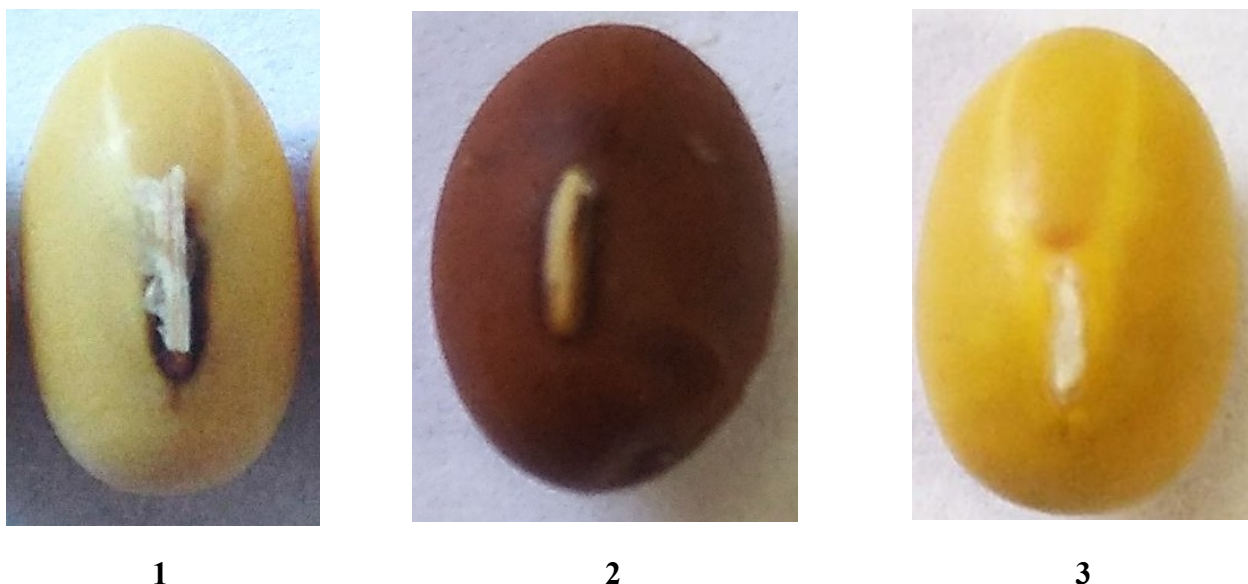
Морфологическая оценка степени прикрепления семяножки к семени проводится по наличию характерного белого глазка на рубчике семени (рис. 1).



1  
2  
*Рис. 1. Тип рубчика: 1 – с глазком; 2 – без глазка*

### Результаты и обсуждение

Проведена идентификация сортообразцов на наличие белого глазка на рубчике, что свидетельствует о плотном срастании семяножки со створками боба. При таком срастании семени и створок даже при их растрескивании во время вегетации не происходит осыпания семян. В независимости от основной окраски рубчика – желтой, коричневой или черной обнаружены образцы с характерным белым глазком (рис. 2).



1  
2  
3  
*Рис. 2. Наличие белого глазка на рубчике: 1– Алматы (Казахстан);  
2 – Красивая Меча (Россия); 3 – Спритна (Украина)*

В результате фенотипирования отобран 391 образец с наличием характерного глазка. Наибольшее количество неосыпающихся сортообразцов из мировой коллекции, имеющейся в фонде ТОО «КазНИИЗиР» были Российского и Украинского происхождения – 25 и 16 сортообразцов соответственно. В коллекции имеются единичные неосыпаемые сортообразцы из Польши, Канады, Молдовы, Франции, Швеции, Чехословакии, Китая, Дании.

Из сортов отечественной селекции только два обладают наличием данного признака – Алматы и Зара. Сорт Зара активно используется в селекционной программе в качестве материнской формы, таким образом, коллекция гибридного и селекционного питомников обладает достаточно большим количеством линий с данным признаком. Наибольшее количество характерно для гибридного питомника F1-F5-246 линий (табл. 2). От 20 до 100% линий в гибридных популяциях F3 с участием в качестве материнской формы сорта Зара имеют данный признак.

**Результаты фенотипирования гермоплазмы сои по признаку плотного прикрепления семяножки к створке боба**

Наименование питомника	Количество образцов, шт	Наименование сортаобразца
Генофонд сои	61	(К 4968, Соер-5, ПЭП 27, Малета, Ланцетная, Красивая меча, Соер -3, Соер 4, Соер 345, Вейделевская 17, Приморская 495, Свапа, ОПУС, Соер 7, Гера, Самер 1, СК Уника, Осмонь, СК Элана, Соер 2-95, Самер 2, ВНИИСК 1374, ПЭП17, Маша, Крапинка) – <b>Россия</b> , (Романтика, Спритна, Аннушка, Черновицкая 7, Прикорпатьяска 81, Устя, Мальвина, Спритна, Естофита, Фея, Одесская 150, Алмаз, Антрацит, Кировоградская 3, л 113-08, Викторина) – <b>Украина</b> , Seria – <b>Франция</b> , к 6091 – <b>Чехословакия</b> , (1040-4-2, 840-2-7, Fiskeby III, N 840-5-3) – <b>Швеция</b> , (6792) – <b>Дания</b> , (8532, Buster, Maple Ridge) – <b>Канада</b> , (1674) – <b>Китай</b> , (Молдавская 65, Albisoara, к 4926, 8541) – <b>Молдова</b> , (Kollekcyina, LMF, Aldana) – <b>Польша</b> , (Алматы, Зара) – <b>Казахстан</b>
Гибридный питомник	246	F2 (Зара/Малета)-118 линий, F3 (Зара/Малета) – 9 линий, F3 (Зара/Соер 5) – 15 линий, F3 (Зара/1022)- 5 линий, F3 (Зара/1017)- 7 линий, F3 (Зара/Хуа я Доу)- 8 линий, F3 (Зара /Хей Хе 47)- 13 линий, F3 (Зара/Сюн Нун 26)- 15 линий, F3 (Зара/ Ascacubi)- 10 линий, F3 (Зара/ Trijumpf) – 7 линий, F3 (Зара/Ивушка)- 5 линий, F3 (Зара/Память ЮГК)- 7 линий, F3 (Зара/Жансая) – 17 линий, F3 (Зара/Luna)- 14 линий, F5 – 1 линия
Селекционный питомник	60	СП1 (Зара/Zen)- 4 линии, СП1 (Зара/Бусо)- 5 линий, СП2 (Зара/Рассвет)- 7 линий, СП2 (Зара/Устя)- 3 линии, СП2 (Зара/347)- 3 линии, СП2 (Зара/234)- 4 линии, СП2 (Зара/670)-5 линий, СП2 (Зара/Роза)- 8 линий, СП2 (Зара/Перизат)-3 линии, СП2 (Зара/ Xinjiang D10)-10 линий, СП2 (Зара/ Надежда)- 3 линии, СП2 (Зара/ Гибридная желт)-5 линий
Контрольный питомник	17	К 46/5, К 46/1, К 46/2, К 46/4 (Одесская 150/Safrana); К 13/1, К 13/2, К 13/6, К 13/3 (Одесская 150/ Зен); К 28/4, К 28/3, К 28/6 (Славия/ Десна); К 34/3 (Алматы / Santana); К 47/4,(Алматы /Вилана); ЛТ 38/1 (Ласточка/ Суламит); ЛТ 26/2 (Зара/ Гибридная желтая); К 15/3 (Одесская 150/Харбин); ЛТ 17/2 (Зара/Роза)
Питомник предварительного сортоиспытания	5	КТ 41/4 (Зара/Жансая); И 23/8, И 23/7 (Зара/Корсак); РК 152/2 (00533); РК 206/1 (К 6477)
Питомник конкурсного сортоиспытания	2	ИТ 24/4 (Зара/ Черемош); ИТ 24/2 (Зара/ Черемош)
<b>ИТОГО</b>	<b>391</b>	

**Заключение**

Проведена идентификация сортаобразцов сои на наличие белого глазка на рубчике, что свидетельствует о плотном срастании семяножки со створками боба. Выявлен 391

сортообразец с данным признаком. В мировой коллекции, имеющейся в фонде ТОО «КазНИИЗиР», выявлены неосыпаемые сорта из Польши, Канады, Молдовы, Франции, Швеции, Чехословакии, Китая, Дании, Казахстана. Включение данных сортообразцов в селекционную программу в качестве родительских форм является актуальным при создании сортов сои для юга и юго-востока Казахстана.

**Работа выполнена в рамках финансирования Комитета науки МОН РК по бюджетной программе 217 «Развитие науки», подпрограмме 102 «Грантовое финансирование научных исследований» проекту ИРН АР08955940 «Репродукция гермоплазмы сои и ее фенотипирование по морфологическим признакам строения листовой пластинки и типу прикрепления семяножки».**

#### Литература

1. Петибская В.С. Соя – сырье для создания функциональных продуктов питания // Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2002. - N 126. – С.76-83.
2. Qi D.H., Lee C.F. Influence of soybean biodiesel content on basic properties of biodiesel-diesel blends // Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. – 2014. - Vol. 45, No. 2. - P.504–507. DOI: 10.1016/j.jtice.2013.06.021
3. Brooks M.M. Soybean protein fibres – past, present and future. In: Woodhead publishing series in textiles // Biodegradable and sustainable fibres. Cambridge. – 2005. - Vol. 47. - P.398-440. DOI:10.1533/9781845690991.398
4. Бюро национальной статистики агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан, [Электронный ресурс] URL: <https://stat.gov.kz/official/industry/14/statistic/6> (дата обращения 20.11.20)
5. Государственный реестр селекционных достижений, рекомендуемых к использованию в Республике Казахстан – Нурсултан, – 2020. – 120 с.
6. Abugalieva S., Didorenko S., Anuarbek S., Volkova L., Gerasimova Y., Sidorik I., Turuspekov Y. Assessment of Soybean Flowering and Seed Maturation Time in Different Latitude Regions of Kazakhstan. PLoS ONE – 2016. - Vol. 11(12). doi:10.1371/journal.pone.0166894.
7. Markirat Sh., Babissekova D.I., Didorenko S.V., Yezhebaeva R.S. Identification of photoperiod sensitivity gene E7 in soybean cultivars and breeding lines using SSR markers // Известия Национальной Академии наук Республики Казахстан. – 2019. – Vol. 5, No. 53. - P.66-72.
8. Zatybekov A., Abugalieva S., Didorenko S., Rsaliyev A., Turuspekov Y. GWAS of a soybean breeding collection from South East and South Kazakhstan for resistance to fungal diseases // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – N 22(5). - С.536-543.
9. Амангелдиева А.А., Даниярова А.К., Альчимбаева П.А., Анапияев Б.Б., Дидоренко С.В., Ержебаева Р.С. Оценка коллекционных образцов сои по анатомо-морфологическим и физиолого-биохимическим признакам засухоустойчивости // Вестник КазНУ. Алматы. – 2019. – N 1 (78). – С.88-100.
10. Suzuki M., Fujino K., Funatsuki H. A major soy-bean QTL, qPDH1, controls pod dehiscence without marked morphological change // Plant Production Science, The Crop Science Society of Japan, Tokyo, Japan. - 2009. – Vol. 12, No. 2. – P. 217–223.
11. Tukamuhambwa P., Dashiell K.E, Rubaihayo P., Nabasirye M. Determination of field yield loss and effect of environment on pod shattering in soybean // African Crop Science Journal. – 2002. – Vol. 10, No. 3. – P.203–209.
12. Зеленев А.Н. О признаке неосыпаемости гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – №2 (6). – С. 2-6.

#### References

1. Petibskaya V.S. Soya — syire dlya sozdaniya funktsionalnyih produktov pitaniya. [Soy is a raw material for creating functional food]. *Nauchno-tehnicheskiy byulleten VNIIMK-Scientific and Technical Bulletin All-Russian Scientific Research Institute of Oilseeds*, 2002, no 126, pp.76-83. (in Russian)
2. Qi D.H., Lee C.F. Influence of soybean biodiesel content on basic properties of biodiesel-diesel blends. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 2014, Vol. 45, no. 2, pp.504–507. DOI: 10.1016/j.jtice.2013.06.021
3. Brooks M.M. Soybean protein fibres — past, present and future. In: Woodhead publishing series in textiles. *Biodegradable and sustainable fibres*. Cambridge, 2005, Vol. 47, pp.398-440. DOI:10.1533/9781845690991.398
4. Byuro natsionalnoy statistiki agentstva po strategicheskomu planirovaniyu i reformam Respubliki Kazahstan [Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan], [Elektronnyiy resurs] URL: <https://stat.gov.kz/official/industry/14/statistic/6> (data obrascheniya 20.11.20) (in Russian)
5. Gosudarstvennyiy reestr selektsionnyih dostizheniy, rekomenduemyih k ispolzovaniyu v Respublike Kazahstan [State Register of Breeding Achievements Recommended for Use in the Republic of Kazakhstan], Nursultan, 2020, 120 p. (in Russian)
6. Abugalieva S., Didorenko S., Anuarbek S., Volkova L., Gerasimova Y., Sidorik I., Turuspekov Y. Assessment of Soybean Flowering and Seed Maturation Time in Different Latitude Regions of Kazakhstan. *PLoS ONE*, 2016, Vol. 11(12). doi:10.1371/journal.pone.0166894.

7. Markirat Sh., Babissekova D.I., Didorenko S.V., Yezhebaeva R.S. Identification of photoperiod sensitivity gene E7 in soybean cultivars and breeding lines using SSR markers. *Izvestiya Natsionalnoy Akademii nauk Respubliki Kazakhstan*, 2019, Vol. 5, no. 53. - pp.66-72.
8. Zatybekov A., Abugalieva S., Didorenko S., Rsaliyev A., Turuspekov Y. GWAS of a soybean breeding collection from South East and South Kazakhstan for resistance to fungal diseases. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i seleksii*, 2018, no 22(5), pp.536-543.
9. Amangeldieva A.A., Daniyarova A.K., Alchimbaeva P.A., Anapiyaev B.B., Didorenko S.V., Erzhebaeva R.S. Otsenka kolleksiionnyih obraztsov soi po anatomo-morfologicheskim i fiziologo-biohimicheskim priznakam zasuhoustoychivosti [Assessment of collection samples of soybeans by anatomical-morphological and physiological-biochemical signs of drought resistance]. *Vestnik KazNU -Bulletin of the Kazakh National University*, Almaty, 2019, no 1 (78), pp.88-100. (in Russian)
10. Suzuki M., Fujino K., Funatsuki H. A major soy-bean QTL, qPDH1, controls pod dehiscence without marked morphological change. *Plant Production Science. The Crop Science Society of Japan*, Tokyo, Japan, 2009, Vol. 12, no. 2, pp. 217–223.
11. Tukamuhambwa P., Dashiell K.E, Rubaihayo P., Nabasirye M. Determination of field yield loss and effect of environment on pod shattering in soybean. *African Crop Science Journal*, 2002, Vol. 10, no. 3, – pp.203–209.
12. Zelenov A.N. O priznake neosypayemosti gorokha [On the sign of non-shattering peas]. *Zernobobovyye i krupyanyye kul'tury - Legumes and cereals*, 2013, no.2 (6), pp. 2-6 (in Russian)