

# СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

## АГРОНОМИЯ

### AGRICULTURAL SCIENCES

#### AGRONOMY

УДК 633.12:631.527.82.

Т. А. Анохина, В. Н. Куделко, Е. В. Гладкая, **Е. И. Дубовик**

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию», ул. Тимирязева, 1, 222160 Жодино, Республика Беларусь, +375 (1775) 323 61, izis@tut.by

### ОБОСНОВАНИЕ ПОДБОРА ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ГРЕЧИХИ НА ХОЛОДОСТОЙКОСТЬ

Сообщаются результаты анализа полиморфизма сортовых популяций гречихи по реакции на пониженные положительные температуры в зависимости от пloidности и детерминации ростовых процессов в апикальных меристемах. Показана большая возможность формирования холодостойких сортов при использовании генофонда тетраплоидных сортов вне зависимости от морфотипа растения. У диплоидных сортов для этих целей лучше использовать детерминантные сорта. У тетраплоидных сортов также лучше использовать популяции с ограничением роста в апикальных меристемах. Установлено, что наиболее высокий выход проростков с длиной первичного корня от 7 см обеспечивают две тетраплоидные популяции: Александрина, с индетерминантным морфотипом (62,0%), и детерминантный образец К-639 (40,7%), а у диплоидных Анита Белорусская (16,3%) и Влада (47,5%) соответственно. Из проанализированных диплоидных популяций по реакции на положительные пониженные температуры в селекции на холодостойкость целесообразно использовать лишь сорт Влада, у тетраплоидных — К-639, К-641, К-642.

**Ключевые слова:** сорта гречихи, тетраплоидные, диплоидные, полиморфизм проростков, популяция, пониженная температура.

Рис. 6. Библиогр.: 11 назв.

Т. А. Anokhina, V. N. Kudelko, E. V. Gladkaya, **E. I. Dubovik**

The Republican Unitary Enterprise “Scientific-and-Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus on agriculture”, 1, Timiryazeva st., 222160 Zhodino, Belarus, +375 (1775) 323 61, izis@tut.by

### SUBSTANTIATION OF INITIAL MATERIAL SELECTION FOR COLD-RESISTANT BUCKWHEAT BREEDING

The research conducted in RUE “Research and Practical Centre of NAS of Belarus for Arable Farming” showed the dependence of polymorphism of buckwheat varietal populations both on ploidy and on determination of growth processes in apical meristems. At lower positive temperatures, the populations of tetraploid samples have 3.7 times more long seedlings than the populations of diploid samples. This will allow to better keep heterozygosity in newly formed populations due to the higher number of parents, which is very important for cross-pollinated species (*Fagopyrum esculentum* Moench.).

**Key words:** buckwheat varieties, tetraploid, diploid, polymorphism of seedlings, population, low temperature.

Fig. 6. Ref.: 11 titles.

© Анохина Т. А., Куделко В. Н., Гладкая Е. В., **Дубовик Е. И.** Обоснование подбора исходного материала для селекции гречихи на холодостойкость. 2016.

© Anokhina T. A., Kudelko V. N., Gladkaya E. V., **Dubovik E. I.** Substantiation of initial material selection for cold-resistant buckwheat breeding. 2016.

**Введение.** Одним из направлений повышения урожайности и валовых сборов зерна гречихи может быть создание высокоурожайных адаптивных сортов, отличающихся повышенной устойчивостью к различным стрессовым факторам, включая пониженные положительные температуры. Гречиха довольно резко реагирует на изменение температуры воздуха и почвы на протяжении всего вегетационного периода. Небольшое понижение температуры за пределы биологического минимума приостанавливает процессы роста и развития растений и не вызывает их полной гибели [1; 2]. Однако это отрицательно влияет на стабильность формирования урожайности и её величину, поскольку гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum* Moench.) — теплолюбивая культура [2].

Приспособление растительных организмов к температурному фактору наиболее эффективно при направленной селекции поэтапного формирования у них тепловой устойчивости [3; 4]. Однако сложность выведения сортов, адаптивных к температурному стрессу, заключается в том, что гречиха, в силу своего происхождения, не имеет в своём генофонде холодоустойчивых форм [3]. Тем не менее селекционерами предпринимаются попытки создания холодоустойчивых сортов с помощью отборов, в основе которых находится использование полиморфизма популяций данной культуры по целому ряду признаков [5; 6], в том числе и к холодному стрессу [2].

Полиморфизм, выраженный фенотипически, является основным фактором в формировании приспособительных механизмов популяции, особенно перекрёстноопыляемой. Его наличие позволяет лучше переносить внешние колебания среды и адаптироваться к ним [6; 7]. Поэтому задача селекционера состоит в том, чтобы не только выявить межсортовой полиморфизм, базирующийся прежде всего на признаках, поддерживаемых естественным отбором и лишь совершенствуемых в процессе селекции, но и выделить не столь многочисленные носители тех признаков, которые необходимы в целях успешного культивирования вида [8; 9] в процессе его возделывания.

Общеизвестно, что высокая жизнеспособность не является гарантией высокой семенной продуктивности популяций [6]. Наряду с этим они должны обладать целым комплексом полезных наследственных качеств. Поэтому необходима поэтапная оценка исходного материала, сочетающего как высокую жизнеспособность, так и высокую зерновую продуктивность.

На первом этапе для успешного селектирования адаптивных сортов гречихи целесообразно было выявить как межсортовой, так и внутрисортовой полиморфизм по реакции на холодный стресс в целях подбора исходного материала с повышенной холодоустойчивостью, что и стало предметом нашего изучения.

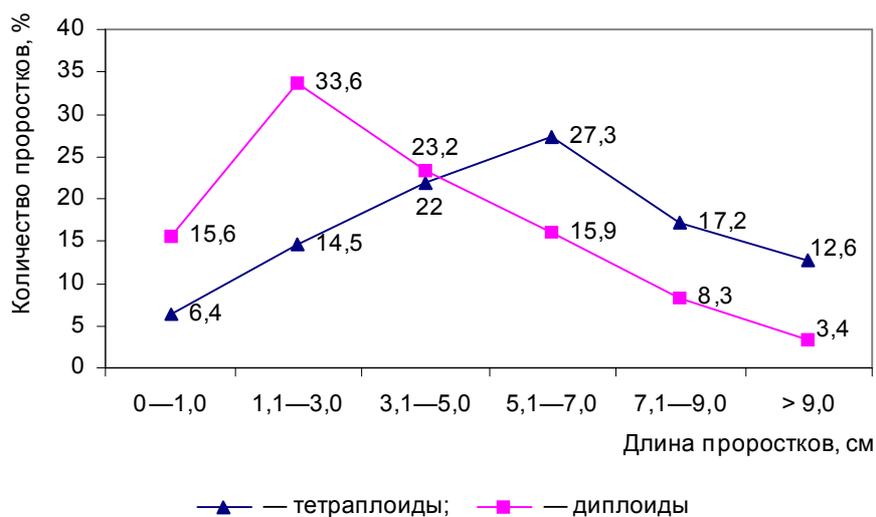
**Материал и методика исследований.** Реакция на холодный стресс определялась при температуре +10°C, о чём мы сообщали ранее при изучении реакции 20 сортов и образцов гречихи с неодинаковой плоидностью и различающихся по морфотипу и давали их более подробную характеристику [10].

Нами было установлено, что при температуре 6—8°C семена только наклюваются, но не прорастают, т. е. не дают роста. Длительное пребывание в таких условиях ведёт к загниванию и гибели зародыша, что не позволяет отобрать достаточное количество жизнеспособных проростков и отрицательно влияет на дальнейшее формирование сортовых популяций.

**Результаты исследований.** Селекционерам, работающим с гречихой, хорошо известно, что растения в пределах сорта обладают значительным фенотипическим разнообразием по всем признакам, поддающимся наблюдению или учёту. Было установлено, что у всех изученных популяций (вне зависимости от уровня плоидности) количество проростков, имеющих длину первичного корня от 5 см, при температуре +10°C, было выше на седьмой день проращивания. Однако сравнение между собой тетраплоидных и диплоидных сортов показало, что у тетраплоидных образцов этот показатель составил 57,1%, что в среднем в 2,1 раза выше, чем у диплоидных, — 27,6% (рисунок 1).

Поэтому отбор на холодоустойчивость будет эффективнее из популяций тетраплоидных сортов по сравнению с диплоидными, поскольку изначально популяции тетраплоидных образцов более полиморфны по своему генетическому составу по обсуждаемому признаку. По нашему мнению, это позволит формировать и более адаптивные популяции к холодному стрессу по сравнению с исходными.

Необходимо также подчеркнуть, что все сортовые популяции гречихи по уровню гетерозиготности близки к панмиктическим. Резкое сокращение количества растений, дошедших до переопыления, как правило, приводит к снижению гетерозиготности их пыльцы [6] и, как следствие, уменьшению продуктивного



**Рисунок 1. — Полиморфизм по длине проростков в зависимости от пloidности**

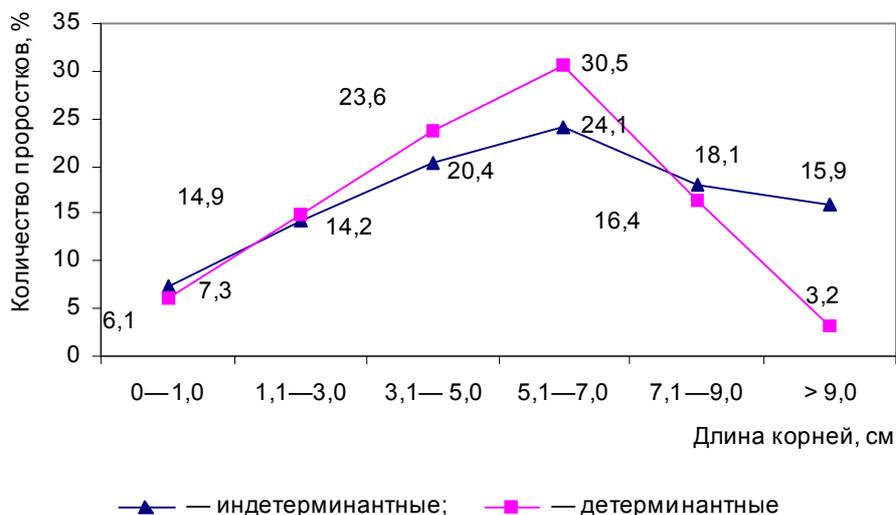
**Figure 1. — Polymorphism by seedling length depending on ploidy**

потенциала ценоза в целом. Поэтому очень важно, чтобы изначально в отборе участвовало достаточно большое количество растений (проростков).

Обращает на себя внимание и то, что изменение морфотипа тетраплоидных растений не вносит существенных различий в распределение проростков по классам развития длины первичного корня (рисунок 2). Некоторые отличия имеются лишь по количеству проростков и длине первичного корня у детерминантных образцов. Это обстоятельство также необходимо учитывать при подборе исходного материала для селекции на холодостойкость тетраплоидных детерминантных сортов.

У диплоидных образцов по сравнению с тетраплоидными индетерминантные популяции имеют более высокое содержание проростков со слабым развитием первичной корневой системы (от 0 до 5 см) при пониженной положительной температуре (рисунок 3).

По-видимому, это обстоятельство и определило недостаточную эффективность селекции на холодостойкость диплоидных сортов гречихи в конце прошлого века, когда в основном возделывались диплоидные сорта индетерминантного морфотипа [2; 7; 9].



**Рисунок 2. — Полиморфизм по длине проростков у тетраплоидных сортов**

**Figure 2. — Polymorphism by seedling length in tetraploid varieties**

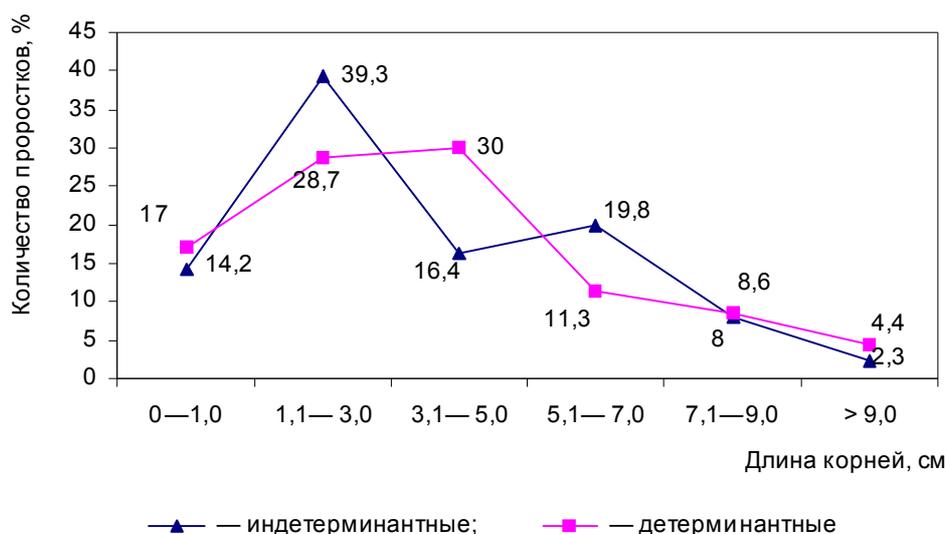


Рисунок 3. — Полиморфизм по длине проростков у диплоидных сортов

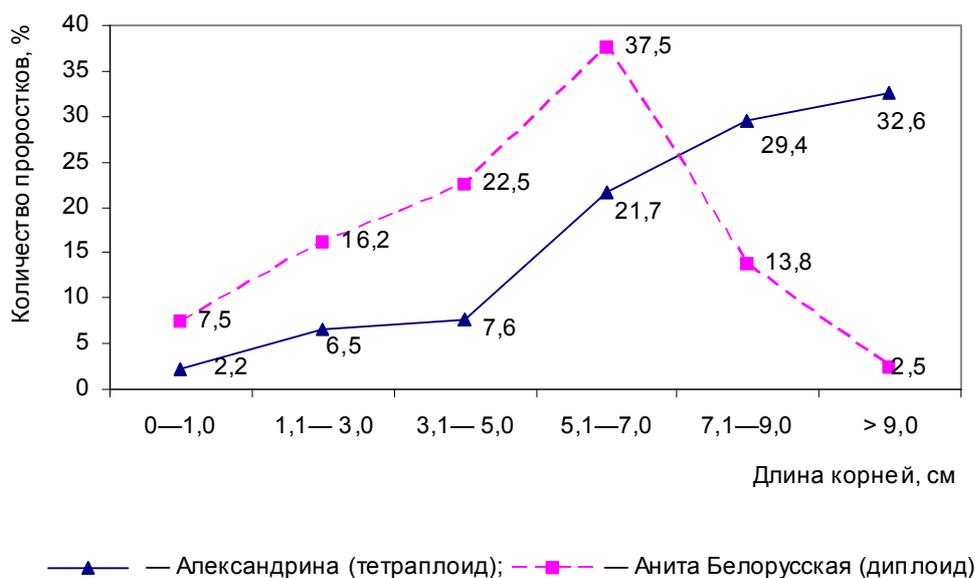
Figure 3. — Polymorphism by seedling length in diploid varieties

Анализ сортового полиморфизма популяций гречихи различной плоидности и неодинакового морфотипа показал наличие существенных различий между ними. Для селектирования холодостойких популяций гречихи исходный материал подбирают по усреднённым показателям. Однако, как правило, выделяют образцы с максимальным выражением признака для дальнейшего его усовершенствования, а выбраковке, в первую очередь, подвергаются популяции с высокой негативной реакцией на холодовой стресс, т. е. когда проростки на седьмые сутки не достигают длины даже 1 см. Наличие у диплоидных сортов большого количества слаборазвитых проростков снижает адаптивность полученных из них растений у формируемых популяций.

В зависимости от плоидности сортовые популяции различаются по выходу хорошо развитых проростков с длиной первичного корня выше 9 см: у тетраплоидов этот показатель находится в пределах 1,1—32,6%, у диплоидных — 1,1—12,8%, т. е. максимальное значение ниже в 2,6 раза. Это предполагает, что объём растений, доведённых до переопыления, у основной массы диплоидных образцов будет в 2,6 раза меньше, чем при формировании тетраплоидных популяций. В свою очередь существенно ухудшится уровень гетерозисности таких популяций, определяющих степень их адаптивности [6; 8]. Сравнение между собой двух сортовых индетерминантных популяций, неодинаковых по уровню плоидности, но широко возделываемых в Беларуси, наглядно показывает, насколько различаются они по возможности проведения отбора холодостойких проростков (рисунок 4). Однако недостатком индетерминантных сортов гречихи, вне зависимости от уровня их плоидности, является неограниченный рост в высоту и, как следствие, усиление полегаемости таких посевов. Более того, отбор из сортов индетерминантного морфотипа по длине первичного корня ещё больше усиливает ростовые процессы надземной массы, что отрицательно сказывается на их адаптивности [11]. Поэтому в целях формирования конкурентоспособных сортовых популяций гречихи при оценке у них первичной корневой системы в разных условиях температурного режима представляют интерес, прежде всего, детерминантные сорта и образцы с ограниченным ростом в апикальных меристемах вне зависимости от плоидности.

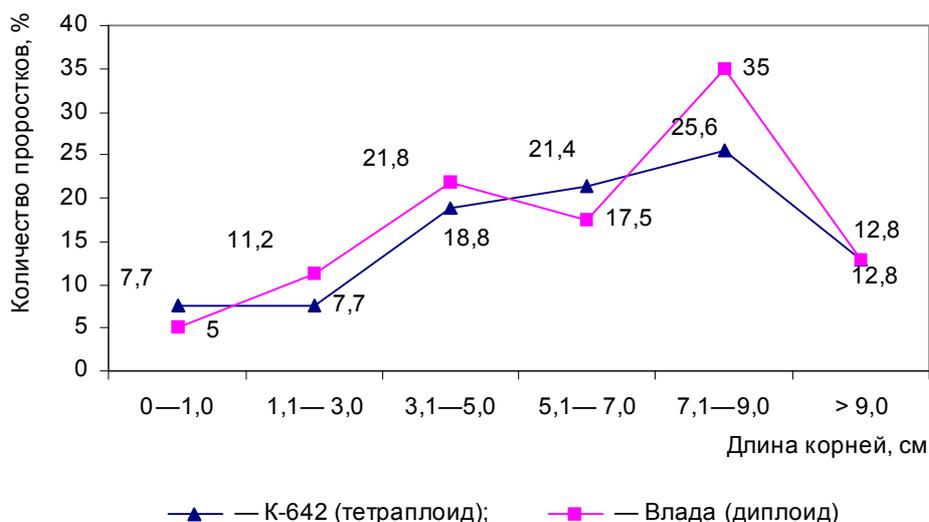
Сравнение между собой усреднённых показателей выхода проростков в процентном выражении по шести популяциям, как диплоидным, так и тетраплоидным, отобраным для дальнейшей селекционной работы, показал, что количество хорошо развитых проростков в 2,0 раза выше у последних и составляет 4,4 и 9,2% соответственно.

Изучение сортового полиморфизма по длине первичного корня позволило выявить возможность проводить дальнейший улучшающий отбор, как у диплоидного сорта, так и у тетраплоидного (рисунок 5) и, наряду с этим, нецелесообразность проведения отбора на холодостойкость у тетраплоидных образцов, которые мало чем отличаются по реакции на пониженные положительные температуры от диплоидных детерминантных сортов новейшей селекции, в частности, сорта Лакнея, районированного в 2012 году (рисунок 6).



**Рисунок 4. — Классы распределения по длине проростков у разных по пloidности сортов индетерминантного морфотипа**

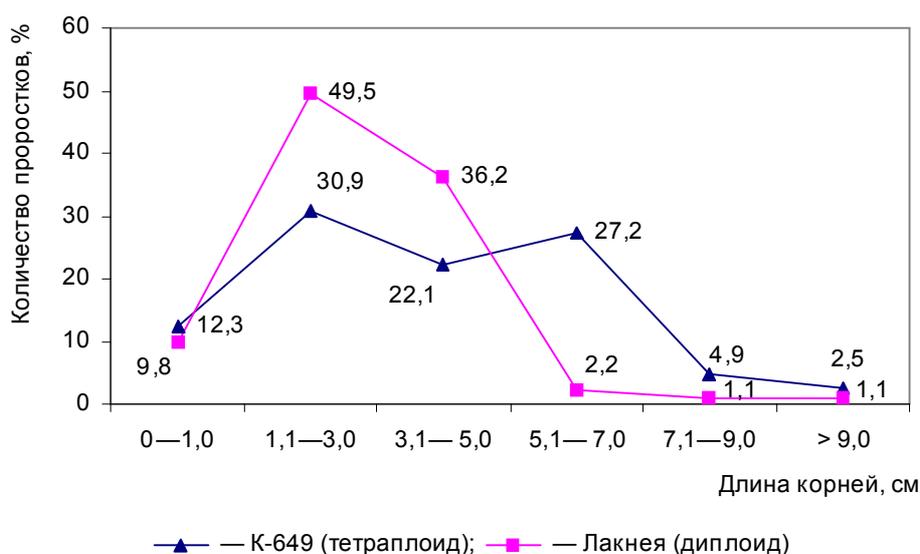
**Figure 4. — Classes of distribution by seedling length in indeterminate morphotype varieties differed in ploidy**



**Рисунок 5. — Полиморфизм по длине проростков у перспективных образцов для отбора на холодостойкость**

**Figure 5. — Polymorphism by seedling length in accessions suitable for selection for cold resistance**

Использование детерминантных образцов гречихи по длине первичного корня свыше 5 см в условиях температурного стресса +10°C позволяет увеличить число растений, доведённых до переопыления, у сорта Влада — до 65,3%, у сортообразца К-642 — до 59,8% (см. рисунок 5), т. е. объём отобранных проростков увеличивается в 4—5 раз в зависимости от образца, что обеспечивает сохранение более высокой гетерозиготности как генетической основы сочетания адаптивности и продуктивности перекрёстноопыляемых сортов. Однако необходимо подчеркнуть, что если у тетраплоидных образцов половина сортовых популяций представляет интерес для проведения отбора на холодостойкость, то у диплоидных образцов некоторую результативность его может обеспечить лишь популяция сорта Влада. Следовательно, тетраплоидные сорта смогут в большей степени обеспечить формирование



**Рисунок 6. — Полиморфизм по длине проростков у неперспективных образцов для отбора на холодостойкость**  
**Figure 6. — Polymorphism by seedling length in accessions not suitable for selection for cold resistance**

и селектирование холодостойких образцов гречихи по сравнению с диплоидными сортами. На это указывают и другие исследователи теплолюбивых культур, отмечая, что, при охлаждении корневых систем в процессе экспериментов, более закалённые и развитые проростки обеспечивают в дальнейшем и более устойчивое течение физиологических процессов в надземных органах при похолоданиях на поздних этапах органогенеза [2; 4], поскольку, наряду со стимулирующим влиянием, неблагоприятные внешние факторы оказывают одновременно и специфическое действие, которое является защитно-приспособительной реакцией.

**Заключение.** На основании вышеизложенного сделаны следующие выводы:

1) экспериментально установлено, что при пониженной температуре доля хорошо развитых проростков с длиной первичного корня выше 9 см у тетраплоидных сортов в среднем в 3,7 раза выше по сравнению с диплоидными и составляет 12,6% и 3,4% соответственно. Это позволяет вести селекцию на холодостойкость и продуктивность у тетраплоидных сортов более эффективно по сравнению с диплоидными;

2) наличие ярко выраженного сортового полиморфизма по длине первичных корней вне зависимости от пloidности предполагает необходимость первоначальной оценки сортовых популяций по реакции на пониженные положительные температуры. В первую очередь такой отбор целесообразно проводить у сортов и образцов гречихи с детерминацией ростовых процессов в апикальных меристемах;

3) оценка реакции сортов гречихи на пониженные положительные температуры показала, что почти половина из числа изученных детерминантных тетраплоидных популяций пригодна для дальнейшей селекции на устойчивость к холодовому стрессу. Среди диплоидных сортов для этих целей подходит лишь сорт Влада, популяция которого обеспечивает при проращивании на фоне постоянной температуры +10°C выход проростков с длиной первичного корня выше 9 см 12,8%, что на уровне среднего показателя тетраплоидных сортов.

#### Список цитируемых источников

1. Анохин А.И. Гречиха на полях Белоруссии. Минск: Ураджай, 1984. 80 с.
2. Лаханов А.П., Балачкова Н.Е. Результаты изучения физиологических особенностей холодостойкости фасоли и гречихи // Селекция, биохимия и агротехника зернобобовых и крупяных культур: сб. науч. тр. Т. 5. Орел, 1976. С. 102-112.
3. Алексеева Е.С. Методы, результаты и перспективы селекционной работы с гречихой // Селекция и агротехника гречихи: сб. науч. тр. Орел. 1970. С. 124-132.

4. Генкель П.А., Кушниренко С.В. Холодостойкость растений и термические способы её повышения. М.: Наука, 1998. 223 с.
5. Палилов А.И. Многократный гетерозис. Минск: Наука и техника, 1976. 160 с.
6. Полиморфизм растений по степени перекрёстноопыляемости (биологическое значение, генетические основы, практическое использование) / А.И. Палилов [и др.]. Минск: Наука и техника, 1981. 248 с.
7. Фесенко Н.В. О путях культурной эволюции гречихи // Селекция, биохимия и агротехника зернобобовых и крупяных культур: сб. науч. тр. Т. 5. Орел. 1976. С. 44-77.
8. Гречиха / Н.В. Фесенко [и др.] // Теоретические основы селекции растений ; под ред. В.А. Драгавцева. СПб.: ННЦ РФ ВИР, 2006. 196 с.
9. Кротов А.С. Гречиха — *Fagopyrum* // Культурная флора СССР: в 3 т.; под ред. А.С. Кротова. Т. 3. Гречиха, просо, рис. Л.: Колос, 1975. С. 7-118.
10. К оценке холодостойкости сортов гречихи в условиях пониженных положительных температур / Т.А. Анохина [и др.] // Вестник БарГУ. Сер. Биологические науки. Сельскохозяйственные науки. Вып. 2. 2015. С. 83-90.
11. Алексеева Е.С. Использование отбора по корневой системе в селекции гречихи // Селекция, генетика и биология гречихи: сб. науч. тр. Орел. 1971. С. 45-50.

### References

1. Anokhin A.I. Buckwheat on the fields of Belarus. Minsk, Uradzhai, 1984.
2. Lakhanov A.P., Balachkova N.E. Results of study of physiological aspects of French bean and buckwheat cold resistance. *Seleksia, biokhimiya i agrotekhnika zernobobovykh i krupyanykh kultur: sbornik nauchnykh trudov*. Orel, 1976, vol. 5, pp. 102-112.
3. Alekseeva E.S. Methods, results, and prospects of breeding work with buckwheat. *Seleksia i agrotekhnika grechikhi. Sbornik nauchnykh trudov*. Orel, 1970, pp. 124-132.
4. Henkel P.A., Kushnirenko S.V. Cold resistance of plants and thermal methods for its improvement. Moscow: Nauka, 1998.
5. Palilov A.I. Multiple heterosis. Minsk, Nauka i tekhnika, 1976.
6. Palilov A.I. Polymorphism of plants by the degree of cross-pollination (biological meaning, genetic basis, practical use). Minsk, Nauka i tekhnika, 1981.
7. Fesenko N.V. About ways of buckwheat cultural evolution. *Seleksia, biokhimiya i agrotekhnika zernobobovykh i krupyanykh kultur: sbornik nauchnykh trudov*. Orel, 1976, vol. 5. pp. 44-77.
8. Fesenko N.V., Romanova O.I., Alekseeva E.S., Suvorova G.N. Buckwheat. Edited by Dragavtsev V.A. *Teoreticheskie osnovy seleksii rastenii*. St. Peterburg, 2006, vol. 5.
9. Krotov A.S., Lysov V.N., Sokolova I.I. Cereal crops: buckwheat, rice, millet. *Kulturnaya flora SSSR*. Leningrad, Kolos, 1975, vol. 3, pp. 7-118.
10. Anokhina T.A., Kudelko V.N., Dubovik E.I., Gladkaya E.V. More on cold resistance of buckwheat varieties under the conditions of low positive temperatures. *Vestnik BarGU. Seriya biologicheskie nauki. Sel'skokhozyaystvennyye nauki* [BarSU Herald. Series Biological Sciences. Agricultural Sciences], 2015, vol. 3, pp. 83-90.
11. Alekseeva E.S. Use of selection by root system in buckwheat breeding. *Seleksia, genetika i biologiya grechikhi. Sbornik nauchnykh trudov*. Orel, 1971, pp. 45-50.

Поступила в редакцию 04.04.2016.

### Summary

T. A. Anokhina, V. N. Kudelko, E. V. Gladkaya, **E. I. Dubovik**

The Republican Unitary Enterprise "Scientific-and-Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus on agriculture", 1, Timiryazeva st., 222160 Zhodino, Belarus, +375 (1775) 323 61, izis@tut.by

## SUBSTANTIATION OF INITIAL MATERIAL SELECTION FOR COLD-RESISTANT BUCKWHEAT BREEDING

The results of the analysis of polymorphism of buckwheat varietal populations by the response to low positive temperatures depending on ploidy and determination of growth processes in apical meristems are presented. Cold resistant varieties are formed better when using the gene pool of tetraploid varieties irrespective of plant morphotype. For diploid varieties it is better to use determinate varieties for the same purpose. For tetraploid varieties it is also advisable to use populations with growth limitation in the apical meristems. It is found out that two tetraploid populations (Aleksandrina, with the indeterminate morphotype (62.0%), and determinate accession K-639 (40.7%)) and two diploid populations (Anita Belorusskaya (16.3%) and Vlada (47.5%)) provide the highest yield of seedlings with the primary roots of 7 cm length. Among the diploid populations analyzed by the response to the low positive temperatures, only Vlada variety and tetraploid K-639, K-641, and K-642 can be used in breeding for cold resistance.