

ОСОБЕННОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ ВЫСОТЫ РАСТЕНИЙ КОРОТКОСТЕБЕЛЬНЫХ ГИБРИДОВ ЯРОВОГО РАПСА

А. Н. ПАВЛОВСКАЯ, Я. Э. ПИЛЮК, О. А. ПИКУН, А. В. БАКАНОВСКАЯ

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,
г. Жодино, Республика Беларусь, 222164, e-mail: alina.pavlik1996@gmail.com

(Поступила в редакцию 14.06.2021)

В статье представлены результаты исследований по изучению гибридов F₁ ярового рапса, полученных от скрещивания короткостебельных и высокорослых сортов (линий) и образцов, различающихся по происхождению и высоте растений родительских форм. Высота растений в селекции важный признак, так как он связан с устойчивостью к полеганию. Высокорослые сорта обычно являются более продуктивными, но часто позднеспелые. Наилучшим для ярового рапса является сочетание таких показателей, как низкорослость, раннеспелость и продуктивность. При использовании короткостебельных образцов №С62/67 и №20А-2 созданы низкорослые гибриды с высотой растений от 92,9 до 99,5 см, которые можно использовать в гетерозисной селекции. По признаку «высота растений» получен максимальный положительный истинный гетерозис (19,02 %) в комбинации Топаз х 20А-2. В прямых и обратных скрещиваниях низкорослых образцов между собой степень доминирования (hp) этого признака составила от -2,91 до 3,50. Высота растений короткостебельных гибридов F₁ ярового рапса имеет положительную корреляционную связь средней степени с высотой ветвления ($r=0,68$), количеством стручков на растении ($r=0,53$) и диаметром корневой шейки ($r=0,54$). При использовании в скрещиваниях короткостебельных родительских форм выделены низкорослые линии, которые следует использовать в селекционном процессе для повышения устойчивости сортов и гибридов ярового рапса к полеганию. Метеорологические условия в период исследований существенно отличались от среднесезонных показателей как по температурному режиму, так и по количеству атмосферных осадков и были удовлетворительными для роста растений, формирования семян ярового рапса.

Ключевые слова: яровой рапс, короткостебельность, высота растений, родительские формы, полегание, наследование, степень доминирования, истинный и конкурсный гетерозис.

The article presents results of research into F₁ hybrids of spring rape obtained from crossing short-stemmed and tall varieties (lines) and samples differing in origin and height of plants of parental forms. Plant height in breeding is an important trait, since it is associated with lodging resistance. Tall varieties are usually more productive, but often late maturing. The best combination for spring rape is a combination of such indicators as short stature, early maturity and productivity. With the use of short-stemmed samples No. S62/67 and No. 20A-2, undersized hybrids with plant heights from 92.9 to 99.5 cm were created, which can be used in heterotic breeding. According to the "plant height" trait, the maximum positive true heterosis (19.02 %) was obtained in the combination Topaz x 20A-2. In direct and reverse crosses of undersized specimens with each other, the degree of dominance (hp) of this trait ranged from -2.91 to 3.50. The height of plants of short-stemmed F₁ hybrids of spring rape has a medium positive correlation with the branching height ($r = 0.68$), the number of pods per plant ($r = 0.53$) and the diameter of the root collar ($r = 0.54$). When short-stemmed parental forms were used in crosses, undersized lines were identified, which should be used in the breeding process to increase the resistance of varieties and hybrids of spring rape to lodging. The meteorological conditions during the study period significantly differed from the average long-term indicators both in temperature and in the amount of atmospheric precipitation and were satisfactory for plant growth and the formation of spring rape seeds.

Key words: spring rape, short stems, plant height, parental forms, lodging, inheritance, degree of dominance, true and competitive heterosis.

Введение

Рапс является основной масличной культурой Республики Беларусь и многих стран мира, используемой как на пищевые, так и на кормовые цели. В маслосеменах ярового рапса содержится 20–28 % кормового белка и 40–50 % масла [1]. Применение в пищевой отрасли промышленности масла обусловлено оптимальным составом в нем жирных кислот, сбалансированностью белков по аминокислотному составу, а также устойчивостью к окислительным процессам [2]. Низкорослые формы имеют преимущество перед высокорослыми растениями как более устойчивые к полеганию в условиях достаточного увлажнения. В связи с этим актуальным остаётся создание и подбор устойчивых к полеганию сортов, адаптированных к конкретным условиям среды.

Цель наших исследований – изучить особенности наследования высоты растений короткостебельных гибридов ярового рапса.

Повышение продуктивности сортов ярового рапса в производстве является одной из основных проблем селекции этой культуры и стабилизации производства маслосемян в Беларуси. По мере повышения продуктивности пахотных земель и применения высоких доз минеральных удобрений, появилось противоречие между производительной способностью поля и устойчивостью посевов к полеганию В. П. Самсонов [3]. Решение этой проблемы весьма не просто, так как само по себе явление полегания является результатом действия многих факторов. Высокие дозы азотных удобрений, недостаточное количество органических, завышенные нормы высева являются основными агротехническими факторами, вызывающими полегание [4]. Исследованиями многих ученых установлено, что при усилении азотного питания в посевах ухудшается световой режим, удлиняется стебель, замедляется формирование механических тканей, что ведет к полеганию посевов и ухудшению качества продукции. Влияние метеорологических условий, в особенности из-

бытка влаги во время цветения, приводящего к полеганию, имеет место и у ярового рапса. В начале селекционного процесса ярового рапса (1986–94 гг.) многие сорта этой культуры, интродуцированные в этот период в республику, отличались крайне низкой устойчивостью к полеганию (2–3 балла), что, наряду с неустойчивостью к осыпанию и болезням, надолго явилось серьезным препятствием для их широкого внедрения в производство. По мнению Н. И. Вавилова, успех селекционной работы во многом определяется исходным материалом [5]. Изучение мирового сортимента рапса показало, что прогресс в селекции этой культуры невозможен без использования достижений, созданных трудом многих селекционеров мира. Суммирование экспериментальных данных и анализ причин, вызывающих полегание, дает основание считать, что оно – генетически обусловленное свойство, проявляющееся в виде реакции сорта на конкретные условия роста. В борьбе с полеганием ведущая роль должна принадлежать селекции, агротехника же призвана обеспечивать оптимальные условия возделывания культуры [6]. Одной из причин, снижающих эффективность получения высоких и стабильных урожаев, является полегание посевов. Изучение зависимости высоты растений от генетических особенностей образцов ярового рапса и условий среды даст возможность более целенаправленно подбирать и использовать в селекции исходный материал.

Основная часть

Исследования проводились на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» в 2019–2020 гг. Почва опытного участка дерново-подзолистая, слабооподзоленная, развивающаяся на легком суглинке, подстилаемом мореной со следующей характеристикой пахотного слоя: гумус (по Тюрину) – 2,01–2,36 %; pH (в KCL) – 6,03–6,21 %; P₂O₅ – 202–243 мг/кг; K₂O – 217–251 мг/кг почвы (по Кирсанову). Предшественник – гречиха. Объектом исследований служили гибридные комбинации F₁, полученные от скрещивания и различающиеся по высоте растений родительских форм по диаллельной схеме.

Посев гибридов проводили по методу Гриффинга [7], в качестве исходного материала использовали сорта (линии) и образцы ярового рапса отечественной селекции, обладающие донорными качествами с комплексом ценных признаков и свойств. Выделены образцы различного эколого-географического происхождения, созданные в отделе масличных культур, полученные из генбанка РБ (по обмену), в результате научно-технического сотрудничества с селекционерами исследовательских учреждений и фирм. Фенологические наблюдения, учёты, морфологический анализ делали индивидуально по каждой линии, комбинации согласно методике Государственного испытания [8] и методике полевого опыта Б. А. Доспехова [9]. Определение степени истинного и конкурсного гетерозиса проводили по Д. С. Омарову [10]. Степень доминирования изучаемых признаков определяли по формуле, предложенной G. M. Beil и R. E. Atkins [11]. Обработка экспериментальных данных проводилась методом корреляционного и вариационного анализа, статистическая обработка осуществлялась при помощи пакета анализа, входящего в состав Microsoft Excel. Коэффициент вариации рассчитывали по формуле: $V=(S/X) \times 100$.

Формирование урожая ярового рапса в 2019–2020 гг. обусловили гидротермические ресурсы вегетационного периода и технология возделывания. Метеорологические условия в период исследований существенно отличались от среднесезонных показателей как по температурному режиму, так и по количеству атмосферных осадков и были удовлетворительными для роста растений, формирования семян ярового рапса.

Высота растений в селекции важный признак, так как он связан с устойчивостью к полеганию. Высокорослые сорта обычно являются более продуктивными, но часто позднеспелые. Низкорослые созревают раньше, меньше полегают и более пригодны для проведения технологических операций по защите посевов от вредителей и болезней, внесения микроэлементов. Но, как правило, такие сорта менее продуктивны, особенно в засушливые годы [12]. Наилучшим для ярового рапса является сочетание таких показателей, как низкорослость, раннеспелость и продуктивность. Однако между данными хозяйственно ценными признаками существует в определенной степени отрицательная корреляция.

В наших исследованиях в качестве родительских форм использовались: сорт-контроль Топаз, образцы №C62/67, №87/13-1, №15A-2, №20A-2. В таблице 1 представлена высота растений и степень доминирования гибридов F₁ ярового рапса, полученных от скрещивания короткостебельных и высокорослых сортов (линий) и образцов ярового рапса. Степень доминирования (hp) в прямых и обратных скрещиваниях у полученных гибридов составила от – 2,91 до 3,50.

В гибридных комбинациях проявилось наследование признака «высота растений» по типу сверхдоминирования в комбинациях 20A-2 x 15A-2 (hp = 3,50) и Топаз x 87/13-1 (hp = 1,86). Отклонение гибридов F₁ по высоте от сорта-контроля Топаз составило –22,2 и –12,3 см. В комбинациях C62/67 x 15A-2 и Топаз x C62/67 установлено наследование признака по типу частичного положительного доминирования hp = 0,46 и 0,98. Эти результаты подтверждаются исследованиями Л. Г. Ильиной [13],

когда при скрещивании короткостебельных образцов с высокорослыми были получены гибриды, высота которых занимает промежуточное положение с доминированием более высокорослого родителя, хоть и частичное. Максимальной высотой растений обладает комбинация Топаз x 15А-2 (109,0 см), минимальной – 20А-2 x 15А-2 (92,9 см).

Высота растений и степень доминирования гибридов F₁ ярового рапса, среднее за 2019–2020 гг.

Образцы		Высота растений, см	Отклонение высоты растений, см		Степень доминирования (h _p)
			от более высокорослого родителя	от контроля	
№С62/67	♀	104,3	–8,7	–19,5	0,46
С 62/67 x 15А-2	F ₁	95,6			
№15А-2	♂	92,4			
№87/13-1	♀	106,5	+2,1	–6,5	-2,91
87/13-1 x С62/67	F ₁	108,6			
№С62/67	♂	104,3			
Топаз	♀	115,1	–6,1	–6,1	-0,46
Топаз x 15А-2	F ₁	109,0			
№15А-2	♂	92,4			
Топаз	♀	115,1	–10,7	–10,7	0,98
Топаз x С62/67	F ₁	104,4			
№ С62/67	♂	104,3			
Топаз	♀	115,1	–12,3	–12,3	1,86
Топаз x 87/13-1	F ₁	102,8			
№87/13-1	♂	106,5			
№20А-2	♀	92,0	+0,5	–22,2	3,50
20А-2 x 15А-2	F ₁	92,9			
№15А-2	♂	92,4			
№20А-2	♀	92,0	–4,6	–15,4	0,25
20А-2 x С62/67	F ₁	99,7			
№С62/67	♂	104,3			
№20А-2	♀	92,0	–7,0	–15,6	-0,03
20А-2 x 87/13-1	F ₁	99,5			
№87/13-1	♂	106,5			
Топаз	♀	115,1	–5,6	–5,6	-0,52
Топаз x 20А-2	F ₁	109,5			
№20А-2	♂	92,0			
№20А-2	♀	92,0	–12,9	–12,9	-0,12
20А-2 x Топаз	F ₁	102,2			
Топаз	♂	115,1			

В комбинациях Топаз x 20А-2 и 20А-2 x Топаз родительские формы значительно различались между собой, образец №20А-2 был ниже сорта-контроля Топаз в среднем на 23,1 см. Отклонение высоты гибридов первого поколения от сорта-контроля составило –5,9 и –12,9 см. В прямом и обратном скрещиваниях наблюдалась депрессия значения признака, соответственно h_p = –0,52 и h_p = –0,12. Наибольшая положительная степень доминирования по показателю «высота растения» получена при использовании образца №20А-2 в качестве материнской формы. В системных скрещиваниях родительских форм различного эколого-географического происхождения, лучшими, т.е. низкорослыми были линии: С 20А-2 x 15А-2, 62/67 x 15А-2, которые ниже по сравнению с сортом-контролем Топаз на 22,2–19,5 см или 19,3–17,0 %. На рис. 1 показаны средние значения высоты растений родительских форм, гибридов F₁ и сорта-контроля Топаз.

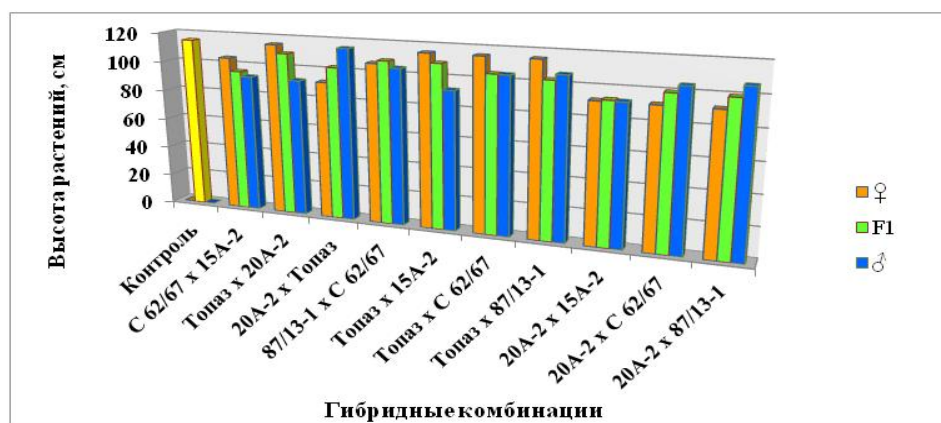


Рис. 1. Высота растений родительских форм, гибридов F₁ и сорта-контроля ярового рапса, среднее за 2019–2020 гг.

На основании полученных результатов установлено, что высота родительских форм ярового рапса в среднем составила 102,5 см, гибридов F₁ – 102,4 см, образцы №87/13-1, №С62/67 имели высоту растений 106,5 и 104,3 см, сорт-контроль Топаз – 115,1 см, а самыми низкорослыми были образцы №15А-2 – 92,4 см и №20А-2 – 92,0 см. Коэффициент вариации по признаку «высота растений» составил в среднем V=5,5 %. При использовании в качестве материнской формы короткостебельных образцов №С62/67 и №20А-2 получены наиболее низкорослые гибриды с высотой растений от 92,9 до 99,5 см, которые рекомендуется использовать в гетерозисной селекции.

Использованные в скрещиваниях линии проявили отрицательный истинный (50,0 % гибридных комбинаций от общего их количества) и конкурсный гетерозис (100,0 %) по признаку «высота растений». В комбинации Топаз x 20А-2 наблюдается максимальный положительный истинный гетерозис (19,02 %) в сравнении со всеми остальными комбинациями (рис. 2).

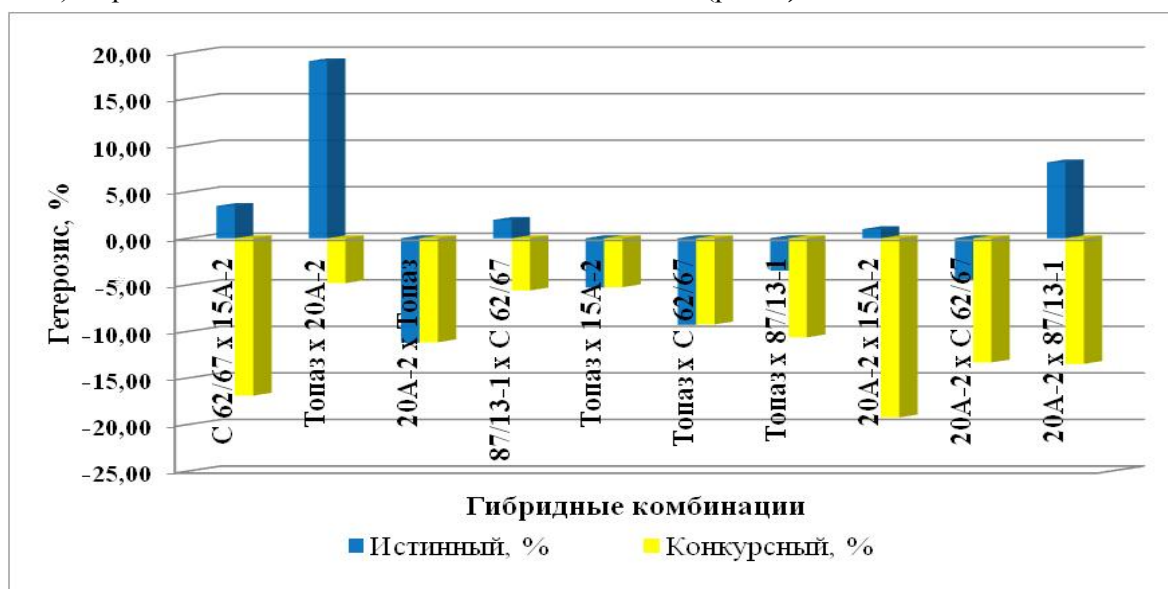
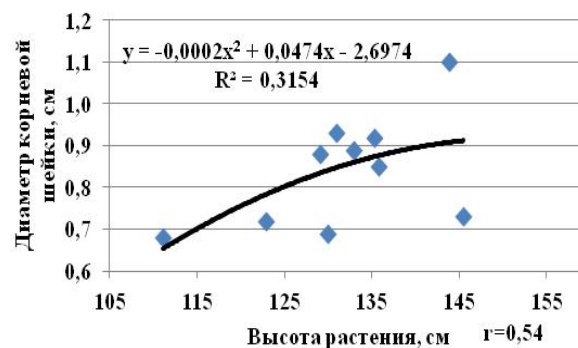
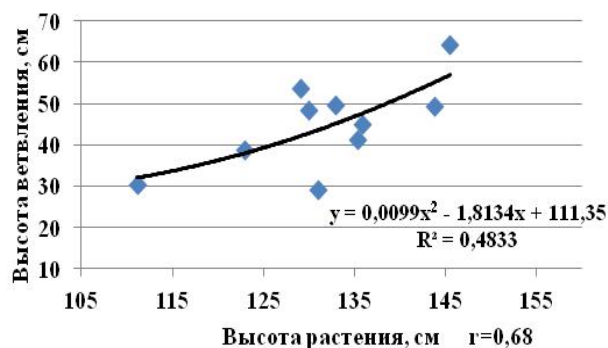


Рис. 2. Степень проявления истинного и конкурсного гетерозиса у гибридов F₁ ярового рапса, среднее за 2019–2020 гг.

Для анализа полученных данных нами проводился корреляционный анализ по выявлению силы и направленности связи высоты растений с биометрическими показателями (рис. 3). В селекции сельскохозяйственных растений широко используется анализ корреляционных взаимосвязей и регрессионных зависимостей между признаками. Числовые значения признаков, как и корреляции между ними, обусловлены особенностями селекционного материала, климатических и погодных условий, в которых проводятся опыты, воздействием предшественников и других факторов. У одних и тех же признаков иногда можно получить различные величины корреляции. В связи с этим очень актуально изучение корреляционных связей между разными признаками с целью выявления тех, по которым возможен отбор из гибридных популяций [14, 15].



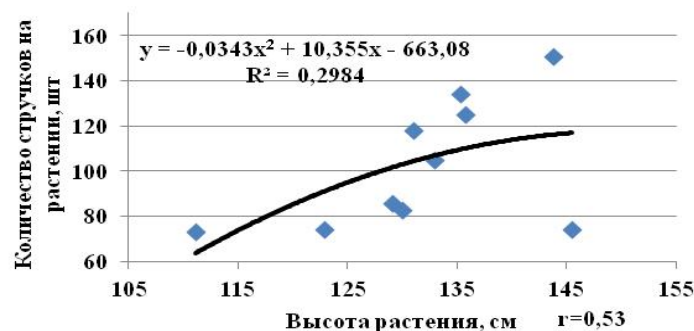


Рис. 3. Корреляционная связь между высотой растений и биометрическими показателями гибридов F₁ ярового рапса, среднее за 2019–2020 гг.

Анализ результатов исследований показал, что высота растений изучаемых гибридов ярового рапса имеет корреляционную связь средней степени с высотой ветвления ($r=0,68$), количеством стручков на растении ($r=0,53$), с диаметром корневой шейки и с устойчивостью к полеганию ($r=0,54$).

Заключение

Таким образом, при использовании короткостебельных образцов №С62/67 и №20А-2 созданы низкорослые гибриды с высотой растений от 92,9 до 99,5 см, которые можно использовать в гетерозисной селекции. По признаку «высота растений» получен максимальный положительный истинный гетерозис (19,02 %) в комбинации Топаз х 20А-2. В прямых и обратных скрещиваниях низкорослых образцов между собой степень доминирования (hp) этого признака составила от –2,91 до 3,50. Высота растений короткостебельных гибридов F₁ ярового рапса имеет положительную корреляционную связь средней степени с высотой ветвления ($r=0,68$), количеством стручков на растении ($r=0,53$) и диаметром корневой шейки ($r=0,54$).

В системных скрещиваниях родительских форм различного эколого-географического происхождения, лучшими, т.е. низкорослыми были линии: С 20А-2 х 15А-2, 62/67 х 15А-2, которые ниже по сравнению с сортом-контролем Топаз на 22,2–19,5 см или 19,3–17,0 %. Данные образцы рекомендуем использовать в селекционном процессе для повышения устойчивости сортов и гибридов ярового рапса к полеганию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пилюк, Я. Э. Рапс в Беларуси: (биология, селекция и технология возделывания) / Я. Э. Пилюк – Минск: Бизнесофсет, 2007. – 239 с.
2. Привалов, Ф. И. Рапс – основная масличная культура республики Беларусь / Ф. И. Привалов, Я. Э. Пилюк // Рапс: настоящее и будущее : к 30-летию возделывания рапса в Беларуси : материалы III Междунар. науч.-практ. конф., Жодино, 15–16 сент. 2016 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по земледелию. – Минск, 2016. – С. 3–12.
3. Самсонов, В. П. О некоторых вопросах полегания зерновых / В. П. Самсонов, П. И. Кубарев // Повышение устойчивости зерновых культур к полеганию. – Жодино, 1979. – С. 3–9.
4. Гончаренко, А. А. Некоторые особенности генетической системы короткостебельности у мутанта ржи ЕМ-I / А. А. Гончаренко // С.-х. биология. – 1977. – Т. 12, № 6. – С. 875–882.
5. Вавилов, Н. И. Избранные сочинения. Генетика и селекция / Н. И. Вавилов; под ред. О. В. Лапшиной. – М.: Колос, 1966. – 559 с.
6. Кунакбаев, С. А. О селекции озимой ржи на короткостебельность / С. А. Кунакбаев // Селекция и семеноводство. 1974. – № 1. – С. 16–20.
7. Griffing, B. Concept of general and combining ability in relation to diallel crossing systems / B. Griffing // J. Biol. Sci. – 1956. – № 9. – P. 463–493.
8. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под ред. М. А. Федина. – М., 1988. – 121 с.
9. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
10. Омаров, Д. С. К методике учета и оценки гетерозиса у растений / Д. С. Омаров // Сельскохозяйственная биология. – 1975. – Т. X, № 1. – С. 123–127.
11. Beil, G. M. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum / G. M. Beil, R. E. Atkins // Jowa J. Sci. – 1965. – Vol. 39, №3. – P. 345–358.
12. Зеленьяк, В. В. Создание исходного материала для селекции рапса озимого в условиях Беларуси: дисс. ... канд. с.-х. наук / Зеленьяк В. В. – Жодино, 2010. – 149 с.
13. Ильина, Л. Г. Алексей Павлович Шехурдин (к 100-летию со дня рождения) / Л. Г. Ильина // Селекция и семеноводство. – 1986. – № 2. – С. 38–39.
14. Kucerova, J. Some correlations between parameters of winter wheat technological quality / J. Kucerova // ActaUniv. Agr. Silvicult. Mendeliana – Brunensis. – 2006. – Vol. 54. – №1. – S. 23–29.
15. Горшков, В. И. Изучение генофонда ярового рапса в условиях Лесостепи ЦЧЗ: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / Горшков В. И. – Рамонь, 1998. – 28 с.