

## РЕФЕРАТ

Отчет 16 с., 6 таблиц, 1 рисунок, 5 источников, 1 приложение.

ОЗИМАЯ МЯГКАЯ ПШЕНИЦА, РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, УРОЖАЙНОСТЬ, РЕЦЕССИВНЫЕ ГЕНЫ *ВАКСИ (Wx)*, ТИП КРАХМАЛА, КАЧЕСТВО ЗЕРНА

Объектом исследования служили сорта, коллекционные образцы, гибриды второго и последующих поколений скрещивания, селекционные формы, семьи семенных питомников озимой мягкой пшеницы.

Цель работы – создать новые генотипы этой культуры, адаптированные к условиям Центрально-черноземного региона России, отличающиеся повышенной продуктивностью и высоким качеством продукции.

В процессе работы проводились полевые и лабораторные испытания экспериментального селекционного материала на зерновую продуктивность и его качество. В частности, проводилась оценка реологических свойств шрота зерна, под действием трех рецессивных генов *вакси (wx)* в потомстве от гибридизации с обычной пшеницей с амилозным типом крахмала.

В результате исследования впервые было показано, что трехгенный рецессив, который можно идентифицировать по реакции на окраску пыльцевых зерен иодом, можно выявлять по реологическим свойствам шрота, связанным с углеводной частью получаемой кривой с Миксолаба. Трех генные гомозиготы характеризуются следующими параметрами углеводной части кривой: вязкость - 0, амилаза – 4-5, ретроградация – 2.

Выделены перспективные селекционные формы, показавшие существенно большую урожайность по сравнению со стандартом (сорт Альмера), которые могут представлять интерес для последующей передачи на государственные испытания.

## СОДЕРЖАНИЕ

Термины и определения.....	4
Перечень сокращений и обозначений.....	4
Введение.....	5
Основная часть отчета о НИР.....	5
Заключение .....	14
Список использованных источников .....	14
Приложение .....	15

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Глиадины – спирторастворимые белки эндосперма

Бета-амилазы – амилолитическая группа ферментов эндосперма зерна

Миксолаб – прибор для определения реологических свойств теста

Wx/wx - гены (Вакси) обуславливают тип синтеза крахмала (амилозный/амилопектиновый)

Реологические свойства – характеризуют физические особенности теста

## ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

НСР<sub>0,95</sub> - наименьшая существенная разница при уровне вероятности 95%

r – коэффициент корреляции

ВПС – водопоглотительная способность

ИДК – индекс деформации клейковины

Глютен+ - показатель отражающий степень агрегации белков с помощью водородных связей

Ретроградация – показатель отражающий степень кристаллизации крахмала

## **ВВЕДЕНИЕ**

В соответствии с госзаданием исследовали перспективный селекционный материал на зерновую продуктивность и ряд показателей, определяющих технологические свойства создаваемых генотипов озимой мягкой пшеницы. Полевые испытания позволили оценить исследуемый растительный материал по урожайности, а лабораторные опыты – выделить образцы с наследственно высоким уровнем качества зерна. В этом плане исследования проводились в двух направлениях, 1 – влияние наследственных факторов на качество, обусловленное белковой частью зерна и 2 – роль генов Вакси в формировании крахмала разного типа.

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ ОТЧЕТА О НИР**

Полевые исследования и оценки проводились в селекционном севообороте (п. Гонки) ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН». Предшественник чёрный пар. В качестве растительного материала использовался набор коллекции сортов и форм озимой мягкой пшеницы конкурсного и предварительного испытания, семенного питомника, а также контрольного питомника лаборатории селекции и семеноводства озимой пшеницы. Объём работы представлен в табл. 1.

Посев производился селекционной сеялкой СНК-5-6-10 с 15 по 18 сентября 2017 г. Селекционные образцы, предназначенные для посева в конкурсном и предварительном испытании, протравливались для предотвращения головневой инфекции. Уборка посевов производилась с 29 июля 2017 г. комбайном Сампо-130.

Лабораторные опыты проводили на базе аналитической лаборатории аграрного центра с использованием прибора Миксолаб (Франция), стандартных приборов и оборудования, методов оценки качества и количества клейковины, а также количества дисульфидных связей белкового комплекса зерновки, разработанных в институте [1 – 3]. Проводились

электрофоретические исследования глиадинов и бета-амилаз зерна селекционного материала и коллекции сортов.

Таблица 1 - Состав селекционных и семенных питомников озимой мягкой пшеницы в ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН» в 2018 г.

Питомники	Количество номеров	Количество Делянок	Площадь дел., кв.м	Способ посева
1.Конкурсное испытание	106	424	18	рядовой
2. Предварительное испытание	180	720	10	рядовой
3. Контрольный питомник	216	216	10	рядовой
4. Семенной питомник	136	136	18	рядовой
5. Селекционный питомник	2016	2016	0,675	широко-рядный
6. Коллекция сортов и форм яровой мягкой пшеницы	75	300	10	рядовой

Часть результатов конкурсного испытания и некоторых сортов селекции ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН», других селекционных учреждений и перспективных селекционных форм нашей селекции представлены в табл. 2.

С 2017 года в реестр допущенных к использованию в 5 регионе РФ включен сорт нашей селекции Везёлка. Результаты оценки урожайности этого сорта за отчетный период представлены в табл. 2. Как видно, он существенно превысил по урожайности стандарт (сорт Альмера), включенный в районирование по нашему региону также с 2017 года.

Таблица 2 - Урожайность сортов и некоторых селекционных форм озимой пшеницы в 2018 году (п. Гонки)

№ 2018 года	Название сорта, селекционный номер	Урожайность, т/га	± к стандарту
1	Альмера (стандарт)	5,59	-
4	Синтетик	5,74	+0,15
6	Ариадна	5,97	+0,38
7	Волжская 100	5,37	-0,22
8	Богданка	6,69	+1,10
10	Корочанка	5,58	-0,01
11	Северодонецкая юбилейная	5,01	-0,58
12	Везёлка	6,06	+0,47
16	<b>Волна</b>	6,33	+0,74
18	Безенчукская 380	5,36	-0,23
19	Льговская 4	5,34	-0,25
24	<b>Свирская</b>	6,49	+0,90
25	27/17 Истра 1 X №500	65,3	+0,94
30	№ 110/11	6,56	+0,97
32	№42/17 44/09 X 98/09	6,56	+0,97
35	№60/17 Везёлка X Доктрина	6,48	+0,89
43	(Б.12 X Сел.од)ХД.48(Од.161 X 500)	6,57	+0,98
НСР <sub>0,95</sub>		0,32	0,32

Примечание - Жирным шрифтом отмечены сорта центра проходившие и проходящие госиспытания

Продолжалась работа по созданию генотипов, обладающих повышенным содержанием амилопектина в зерне озимой мягкой пшеницы. Ранее показано [4], что наиболее эффективно идентифицировать

амилопектиновые генотипы пшеницы по качественной реакции йода на крахмал в пыльцевых зернах (рисунок 1).

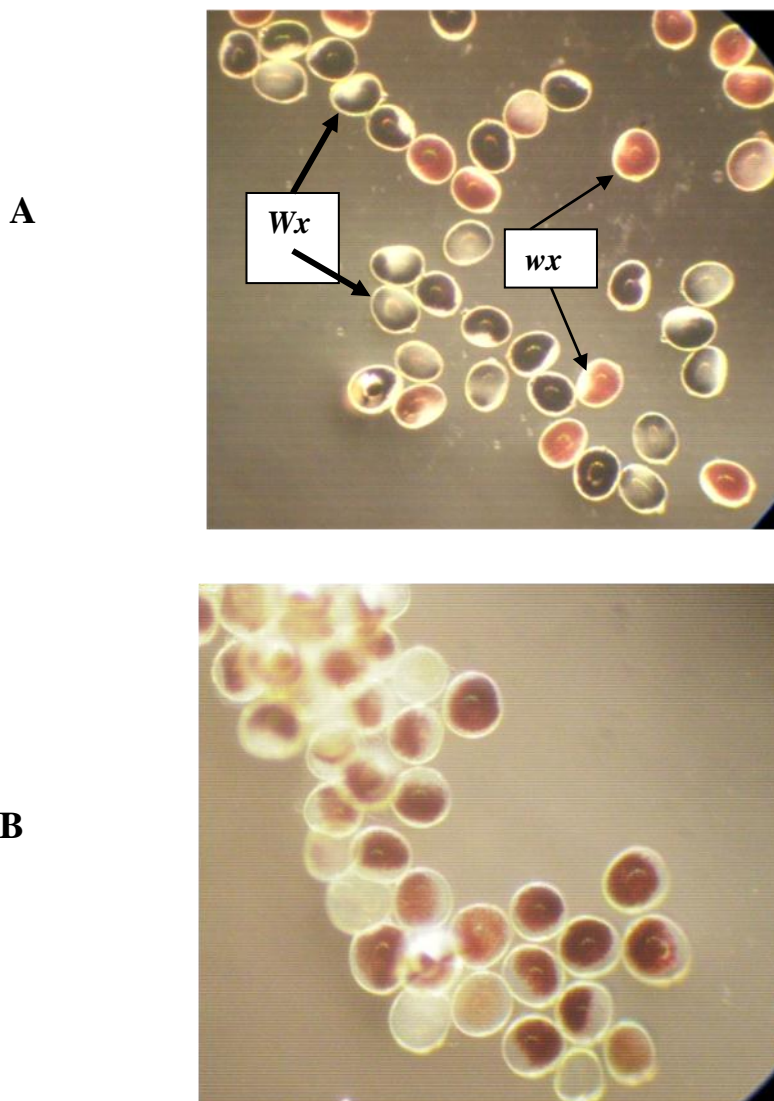


Рисунок 1 - Расщепление окраски пыльцевых зёрен с растений А)  $F_1$  77/12 х *Софійка*, Б) сорта *Софійка* по йодной реакции (увеличение 15x20) (Нецветаев и др., 2015)

В данном случае, использовались особенности реологических свойств шрота зерна для идентификации характеристики крахмального комплекса анализируемых образцов озимой пшеницы. Следует отметить, что не всегда погодные условия в период налива и созревания зерна способствуют дифференциации реологических свойств, обусловленных углеводным комплексом, носителей генов, обуславливающих формирование крахмала

разного типа. Условия, сложившиеся в первой половине года (январь-июль), характеризовались превышением средней месячной температуры над среднегодовой на 2,80С. В то же время, количество осадков за этот период было меньше на 14,6 мм в месяц. Июль отличался недостатком влаги. В частности 25,7 мм июльских осадков выпало после уборки урожая (30.07.217). Такие условия температуры и обеспечения влагой в период налива и созревания способствуют агрегации белкового комплекса и отсутствию амилазной активности в зерне [4]. Избыточная влажность в этот период приводит к «стеканию зерна», прорастанию его на корню и нивелированию различий по индексам Вязкость, Амилаза и Ретроградация между формами, имеющими крахмал амилозного и амилопектинового типа. Таким образом, условия среды 2017 г. в период налива и созревания зерна препятствовали разрушению крахмала под действием ферментов. Подтверждением этому являются контрастные различия между сортами с амилозным (Альмера) и амилопектиновым (Софийка) типом крахмала (табл. 3).

Таблица 3 - Результаты оценки качества шрота ПСИ-17 и КП-17 у озимой мягкой пшеницы в Белгородском ФАНЦ РАН

№ 2017	Комбинация	ВПС1 %	ВПС2	Замес	Глютен <sup>+</sup>	Вязкость	Амилаза	Ретро-градация	ИДК, ед.
1	<b>Альмера</b>	<b>61,4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>78,3</b>
264	Волж.100хСофий.	62,0	7	6	2	0	5	2	77,6
265	Волж.100 х Богд.	63,2	8	3	5	2	2	2	82,3
267	650/00 х Софийка	64,2	8	7	6	3	4	5	74,7
268	106/12 х Софийка	64,8	8	5	1	1	3	2	81,6
271	«	64,8	8	5	5	1	5	5	86,0
274	Синт.х Софийка	65,7	8	1	6	2	4	4	94,7
275	«	68,9	9	3	4	1	3	3	84,4
277	«	68,7	9	2	4	0	5	2	90,6

Продолжение таблицы 3

285	«	65,7	8	6	4	1	4	4	75,8
297	«	66,2	8	5	3	1	4	4	83,6
298	«	66,4	8	6	2	1	4	2	70,5
305	Бел.19 х Софийка	61,5	6	4	3	3	4	5	96,4
311	«	63,3	8	6	2	1	4	4	83,2
313	«	63,5	8	5	2	1	4	3	73,6
315	«	64,0	8	5	3	1	4	2	68,9
317	«	64,8	8	3	2	0	5	2	81,4
319	«	64,8	8	3	3	2	4	5	90,6
321	«	64,0	8	4	3	1	3	3	75,2
330	Волж.100хСофий	61,5	6	5	2	1	5	5	76,6
499	«	68,1	9	2	5	1	4	3	87,3
521	Богд. х Уни1	67,5	9	5	4	1	4	4	78,9
577	Софий.хВолж.100	67,2	9	5	2	0	5	2	80,5
579	Софий. х Богд.	66,1	8	4	4	1	5	5	77,3
595	77/12 х Софийка	69,5	9	5	2	5	5	3	68,7
601	«	68,3	9	2	6	3	7	5	93,4
603	«	65,5	8	2	6	3	4	5	96,2
617	50/12 х Софийка	61,6	6	6	7	6	5	7	75,9
633	114/12 х Софийка	62,0	7	6	5	7	7	8	67,0
645	106/12 х Софийка	67,0	8	6	3	0	4	2	73,2
13	<b>Софийка</b>	<b>73,2</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>67,5-</b>
Среднее		65,07	7,87	4,43	3,77	1,75	4,43	3,90	80,8

Примечание - Индексы реологических свойств выражаются в баллах

Как видно, в потомстве форм от гибридизации сортов мягкой пшеницы, имеющих обычный крахмал, с амилопектиновым сортом выщепляются семьи близкие по реологическим показателям углеводной части семени к Софийке (№ 264/17, 277/17, 317/17, 577/17, 645/17). Следовательно, эти образцы



близки по генотипу, связанному с углеводным составом, к родительскому сорту Софийка. В то же время, ряд форм занимают промежуточное положение по данным индексам между родительскими образцами (табл. 2), что может свидетельствовать о гетерогенности этих образцов по генам Вакси.

Индексы реологических показателей на приборе Миксолаб выражаются в целых цифрах (табл. 2). С целью оценить соответствие их абсолютным значениям, определяли коэффициент корреляции между показателями ВПС1 и ВПС2. На основе данных табл. 2 коэффициент корреляции эти показателей (r) равен  $0,867 \pm 0,094$ ;  $t=9,194^{***}$  ( $P < 0.0001$ ;  $n = 30$ ). Следовательно, величины ВПС1 и ВПС2 высоко значимы между собой. Учитывая важность ВПС в технологических процессах получения хлебопекарной продукции, оценили сопряженность этого показателя с другими реологическими индексами. Результаты демонстрирует табл. 4.

Таблица 4 - Корреляция между показателями водопоглощения шрота и его реологическими свойствами у озимой мягкой пшеницы,  $n=30$  (r/t)

Показатели	Замес	Глютен <sup>+</sup>	Вязкость	Амилаза	Ретроградация
ВПС 1	$-0,409 \pm 0,172$ / 2,376*	$-0,070 \pm 0,189$ / 0,371	$-0,246 \pm 0,183$ / 1,344	$-0,110 \pm 0,188$ / 0,587	$-0,453 \pm 0,168$ / 2,691*
ВПС 2	$-0,393 \pm 0,174$ / 2,261*	$-0,200 \pm 0,185$ / 1,082	$-0,299 \pm 0,180$ / 1,659	$-0,309 \pm 0,180$ / 1,722	$-0,619 \pm 0,148$ / 4,174***

Примечание - \*, \*\*, \*\*\* - различия существенны, соответственно, при  $p > 0,95$ ; 0,99; 0,999

Как видно, на величину ВПС влияет как белковая часть зерна (Замес), так и результирующая углеводной части семени (Ретроградация). Результаты данной таблицы можно интерпретировать следующим образом. Улучшение технологических качеств по замесу приводит к снижению водопоглощительной способности. С другой стороны, снижение ретроградации, т.е. улучшение качества, способствует увеличению ВПС. В то

же время необходимо отметить, что крайние значения показателя Ретроградации неблагоприятны для формирования высококачественной выпечки.

Учитывая гетерогенность, представленного материала по реологическим свойствам, было крайне важно оценить насколько они, и некоторые другие количественные признаки, сопряжены с зерновой продуктивностью. Результаты демонстрирует табл. 5.

Таблица 5 - Оценка сопряженности реологических показателей шрота зерна озимой мягкой пшеницы с урожайностью (п.Гонки, Белгородский ФАНЦ РАН) (n=30)

Показатели	Урожайность		
	r	t	p
Ретроградация	-0,017±0,188	0,092	<0,80
Замес	-0,338±0,178	1,899	<0,95
Глютен <sup>+</sup>	0,352±0,177	1,990	<0,95
Вязкость	-0,009±0,189	0,050	<0,80
Амилаза	0,012±0,189	0,063	<0,80
ВПС2	0,472±0,167	2,797*	>0,95
ВПС1	0,697±0,136	5,138***	>0,999
ИДК	0,225±0,184	1,222	<0,80
Высота растения	-0,115±0,188	0,612	<0,80

Примечание - \*, \*\*, \*\*\* - различия существенны, соответственно, при p > 0,95; 0,99; 0,999

В целом, наиболее сильно и положительно была сопряжена с урожайностью водопоглотительная способность зерна, показавшая высокие уровни вероятности взаимосвязи этих показателей (табл. 3). Таким образом, доля влияния ВПС в формирование урожайности может определять до 22,3-48,6% изменчивости по этому признаку в популяции, где одним из родителей была Софийка. Реологические индексы, обусловленные особенностями

углеводной части зерна, не были ассоциированы с урожайностью. Следовательно, можно ожидать, что введение генов Вакси не будет служить препятствием при создании новых высокопродуктивных сортов озимой пшеницы. В то же время, показатели, отражающие белковую часть зерна Замес и Глютен<sup>+</sup>, показали тенденцию по влиянию на формирование урожайности (табл. 3), но различия не были существенны. Возможно, это связано с количеством белка, который положительно влияет на Замес, но отрицательно связан с урожайностью [5].

Учитывая вариацию по отдельным элементам реологических показателей в исследуемом материале, целесообразно было оценить их взаимосвязь между собой. Результаты представлены в таблице 6.

Таблица 6 - Корреляция между показателями качества шрота у образцов озимой мягкой пшеницы, расщепляющихся по генам вакси в 2017 г., n=30; (r/t)

Показатели	Замес	Глютен <sup>+</sup>	Вязкость	Амилаза
Глютен	-0,217±0,184 / 1,176			
Вязкость	0,120±0,188 / 0,641	0,472±0,167 / 2,834 <sup>**</sup>		
Амилаза	0,141±0,187 / 0,752	0,305±0,180 / 1,695	0,368±0,176 / 2,096 <sup>*</sup>	
Ретроградация	0,192±0,185 / 1,033	0,643±0,145 / 4,44 <sup>***</sup>	0,639±0,145 / 4,397 <sup>***</sup>	0,598±0,152 / 3,95 <sup>***</sup>
<b>ИДК</b>	-0,741±0,127 / 5,842 <sup>***</sup>	0,275±0,182 / 1,515	-0,141±0,187 / 0,754	-0,094±0,188 / 0,501

Примечание: \* , \*\* , \*\*\* - различия существенны, соответственно, при p > 0,95; 0,99; 0,999.

Как видно, между замесом (Замес) и индексом деформации клейковины (ИДК) проявляется существенная отрицательная связь. В то же время, реологические свойства, связанные с углеводной частью зерна, не влияли на Замес, как ведущего показателя качества муки (шрота). Индекс Глютен<sup>+</sup>

положительно влиял на Вязкость и, соответственно, на результирующую углеводного комплекса - Ретроградацию. Ретроградация отражает степень кристаллизации крахмала и обуславливает интенсивность черствения хлеба. Индекс деформации клейковины (ИДК) не был связан с этим показателем ( $r=0,042+0,189$ ,  $t=0,221$ ). Судя по таблице 5, индексы Вязкости и Амилазы оказывали положительное влияние на Ретроградацию. Следовательно, высокие значения показателей, влияющих на Ретроградацию, увеличивают степень кристаллизации крахмала, ухудшая его качество.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основе полученных по результатам лабораторных анализов данных выделены формы (№ 264/17, 277/17, 317/17, 577/17, 645/17) близкие по реологическим показателям углеводной части семени к амилопектиновому сорту Софийке. Некоторые из них ((№ 264/17, 577/17, 645/17) превосходят этот сорт по качеству, связанному белковой частью семени.

Обнаружена существенная положительная связь между урожайностью и водопоглотительной способностью зерна (ВПС) ( $r = 0,472+0,167 \div 0,697+0,136$ ). На водопоглотительную способность зерна влияют особенности как белковой, так углеводной части семени.

На высокие значения Ретроградации влияют повышенные величины Вязкости и Амилазы, что приводит к ухудшению качества хлебопекарной продукции. На Ретроградацию не влияют особенности белковой части зерна.

Пониженные значения индекса деформации клейковины обуславливают более качественные показатели Замеса ( $r = -0,741+0,127$ ;  $t = 5,842^{***}$ ).

Результаты публикационной активности лаборатории приведены в приложении.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Нецветаев В.П., Моторина И.П., Петренко А.В. Модификация метода определения качества клейковины пшеницы на приборе ИДК-1 // Научные

ведомости БелГУ. Серия Естественные науки, Белгород, 2006.- 23/4(3): С.141-144.

2. Нецветаев В.П., Чубарева М.В., Петренко А.В. Оценка качества клейковины пшеницы при поражении зерна вредным клопом черепашкой / Актуальные вопросы аграрной науки и образования. Том I. Агронимия и агроэкология. Ульяновск: УГСХА.- 2008.- С. 114-118.

3. Нецветаев В.П., Лютенко О.В., Пащенко Л.С., Попкова И.И. Методы седиментации и оценка качества клейковины мягкой пшеницы // Научные ведомости БелГУ. Серия. Естественные науки. - Белгород: БГУ. - 2009. - №11(66). - Вып. 9/1. - С. 56-64.

4. Нецветаев В.П., Рыжкова Т.А., Третьяков М.Ю. Качество мягкой пшеницы: генетика и селекция. Белгород: Отчий край, 2015.- 158 с.

5. Хохлов А.Н. 1987. О причинах отрицательной зависимости между величиной урожая и белковостью зерна пшеницы //Биологические науки, (5): 5–16.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**

### **Публикации лаборатории селекции и семеноводства пшеницы в 2018 году**

Нецветаев В.П., Третьяков М.Ю., Козелец Я.О., Ащеулова А.П. Реологические свойства зерна в потомстве озимой мягкой пшеницы от гибридизации с амилопектиновым сортом // Научные ведомости БелГУ Серия. Естественные науки. - Белгород: БГУ.- 2018.- Т.42.- № 1.- С. 30-37. DOI: 10.18413/2075-4671-2018-42-1-30-37

Нецветаев В.П., Филиппова Ю.М., Севальнев А.А. География происхождения сорта и урожайность озимой пшеницы в условиях Белгородской области // Белгородский агромир.- 2018.- №1 (110).- С. 12-15.

Нецветаев В.П., Петренко А.В., Козелец Я.О., Ащеулова А.П., Правдин И.В. Реакция сортов бобовых культур на микробиологические препараты / Селекция на современных популяциях отечественного молочного скота как основа импортозамещения животноводческой продукции (Матер. Всероссий. научно-практ. конф. с междунар. участием, 6-7 июня 2018 г.), Белгород: Константа, 2018.- 564-571.

Акиншина О.В., Бондаренко Л.С. Анализ сопряженности числа дисульфидных связей белкового комплекса эндосперма с показателями качества зерна / Фундаментальные основы создания систем земледелия с

целью сохранения и воспроизводства окружающей среды (Матер. Всеросс. школы молод. ученых 20 сентября 2018 г.), Белгород: Константа, 2018.- 176-181.

Козелец Я.О., Ащеулова А.П., Петренко А.В. Мониторинг сортообразцов озимой пшеницы по качественным показателям / Фундаментальные основы создания систем земледелия с целью сохранения и воспроизводства окружающей среды (Матер. Всеросс. школы молод. ученых 20 сентября 2018 г.), Белгород: Константа, 2018.- 188-191.

Соловиченко В.Д. Влияние способов основной обработки почвы и внесения удобрений на урожайность и экономическую эффективность возделывания гороха / В.Д. Соловиченко, В.В. Никитин, А.П. Карабутов, Е.В. Навольнева // Земледелие. 2018.№5. С.20-23.

Соловиченко, В.Д. Влияние агротехнических факторов на показатели нитрифицирующей способности чернозёма типичного / В.Д. Соловиченко, В.В. Никитин, А.П. Карабутов // Агротехнический вестник. – 2018. - №3. – С. 32-34

Соловиченко, В.Д. Влияние севооборотов, способов обработки почв и удобрений на урожай и экологические показатели озимой пшеницы / В.Д. Соловиченко, В.В. Никитин, А.П. Карабутов, Е.В. Навольнева // Аграрная наука. – 2018. - №5. – С. 46-50

Тютюнов С.И. Основы растительной диагностики по оптимизации минерального питания культур зерносвекловичного севооборота / С.И. Тютюнов, В.В. Никитин, В.Д. Соловиченко, А.П. Карабутов // Аграрная наука. – 2018. - №9. – С. 49-51.

В.В. Никитин Влияние севооборота, способа обработки почвы и удобрений на продуктивность ячменя / В.В. Никитин, В.Д. Соловиченко, А.П. Карабутов // Зерновое хозяйство России. – 2018. -№ 4(58). С. 3-6.

Соловиченко, В.Д. Продуктивность кукурузы на силос в зависимости от способа обработки почвы и удобрений на чернозёме типичном / В.Д. Соловиченко, В.В. Никитин, А.П. Карабутов // Коллектив. монография «Современные тенденции в научном обеспечении АПК Верхневолжского региона», том 2, г. Иваново, 2018. С. 12-18

Карабутов А.П. Мониторинг гумусного состояния чернозёма типичного в длительном стационарном полевом опыте / А.П. Карабутов, А.Г. Ступаков, В.Д. Соловиченко // Материалы Всероссийской школы молодых учёных 20 сентября 2018 г. Фундаментальные основы создания систем земледелия с целью сохранения и воспроизводства окружающей среды. - Белгород: КОНСТАНТА, 2018. С. 24-29.

Карабутов А.П. Влияние удобрений, погодных условий и плодородия почв на продуктивность пашни в условиях производства / А.П. Карабутов, А.Г. Ступаков, В.Д. Соловиченко // Материалы Всероссийской школы молодых учёных 20 сентября 2018 г. Фундаментальные основы создания систем земледелия с целью сохранения и воспроизводства окружающей среды. - Белгород: КОНСТАНТА, 2018. С. 119-124.