

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ И ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА УРОЖАЙНЫЕ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ

© 2023 Е.В. Кузина

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, г. Ульяновск, Россия

Статья поступила в редакцию 15.06.2023

В статье приведены результаты исследований влияния различных способов основной обработки почвы и минеральных удобрений на урожайность и качество зерна ячменя в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Исследования проводились в 2019-2021 гг. на опытном поле Ульяновского НИИСХ - филиала Сам НЦ РАН. Почва опытного участка представлена слабовыщелоченным тяжелосуглинистым черноземом с содержанием гумуса 5,8 %. Установлено, что применение минеральных удобрений способствовало увеличению урожайности ячменя. Максимальная урожайность, и более высокое качество зерна с наибольшим выходом сырого протеина сформировалась на фоне минерального питания $N_{60}P_{60}K_{60}$. Среди изучаемых способов обработки почвы более высокой урожайностью - 3,12 т/га и лучшей отзывчивостью на удобрения выделился вариант гребнекулисной обработки почвы с почвоуглублением, где прибавки зерна относительно не удобренного фона составили 0,76 – 1,12 т/га. В среднем по фонам удобренности сбор зерна после вспашки, мелкой гребнекулисной обработки и безотвального рыхления был практически одинаковым и составил соответственно 2,98-2,96 и 2,91 т/га. Самая низкая (2,23 т/га) урожайность зафиксирована на фоне естественного плодородия почвы при «нулевой» обработке. Использование в этом варианте изучаемых доз удобрений повысило ее на 0,39 и 0,85 т/га, однако по сравнению со вспашкой средняя урожайность здесь была ниже на 0,36 т/га. Качественные характеристики зерна были близкими независимо от способов основной обработки почвы.

Ключевые слова: ячмень, обработка почвы, минеральные удобрения, урожайность, качество зерна.

DOI: 10.37313/2782-6562-2023-2-1-11-16

EDN: UPMYFR

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в нашей стране всё большее распространение в растениеводстве получают ресурсосберегающие технологии, основанные на минимизации обработки почвы [1,2,3]. Применение таких технологий в агропромышленном комплексе является важнейшим средством повышения рентабельности и устойчивости производства. Урожайность полевых культур является важнейшим показателем, обуславливающим эффективность проводимых агроприёмов [4,5]. В этой связи изучение влияния на урожайность культур различных систем обработки, отличающихся интенсивностью воздействия на почву, в комплексе с применением экономически обоснованных доз удобрений представляет теоретический и практический интерес [6,7,8]. В тоже время изменившиеся в стране экономические условия обязывают применять механизм адаптации земледелия к почвенно-климатическим условиям. В каждом конкретном климатическом, природно-экономическом регионе и в отдельном хозяйстве должны быть разработаны и введены адаптивные ресурсосберегаю-

Кузина Елена Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией обработки почвы. E-mail: elena.kuzina@autorambler.ru

щие технологии возделывания сельскохозяйственных культур, способствующие получению стабильных урожаев с высококачественным зерном [9,10]. Поэтому изучение вопросов совместного применения в севообороте систем обработки почвы, в том числе ресурсосберегающих, а также различных доз удобрений имеет актуальное значение.

Целью наших исследований было изучение влияния способов основной обработки почвы и разных доз минеральных удобрений на урожайность и качество зерна ячменя.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в двухфакторном полевом опыте в 2019-2021 годах. В качестве первого изучаемого фактора служили способы основной обработки почвы: 1. Отвальная (контроль) - (вспашка на 20-22 см ПЛН-4-35); 2. Безотвальная – (стойки СибИМЭ на 20-22 см); 3. Мелкая гребнекулисная – (ОП-3С на 10-12 см); 4. Мелкая мульчирующая обработка почвы (ОПО-4,25, КПИР-3,6 на 10-12 см); 5. Без основной осенней обработки - «нулевая»; 6. Гребнекулисная – (ОП-3С с почвоуглублением до 30-32 см).

В качестве второго фактора дозы минеральных удобрений: 1. $N_0P_0K_0$ (контроль); 2. $N_{30}P_{30}K_{30}$;

3. $N_{60}P_{60}K_{60}$. Минеральные удобрения вносили весной под предпосевную культивацию.

Для посева использовали районированный сорт ячменя «Нутанс 553». Повторность опыта четырехкратная, размещение делянок систематическое в два яруса. Размер вариантов по основной обработке почвы - 1600 м², посевных делянок - 300 м², учетной площади 150 м².

Исследования проводились в зернопаровом севообороте со следующим чередованием культур; 1-ч/пар; 2-озимая пшеница; 3-яровая пшеница; 4-горчица (сидерат); 5-озимая пшеница; 6-ячмень.

Учет урожайности проводился путем сплошного обмолота всей массы с учетной делянки комбайном СК-5. Данные по учету приводились к 100 % чистоте и 14 % влажности (ГОСТ 27548-97).

При определении качества зерна использовались следующие методики: Метод определения белка и массы 1000 зерен по ГОСТ 10846-74 и 28636-90.

Для статистической обработки экспериментальных данных применяли компьютерную программу «AGROS 2.06».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Эффективность любых агротехнических приемов, в конечном итоге, оценивается выходом продукции с гектара пашни. Ведущий фактор формирования урожайности сельскохозяйственных культур в условиях лесостепи Среднего Поволжья - это обеспеченность посевов влагой. Исследования по изучению влияния способов основной обработки почвы на её влажность в посевах ячменя показали, что лучший влагонакопительный эффект обеспечивал вариант с применением гребнекулисной с почвоуглублением технологии. Где за счет создания водоемкого гребнекулисного микрорельефа запасы продуктивной влаги увеличивались по отношению к контролю в пахотном слое на

18 % в метровом слое на 10 %, что способствовало созданию более благоприятной влагообеспеченности растений ячменя. Кроме того, гребнекулисная обработка улучшала условия нитратонакопления, по сравнению с другими изучаемыми в опыте обработками и способствовала повышению эффективного плодородия почвы, что выражалось соответствующем уровнем урожайности культуры. Лучшая обеспеченность нитратным азотом в сочетании с оптимальным увлажнением метрового слоя почвы, способствовали повышению урожая ячменя на этом варианте на 0,14 т/га, по сравнению со вспашкой (таблица 1). Близко к ней подходили варианты с отвальной и мелкой гребнекулисной обработкой, где было получено практически одинаковое количество зерна 2,98-2,96 т/га. Далее в убывающей последовательности, шли безотвальная и мелкая мульчирующая обработки, где по сравнению с контролем снижение урожайности ячменя составило соответственно 0,07 и 0,20 т/га. Отсутствие механической осенней обработки снизило производство зерна на 0,36 т/га по сравнению с контролем.

Эффективным средством повышения продуктивности зерновых культур является применение минеральных удобрений. Так среднегодовая урожайность ячменя за 2019-2021 гг. на естественном фоне плодородия составила 2,42 т/га.

При внесении $N_{30}P_{30}K_{30}$ урожайность повышалась на 0,48 т/га, увеличение дозы удобрений до $N_{60}P_{60}K_{60}$ привело к росту продуктивности на 0,90 т/га по сравнению с не удобрённым фоном. Наибольшая отзывчивость в сборе зерна от удобрений наблюдалась на вариантах с гребнекулисной обработкой, где прибавка составила при внесении $N_{30}P_{30}K_{30}$ - 0,69-0,76 т/га, при внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ - 1,11-1,12 т/га относительно естественного фона соответствующих обработок. На контроле прибавка от изучаемых доз удобрений не превышала 0,26-0,73 т/га.

Таблица 1. Изменение урожайности ячменя в зависимости от способов обработки почвы, и фонов питания, т/га (2019-2021 гг.)

Варианты обработки	Фон			Ср. по варианту
	$N_0P_0K_0$	$N_{30}P_{30}K_{30}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$	
Вспашка на 20-22 см	2,65	2,91	3,38	2,98
Безотвальная на 20-22 см	2,62	2,87	3,24	2,91
Гребнекулисная-10-12см	2,36	3,05	3,47	2,96
Мелкая на 10-12 см	2,30	2,81	3,24	2,78
Без основной осенней обработки	2,23	2,57	3,08	2,62
Гребнекулисная с почвоуглублением до 30-32см	2,50	3,26	3,62	3,12
Среднее, +/- к контролю	2,42	2,90	3,32	
	-	+0,48	0,90	
НСР_{0,05} А-0,199 (обработки) В-0,148 (удобрения) АВ-0,344 р-0,96%				

На вариантах без основной осенней и мелкой обработки от внесения дозы $N_{30}P_{30}K_{30}$ сбор зерна повышался на 0,34-0,51 т/га по сравнению с не удобренным фоном. Увеличение дозы удобрений до $N_{60}P_{60}K_{60}$ привело к росту продуктивности на 0,85-0,94 т/га. На варианте с безотвальной обработкой на глубину 20-22см была отмечена самая низкая отзывчивость на внесение минеральных удобрений соответственно 0,25-0,62 т/га.

Получение качественного зерна в условиях лесостепи Поволжья с плодородными почвами является основополагающим фактором эффективности его производства и рентабельности ведения сельскохозяйственной отрасли в целом. Как известно, основные элементы питания растений оказывают существенное влияние на биохимические и физиологические процессы, протекающие в растениях на протяжении всего периода вегетации и, следовательно, не только на величину, но и на качество урожая.

Качественные характеристики зерна ячменя были близкими по значению независимо от способов основной обработки почвы (таблица 2).

Показатели содержания протеина в зерне определялись гидротермическими условиями периода активной вегетации и в большей степени зависели от погодных условий отдельного года, чем от способов основной обработки. Так анализ зерна на содержание протеина показал, что в условиях 2019 года в среднем по фонам удобренности сформировалось зерно с самыми высокими показателями качества в абсолютном выражении соответственно 12,3-13,5%. Зерно, полученное в 2020 году, по белковости находилось в пределах от 11,3 до 11,8%. В 2021 году было получено наименее качественное зерно с содержанием протеина 10,8-11,4% на абсолютно сухую массу.

Оценивая качество зерна по массовой доле протеина в среднем за три года, можно констатировать наличие тенденции положительного влияния на содержание протеина ежегодной отвальной вспашки по сравнению с беспашотными вариантами основной обработки почвы. Но различия были не существенными в пределах ошибки опыта. На естественном фоне по вспашке его содержание было выше в среднем на 0,7 процентных пункта, на удобренных фонах пре-

Таблица 2. Изменение качества зерна ячменя в зависимости от способов обработки почвы и применения удобрений

Варианты	N	P	K	Белок	Масса 1000 зерен, г
$N_0P_0K_0$					
Вспашка на 20-22 см	2,28	1,48	1,22	12,2	48,6
Безотвальная на 20-22 см	2,19	1,46	1,47	12,1	48,5
Гребнекулисная-10-12см	1,68	1,59	1,29	11,7	48,3
Мелкая на 10-12 см	2,51	1,27	1,40	11,4	47,8
Без основной осенней обработки	2,19	1,30	1,47	11,3	47,8
Гребнекулисная с почвоуглублением до 30-32см	1,93	1,32	1,36	11,6	48,6
Ср. по фону	2,14	1,39	1,34	11,6	48,3
$N_{30}P_{30}K_{30}$					
Вспашка на 20-22 см	1,89	1,27	1,29	11,9	49,3
Безотвальная на 20-22 см	2,53	1,25	1,50	11,8	49,2
Гребнекулисная-10-12см	2,19	1,35	1,50	11,5	49,8
Мелкая на 10-12 см	2,27	1,42	1,19	11,5	49,5
Без основной осенней обработки	2,45	1,48	1,29	11,4	49,0
Гребнекулисная с почвоуглублением до 30-32см	2,15	1,31	1,26	11,5	49,2
Ср. по фону	2,26	1,36	1,34	11,6	49,3
$N_{60}P_{60}K_{60}$					
Вспашка на 20-22 см	2,71	1,30	1,36	12,3	49,5
Безотвальная на 20-22 см	2,15	1,33	1,29	12,4	49,2
Гребнекулисная-10-12см	2,66	1,31	1,26	12,5	50,1
Мелкая на 10-12 см	2,19	1,32	1,33	12,0	50,0
Без основной осенней обработки	2,23	1,34	1,33	11,9	49,8
Гребнекулисная с почвоуглублением до 30-32см	2,32	1,33	1,08	12,1	49,8
Ср. по фону	2,32	1,33	1,26	12,2	49,8

имущество вспашки по содержанию протеина в зерне перед вариантами без оборота пласта снижалось, причем, чем выше был уровень удобренности, тем меньше отличался изучаемый показатель. На фоне $N_{30}P_{30}K_{30}$ различие не превышало 0,4%, на фоне внесения $N_{60}P_{60}K_{60}$ 0,1% в пользу вспашки. В то время как от конкретных условий вегетации, особенно в период от колошения до восковой спелости разница между более благоприятным по увлажнению и теплообеспеченности 2019 годом и менее благоприятными 2020 и 2021 годами составила в среднем по содержанию протеина 1,8-1,2 процентных пункта.

Применение минеральных удобрений незначительно сказывалось на повышении качества зерна. Удобрения в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$ не увеличивали содержание протеина в зерне ячменя. При повышении нормы внесения минеральных удобрений до $N_{60}P_{60}K_{60}$ беспашотные варианты обеспечили прирост протеина на 0,6 %, вспашка на этом фоне увеличивала белковость зерна всего 0,1%, по сравнению с первоначальными значениями.

Масса 1000 зерен это сортовой признак, и в условиях 2019-2021 года под влиянием факторов, которые изучались в опыте, не было отмечено значительных изменений её показателей. На беспашотных вариантах она варьировала по фонам удобренности от 48,2 до 49,8г, на вспашке от 48,6 до 49,5 г. Можно лишь отметить тенденцию к ее повышению при внесении минеральных удобрений на 2-3%.

Не было установлено четкой закономерности влияния изучаемых приемов возделывания и на химический состав зерна. Обобщенные данные по содержанию азота, фосфора и калия в зерне показали, что на вспашке содержание азота составило в среднем 2,29% на беспашотных вариантах 2,23%, фосфора соответственно 1,35 и 1,36%, калия 1,29 и 1,31%.

Применяемые в опыте удобрения оказали влияние не только на уровень урожайности, но и на элементный состав зерна ячменя. При внесении $N_{30}P_{30}K_{30}$ содержание общего азота в зерне увеличивалось на 6 %, а фосфора и калия оставалось на одном уровне с не удобренным фоном. С повышением уровня удобренности до $N_{60}P_{60}K_{60}$ содержание азота в зерне повышалось на 8%, а фосфора и калия снижалось на 4 и 6%. Это объясняется тем, что с увеличением содержания фосфора и калия в почве повышалась урожайность ячменя, то есть поступившие элементы питания использовались на формирование урожая.

ВЫВОДЫ

1. Наибольший урожай зерна ячменя с более высокими показателями качества формировался при использовании гребнекулисной обработки с почвоуглублением до 30-32 см. Мелкая

и нулевая обработки уступали в формировании урожая культуры.

2. Применение минеральных удобрений способствовало увеличению урожайности зерна ячменя. Самый большой эффект отмечается от внесения дозы $N_{60}P_{60}K_{60}$ на вариантах с гребнекулисной обработкой, где прибавка составила 1,11-1,12 т/га относительно естественного фона соответствующих обработок.

3. На естественном фоне преимуществом по содержанию сырого протеина в зерне обладала отвальная обработка, где его содержание было выше в среднем на 0,7%. На фонах $N_{30}P_{30}K_{30}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}$ превосходство вспашки перед вариантами без оборота пласта снижалось, а различия в её пользу не превышали 0,4% и 0,1%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шафран, С.А.* Продуктивность ярового ячменя и окупаемость минеральных удобрений в зависимости от содержания элементов питания в основных типах почв России / С.А. Шафран, Е.С. Козеичева // *Агрохимия*. – 2016. – №3. – С. 11–22.
2. *Музраев, В.Н.* Продуктивность ярового ячменя в зависимости от доз и сочетаний минеральных удобрений в сухостепной зоне республики Калмыкия / В.Н. Музраев // *Материалы 51-й Международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрономиков и экологов «Агроэкологические и экономические аспекты применения средств химизации в условиях интенсивного сельскохозяйственного производства»*. – М., 2017. – С. 58-64.
3. *Кузина, Е.В.* Изменение урожайности озимой пшеницы и качества зерна в зависимости от способов основной обработки почвы и уровня удобренности / Е.В. Кузина, А.И. Якунин // *Аграрный научный журнал*. – 2016. – №11. – С. 24-29.
4. *Якупов, Е.Н.* Влияние приемов основной обработки почвы и фунгицидов на урожайность ярового ячменя / Е.Н. Якупов, А.С. Савельев, А.В. Круглов, Д.В. Бочкарев, А.Н. Никольский // *Аграрная наука*. – 2022. – № 1. – С. 84-87. – URL: <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-355-1-84-87>
5. *Гармашов, В.М.* Урожайность и качество ярового ячменя на фоне различных по интенсивности обработок / В.М. Гармашов, И.М. Корнилов, Н.А. Нужная // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2020. – № 3(35). – С. 121-127.
6. *Кузина Е.В.* Влияние способов основной обработки почвы и фонов питания на продуктивность культур севооборота // *Пермский аграрный вестник*. – 2017. – № 4(20). – С.75-80.
7. *Доманов, Н.М.* Продуктивность ячменя в зависимости от доз минеральных удобрений и погодных условий // *Земледелие*. – 2011. – № 7. – С. 39-40.
8. *Бабунов, А.Б.* Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество ярового ячменя Саншайн, а также вынос элементов питания / А.Б. Бабунов, А.Е. Бадин // *Достижения науки и техники АПК*. – 2018. – Т. 32. – № 8. – С. 32-34.
9. *Завалин А.А.* Урожайность культур и продуктивность севооборота при использовании средств

- химизации и биологизации / А.А. Завалин, С.Н. Никитин // В сборнике: Аграрная наука и производство: проблемы и перспективные направления сотрудничества. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Главный редактор: Захаров А.И. – М., 2014. – С. 141-151.
10. Турусов, В.И. Влияние способов обработки на плодородие чернозема обыкновенного и урожайность ячменя в условиях юго-востока ЦЧР / В.И. Турусов, В.М. Гармашов // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 33. – № 12. – С. 20-25. DOI: 10.24411/0235-24512019-11204.

INFLUENCE OF MINERAL NUTRITION AND SOIL TREATMENT ON YIELD AND QUALITY INDICATORS OF BARLEY GRAIN

© 2023 E.V. Kuzina

Samara Federal Research Scientific Center RAS,
Ulyanovsk Scientific Research Agriculture Institute», Ulyanovsk, Russia

The article presents the results of studies of the influence of various methods of basic tillage and mineral fertilizers on the yield and quality of barley grain in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region. The studies were carried out in 2019-2021 on the experimental field of the Ulyanovsk Research Institute of Agriculture - a branch of the Sam Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. The soil of the experimental plot is represented by slightly leached heavy loamy chernozem with a humus content of 5.8%. It was found that the use of mineral fertilizers contributed to an increase in the yield of barley. The maximum yield and higher quality of grain with the highest yield of crude protein was formed against the background of mineral nutrition N60P60K60. Among the studied methods of tillage with a higher yield of -3.12 t/ha and better responsiveness to fertilizers, a variant of ridge tillage with soil deepening stood out, where the increase in grain relative to the unfertilized background was 0.76 - 1.12 t/ha. On average, according to the backgrounds of fertilization, the grain harvest after plowing, shallow comb-bed tillage and moldboardless loosening was almost the same and amounted to 2.98-2.96 and 2.91 t/ha, respectively. The lowest (2.23 t/ha) yield was recorded against the background of natural soil fertility with "zero" tillage. The use of the studied doses of fertilizers in this variant increased it by 0.39 and 0.85 t/ha, however, compared with plowing, the average yield here was lower by 0.36 t/ha. The qualitative characteristics of the grain were close regardless of the methods of the main tillage.

Key words: barley, tillage, mineral fertilizers, productivity, grain quality.

DOI: 10.37313/2782-6562-2023-2-1-11-16

EDN: UPMYFR

REFERENCES

1. *Shafran, S.A.* Produktivnost' yarovogo yachmenya i okupaemost' mineral'nyh udobrenij v zavisimosti ot soderzhaniya elementov pitaniya v osnovnyh tipah pochv Rossii / S.A. Shafran, E.S. Kozeicheva // *Agrohimiya*. – 2016. – №3. – С. 11–22.
2. *Muzraev, V.N.* Produktivnost' yarovogo yachmenya v zavisimosti ot doz i sochetanij mineral'nyh udobrenij v suhostepnoj zone respubliki Kalmykiya / V.N. Muzraev // *Materialy 51-j Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii molodyh uchenyh, specialistov-agrohimikov i ekologov «Agroekologicheskie i ekonomicheskie aspekty primeneniya sredstv himizacii v usloviyah intensivnogo sel'skohozyajstvennogo proizvodstva»*. – М., 2017. – С. 58-64.
3. *Kuzina, E.V.* Izmenenie urozhajnosti ozimoy pshenicy i kachestva zerna v zavisimosti ot sposobov osnovnoj obrabotki pochvy i urovnya udobrennosti / E.V. Kuzina, A.I. Yakunin // *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*. – 2016. – №11. – С. 24-29.
4. *Yakupov, E.N.* Vliyanie priemov osnovnoj obrabotki pochvy i fungicidov na urozhajnost' yarovogo yachmenya / E.N. Yakupov, A.S. Savel'ev, A.V. Kruglov, D.V. Bochkarev, A.N. Nikol'skij // *Agrarnaya nauka*. – 2022. – № 1. – С. 84-87. – URL: <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-355-1-84-87>.
5. *Garmashov, V.M.* Urozhajnost' i kachestvo yarovogo yachmenya na fone razlichnyh po intensivnosti obrabotok / V.M. Garmashov, I.M. Kornilov, N.A. Nuzhnaya // *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. – 2020. – № 3(35). – С. 121-127.
6. *Kuzina E.V.* Vliyanie sposobov osnovnoj obrabotki pochvy i fonov pitaniya na produktivnost' kul'tur sevooborota // *Permskij agrarnyj vestnik*. – 2017. – № 4(20). – С. 75-80.
7. *Domanov, N.M.* Produktivnost' yachmenya v zavisimosti ot doz mineral'nyh udobrenij i pogodnyh uslovij // *Zemledelie*. – 2011. – № 7. – С. 39-40.
8. *Babunov, A.B.* Vliyanie mineral'nyh udobrenij na urozhajnost' i kachestvo yarovogo yachmenya Sanshajna, a takzhe vynos elementov pitaniya / A.B. Babunov, A.E. Badin // *Dostizheniya nauki i tekhniki AПК*. – 2018. – Т. 32. – № 8. – С. 32-34.
9. *Zavalin A.A.* Urozhajnost' kul'tur i produktivnost'

sevooborota pri ispol'zovanii sredstv himizacii i biologizacii / A.A. Zavalin, S.N. Nikitin // V sbornike: Agrarnaya nauka i proizvodstvo: problemy i perspektivnye napravleniya sotrudnichestva. Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Glavnyj redaktor: Zaharov A.I. – M., 2014. – S. 141-151.

10. *Turusov, V.I.* Vliyanie sposobov obrabotki na plodorodie chernozema obyknovennogo i urozhajnost' yachmenya v usloviyah yugovostoka CCHR / V.I. Turusov, V.M. Garmashov // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2021. – T. 33. – № 12. – S. 20-25. DOI: 10.24411/0235-24512019-11204.