

Научная статья

УДК 631.5: 632.9

DOI:10.36508/journal.2023.94.36.005

УРОЖАЙНОСТЬ И УГЛЕВОДО-АМИЛАЗНЫЙ КОМПЛЕКС ЗЕРНА ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ В СРЕДНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

Бакаева Наталья Павловна

*ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет», г. Кинель,
пгт. Усть-Кинельский, Россия*

bakaevanp@mail.ru

Аннотация.

Проблема и цель. В статье приводятся результаты многолетних исследований возделывания ярового ячменя. Изучали урожайность, содержание углеводов и активности α - и β -амилаз зерна ярового ячменя двух сортов Беркут и Орлан при применении азотных минеральных удобрений и биопрепарата Аминоката.

Методология. Изучали урожайность, содержание углеводов крахмала и сахаров, а также активностей ферментов, расщепляющих крахмал в процессах прорастания семени, хлебопечения, получения солода, таких как α -, β -амилазы и суммарной ферментативной активности в зерне яровых ячменей двух сортов Беркут и Орлан при применении азотных минеральных удобрений, биопрепарата Аминоката и их совместного действия.

Результаты. Установлено, что удобрения, аминокат и их совместное применение оказали положительное воздействие на изучаемые показатели, такие как урожайность, крахмал, сахара и суммарная активность амилаз, на различные значения от 13...40%. Сорт Беркут превосходил по величинам изученных показателей сорт Орлан от 9 до 17%. Удобрения, аминокат и их совместное применение повысили значения активности бета-амилаз и суммарной ферментативной активности зерна ярового ячменя сорта Беркут при совместном применении удобрений и аминоката. Наибольшее значения в увеличении активности бета-амилаз и суммарной активности ферментов зерна ячменя сорта Орлан проявилось при применении как отдельно удобрений, так и совместного действия удобрений+аминоката.

Заключение. Влияние удобрений в большей степени на повышение активностей β -амилаз и суммы α - и β -амилаз сорта Орлан, является результатом сортовой отличительной характеристикой изученных сортов яровых ячменей Беркут и Орлан.

Ключевые слова: яровой ячмень; удобрения, урожайность, крахмал, сахара, амилолитические ферменты

YIELD AND CARBOHYDRATE-AMYLASE COMPLEX OF SPRING BARLEY GRAIN CULTIVATE IN THE MIDDLE VOLGA REGION

Bakaeva Natalya P.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Samara State Agrarian University", Kinel, town. Ust-Kinelsky, Russia

bakaevanp@mail.ru

Annotation.

Problem and purpose. *The article presents the results of many years of research into the cultivation of spring barley. The yield, carbohydrate content and activity of α - and β -amylases of spring barley grain of two varieties Berkut and Orlan were studied when using nitrogen mineral fertilizers and the biological preparation Aminocata.*

Methodology. *We studied the yield, the content of carbohydrates, starch and sugars, as well as the activities of enzymes that break down starch in the processes of seed germination, baking, malt production, such as α -, β -amylase and the total enzymatic activity in the grain of spring barley of two varieties Berkut and Orlan at the use of nitrogen mineral fertilizers, the biological product Aminocat and their combined action.*

Results. *It was established that fertilizers, aminocat and their combined use had a positive effect on the studied indicators, such as yield, starch, sugar and total amylase activity, by various values from 13...40%. The Berkut variety was superior to the Orlan variety in terms of the studied indicators by 9 up to 17%. Fertilizers, aminocat and their combined use increased the values of beta-amylase activity and the total enzymatic activity of spring barley grain of the Berkut variety when fertilizers and aminocat were used together. The greatest significance in increasing the activity of beta-amylases and the total activity of enzymes in barley grain of the Orlan variety was manifested when using both separate fertilizers and the combined action of fertilizers + aminocat.*

Conclusion. *The influence of fertilizers to a greater extent on increasing the activity of β -amylases and the sum of α - and β -amylases of the Orlan variety is the result of the varietal distinctive characteristics of the studied spring barley varieties Berkut and Orlan.*

Key words: *spring barley; fertilizers, yield, starch, sugars, amylolytic enzymes*

Введение

Известно, что ячмень самая древнейшая злаковая культура, которая возделывается повсеместно, занимая четвертое место в мировом земледелии. Из которых, по площади посева и сбору зерна с них, России принадлежит первое место. Ячмень может вызревать повсюду, так как вегетационный период составляет 70 – 100 дней [1]. Из зерновых, ячмень имеет самое широкое применение, его используют для продовольственных, технических или кормовых целей. Вырабатывают хорошего пищевого качества перловую и

ячневую крупу, варят пиво, изготавливают солод для спиртового производства. Зерно ячменя можно размолоть в муку с хорошими хлебопекарными качествами. Также ячмень является ценной кормовой культурой и используется в комбикормовой промышленности [1].

Солод, как вещество является частично пророщенным и высушенным зерном злаковых культур. Солод является источником крахмала и широкого спектра ферментов, в том числе альфа- и бета-амилаз, которые расщепляют крахмал до сахаров – преимущественно мальтозу, которую в свою очередь, дрожжи ферментативно переводят в спирт и углекислый газ. При варке пива в основном используется ячменный солод, так как для этого идеально подходит его высокая ферментативная активность или диастатическая сила [2].

Совокупность содержания крахмала, сахаров и проявления активностей ферментов α - и β -амилаз представляет собой углеводо-амилазный комплекс зерна. Наращивание крахмала и сахаров в зерне осуществляется в процессе роста и развития самих возделываемых культур в частности ярового ячменя. При оводнении сухих семян, ферменты, находящиеся в эндосперме и зародыше в связанном и неактивном состоянии, переходят в активное состояние [3]. Крахмал эндосперма под влиянием активных амилаз преобразуется до сложных декстринов, которые различаются молекулярной массой и мальтозу – солодовый сахар, или 4-О- α -D-глюкопиранозил-D-глюкозу, природный дисахарид, состоящий из двух остатков глюкозы, которые высвобождаются в виде молекул глюкозы [1].

Известно, что формирование урожая зерна – это процесс сложных взаимозависимых факторов и условий. Сложившиеся метеоусловия года вегетации, сортовые особенности возделываемой культуры, применяющаяся технология и многое другое оказывает воздействие на формирование урожайности и другие качественные стороны продукционного процесса.

Отсюда, важно установить влияние величины урожайности зерна на состояние углеводно-амилазного комплекса.

Материалы и методы исследований

Многолетние исследования проводили на опытном поле лаборатории «Агроэкологии» Самарского ГАУ, которое находится в центральной зоне Самарской области или южной части лесостепи Заволжья [1].

Климат Среднего Поволжья умеренно континентальный, на юге – континентальный; в Лесостепи Заволжья лето значительно теплее, а зима суровее, часто устанавливается устойчивая сухая погода, минимальное выпадение осадков. За время вегетации и интенсивного развития растений с мая по июль осадков выпадает незначительное количество – 119 мм, а за годовой период всего – 410 мм. Средняя температура воздуха за период с мая по июль 17,8 °С, а среднегодовая температура 7,6 °С. Отмечаются ежегодные атмосферные засухи и суховеи средней интенсивности, интенсивные 9 лет из 10, очень интенсивные 4-6 лет из 10 [1].

Погодные условия сложившиеся за годы исследования в не полной мере соответствовали нормальному развитию сельскохозяйственных культур,

особенно яровых зерновых культур и можно охарактеризовать не совсем благоприятными [3], но позволившими получить хороший урожай.

Почвы в зоне в основном выщелоченные, обыкновенные и типичные черноземы среднегумусные среднемощные тяжелосуглинистые. Данная почва имеет реакцию среды близкую к нейтральной, среднее содержание гумуса, сравнительно большую поглотительную способность. Эта почва по своим физико-химическим и водным свойствам вполне отвечает требованиям успешного возделывания ведущих полевых культур [3]. До начала исследования почвы поля по агрохимическим показателям, были следующими: нитратный азот – 4,47 мг/кг, легкогидролизуемый азот – 42,4 мг/кг, органическое вещество – 4,6%, P_2O_5 – 96,8, K_2O – 86,6 мг/кг, pH 7,82 [1].

Яровой ячмень двух сортов Беркут и Орлан выращивался в звене парозернового севооборота: чистый пар – озимая пшеница – яровая пшеница – яровой ячмень. Высевался в первой декаде мая, при норме высева 5,0 млн всхожих семян.

Ячмень яровой Орлан. Характеристика сорта: Родословная: Нутанс 642 х Безенчукский 2. Включен в Госреестр по Средневолжскому (7) и Уральскому (9) регионам. Разновидность: nutans. Растение среднеспелое, вегетационный период 68-82 дня. Масса тысячи зерен 38-51 г. Растение короткое – средней длины. Куст прямостоячий. Колос пирамидальный, рыхлый, с сильным восковым налетом. Крупность зерновка от средней до очень крупной. Средняя урожайность в Средневолжском регионе – 25,0 ц/га, в Уральском – 19,1 ц/га. Сорт является в основном зернофуражным. В зерне белка содержится 11,3-15,0%.

Ячмень яровой Беркут, по сравнению с сортом Орланом, разновидность субмедикум. Растение среднерослое среднеспелое, вегетационный период 72-84 дня. Зерновка крупная, масса тысячи зерен 42-49 г, содержание белка в нем – 10,9-12,7%. Средняя урожайность по региону 27,7 ц/га. Сорт зернофуражный, пищевого направления, получают ячневую и перловую крупы.

Для воспроизводства плодородия почвы вносились минеральные удобрения [4], аммиачная селитра вносилась при посеве в количестве действующего вещества N30. Под планируемый урожай расчет доз аммиачной селитры проводили с учетом уровня содержания азота в почве [5].

Аминокат-10 жидкое органоминеральное удобрение. Он создан на основе экстракта морских водорослей, содержит макро и микроэлементы [6]. Включает незаменимые аминокислоты, биогенные элементы и органические вещества растительного происхождения. Также аминокат является антистрессантом, т.е. стимулирует растения к развитию и быстрому увеличению сопротивляемости неблагоприятным условиям. Аминокислоты в составе препарата служат главным образом для синтеза белков [7].

Уборку проводили селекционным комбайном «TERRION» в фазу полной спелости зерна. Перед уборкой проводили отбор снопов с делянок (площадка 0,25 м²). Сноповой материал служил для определения структуры и качества урожая. Урожай приводили к 100% чистоте и к 14% влажности [1]. Учёт

элементов структуры урожая проводили по методике Госкомиссии по сортоиспытанию [3]. Содержание крахмала, сахаров и активности амилолитических ферментов в зерне определяли по Починку Х.Н. [1]

Растения для проведения биохимических исследований отбирались по методу средних проб [5]. Урожайные данные обрабатывались методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [8] с применением компьютерной программы STAT-1.

Результаты исследований и их обсуждение

Представлены результаты изучения особенностей формирования урожайности сортов ярового ячменя Беркут и Орлан, накопления крахмала, сахаров и амилолитических ферментов в зерне при применении азотных минеральных удобрений, биопрепарата Аминоката и их совместного действия, в таблице 1.

Таблица 1 – Урожайность, содержание крахмала, сахаров и активности αамилаз (мг гидролизованного крахмала на 1 г шрота) зерна ярового ячменя, в среднем за годы исследования

Показатель	Урожайность, т/га	Крахмал, %	Сахара, %	Активность Σ амилаз
Сорт Беркут				
Без удобрений	2,11	54,0	2,76	165
Удобрённый фон	2,39	56,5	3,22	170
Аминокат	2,55	56,8	3,70	177
Удобрения +Аминокат	2,79	58,5	3,88	193
Коэффициент вариации, V, %	8	5	9	12
Сорт Орлан				
Без удобрений	1,93	52,3	2,36	137
Удобрённый фон	2,23	54,5	3,15	165
Аминокат	2,32	55,8	3,49	171
Удобрения +Аминокат	2,44	56,8	3,66	184
Коэффициент вариации, V, %	6	9	9	14

В среднем величина урожайности зерна сорта ярового ячменя Беркут за годы исследований оставалась на уровне 2,1–2,8 т/га. Применение азотных минеральных удобрений повысило урожайность на 13%. Аминокат и совместное применение удобрений и аминоката положительно отразилось на величине урожайности на 12 и 30%, соответственно. Сорт Беркут превосходил по величине урожайности сорта Орлан на 9%.

Крахмал, природный полимер, растительного происхождения, его ценность в применении пищевых технологий не подвергается сомнениям. Образование крахмала за период изучения в зерне сорта Беркут было на уровне 54-58%, удобрения, аминокат и их совместное применение повысили содержание на 4, 5 и 8% соответственно. Сорт Беркут превосходил по содержанию крахмала сорт Орлан на 3%.

Сахара в зерновке зерновых культур представлены моно- и дисахаридами. Дисахариды различаются на восстанавливающие и невосстанавливающие. Представленные результаты по изучению сахаров – это сумма всех сахаров, которые были определены в зерне. Их величина в зерне сорта Беркут варьировала от 2,8-3,9%. Удобрения, аминокат и их совместное применение повысили содержание сахаров на 17, 34 и 40% соответственно. Сорт Беркут превосходил по содержанию крахмала сорт Орлан на 15%.

Амилолитические ферменты в зерне представлены α - и β -амилазами. Выделение экстрагирование белков-ферментов возможно как их совместное присутствие в экстракте, т.е. сумма, с последующим отдельным экстрагированием α -амилазы. В таблице 1 представлена сумма амилаз пророщенного зерна ярового ячменя. Величина суммарной активности амилаз зерна сорта ярового ячменя Беркут за годы исследований была на уровне 165–193 мг гидролизованного крахмала на 1 г шрота. Применение азотных минеральных удобрений повысило активность на 3%. Аминокат и совместное применение удобрений и аминоката положительно отразилось на величине активности на 7 и 16%, соответственно. Сорт Беркут превосходил по величине суммарной активности амилаз сорт Орлан на 17%.

Так, удобрения, аминокат и их совместное применение повысили изучаемые показатели, такие как урожайность, крахмал, сахара и суммарная активность амилаз. Оказали положительное воздействие на различные значения от 13...30; 4...8, 17...40; 3...16%, соответственно. Сорт Беркут превосходил по величинам изученных показателей сорт Орлан от 9 до 17%.

На рисунках 1 и 2 представлены активности ферментов альфа-, бета-амилаз и суммы ферментативной активности амилаз, субстратом этих ферментов являлся гидролизованный крахмал, в мг, на 1 г шрота зерна сорта Беркут и сорта Орлан в зависимости от вида применяющихся в исследованиях удобрений.

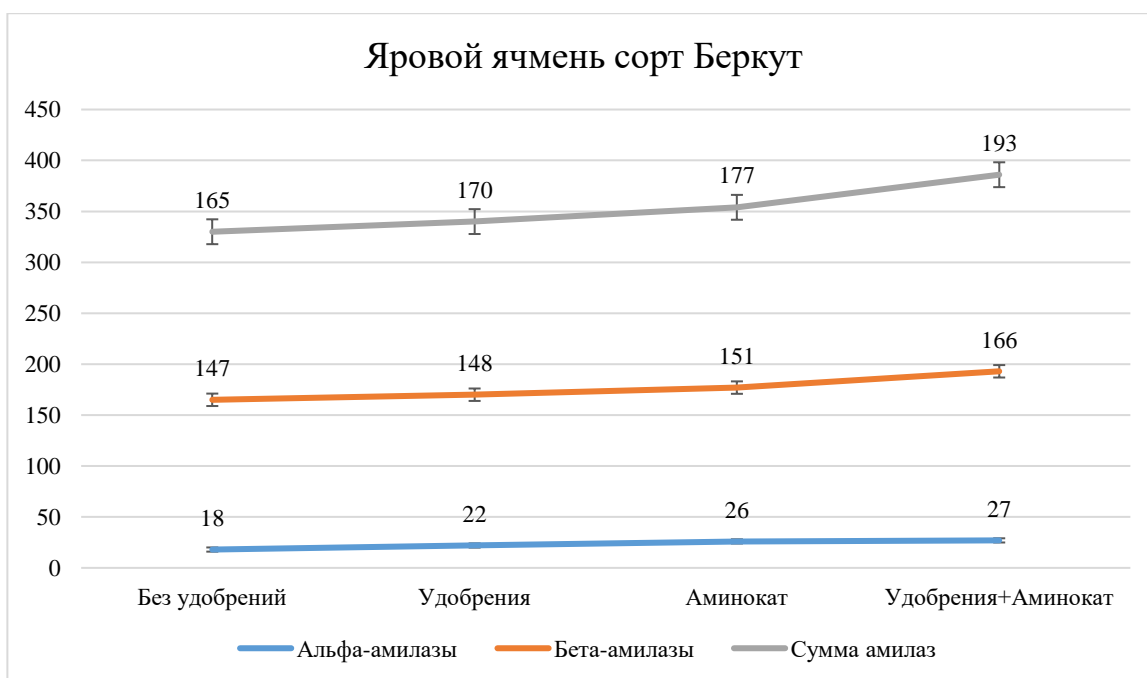


Рис.1. Активности альфа-, бета-амилаз и суммы амилаз, в мг гидролизованного крахмала на 1 г шротазерна ярового ячменя сорта Беркут в зависимости от вида применяющихся удобрений.

Fig.1. Activities of alpha-, beta-amylases and total amylases, mg of hydrolyzed starch per 1 g of meal of spring barley variety Berkut, depending on the type of fertilizer used.

Результаты, представленные на рисунке 1 показывают, что наибольшее значения в увеличении активности бета-амилаз и суммарной ферментативной активности зерна сорта Беркут внесло совместное применение удобрений и аминоката.

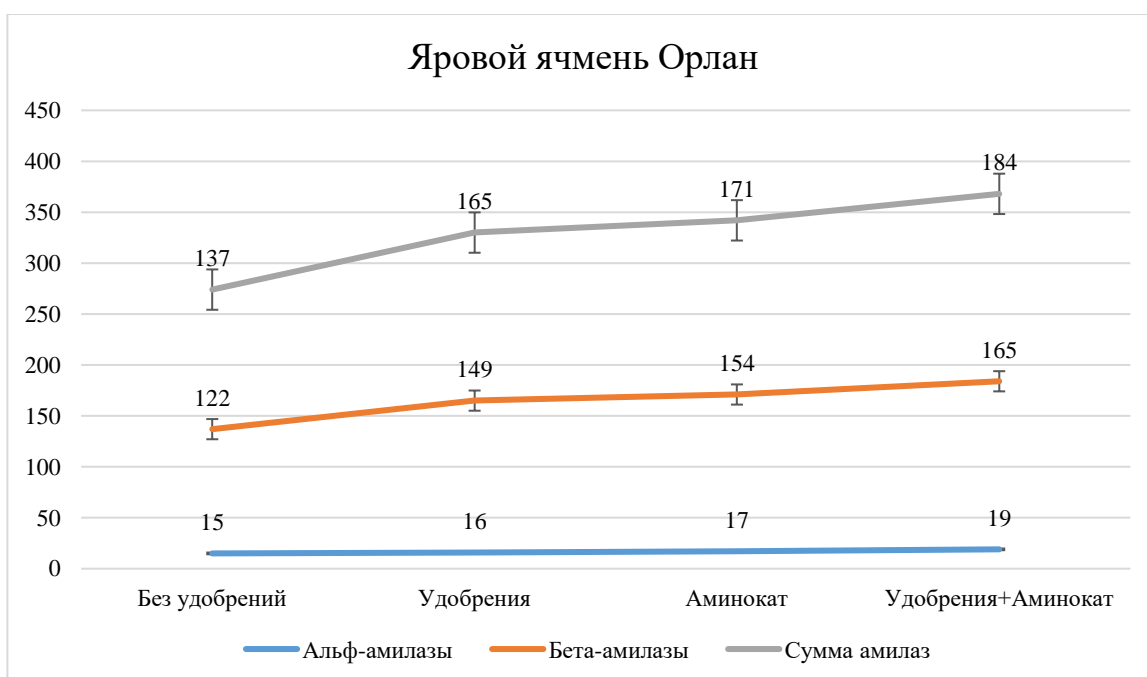


Рис.2. Активности альфа-, бета-амилаз и суммы амилаз зерна, в мг гидролизованного крахмала на 1 г шрота ярового ячменя сорта Орлан в зависимости от вида применяющихся удобрений.

Fig.2. Activities of alpha-, beta-amylases and total grain amylases, in mg of hydrolyzed starch per 1 g of spring barley meal of the Orlan variety, depending on the type of fertilizer used.

Результаты, представленные на рисунке 2 показывают, что наибольшее значения в увеличении активности бета-амилаз и суммарной ферментативной активности зерна сорта Орлан проявилось при применении удобрений и совместного действия удобрений+аминоката.

Влияние удобрений в большей степени на повышение активностей β -амилаз и суммы α - и β -амилаз сорта ярового ячменя Орлан, является результатом сортовой отличительной характеристикой изученных сортов яровых ячменей Беркут и Орлан.

Заключение

Представленные результаты многолетних исследований возделывания ярового ячменя двух сортов Беркут и Орлан, рекомендованные для включения в Госреестр по Средневолжскому (7) региону. Изучали урожайность, содержание углеводов крахмала и сахаров, а также активностей ферментов, расщепляющих крахмал в процессах прорастания семени, хлебопечения, получения солода, таких как α -, β -амилазы и суммарной их активности в зерне яровых ячменей двух сортов Беркут и Орлан при применении азотных минеральных удобрений, биопрепарата Аминоката и их совместного действия.

Установлено, что удобрения, аминокат и их совместное применение оказали положительное воздействие на изучаемые показатели, такие как урожайность, крахмал, сахара и суммарная активность амилаз, на различные значения от 13...30; 4...8, 17...40; 3...16%, соответственно. Сорт Беркут превосходил по величинам изученных показателей сорт Орлан от 9 до 17%.

Удобрения, аминокат и их совместное применение повысили значения активности бета-амилаз и суммарной активности зерна ярового ячменя сорта Беркут при совместном применении удобрений и аминоката. Наибольшее значения в увеличении активности бета-амилаз и суммарной ферментативной активности зерна сорта Орлан проявилось при применении как отдельно удобрений, так и совместного действия удобрений+аминоката.

Влияние удобрений в большей степени на повышение активностей β -амилаз и суммы α - и β -амилаз сорта ярового ячменя Орлан, является результатом сортовой отличительной характеристикой изученных сортов яровых ячменей Беркут и Орлан.

Библиографический список

1. Бакаева, Н. П. Концентрационные отношения крахмала и амилазы в зерне озимой пшеницы при различных вариантах выращивания / Н. П. Бакаева, О. Л. Салтыкова, Е. Х. Нечаева // Агрофизика. – 2021. – № 1. – С. 19-26. – DOI 10.25695/AGRPH.2021.01.04.
2. Соловьев, М. А. Особенности формирования посевных и урожайных качеств семян сортов ярового ячменя при воздействии стимулирующими препаратами / М. А. Соловьев, В. Б. Хронюк // Вестник аграрной науки Дона. – 2012. – № 3(19). – С. 67. – EDN RFRORJ.

3. Черкасов, А. С. Накопление сахаров и крахмала в зерне озимой пшеницы / А. С. Черкасов // Современные проблемы агропромышленного комплекса: Сборник научных трудов 72-й Международной научно-практической конференции, Самара, 19 июня 2019 года. – Самара: Самарский государственный аграрный университет, 2019. – С. 24-27. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41289834>
4. Хронюк В.Б. Пивоваренный ячмень и элементы технологии его производства. – Ростов н/Д, 2009. – 23 с.
5. Зацепина, В. А. Действие удобрений на кормовую ценность зерна ярового ячменя / В. А. Зацепина // Вклад молодых ученых в аграрную науку: Материалы Международной научной студенческой конференции, Самара, 28–29 апреля 2020 года. – Самара: Самарский государственный аграрный университет, 2020. – С. 16-19. – EDN PAZXLQ.
6. Сабирова Т.П., Соколов И.М., Ошкина Г.К., Паюта А.А., Богданова А.А., Щукин С.В., Сабиров Р.А. Продуктивность культур севооборота в зависимости от различных технологий // Кормопроизводство. 2018. № 12. С. 23–26. EDN: YQVSHB
7. Филенко Г.А., Фирсова Т.И., Донцова А.А. Влияние стимуляторов роста совместно с протравителем семян на продуктивность сорта ярового ячменя Щедрый // Зерновое хозяйство России. 2016. № 3. С. 28–31. EDN: WLASML
8. Бурунов, А. Н. Продуктивность яровой пшеницы и ячменя при применении удобрений и стимуляторов роста / А. Н. Бурунов, В. Г. Васин, А. В. Новиков // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 1(49). – С. 20-25. – DOI 10.18286/1816-4501-2020-1-20-25. – EDN JFQGOC.

References

1. Bakaeva, N.P. *Koncentracionnye otnosheniya krahmala I amilazy v zerne ozimoy pshenicy pri razlichnyh variantah vyrashchivaniya* / N. P. Bakaeva, O. L. Saltykova, E. N. Nechaeva // *Agrofizika*. – 2021. – № 1. – S. 19-26. – DOI 10.25695/AGRPH.2021.01.04.
2. Solov'ev, M.A. *Osobennosti formirovaniya posevnyh I urozhajnyh kachestv semyan sortov yarovogo yachmenya pri vozdejstvii stimuliruyushchimi preparatami* / M. A. Solov'ev, V. B. Hronyuk // *Vestnik agrarnoj nauki Dona*. – 2012. – № 3(19). – S. 67. – EDN RFRORJ.
3. Cherkasov, A.S. *Nakoplenie saharov I krahmala v zerne ozimoy pshenicy* / A. S. Cherkasov // *Sovremennye problem agropromyshlennogo kompleksa: Sbornik nauchnyh trudov 72-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Samara, 19 iyunya 2019 goda*. – Samara: Samarskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2019. – S. 24-27. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41289834>
4. Hronyuk V.B. *Pivovarenniy yachmen' i elementy tekhnologii ego proizvodstva*. – Rostov n/D, 2009. – 23 s.
5. Zacepina, V. A. *Dejstvie udobrenij na kormovuyu cennost' zerna yarovogo yachmenya* / V. A. Zacepina // *Vklad molodyh uchenyh v agrarnuyu nauku: Materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj studencheskoj konferencii, Samara, 28–29 aprelya 2020*

goda. – Samara: Samarskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2020. – S. 16-19. – EDN PAZZLQ.

6. Sabirova T.P., Sokolov I.M., Oshkina G.K., Payuta A.A., Bogdanova A.A., SHCHukin S.V., Sabirov R.A. Produktivnost' kul'tur sevooborota v zavisimosti ot razlichnyh tekhnologij // *Kormoproizvodstvo*. 2018. № 12. S. 23–26. EDN: YQVSHB

7. Filenko G.A., Firsova T.I., Doncova A.A. Vliyanie stimulyatorov rosta sovmestno s protravitelem semyan na produktivnost' sorta yarovogo yachmenya SHCHedryj // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2016. № 3. S. 28–31. EDN: WLASML

8. Burunov, A.N. Produktivnost' yarovoj pshenicy I yachmenya pri primenenii udobrenij I stimulyatorov rosta / A. N. Burunov, V. G. Vasin, A. V. Novikov // *Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. – 2020. – № 1(49). – S. 20-25. – DOI 10.18286/1816-4501-2020-1-20-25. – EDN JFQGOC.