

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.144>**ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Научная статья

**Якубышина Л.И.<sup>1,\*</sup>**<sup>1</sup> ORCID : 0000-0003-0757-4296;<sup>1</sup> Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (yakubyshinali[at]gausz.ru)

**Аннотация**

Яровой ячмень (*Hordeum vulgare L.*) является одной из ведущих зернофуражных и продовольственных культур, возделываемых в Тюменской области. Однако, несмотря на высокую потенциальную урожайность районированных сортов ячменя в производстве, она остается относительно невысокой и неустойчивой по годам. Причинами этого, наряду с неблагоприятными погодными условиями вегетации, также является недостаточная изученность отдельных вопросов агротехники, в частности отзывчивость сортов на разный уровень минерального питания.

В 2014–2017 гг. на опытном поле ГАУ Северного Зауралья (г. Тюмень) изучено влияние минерального питания на планируемую урожайность 3; 4; 5 т/га реестровых сортов ярового ячменя Ворсинский 2, Челябинский 99, Ача, Абалак. Проанализированы корреляционные взаимосвязи и сделан регрессионный анализ между продуктивной кустистостью и массой 1000 зёрен ( $r=0,50$ ), массой 1000 зёрен и урожайностью ( $r=0,64$ ;  $R^2=0,40$ ).

В результате проведенных исследований установлено, что возрастающие уровни минерального питания увеличили вегетационный период у всех изучаемых сортов от 2 до 9 суток ( $НСР_{05}= 3,7–4,8$ ). Максимальная продуктивная кустистость (1,62–1,81), масса 1000 зёрен (45,2–47,9), урожайность (4,12–5,14 т/га) были в вариантах с внесением минеральных удобрений на планируемую урожайность 4 и 5 т/га. Более отзывчивыми на уровни питания были сорта Абалак и Ача, только они обеспечили получение планируемой урожайности.

Лучшими вариантами для получения высокой урожайности ярового ячменя в условиях северной лесостепи Тюменской области внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 4 и 5 т/га.

**Ключевые слова:** ячмень, сорт, минеральные удобрения, вегетационный период, структура урожая, урожайность, качество.

**INFLUENCE OF MINERAL NUTRITION ON SPRING BARLEY YIELD FORMATION IN THE NORTHERN FOREST-STEPPE OF TYUMEN OBLAST**

Research article

**Yakubyshina L.I.<sup>1,\*</sup>**<sup>1</sup> ORCID : 0000-0003-0757-4296;<sup>1</sup> Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russian Federation

\* Corresponding author (yakubyshinali[at]gausz.ru)

**Abstract**

Spring barley (*Hordeum vulgare L.*) is one of the leading grain-forage and food crops cultivated in Tyumen Oblast. However, despite the high potential yield of zoned barley varieties of production, it remains relatively low and unstable from year to year. The reasons for this, along with unfavourable weather conditions of vegetation, are also insufficient study of some issues of agrotechnics, in particular responsiveness of varieties to different levels of mineral nutrition.

In 2014–2017, the influence of mineral nutrition on the planned yield of 3; 4; 5 tonnes/ha of register spring barley varieties Vorsinsky 2, Chelyabinsk 99, Acha, Abalak was studied in the experimental field of the Northern Trans-Urals SAU (Tyumen). Correlation relationships were analysed, and regression analysis between productive bushiness and 1000 grain weight ( $r=0,50$ ), 1000 grain weight and yield ( $r=0,64$ ;  $R^2=0,40$ ) was carried out.

As a result of the research, it was found that increasing levels of mineral nutrition increased the vegetative period of all studied varieties from 2 to 9 days ( $NSR_{05}= 3.7–4.8$ ). Maximum productive bushiness (1.62–1.81), 1000 grain weight (45.2–47.9), and yield (4.12–5.14 t/ha) were in variants with mineral fertilizer application for planned yields of 4 and 5 t/ha. Abalak and Acha varieties were more responsive to nutrition levels, only they provided the planned yield.

The best variants for obtaining high yields of spring barley in the conditions of the northern forest-steppe of Tyumen Oblast are the introduction of mineral fertilizers for the planned yield of 4 and 5 t/ha.

**Keywords:** barley, variety, mineral fertilizers, vegetation period, yield structure, yield, quality.

**Введение**

Современная Тюменская область – развивающийся регион. Развивается также и аграрный сектор. Производство зерна было и остается главной задачей растениеводства. При разработке технологии для производства продовольственного зерна в первую очередь возникают вопросы по минеральному питанию [3].

Урожайность сельскохозяйственных культур в значительной степени определяется наличием и доступностью элементов питания в почве на протяжении всего периода активной вегетации [4].

Ячмень – ценная пищевая и кормовая культура, и его биологический потенциал достаточно высок. Яровой ячмень занимает достойное место в группе зерновых культур, имея такие положительные качества, как засухоустойчивость и скороспелость. Почвенно-климатические условия Тюменской области достаточно благоприятны для возделывания ярового ячменя не только на фураж, но и на продовольственные цели. В области основную посевную площадь занимают сорта пивоваренного ячменя [1], [2], [8].

Обеспеченность элементами минерального питания и формирование оптимальной плотности продуктивного стеблестоя посевов являются важными агротехническими факторами достижения потенциально возможных урожаев возделываемых сортов ярового ячменя. При этом величина и качество урожая этой культуры определяется не только уровнем минерального питания и оптимальной нормой высева семян, а также биологическими особенностями сорта и изменениями погодных условий в период вегетации [7].

Итак, чтобы повысить урожайность и качество ярового ячменя, необходимо в первую очередь использовать высокоурожайные семена, современные технологии возделывания и повысить агротехнику за счёт внесения минеральных удобрений. В связи с этим актуальным является исследование по использованию минеральных удобрений.

#### Методы и принципы исследования

Исследования проведены в 2014–2017 гг. на опытном поле Агротехнологического института Государственного аграрного университета Северного Зауралья.

Почвенный покров опытного поля – чернозем выщелоченный, тяжелосуглинистый по гранулометрическому составу. По химическому составу почва характеризуется средним содержанием гумуса в пахотном слое, средней обеспеченностью фосфором, калием и низкой – азотом, слабокислой реакцией почвенного раствора. Предшественник однолетние травы (горох + овес). Обработка почвы общепринятая для ячменя в природно-климатической зоне Тюменской области. Дозу внесения минеральных удобрений рассчитывали балансовым методом на планируемую урожайность, ежегодно с учётом запаса питательных веществ в пахотном слое по Б. А. Ягодину и др. Минеральные удобрения вносили под планируемую урожайность 3; 4; 5 т/га, за контроль взят вариант без удобрений. Посев сортов проведён в оптимальный срок при температуре почвы +10...+12<sup>0</sup>С селекционной сеялкой ССФК-7, норма высева 5,5 млн. всхожих зёрен на гектар, площадь делянки 30 м<sup>2</sup>, учетная – 25 м<sup>2</sup>, повторность 4-х кратная, размещение делянок рандомизированное. Уборку проводили комбайном TERRION-2010 [9], [10].

За объект изучения взято четыре реестровых сорта ячменя: Ворсинский 2, Челябинский 99, Ача, Абалак. Все изучаемые сорта относятся к разновидности – putans.

#### Основные результаты

Летний период 2014–2015 и 2017 гг. был умеренно теплым и дождливым, средняя температура воздуха составила +16,5 °С. Жаркий и сухой был 2016 г. средняя температура воздуха составила +20,1 °С. Таким образом, в годы исследований погодные условия сложились вполне благоприятными для роста, развития ячменя и формирования урожайности (рис. 1, рис. 2).

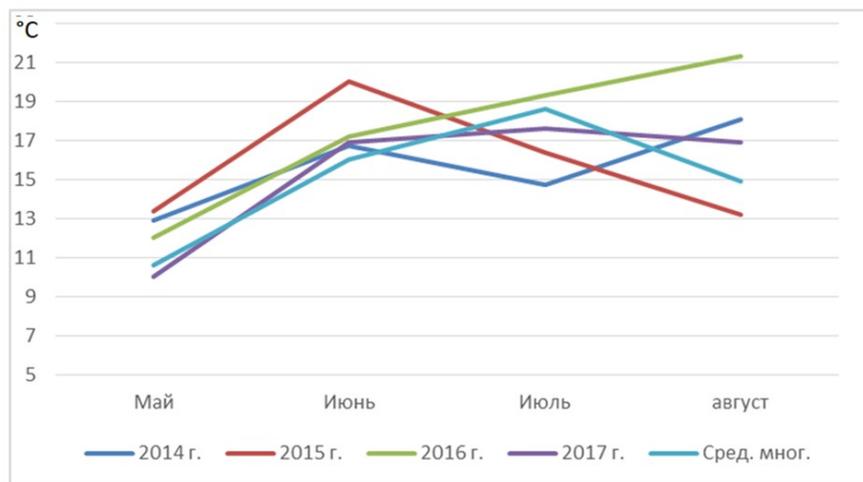


Рисунок 1 - Среднемесячная температура воздуха, 2014–2017 гг.  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.144.1>

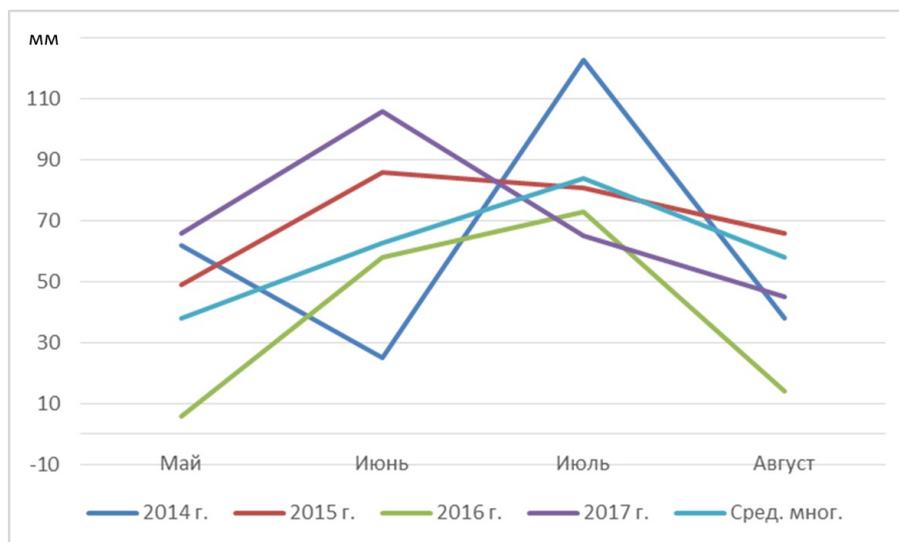


Рисунок 2 - Сумма осадков, 2014–2017 гг.  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.144,2>

Разнообразные погодные условия в годы исследований (2014–2017 гг.) позволили достаточно полно изучить влияние разных уровней минерального питания на урожайность и качество семян реестровых сортов ярового ячменя.

Для северной лесостепной зоны Тюменской области, с её коротким летом, важно знать влияние минеральных удобрений на продолжительность вегетационного периода сортов ячменя (табл. 1).

Таблица 1 - Продолжительность межфазных периодов сортов ячменя в зависимости от уровня минерального питания, 2014–2017 гг.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.144.3>

Сорт	Минеральные удобрения на планируемую урожайность, т/га			
	контроль, без удобрений	3	4	5
Абалак	73±2	77±3	79±3	82±3
Ача	72±1	74±2	77±2	80±3
Челябинский 99	70±2	74±2	75±3	77±3
Ворсинский 2	68±1	68±2	70±2	73±3
НСР <sub>05</sub>	3,0	3,7	4,8	4,9

Из данных таблицы 1 видно, что в контрольном варианте продолжительность вегетационного периода изменялась от 68 до 73 суток.

Возрастающие уровни минерального питания увеличили вегетационного периода в целом. Так, у сорта Ворсинский 2 вегетационный период увеличился по сравнению с контролем на 2-5 суток, у Челябинского 99 – на 4-7 суток, у сорта Ача – на 2-8 и у сорта Абалак – на 4-9 суток. Следует отметить, что в годы исследований изучаемые сорта созревали дружно и своевременно, исключение составил вариант на планируемую урожайность 5 т/га. В отмеченном варианте у всех сортов дополнительные побеги созревали на неделю и более позже по сравнению с главными стеблями.

Урожайность сложный хозяйственный показатель, которая складывается из структурных элементов (продуктивная кустистость, количество зёрен в колосе, масса 1000 зёрен) (рис. 3).

Продуктивная кустистость – один из важных показателей густоты продуктивного стеблестоя, который зависит от сорта, внесения удобрений и погодных условий [5].

Изучаемые сорта ячменя имели продуктивную кустистость в контрольном варианте 1,21–1,31. Необходимо отметить, что максимальная кустистость 1,62–1,81 была у сортов Ача и Ворсинский 2 в вариантах с внесением минеральных удобрений на планируемую урожайность 4 и 5 т/га.

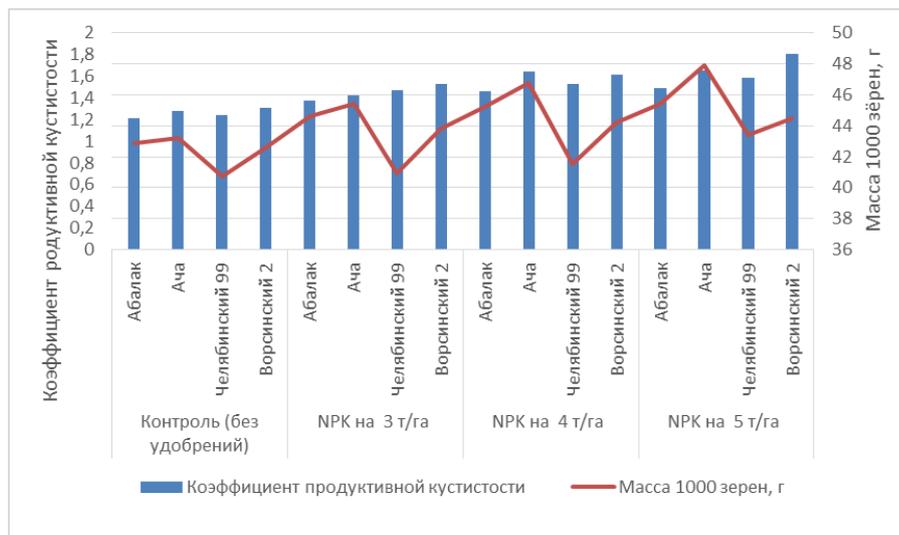


Рисунок 3 - Влияние уровня минерального питания на продуктивную кустистость и массу 1000 зёрен, 2014–2017 гг.  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.144.4>

Количество зёрен в колосе в контрольном варианте варьировало от 13 до 14 шт. В вариантах с удобрениями количество зёрен увеличилось у всех изучаемых сортов.

Масса 1000 зёрен считается одним из основных элементов структуры урожая, а также важнейшим показателем качества зерна ячменя [2].

Масса 1000 зёрен изменялась от уровня минерального питания, она варьировала от 40,9 до 47,9 г. В вариантах с внесением минеральных удобрений масса 1000 зёрен у сортов ярового ячменя увеличилась на 0,2–4,7 г, сильнее это проявилось у сортов Ача и Абалак. Наибольшая масса отмечена в вариантах на планируемую урожайность 4 и 5 т/га.

Между продуктивной кустистостью и массой 1000 зёрен установлена средняя положительная связь ( $r = 0,50$ ).

В условиях Тюменской области сорта зерновых культур при применении минеральных удобрений, в основном, дают высокие прибавки урожайности [3]. Изучаемые сорта ячменя тоже положительно реагировали на различные уровни минерального питания (табл. 2).

Таблица 2 - Статистический анализ урожайности сортов ячменя в зависимости от предшественника, 2014–2017 гг.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.144.5>

Минеральные удобрения на планируемую урожайность, т/га	Средняя урожайность, т/га	Вариация урожайности (min-max), т/га	Стандартное отклонение, Sx	Коэффициент вариации, V %
Абалак				
Контроль (без удобрений)	2,08	1,82-2,15	0,09	4,4
3	3,11	2,89-3,21	0,11	3,4
4	4,15	3,96-4,32	0,10	2,4
5	5,14	4,95-5,24	0,15	3,0
НСР <sub>05</sub>	0,18			
Ача				
Контроль (без удобрений)	1,99	1,82-2,15	0,14	6,9
3	3,08	2,89-3,21	0,15	4,7
4	4,12	3,96-4,32	0,15	3,7
5	5,11	4,95-5,24	0,13	2,5
НСР <sub>05</sub>	0,22			
Челябинский 99				
Контроль (без удобрений)	1,76	1,68-1,86	0,08	4,3
3	2,84	2,79-2,91	0,05	1,8
4	3,82	3,72-3,92	0,10	2,5
5	4,74	4,61-4,83	0,10	2,0
НСР <sub>05</sub>	0,13			
Ворсинский 2				
Контроль (без удобрений)	1,78	1,65-1,93	0,12	6,6
3	2,81	2,72-2,87	0,07	2,3
4	3,75	3,67-3,85	0,08	2,1
5	4,67	4,53-4,78	0,11	2,3
НСР <sub>05</sub>	0,15			

В контрольном варианте урожайность варьировала от 1,76 т/га до 2,08 т/га. В вариантах с внесением минеральных удобрений получена прибавка урожайности 1,03–5,14 т/га. Более отзывчивыми на минеральные удобрения были сорта Абалак и Ача, только они обеспечили получение планируемой урожайности. Урожайность изучаемых сортов ячменя изменялась в слабой степени ( $V=1,8–6,9\%$ ).

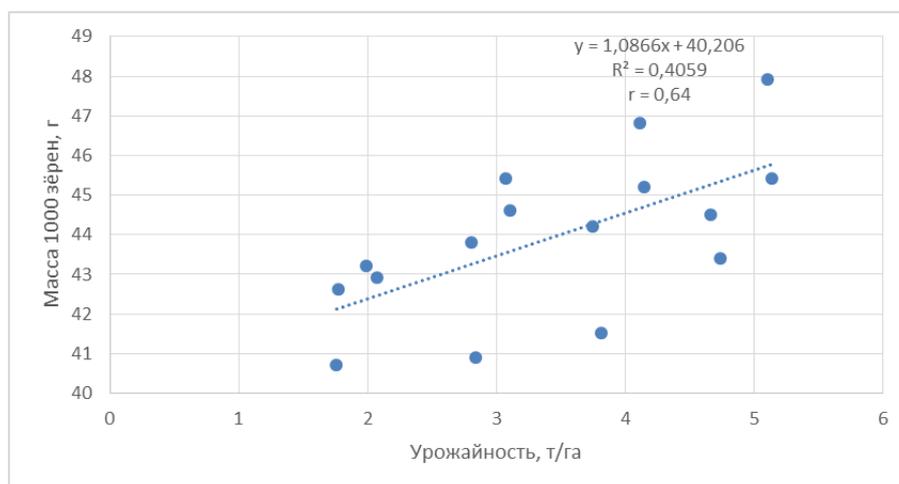


Рисунок 4 - Взаимосвязь массы 1000 зёрен с урожайностью сортов, 2014–2017 гг.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.144.6>

Между показателями установлена средняя положительная связь ( $r = 0,64$ ) (рис. 4). Коэффициент демонстрации ( $R^2$ ), равен 0,40 точки никак не ложатся на теоретическую кривую, прослеживается незначительная зависимость массы 1000 зёрен от урожайности.

#### Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что признаки, формирующие урожайность сортов ярового ячменя, взаимосвязаны между собой и зависели от уровня минерального питания.

Продолжительность вегетационного периода в контрольном варианте изменялась от 68 до 73 суток ( $НСР_{05}=3,0$ ). Возрастающие уровни минерального питания увеличили вегетационный период у всех изучаемых сортов от 2 до 9 суток. Максимальная продуктивная кустистость (1,62–1,81), масса 1000 зёрен (45,2–47,9), урожайность (4,12–5,14 т/га) были в вариантах с внесением минеральных удобрений на планируемую урожайность 4 и 5 т/га. Более отзывчивыми на уровни питания были сорта Абалак и Ача, только они обеспечили получение планируемой урожайности.

Корреляционные взаимосвязи и сделан регрессионный анализ между продуктивной кустистостью и массой 1000 зёрен ( $r=0,50$ ), массой 1000 зёрен и урожайностью ( $r=0,64$ ;  $R^2=0,40$ ). Лучшими вариантами для получения высокой урожайности ярового ячменя в условиях северной лесостепи Тюменской области внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 4 и 5 т/га.

#### Конфликт интересов

Не указан.

#### Conflict of Interest

None declared.

#### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

#### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

#### Список литературы / References

1. Лукьянец М. С. Качество зерна новых сортов ячменя в условиях северной лесостепи тюменской области / М. С. Лукьянец, Р. И. Белкина // Достижения молодежной науки для агропромышленного комплекса. — Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2023. — С. 16–25.
2. Лукьянец М. С. Сорт и качество зерна пивоваренного ячменя / М. С. Лукьянец, Р. И. Белкина // Агропродовольственная политика России. — 2023. — № 1. — С. 20–26. DOI: 10.35524/2227-0280\_2023\_01\_20
3. Казак А. А. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество семян сортов пшеницы в северной лесостепи тюменской области / А. А. Казак, Ю. П. Логинов, Д. И. Ерёмин // Аграрная наука евро-северо-востока. — 2019. — № 3. — С. 219–229. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.3.219-229
4. Винокуров И. Ю. Динамика элементов питания под яровыми и озимыми культурами в конце четвертой ротации шестипольных севооборотов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия / И. Ю. Винокуров, О. С. Чернов, В. В. Окорков // Владимирский Земледелец. — 2022. — № 3(101). — С. 4–10. DOI: 10.24412/2225-2584-2022-3-4-10

5. Сурина Е. А. Влияние норм высева и сроков посева на урожайность ярового ячменя сорта абалак в условиях красноярской лесостепи / У. А. Сурина // Инновационные тенденции развития российской науки. — Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2023. — С. 108–110.
6. Хижняк С. В. Математические методы в агроэкологии и биологии / С. В. Хижняк. — Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2019. — 240 с.
7. Дубовик В. Д. Влияние способа основной обработки на плодородие почвы при возделывании ярового ячменя / В. Д. Дубовик, Е. В. Дубовик, А. Н. Морозов // Агрохимический Вестник. — 2023. — № 3. — С. 30–35. DOI: 10.24412/1029-2551-2023-3-007
8. Якубышина Л. И. Сравнительное изучение яровых зерновых культур в северной лесостепи тюменской области / Л. И. Якубышина // Известия оренбургского государственного аграрного университета. — 2023. — № 5(103). — С. 51–57.
9. Якубышина Л. И. Влияние климатического потенциала тюменской области на экологическую пластичность сортов ярового ячменя / Л. И. Якубышина, О. А. Шахова // Вестник мичуринского государственного аграрного университета. — 2022. — № 1(68). — С. 50–54.
10. Миллер С. С. Влияние норм высева на урожайность яровой пшеницы в условиях южной лесостепи тюменской области / С. С. Миллер, А. А. Казак, Е. А. Дёмин [и др.] // Вестник мичуринского государственного аграрного университета. — 2023. — № 2(73). — С. 56–61.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Luk'janets M. S. Kachestvo zerna novyh sortov jachmenja v uslovijah severnoj lesostepi tjumenskoj oblasti [Grain Quality of New Varieties of Barley in the Northern Forest-steppe Conditions of the Tyumen Region] / M. S. Luk'janets, R. I. Belkina // Dostizheniya molodezhnoj nauki dlya agropromyshlennogo kompleksa [Achievements of Youth Science for the Agricultural Complex]. — Tyumen : State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, 2023. — P. 16–25. [in Russian]
2. Luk'janets M. S. Sort i kachestvo zerna pivovarennoho jachmenja [Grain Variety and Quality of Brewing Barley] / M. S. Luk'janets, R. I. Belkina // Agroproduktivnaja politika Rossii [Agrifood Policy of Russia]. — 2023. — № 1. — P. 20–26. DOI: 10.35524/2227-0280\_2023\_01\_20 [in Russian]
3. Kazak A. A. Vlijanie mineral'nyh udobrenij na urozhajnost' i kachestvo semjan sortov pshenitsy v severnoj lesostepi tjumenskoj oblasti [Influence of Mineral Fertilizers on the Yield and Quality of Seed of Wheat Varieties in The Northern Forest-steppe of the Tyumen Region] / A. A. Kazak, Ju. P. Loginov, D. I. Eremin // Agrarnaja nauka evro-severo-vostoka [Agricultural Science of Euro-north-east]. — 2019. — № 3. — P. 219–229. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.3.219-229 [in Russian]
4. Vinokurov I. Ju. Dinamika elementov pitaniya pod jarovymi i ozimymi kul'turami v kontse chetvertoj rotatsii shestipol'nyh sevooborotov v adaptivno-landshaftnyh sistemah zemledelija [Dynamics of Nutrient Elements under Spring and Winter Crops at the End of the Fourth Rotation of Six-field Cropping Rotations in Adaptive Landscape Systems of Agriculture] / I. Ju. Vinokurov, O. S. Chernov, V. V. Okorkov // Vladimirskij Zemledec [Vladimir Farmer]. — 2022. — № 3(101). — P. 4–10. DOI: 10.24412/2225-2584-2022-3-4-10 [in Russian]
5. Surina E. A. Vlijanie norm vyseva i srokov poseva na urozhajnost' jarovogo jachmenja sorta abalak v uslovijah krasnojarskoj lesostepi [Influence of Seeding Rates and Sowing Dates on the Yield of Abalak Spring Barley in the Krasnoyarsk Forest-steppe] / E. A. Surina // Innovacionnye tendencii razvitiya rossijskoj nauki [Innovative Trends in the Development of Russian Science]. — Krasnoyarsk : Krasnoyarsk State Agrarian University, 2023. — P. 108–110. [in Russian]
6. Hizhnjak S. V. Matematicheskie metody v agroekologii i biologii [Mathematical Methods in Agroecology and Biology] / S. V. Hizhnjak. — Krasnoyarsk : Krasnoyarsk State Agrarian University, 2019. — 240 p. [in Russian]
7. Dubovik V. D. Vlijanie sposoba osnovnoj obrabotki na plodorodie pochvy pri vzdelyvanii jarovogo jachmenja [Influence of the Main Processing Method on Soil Fertility in Spring Barley Cultivation] / V. D. Dubovik, E. V. Dubovik, A. N. Morozov // Agrohicheskij Vestnik [Agrochemical Bulletin]. — 2023. — № 3. — P. 30–35. DOI: 10.24412/1029-2551-2023-3-007 [in Russian]
8. Jakubshina L. I. Sravnitel'noe izuchenie jarovyh zernovyh kul'tur v severnoj lesostepi tjumenskoj oblasti [Comparative Study of Spring Grain Crops in the Northern Forest-steppe of the Tyumen Region] / L. I. Jakubshina // Izvestija orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Proceedings of the Orenburg State Agrarian University]. — 2023. — № 5(103). — P. 51–57. [in Russian]
9. Jakubshina L. I. Vlijanie klimaticheskogo potentsiala tjumenskoj oblasti na ekologicheskiju plastichnost' sortov jarovogo jachmenja [Influence of The Climatic Potential of the Tyumen Region on the Ecological Plasticity of Spring Barley Varieties] / L. I. Jakubshina, O. A. Shahova // Vestnik michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of Michurinsk State Agrarian University]. — 2022. — № 1(68). — P. 50–54. [in Russian]
10. Miller S. S. Vlijanie norm vyseva na urozhajnost' jarovoj pshenitsy v uslovijah juzhnoj lesostepi tjumenskoj oblasti [Influence of Seeding Rates on Spring Wheat Yield in the Southern Forest-steppe of the Tyumen Region] / S. S. Miller, A. A. Kazak, E. A. Demin [et al.] // Vestnik michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of Michurinsk State Agrarian University]. — 2023. — № 2(73). — P. 56–61. [in Russian]