

К. И. Зияев, М. Н. Павлов. – Тверь: Тверская ГСХА, 2018. – 150 с. – Текст: непосредственный.

3. Скрябин, И. А. Влияние некорневых подкормок комплексными водорастворимыми удобрениями на урожайность картофеля разных групп спелости в Среднем Предуралье / И. А. Скрябин, А. А. Скрябин, С. Л. Елисеев. – Текст: непосредственный // Пермский аграрный вестник. – 2023. – № 1 (41). – С. 72-78.

4. Программирование урожайности кукурузы при использовании в технологии возделывания органических, комплексных удобрений и биопрепаратов / З. И. Усанова, П. И. Мигулев, Ю. Т. Фаринюк [и др.]. – Тверь: Тверская ГСХА, 2023. – 131 с. – Текст: непосредственный.

5. Усанова, З. И. Методика выполнения научных исследований по растениеводству: учебное пособие / З. И. Усанова. – Тверь: Тверская ГСХА, 2015. – 143 с. – Текст: непосредственный.

6. Плотникова, Л. Я. Физиология и биохимия растений: практикум: учебное пособие / Л. Я. Плотникова, В. Е. Пожерукова. – Омск: Омский ГАУ, 2024. – 124 с. – Текст: непосредственный.

#### References

1. Posypanov, G.S. Rastenievodstvo / G.S. Posypanov. – Moskva: NITs INFRA-M, 2015. – 612 s.

2. Usanova, Z.I. Klubneploidy. Biologicheskie osobennosti i tekhnologii vzdelyvaniia kartofelia i zemlianoi grushi / Z.I. Usanova, A.K. Oserbaev,

K.I. Ziaev, M.N. Pavlov. – Tver: Tverskaia GSKhA, 2018. – 150 s.

3. Skriabin, I.A. Vliianie nekornevykh podkormok kompleksnymi vodorastvorimymi udobreniiami na urozhainost kartofelia raznykh grupp splosti v Srednem Predurale / I.A. Skriabin, A.A. Skriabin, S.L. Eliseev // Permskii agrarnyi vestnik. – 2023. – No. 1 (41). – S. 72-78.

4. Usanova Z.I. Programmirovaniie urozhainosti kukuruzy pri ispolzovanii v tekhnologii vzdelyvaniia organicheskikh, kompleksnykh udobrenii i biopreparatov / Z.I. Usanova, P.I. Migulev, Iu.T. Fariniuk, M.N. Pavlov, T.I. Smirnova. – Tver: Tverskaia GSKhA, 2023. – 131 s.

5. Usanova, Z.I. Metodika vypolneniia nauchnykh issledovanii po rastenievodstvu: uchebnoe posobie / Z.I. Usanova. – Tver: Tverskaia GSKhA, 2015. – 143 s.

6. Plotnikova, L.Ia. Fiziologiya i biokhimiia rastenii: praktikum: uchebnoe posobie / L.Ia. Plotnikova, V.E. Pozherukova. – Omsk: Omskii GAU, 2024. – 124 s.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства сельского хозяйства Российской Федерации по теме «Разработка приёмов выращивания топинамбура и картофеля на мелиорируемых землях Тверской области». Рег. № НИОКТР: 123032800058-2.*



УДК 631.6 (571.150)

DOI: 10.53083/1996-4277-2024-236-6-22-27

Т.В. Терещенко, А.В. Тингаев, Л.А. Малютина

T.V. Tereshchenko, A.V. Tingaev, L.A. Malyutina

## ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ КОСТРЕЦА БЕЗОСТОГО НА АГРОЛАНДШАФТЕ РЕКУЛЬТИВИРОВАННОГО ПОЛИГОНА

### EFFECT OF IRRIGATION ON AWNLESS BROME (BROMUS INERMIS) YIELD ON THE AGRICULTURAL LANDSCAPE OF RECLAIMED LANDFILL

**Ключевые слова:** осадки сточных вод, конструктозем, гидротермический коэффициент, оросительная вода, урожайность, многолетние травы.

Орошение является важным видом мелиорации на территориях с недостаточным увлажнением, способствуя повышению урожайности, обеспечивая стабильность урожая. Вода для орошения должна соответствовать требованиям экологической безопасности. Исследование по оценке влияния орошения на уро-

жайность многолетних трав проводилось на вновь созданных конструктоземах в результате рекультивации полигона ТКО, расположенного в северо-западной части г. Барнаула. Полевой опыт проводился с 3 вариантами потенциально-плодородных грунтов: 1-й вариант – почва (чернозем обыкновенный, маломощный, среднесуглинистый), 2-й – смесь почвы и ОСВ очистных сооружений г. Барнаула, 3-й вариант – ОСВ. Каждый вариант включал в себя участки без орошения и с орошением. На участках с орошением поддерживалась

минимальная рекомендуемая для многолетних трав на данном типе агроландшафта влажность на уровне 60% НВ. Оросительная норма составила 2200, 2250, 2350 м<sup>3</sup>/га для 1-, 2- и 3-го вариантов соответственно. Орошение опытных участков проводилось природной водой из водозаборной скважины БР-247 под посевы костреца безостого. Территория проведения опыта по агроклиматическому районированию относится к теплomu, недостаточно увлажненному подрайону. В период исследования наблюдалось недостаточное обеспечение влагой: ГТК=0,7÷1,0. Природная вода, использовавшаяся для орошения, согласно результатам проведенных лабораторных испытаний, относится к I классу вод (по методике А.Н. Костякова), т.е. к пресной; является гидрокарбонатной, кальциевой, маломинерализованной; риск осолонцевания конструктороземов минимален. Оценка урожайности костреца безостого показала зависимость урожайности от орошения. Прибавка урожайности костреца безостого при введённом режиме орошения относительно вариантов без орошения составила за 3 года исследований: 3,3 т/га в 1-м варианте; 3,9 т/га – во 2-м; 4,6 т/га – в 3-м варианте.

**Keywords:** *sewage sludge, constructozem, hydrothermal coefficient (HTC), irrigation water, yield, perennial grasses.*

Irrigation is an important type of land reclamation in the areas with insufficient moisture. Irrigation helps to increase yielding capacity and ensures yield stability. Irrigation water should comply with environmental safety requirements.

The study to evaluate the impact of irrigation on the yielding capacity of perennial grasses was conducted on newly created constructozems (artificial soils) as a result of reclamation of a landfill located in the north-west of the City of Barnaul. The field experiment was carried out with 3 variants of potentially fertile soils: Variant 1 - soil (ordinary chernozem, thin, medium loamy); Variant 2 - mixture of soil and sewage sludge from sewage treatment plants; Variant 3 - sewage sludge. Each variant included areas without irrigation and with irrigation. In the areas with irrigation, the minimum moisture content recommended for perennial grasses in this type of agricultural landscape was maintained at 60% of the minimum field moisture capacity. The irrigation rates were as following: 2200, 2250, and 2350 м<sup>3</sup> ha for variants 1, 2 and 3, respectively. The experimental plots were irrigated with natural water from the BR-247 water-supply well for awnless brome crops. In terms of agro-climatic zoning, the experiment area belongs to a warm, insufficiently humid sub-district. Insufficient moisture supply was observed during the study period: HTC = 0.7-1.0. The natural water used for irrigation, according to the results of laboratory tests, belonged to the 1st class of water (according to A.N. Kostyakov), i.e. fresh water; it was bicarbonate, calcium, low mineralized; the risk of constructozem salinization was minimal. The evaluation of the awnless brome yields showed the dependence of yields on irrigation. Awnless brome yield gains under the introduced irrigation regime compares to the variants without irrigation were as following: 3.3 t ha (Variant 1); 3.9 t ha (Variant 2); 4.6 t ha (Variant 3).

**Терещенко Татьяна Васильевна**, ст. преподаватель, Алтайский государственный педагогический университет, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: tereshchenko\_tv@altspu.ru.

**Тингаев Анатолий Владимирович**, д.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, e-mail: avtin@mail.ru.

**Малютина Людмила Анатольевна**, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: licy77@mail.ru.

**Tereshchenko Tatyana Vasilevna**, Asst. Prof, Altai State Pedagogical University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: tereshchenko\_tv@altspu.ru.

**Tingaev Anatoliy Vladimirovich**, Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: avtin@mail.ru.

**Malyutina Lyudmila Anatolevna**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: licy77@mail.ru.

### Введение

Создание высокопродуктивных травостоев многолетних трав на вновь созданном агроландшафте полигона твердых коммунальных отходов возможно только с режимом орошения. Правильно выбранный режим орошения способствует увеличению урожайности культур, снижает вероятность деградации созданного агроландшафта на полигоне ТКО.

**Цель** исследования – определить влияние орошения природной водой на урожайность костреца безостого на агроландшафте рекультивируемого полигона ТКО. **Задачи** исследования: 1) провести оценку качества природной воды из

водозаборной скважины на соответствие требованиям для орошения; 2) выявить влияние орошения на урожайность костреца безостого на разных конструктороземах сформированного агроландшафта.

### Объект и методы

Полевой опыт по рекультивации полигона ТКО был заложен в 2019 г. в 3 вариантах (рис. 1).

Орошение в опыте проводилось под посевы костреца безостого.

Для создания почвенных конструкций применялся чернозем обыкновенный, маломощный,

среднесуглинистый и осадок сточных вод с очистных сооружений г. Барнаула [1, 2]. Каждый вариант включал в себя участки без орошения и

с орошением с поддержанием влажности 60% НВ [3].



Рис. 1. Варианты опыта

Орошение опытных участков проводилось природной водой из водозаборной разведочно-эксплуатационной скважины БР-247 (скважина низкодебитная, динамический и статический уровни воды составляют 100 и 90 м соответственно, введена в эксплуатацию 31.05.1990 г.).

В работе были использованы методы оценки качества природной воды: классификация воды по уровню минерализации А.Н. Костякова [4], ирригационный коэффициент Стеблера, определение степени опасности засоления и осолонцевания почв по методам И.А. Антипова-Каратаева и Г.М. Кадера [5], методу М.Ф. Буданова [6]; оценка по составу солей О.А. Алекина [7].

Объект исследований – вновь созданный агроландшафт рекультивируемого полигона ТКО.

**Результаты и обсуждение**

Климат на территории проведения опыта умеренный, резко континентальный, с недостаточным влагообеспечением [8]. Показатели температурного режима в области полигона ТКО представлены в таблице 1 [8, 9].

Обеспечение осадками территории нестабильное: среднее количество осадков ниже нормативных значений 225-250 мм [8] наблюдалось в 2021 и 2022 гг., в пределах нормы – в 2020 г., выше нормативного – в 2023 г. Недостаточность влагообеспечения подтверждает значение ГТК=0,77±0,95 в период исследований, что ниже нормативного ГТК=1,2±1,0 (рис. 2) [8-10].

Таблица 1

**Характеристика температурного режима территории полигона ТКО, °С**

Показатель	Значение		
Среднегодовая температура воздуха (Т)	4,8		
Сумма температур Т>10°С	2000±2200		
Амплитуда колебаний среднемесячных температур	2021 г.	2022 г.	2023 г.
	39,9	36,2	33,5

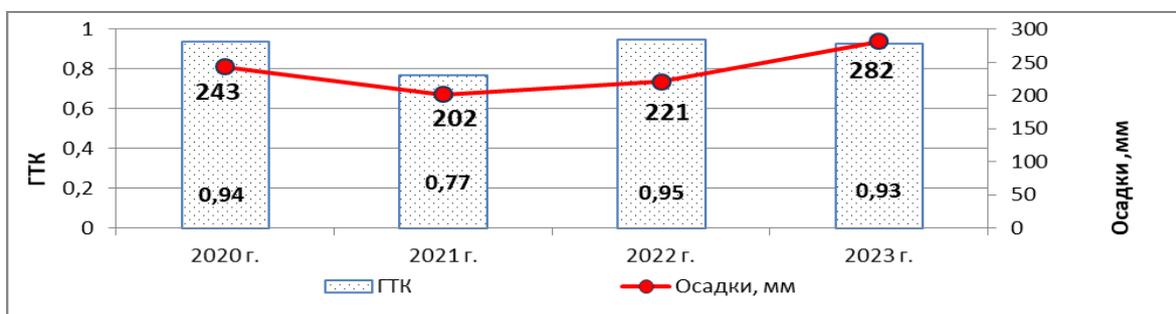


Рис. 2. ГТК и количество выпавших в теплый период осадков

Для оценки пригодности воды для орошения посевов многолетних трав был проведен химический анализ образцов воды из скважины. Исследования выполнены ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Алтайском крае» (табл. 2).

Содержание сухого остатка природной воды 516 мг/дм<sup>3</sup> характеризует ее степень минерализации – вода пресная, может быть использована для проведения ирригационных мероприятий на полигоне ТКО [4].

Таблица 2

**Химический состав природной воды из скважины БР-247, 2022 г.**

Определяемый показатель	Результаты исследования, мг/дм <sup>3</sup>	Результаты исследования, мг*эquiv/дм <sup>3</sup>
Сухой остаток	516,2	—
Хлориды	Менее 10	Менее 0,28
Сульфаты	51,0	1,063
Кальций	77,0	3,84
Натрий	51,7	2,33
Гидрокарбонаты	445,3	7,295
Магний	30,3	2,49
Калий	Менее 1,0	—

Согласно данным центральной аналитической лаборатории ООО «Барнаульский водоканал» (2018 г.), природная вода из скважины является щелочной (рН=7,5), жесткой (жесткость воды – 7,4°Ж.)

Оценка качества оросительной воды была проведена различными методами [4-7, 11], результаты и выводы представлены в таблице 3.

Оценка качества природной воды из скважины БР-247 показала, что вода соответствует требованиям для орошения.

Таблица 3

**Оценка пригодности природной воды для орошения**

Показатели оросительной воды	Полученный результат	Выводы
Допустимый уровень минерализации оросительной воды по методике А.Н. Костякова	$C=0,516$ г/л	I класс качества воды – неопасный, использование воды для орошения почв с легким и средним гранулометрическим составом
Ирригационный коэффициент Стеблера	$K=23,3$	Вода хорошего качества, пригодна для орошения
Классификация воды по составу солей О.А. Алекаина	$HCO_3^- > SO_4^{2-}, Cl^-$	Класс: гидрокарбонатная
	$Ca^{2+} > Na^+, Mg^{2+}$	Группа: кальциевые воды
	$HCO_3^- > Ca^{2+} + Mg^{2+}$	Тип: маломинерализованная
Уровень опасности засоления конструкторземов	$\frac{Cl^-}{SO_4^{2-}} \approx 0,26$ $C = 0,516$ г/л	II класс качества воды – пригодна для полива большинства типов почв; условия для вторичного засоления отсутствуют
Уровень опасности осолонцевания	$\Pi_{Na} = \frac{Na^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+} * 100 \approx 26,91\%$ $C = 0,516$ г/л	II класс качества воды – пригодна для длительного орошения; опасность осолонцевания слабая
Оценка соотношения минеральных компонентов (Mg, Ca, Na)	$SAR = 1,065$ $C = 0,516$ г/л	Вода пригодна для использования, риск осолонцевания конструкторземов минимален
Оценка способности к осолонцеванию по методу М.Ф. Буданова	$\frac{[Na^+]}{[Ca^{2+}]} = 0,61$ $\frac{[Na^+]}{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]} = 0,37$	Воду можно использовать для орошения, полученные результаты соответствуют требуемым условиям
Оценка способности к осолонцеванию по методу И.Н. Антипова-Каратаева и Г.М. Кадера (коэффициент ионного обмена)	$K=1,64$	Вода пригодна для орошения

В опыте для каждого варианта почвенной конструкции на полигоне ТКО была определена норма орошения: для варианта 1 (почва) – 2200 м<sup>3</sup>/га, для варианта 2 (почва+ОСВ) – 2250 м<sup>3</sup>/га, для варианта 3 (ОСВ) – 2350 м<sup>3</sup>/га. Орошение проводилось под посеvy костреца безостого.

Оценка урожайности костреца безостого показала прямую зависимость от орошения (рис. 3).

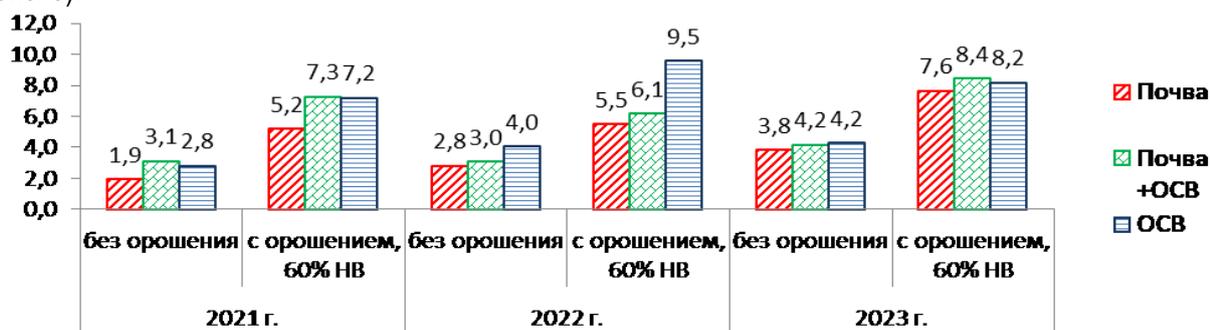


Рис. 3. Урожайность сена костреца безостого в 2021-2023 гг., т/га

### Выводы

Полевой опыт с орошением под посеvy костреца безостого проводился на вновь созданных почвенных конструкциях полигона ТКО. Для орошения использовалась природная вода из водозаборной скважины БР-247. Вода по своему составу является пресной, гидрокарбонатной, кальциевой, маломинерализованной, пригодна для длительного орошения, не приведет к засолению и осолонцеванию почв. Влияние режима орошения в опыте составило 76,6%.

Оценка изменения урожайности костреца безостого в опыте в зависимости от оросительной нормы показала увеличение урожайности в вариантах с орошением относительно вариантов без орошения за 2021-2023 гг. (средние значения): на 114,7% в 1-м варианте, на 112,78% во 2-м, на 124,7% в 3-м варианте.

### Библиографический список

1. Агроландшафт рекультивированного полигона твердых коммунальных отходов с использованием осадка сточных вод / А. В. Тиньгаев, Ю. В. Чепрунова, Р. П. Воробьева, В. Б. Шепталов. – Текст: непосредственный // Мелиорация и водное хозяйство. – 2023. – № 2. – С. 7-11.
2. Чепрунова, Ю. В. Экологические и мелиоративные аспекты формирования агроландшафта на рекультивированном полигоне ТКО г. Барнаула / Ю. В. Чепрунова, А. В. Тиньгаев. –

Влияние введенного режима орошения в опыте, согласно результатам проведенного двухфакторного дисперсионного анализа, составило 76,6% (средняя ошибка 0,59).

Увеличение урожайности костреца безостого при указанных нормах орошения составило в среднем за 2021-2023 гг.: 3,3 т/га в 1-м варианте; 3,9 т/га – во 2-м; 4,6 т/га – в 3-м варианте.

Текст: непосредственный // Экология. Культура. Образование: сборник материалов / XII городская научно-практическая конференция. – Барнаул, 2022. – С. 33-36.

3. Расчет режимов орошения сельскохозяйственных культур и проектных норм водопотребности: методические рекомендации / Г. В. Ольгаренко, Т. А. Капустина, Ф. К. Цекоева, А. И. Бочкарева. – Коломна, 2012. – 151 с. – Текст: непосредственный.

4. Безднина, С. Я. Система оценки качества оросительной воды / С. Я. Безднина. – Текст: непосредственный // Экологические проблемы мелиорации. – Москва, 2002. – С. 192-194.

5. Комплексная оценка пригодности водных ресурсов для орошения / С. В. Подовалова, Н. Е. Волкова, Н. М. Иванютин. – Текст: непосредственный // Природообустройство. – 2023. – № 5. – С. 13-19.

6. Буданов, М. Ф. Система и состав контроля за качеством природных и сточных вод при использовании их для орошения / М. Ф. Буданов. – Киев, 1970. – 48 с. – Текст: непосредственный.

7. Микова, К. Д. Гидрохимия. Практические аспекты: учебно-методическое пособие / К. Д. Микова; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Пермь, 2022 – 92 с. – Текст: непосредственный.

8. Состояние и динамика агроклиматических показателей Алтайского края: монография / Н. Б. Максимова, А. О. Люцигер, Д. В. Арнаут,

Г. Г. Морковкин; Министерство образования и науки РФ, Алтайский государственный университет, географический факультет. – Барнаул: ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», 2016. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см. – Загл. с титул. экрана. – Текст: электронный.

9. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Алтайском крае в 2023 году». – Барнаул, 2023. – 184 с. – Текст: непосредственный.

10. Почвенно-климатические ресурсы Алтайского края: справочник. – Барнаул: Параграф, 2020. – 131 с. – Текст: непосредственный.

11. Заносова, В. И. Оценка качества подземных вод и степени их пригодности для орошения / В. И. Заносова, Т. Я. Молчанова. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 6 (152). – С. 49-54.

#### References

1. Tingaev A.V., Cheprunova Iu.V., Vorobeva R.P., Sheptalov V.B. Agrolandshaft rekultivirovannogo poligona tverdykh kommunalnykh otkhodov s ispolzovaniem osadka stochnykh vod // Melioratsiia i vodnoe khoziaistvo. 2023. No. 2. S. 7-11.

2. Cheprunova Iu.V., Tingaev A.V. Ekologicheskie i meliorativnye aspekty formirovaniia agrolandshafta na rekultivirovannom poligone TKO g. Barnaula // Ekologiya. Kultura. Obrazovanie. Materialy XII gorodskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Barnaul, 2022. S. 33-36.

3. Olgarenko G.V., Kapustina T.A., Tsekoeva F.K., Bochkareva A.I. Raschet rezhimov orosheniia selskokhoziaistvennykh kultur i proektnykh norm vodopotrebnosti: metodicheskie rekomendatsii. – Kolomna, 2012.

4. Bezdina S.Ia. Sistema otsenki kachestva orositelnoi vody // Ekologicheskie problemy melioratsii. – Moskva, 2002. – S. 192-194.

5. Podovalova S.V., Volkova N.E., Ivaniutin N.M. Kompleksnaia otsenka prigodnosti vodnykh resursov dlia orosheniia // Prirodoobustroistvo. 2023. No. 5. S. 13-19.

6. Budanov M.F. Sistema i sostav kontrolia za kachestvom prirodnykh i stochnykh vod pri ispolzovanii ikh dlia orosheniia. – Kiev, 1970. – 48 s.

7. Mikova K.D. Gidrokimiia. Prakticheskie aspekty: uchebno-metodicheskoe posobie / K.D. Mikova; Permskii gosudarstvennyi natsionalnyi issledovatel'skii universitet. – Perm, 2022 – 92 s.

8. Sostoianie i dinamika agroklimaticheskikh pokazatelei Altaiskogo kraia: monografiia / Maksimova N.B. [i dr.]; AltGU, Geogr. fak. – Barnaul: AltGU, 2016.

9. Gosudarstvennyi doklad «O sostoianii i ob okhrane okruzhaiushchei sredy v Altaiskom krae v 2023 godu». – Barnaul, 2023. – 184 s.

10. Pochvenno-klimaticheskie resursy Altaiskogo kraia: spravochnik. – Barnaul: Paragraf, 2020. – 131 s.

11. Zanosova V.I., Molchanova T.Ia. Otsenka kachestva podzemnykh vod i stepeni ikh prigodnosti dlia orosheniia // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. No. 6 (152). S. 49-54.



УДК 631.81:633.16

DOI: 10.53083/1996-4277-2024-236-6-27-34

**Н.В. Потапова, Н.В. Смолин, В.В. Волгин,  
И.В. Потапов, Д.Т. Блинов**  
N.V. Potapova, N.V. Smolin, V.V. Volgin,  
I.V. Potapov, D.T. Blinov

### ДИНАМИКА УРОЖАЙНОСТИ И КОРМОВЫХ КАЧЕСТВ ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ

#### DYNAMICS OF YIELD AND FEEDING QUALITIES OF BARLEY GRAIN WITH LONG-TERM APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS AND PROTECTIVE AGENTS

**Ключевые слова:** яровой ячмень, минеральные удобрения, средства защиты растений, лизиметр, урожайность, качество зерна, сырая зола, сырой жир, сырая клетчатка, сырой протеин.

**Keywords:** spring barley, mineral fertilizers, plant protection products, lysimeter, yielding capacity, grain quality, crude ash, crude fat, crude fiber, crude protein.