

АГРОНОМИЯ

УДК 631.8.022.3

В.И. Беляев, Д.В. Дубинин, С.А. Иванов, В.Н. Кузнецов
V.I. Belyayev, D.V. Dubinin, S.A. Ivanov, V.N. Kuznetsov

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВА АЛТАЙСКОГО КРАЯ

COMPARATIVE EVALUATION OF MINERAL FERTILIZERS UNDER PRODUCTION CONDITIONS OF THE ALTAI REGION

Ключевые слова: минеральные удобрения, технология «No-Till», яровая пшеница, качество посева, водный режим почвы, структура урожая, качество зерна, экономическая эффективность.

Применение минеральных удобрений существенно влияет как на урожайность сельскохозяйственных культур, так и на себестоимость их возделывания. В зависимости от условий увлажнения, температурного режима, типа почвы и применяемых технологий возделывания эффективность минеральных удобрений изменяется в широких пределах. Поэтому необходимо рационально определять состав минеральных удобрений и дозу их внесения в зависимости от конкретных условий возделывания сельскохозяйственных культур. Представлены результаты сравнения различных вариантов внесения минеральных удобрений при возделывании яровой пшеницы в условиях Восточной зоны Алтайского края по технологии «No-Till». Проведен анализ влияния удобрений на показатели развития растений (полевая всхожесть, сохранность растений, количество продуктивных стеблей, кустистость и т.д.), на водный режим почвы (общий расход влаги из почвы, расход влаги на единицу урожая), структуру урожая (общая биомасса растений, масса зерна в колосе, количество сохранившихся растений к уборке, урожайность, количество зерен в колосе, массы 1000 зерен и т.д.), качество зерна (содержание клейковины и протеина, натура зерна, влажности зерна и т.д.). Приведена технико-экономическая оценка сравниваемых вариантов удобрений. В результате исследований установлены связи между дозой внесения азота в почву при посеве и насыщенностью почвы основаниями на момент уборки. Выявлена

связь между комбайновой урожайностью яровой пшеницы по вариантам опытов и дозой внесения азота в почву при посеве. Установлено отсутствие значимых связей между урожаем и другими элементами питания.

Keywords: mineral fertilizers, No-Till Technology, spring wheat, sowing quality, soil water regime, yield formula, grain quality, economic efficiency.

The application of mineral fertilizers significantly affects the yield of agricultural crops and the cost of their cultivation. The effectiveness of mineral fertilizers varies widely depending on moistening conditions, temperature conditions, soil type and cultivation technologies applied. It is necessary to rationally determine the composition of mineral fertilizers and the dose of their application depending on the specific conditions of crop cultivation. This paper presents the results of comparing various options of applying mineral fertilizers when cultivating spring wheat under the conditions of the Eastern zone of the Altai Region using the No-Till technology. The effect of fertilizers on the indices of plant development (field germination, plant survival, number of productive stems, tillering capacity, etc.), on soil water regime (total moisture consumption from the soil, moisture consumption per unit of crop), on the yield formula (total plant biomass, grain weight per ear, the number of plants survived to harvesting, yield, number of grains per ear, thousand-kernel weight, etc.), on grain quality (gluten and protein content, grain-unit, grain moisture, etc.) were analyzed. The technical and economic evaluation of the compared fertilizer options was made. The relationship of nitrogen amount applied into the soil at sowing and soil saturation with bases at harvesting was determined.

The relationship between the combine harvester yield of spring wheat in the experimental options and nitrogen amount applied into the soil at sowing was revealed. The

absence of significant links between the yield and other nutrients was revealed.

Беляев Владимир Иванович, д.т.н., проф., зав. каф. «Сельскохозяйственная техника и технологии», Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 20-33-61. E-mail: prof-belyaev@yandex.ru.

Дубинин Дмитрий Владимирович, нач. отдела агросопровождения, ООО «ФосАгро-Регион», г. Москва. Тел.: (495) 956-09-64. E-mail: DDubin@phosagro.ru.

Иванов Сергей Александрович, вед. специалист по агросопровождению, ООО «ФосАгро-СевероЗапад», г. Череповец. Тел.: (8202) 59-49-56. E-mail: SAlvanov@phosagro.ru.

Кузнецов Василий Николаевич, к.т.н., ст. преп. каф. «Сельскохозяйственная техника и технологии», Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 20-33-61. E-mail: Kusnezow-VN@yandex.ru.

Belyaev Vladimir Ivanovich, Dr. Tech. Sci., Prof., Head, Chair of Agricultural Machinery and Technologies, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 20-33-61. E-mail: prof-belyaev@yandex.ru.

Dubin Dmitriy Vladimirovich, Head, Agricultural Support Division, ООО «FosAgro-Region», Moscow. Ph.: (495) 956-09-64. E-mail: DDubin@phosagro.ru.

Ivanov Sergey Aleksandrovich, Leading Specialist on Agricultural Support, ООО «FosAgro-SeveroZapad», Cherepovets. Ph.: (8202) 59-49-56. E-mail: SAlvanov@phosagro.ru.

Kuznetsov Vasily Nikolayevich, Cand. Tech. Sci., Asst. Prof., Chair of Agricultural Machinery and Technologies, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 20-33-61. E-mail: Kusnezow-VN@yandex.ru.

Введение

Алтайский край является одним из ведущих регионов России по валовому производству зерна целого ряда сельскохозяйственных культур (яровая пшеница, гречиха, овес и др.). При этом урожайность все еще не высока, что во многом это обусловлено низким уровнем применения удобрений. По информации Министерства сельского хозяйства Алтайского края в сельскохозяйственных организациях в 2018 г. на 1 га посева сельскохозяйственных культур края в среднем внесено 12 кг минеральных удобрений (в пересчете на 100% питательных веществ), а удобренная площадь составила 631 тыс. га.

Эффективность применения минеральных удобрений в хозяйствах края довольно высока [1-3], на это указывает также и тот факт, что с 2013 г. внесение удобрений в крае увеличилось почти в 3 раза. Все большее количество хозяйств рассматривает удобрения как важнейший элемент агротехнологий, позволяющий существенно повысить урожайность культур и качество зерна,

при этом снижая себестоимость производства продукции растениеводства. Поэтому обоснование зональных технологий производства зерна на основе оптимизации элементов питания растений имеет важное значение для развития сельского хозяйства края [4-7].

Целью исследования является сравнение эффективности различных вариантов внесения минеральных удобрений при возделывании яровой пшеницы в Восточной зоне Алтайского края.

Задачи:

1) провести закладку полевых опытов с различными вариантами минеральных удобрений при возделывании яровой пшеницы;

2) исследовать влияние удобрений на режим влажности почвы, развитие растений пшеницы, формирование урожая и качество зерна;

3) дать сравнительную агротехническую оценку эффективности применения различных вариантов минеральных удобрений при возделывании яровой пшеницы.

Объекты и методы

В качестве объекта исследования выбраны показатели развития, урожайность и качество зерна яровой пшеницы.

Проведение технико-экономической оценки сравниваемых вариантов внесения удобрений базировалось на величине затрат в удобрения, полученной урожайности пшеницы и качестве зерна.

В основу расчетов положена комбайновая урожайность яровой пшеницы по вариантам опытов, приведенная к влажности зерна 12,0%, цены на приобретение удобрений хозяйством и цены реализации зерна урожая с учетом его классности.

Экспериментальная часть

Опыт по производственному изучению влияния различных вариантов внесения минеральных удобрений на развитие, урожайность и качество яровой пшеницы заложен в рамках научного сотрудничества с компанией «ФосАгро» (которой предоставлены минеральные удобрения) в ООО «Вирт» Целинного района Алтайского края в 2019 г. Возделывался сорт яровой пшеницы Гранни. Исследования проводились на поле площадью 9,6 га с предшествующим рапсом, без осенней обработки. На поверхности поля находились измельченные растительные остатки. Тип почвы: чернозем обыкновенный среднесуглинистого состава.

Обеспеченность почвы на опытном поле базовыми элементами питания следующая:

азот – высокое, фосфор – среднее, калий – высокое, гумус – высокое. Реакция почвы – слабокислая.

Перед посевом (4 мая) и по вегетации (20 июня) проведена гербицидная обработка, а 3 июля – обработка фунгицидами.

Посев проводился агрегатом на базе трактора John Deere 6195 и зерновой сеялки DMC-6000.

Схема закладки опыта осуществлялась в соответствии с таблицей.

Первый вариант использован в качестве контроля. По всходам на всех вариантах проведено внесение жидких минеральных удобрений КАС-32 в дозе 150 л/га.

По сравниваемым вариантам средняя глубина заделки семян 44,2 мм при отклонении 14,2 мм (вариация 32,5%). Низкая равномерность заделки семян, на наш взгляд, вызвана высокой влажностью почвы при посеве (рис. 1).

Общие запасы влаги в метровом слое почвы были очень высокими и составили 331,5 мм (рис. 2).

Среднее многолетнее количество осадков и температур, их распределение за вегетационный период по данным ближайшей метеостанции (с. Целинное) показаны на рисунках 3 и 4.

Таким образом, за май-август количество осадков в условиях года было ниже среднего многолетнего на 10,2 мм (4,1%). Причем, если в мае выпало осадков 62,9% от нормы, то августе – 129,6% от нормы.

Таблица

Схема закладки полевого опыта

Удобрение	Доза, кг/га	Норма высева, млн шт/га	Ширина междурядья, см
AN 34,4	100	4	18,75
НПК 16:16:16	150	4	18,75
НПК(S) 15:15:15(10)	100	4	18,75
НПК 16:16:16	100	4	18,75
НПК(S) 15:15:15(10)	150	4	18,75

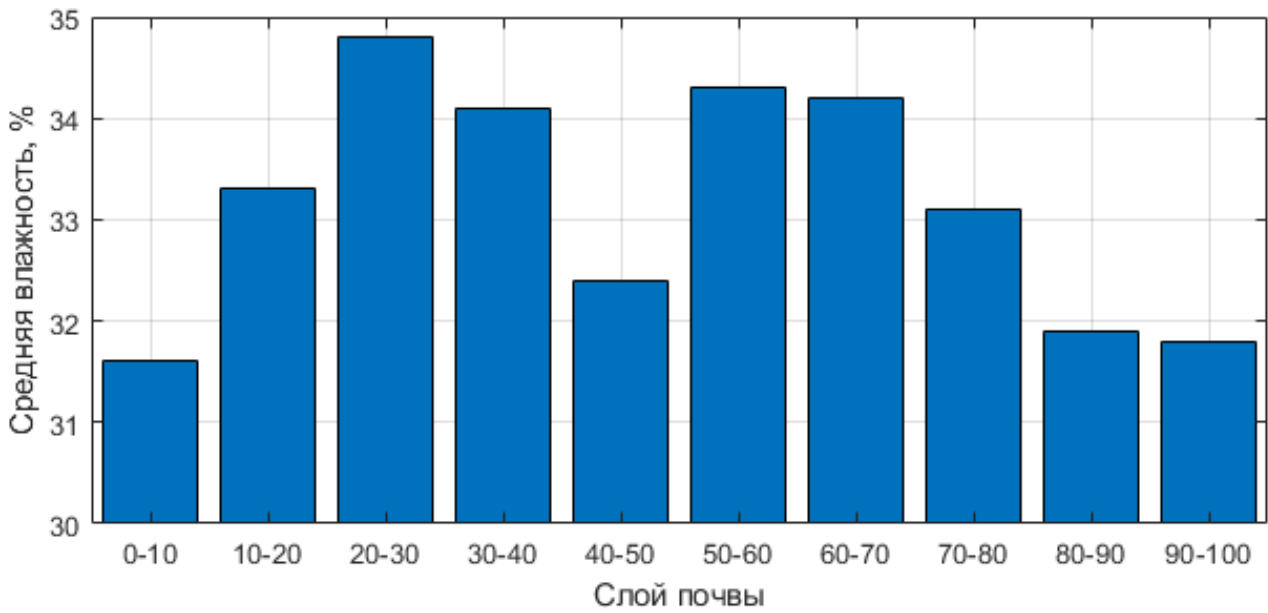


Рис. 1. Средняя влажность почвы по слоям на 07.05.2019 г.

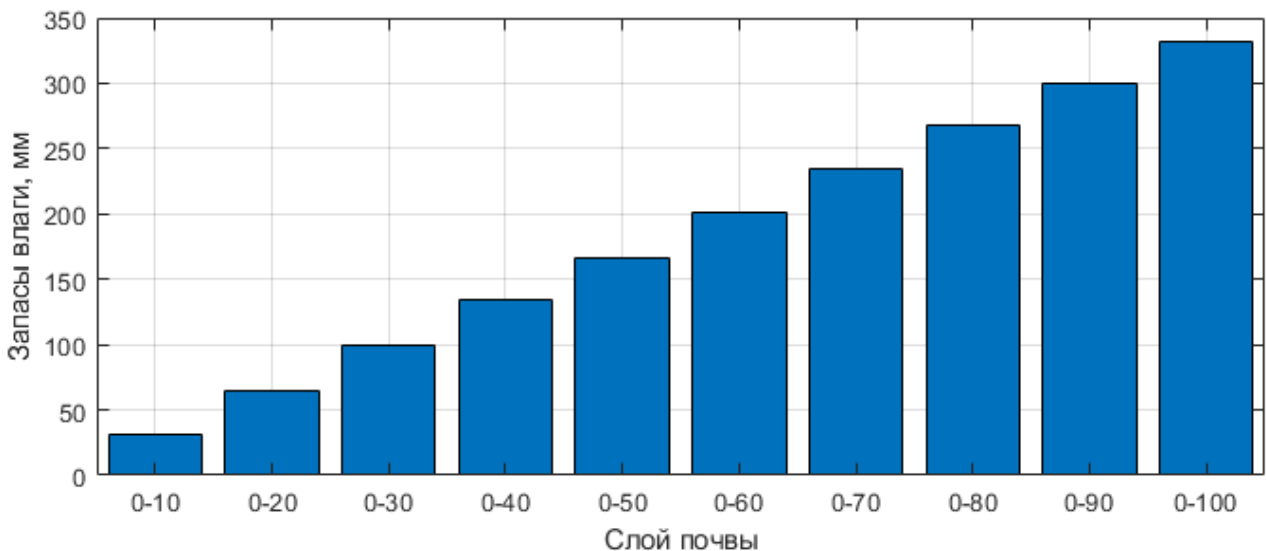


Рис. 2. Распределение запасов влаги в метровом слое

Средняя температура за май-август ниже средней многолетней на 0,8°С (4,8%). Наиболее холодным был май (средняя температура 78,9% от нормы), в остальные месяцы средняя температура составляла 95,3-107,6% от средней многолетней.

Результаты и их обсуждение

В результате проведения исследований определены показатели развития растений по различным вариантам внесения удобрений. Среднее количество всходов (по площади) по вариантам в опытах составляло

299,6-337,6 шт/м², а полевая всхожесть семян пшеницы изменялась в пределах от 74,9 (вариант 3) до 84,4% (вариант 2). В среднем по вариантам удобрений полевая всхожесть составила 79,4%.

Сохранность растений пшеницы к уборке по вариантам изменялась в пределах от 66,3 (вариант 2) до 81,0% (вариант 3). Средняя величина равна 73,4% при вариации 7,5%.

В итоге, количество продуктивных стеблей по вариантам получено от 349,3 шт/м² (вариант 4) до 371,5 шт/м² (вариант 2) при средней величине 356,8 шт/м².

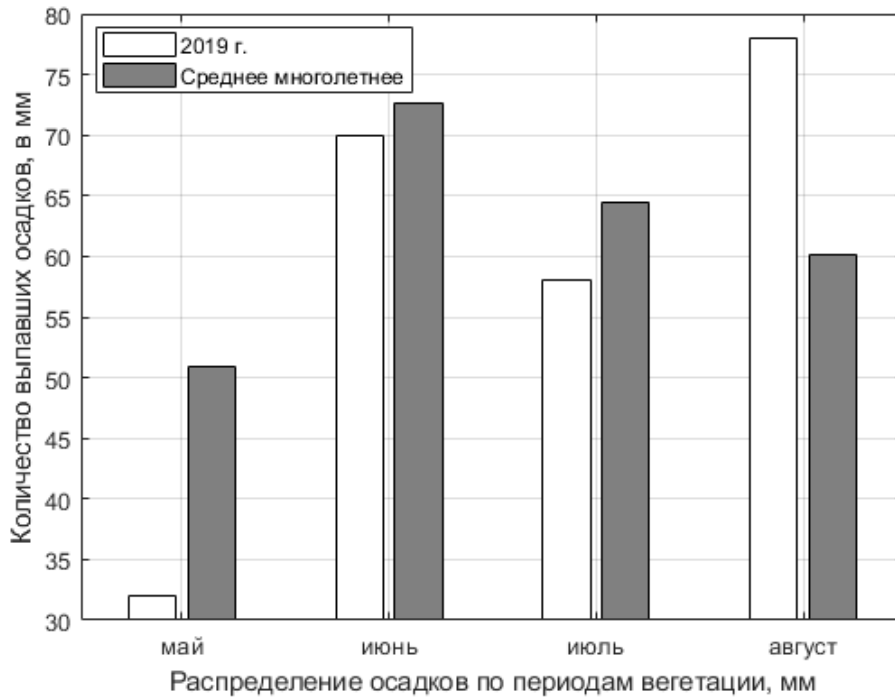


Рис. 3. Распределение осадков за вегетационный период

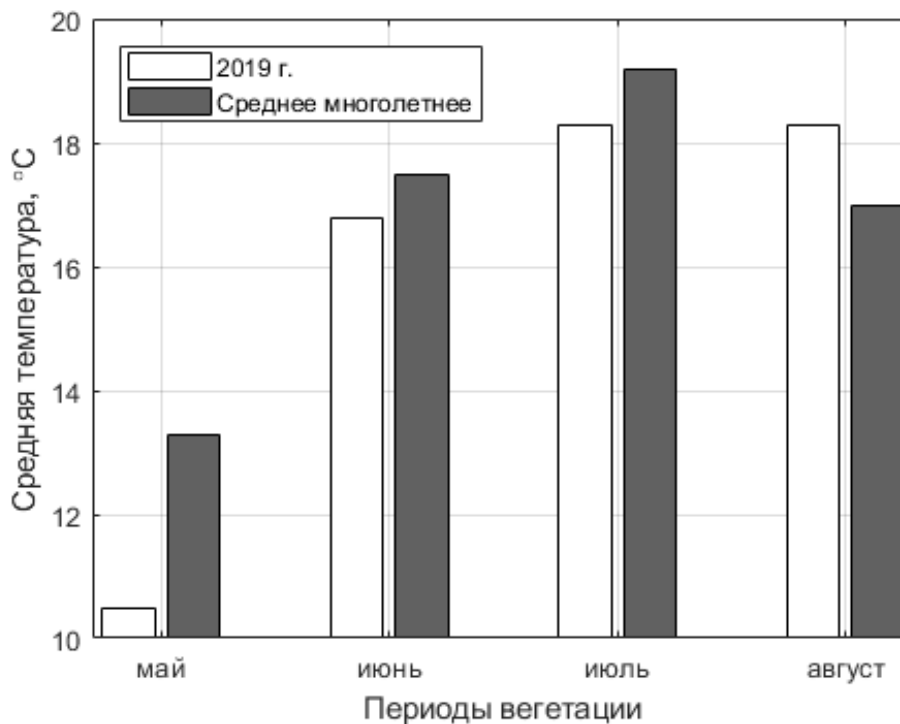


Рис. 4. Распределение температуры за вегетационный период

Продуктивная кустистость растений на вариантах составляла от 1,52-1,54 (варианты 3-5) до 1,79 (варианты 1-2).

По фазам развития растений и вариантам опытов расход влаги из метрового слоя почвы значимо различался. В итоге за вегетацию расход влаги из метрового слоя почвы

был наибольшим по варианту 1 (151,4 мм), а минимален – по варианту 4 (135,0 мм). Различия статистически достоверны.

Общий средний расход влаги из метрового слоя почвы за вегетацию на единицу биологического от 3,66 (вариант 5) до 3,85 мм/ц (вариант 3).

На единицу физического урожая пшеницы средний расход влаги на делянках находился в пределах 3,78 мм/ц (вариант 5) – 4,16 мм/ц (вариант 3). В среднем по вариантам удобрений расход влаги на единицу биологического и комбайнового урожая пшеницы составил 3,75 и 3,87 мм/ц.

Средние элементы структуры урожая пшеницы обладали различной изменчивостью: наибольшая вариация по делянкам наблюдалась у общей биомассы растений (7,1%), массы зерна в колосе (16,6%), количества сохранившихся растений к уборке (4,9%), урожайности (3,9%), массы зерна в колосе (3,8%), количества зерен в колосе (3,3%), а минимальная – у высоты растений (1,3%), массы 1000 зерен (2,5%) и количества продуктивных стеблей (2,7%).

В среднем по вариантам 1 и 5 применения удобрений получены максимальные значения биомассы растений (106,2 и 106,0 ц/га), массы зерна в колосе (1,31 и 1,30 г) и количества зерен в колосе (36,8 и 37,6 шт. соответственно). По вариантам 3 и 4 соответствующие значения были достоверно ниже (90,7 и 94,8 ц/га, 1,22 и 1,23 г соответственно).

В итоге величина биологической урожайности пшеницы по вариантам 1 и 5 была максимальной и составила 39,6 и 40,6 ц/га соответственно. Достоверно меньшие значения наблюдали в варианте 4 (36,5 ц/га). Различия высокозначимы.

При этом зерно получено низкого качества, а изменчивость средних показателей качества зерна по делянкам была низкой. Так, максимальная вариация получена по содержанию клейковины (3,9%), далее по содержанию ИДК (1,8%) и протеина (1,4%), а минимальные значения у натурности зерна (0,8%) и его влажности (0,9%).

В среднем по содержанию клейковины в зерне пшеницы преимущество имел вариант 4 (22,1%), по протеину – вариант 5 (10,6%),

по величине ИДК – вариант 3 (85,6), а по натуре – вариант 1 (855,0 г/л).

Физическая урожайность на вариантах изменялась в пределах от 36,4 (вариант 4) до 40,7 ц/га (вариант 1). Различия между вариантами внесения удобрений (кроме 2 и 4) статистически достоверны ($НСР_{0,05}=0,9$ ц/га).

По биологической и комбайновой урожайности пшеницы преимущество имели варианты 1 и 5. Варианты 3 и 4 были достоверно ниже. Средняя величина потерь зерна при уборке составила 1,2 ц/га, или 3,2%.

Наибольшая величина затрат на вносимые удобрения соответствовала вариантам 5 и 3 (3579 и 3385,5 руб/га соответственно), а максимум выхода продукции получен по вариантам 1 и 5 (52807 и 52140 руб/га соответственно) при соответствующей разности выхода продукции и величины затрат 51107 и 48561 руб/га.

Лучшие показатели эффективности удобрений получены в варианте 1 (контроль). Применение удобрений по вариантам 3 и 4 привело к снижению дохода от удобрений на 5624 и 6420 руб/га соответственно, а по вариантам 2 и 5 – на 3552 и 2546 руб/га соответственно.

Выводы

1. Проведенный анализ показал, что в условиях года существует высокозначимая связь между степенью насыщенности почвы основаниями на момент уборки и дозой внесения азота в почву при посеве ($R=0,91$).

2. Выявлена высокозначимая связь между комбайновой урожайностью яровой пшеницы по вариантам опытов и дозой внесения азота в почву при посеве ($R=0,94$). Исследование уравнения на экстремум показывает, что максимум урожайности яровой пшеницы соответствует дозе внесения азота 31,2 кг д.в/га. С остальными элементами питания значимой связи урожая не установлено.

3. В условиях года на опытном поле определяющим фактором формирования урожая являлась доза внесения азота.

Библиографический список

1. Беляев, В. И. Агрономическая эффективность применения минеральных удобрений в условиях Восточной зоны Алтайского края / В. И. Беляев, Г. А. Макаров. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 10 (168). – С. 32-39.
2. Беляев, В. И. Влияние нормы высева семян и дозы внесения удобрения на урожай яровой пшеницы в условиях Алтайского Приобья / В. И. Беляев, Л. В. Соколова. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 9 (167). – С. 10-22.
3. Беляев, В. И. Эффективность применения гранулированных и жидких минеральных удобрений с микроэлементами при возделывании яровой пшеницы в Кулундинской степи Алтайского края / В. И. Беляев. – Текст: непосредственный // Перспективы внедрения инновационных агротехнологий при возделывании сельскохозяйственных культур: сборник статей: Российская научно-практическая конференция, посвящённая 75-летию юбилею агрономического факультета Алтайского ГАУ (23 ноября 2018 г.). – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2018. – С. 12-18.
4. Беляев, В. И. Основные элементы ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур в Алтайском крае / В. И. Беляев, В. В. Вольнов // Вестник Алтайской науки. – 2012. – № 1 – С. 6-10.
5. Беляев, В. И. Урожайность яровой мягкой пшеницы в зависимости от сорта и дозы внесения удобрений / В. И. Беляев, Л. В. Соколова. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 12 (98) – С. 21-24.
6. Беляев, В. И. Водный режим почвы и урожайность сельскохозяйственных культур при различных технологиях возделывания в Кулундинской степи Алтайского края / В. И. Беляев, Т. Майнель, Л. Грунвальд [и др.]. – Текст: непосредственный // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – 2016. – Т. 24, № 2. – С. 531-539.
7. Beljaev, V.I., Volnov, V.V., Sokolova, L.V., Kuznecov, V.N., Matsyura, A.V. (2017). Effect of sowing techniques on the agroecological parameters of cereal crops. *Ukrainian Journal of Ecology*. 7 (2): 130-136.
8. Belyaev, V.I., Rudev, N.V., Maynel, T., Kozhanov S.A., Sokolova L.V., Matsyura, A.V. (2017). Effect of sowing aggregates for direct sowing, sowing seeding rates and doses of mineral fertilizers on spring wheat yield in the dry steppe of Altai Krai. *Ukrainian Journal of Ecology*. 7 (4): 145-150.
9. Belyaev, V.I., Meinel, T., Grunewald, H., Sokolova, L.V., Kuznetsov, V.N., Matsyura, A.V. (2018). Influence of spring soft wheat, peas and rape cultivation technology on soil water regime and crop yield. *Ukrainian Journal of Ecology*. 8 (1): 873-879.

References

1. Belyaev V.I. Agronomicheskaya effektivnost primeneniya mineralnykh udobreniy v usloviyakh Vostochnoy zony Altayskogo kraya / V.I. Belyaev, G.A. Makarov // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – No. 10 (168). – S.32-39.
2. Belyaev V.I. Vliyanie normy vyseva se-myan i dozy vneseniya udobreniya na urozhay yarovoy pshenitsy v usloviyakh Altayskogo Priobya / V.I. Belyaev, L.V. So-kolova // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – No. 9 (167). – S. 10-22.
3. Belyaev V.I. Effektivnost primeneniya granulirovannykh i zhidkikh mineralnykh udobreniy s mikroelementami pri vzdelyvanii yarovoy pshenitsy v Kulundinskoj stepi Al-

tayskogo kraya. // Perspektivy vnedreniya innovatsionnykh agrotekhnologiy pri vozdeystvii selskokhozyaystvennykh kultur: sbornik statey / Rossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchennaya 75-letnemu yubileyu agronomicheskogo fakulteta Altayskogo GAU (23 noyabrya 2018 g.). – Barnaul: RIO Altayskogo GAU, 2018. – S. 12-18.

4. Belyaev V.I., Osnovnye elementy resursosberegayushchikh tekhnologiy vozdeystviya zernovykh kultur v Altayskom krae / V.I. Belyaev, V.V. Volnov // Vestnik Altayskoy nauki. – 2012. – No. 1 – S.6-10.

5. Belyaev V.I. Urozhaynost yarovoy myagkoy pshenitsy v zavisimosti ot sorta i dozy vneseniya udobreniy / V.I. Belyaev, L.V. Sokolova // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – No. 12 (98) – S. 21-24.

6. Belyaev V.I., Vodnyy rezhim pochvy i urozhaynost selskokhozyaystvennykh kultur pri razlichnykh tekhnologiyakh vozdeystviya v Kuldinskoy stepi Altayskogo kraya / V.I. Belyaev, Maynel T., Grunvald L.,

Shmidt G., Bondarovich A.A., Shcherbinin V.V., Ponkina E.V., Matsyura A.V., Shtefan E., Illiger P., Kozhanov N.A., Rudev N.V. // Visnik Dnipropetrovskogo universitetu. Biologiya. Ekologiya. 2016. T. 24. No. 2. S. 531-539.

7. Beljaev, V.I., Volnov, V.V., Sokolova, L.V., Kuznecov, V.N., Matsyura, A.V. (2017). Effect of sowing techniques on the agroecological parameters of cereal crops. *Ukrainian Journal of Ecology*. 7 (2): 130-136.

8. Belyaev, V.I., Rudev, N.V., Maynel, T., Kozhanov S.A., Sokolova L.V., Matsyura, A.V. (2017). Effect of sowing aggregates for direct sowing, sowing seeding rates and doses of mineral fertilizers on spring wheat yield in the dry steppe of Altai Krai. *Ukrainian Journal of Ecology*. 7 (4): 145-150.

9. Belyaev, V.I., Meinel, T., Grunewald, H., Sokolova, L.V., Kuznetsov, V.N., Matsyura, A.V. (2018). Influence of spring soft wheat, peas and rape cultivation technology on soil water regime and crop yield. *Ukrainian Journal of Ecology*. 8 (1): 873-879.



УДК 630.181

Ю.В. Беховых
Yu.V. Bekhovych

ВЛИЯНИЕ МУЛЬЧИРОВАНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ПАХОТНОМ СЛОЕ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

THE EFFECT OF MULCHING ON THE CHANGE OF HYDROTHERMAL CONDITIONS IN THE ARABLE LAYER OF LEACHED CHERNOZEM

Ключевые слова: чернозём выщелоченный, гидротермический режим почвы, температура почвы, влажность почвы, мульчирование почвы.

Целью работы было исследование изменений гидротермических условий в почве при мульчировании поверхностного слоя резаной соломой. Объек-

том изучения был чернозём выщелоченный Приобского плато. Исследования проводились на поле учебно-опытного хозяйства «Пригородное» Алтайского края. По данным измерений выявлено, что в дневное время мульчирование почвы снижает как температуру на поверхности, так и во всём пахотном слое по сравнению с контрольным участком. Увели-