

8. Cherviakov A.Iu., Bochkarev D.V., Nikolskii A.N., Nedaiborshch Iu.N., Bochkarev V.D. Tendentsii filoagrotsenogeneza agrotsenozov kuku-ruzy pri raznom urovne antropogennogo vozdeistv-ia // Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2021. No. 10. S. 56–60. DOI: 10.28983/asjy2021i10pp56-60.

9. Plants of the World Online (POWO) [El-ektronnyi resurs]. Rezhim dostupa: <https://powo.science.kew.org/> (data obrashcheniia: 18.02.2024).



УДК 631.8.022.3

DOI: 10.53083/1996-4277-2024-239-9-23-30

**В.И. Беляев, В.В. Садов,
А.А. Смышляев, Е.Д. Кошелева**
V.I. Belyaev, V.V. Sadov,
A.A. Smyshlyayev, E.D. Kosheleva

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ ПРИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОМ ПОСЕВЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

EFFICIENCY OF USING SOIL MOISTURE AT DIFFERENTIATED SOWING OF SPRING WHEAT

Ключевые слова: точное земледелие, дифференцированный посев, яровая пшеница, почвенная влага, зона плодородия почвы, урожайность, коэффициент водопотребления, норма высева семян, норма внесения минеральных удобрений.

Приведены результаты двухлетнего полевого опыта по исследованию влияния норм высева семян и доз внесения минеральных удобрений на расход влаги из почвы и урожайность яровой пшеницы по зонам продуктивности полей. Реализация эксперимента выполнена в ООО «Чарышское» Усть-Калманского района Алтайского края в 2022-2023 гг. в виде полнофакторного плана 3³. Всего 27 вариантов сочетаний анализируемых факторов. При закладке опыта использованы электронные карты полей на основе индекса ASF почвенного плодородия, полученные компанией «Агроноут». Выявленные уравнения связи в 2022 г. с высокой адекватностью описывали удельный расход влаги по зонам плодородия почвы на единицу урожайности пшеницы ($R^2 = 0,78-0,86$), а в 2023 г. – только в зоне низкого плодородия ($R^2 = 0,81$). На наш взгляд, это обусловлено существенно более низким количеством осадков в мае-июле 2023 г., когда влага стала лимитирующим фактором роста урожайности. В результате анализа установлена высокая значимость исследуемых факторов на удельный расход влаги из метрового слоя почвы с учетом урожайности пшеницы. Количественная оценка показывает, что наиболее значимым фактором являлась зона почвенного плодородия поля, на 2-м месте – доза применения минеральных удобрений, а на 3-м – норма высева семян. Установлено, что зона высокого плодородия поля наиболее эффективно использует почвенную влагу. Доказана высокая эффек-

тивность правильного применения дифференцированного посева и внесения минеральных удобрений.

Keywords: precision farming, differentiated sowing, spring wheat, soil moisture, soil fertility zone, yielding capacity, water consumption coefficient, sowing rate, mineral fertilizer application rate

The findings of a two-year field experiment to study the effect of sowing rates and mineral fertilizer application rates on soil moisture consumption and spring wheat yields in field productivity zones are discussed. The experiment was conducted on the farm of the ООО “Charyshskoye” of the Ust-Kalmanskiy District of the Altai Region in 2022 and 2023 as a full-factorial plan 3³. Altogether, 27 combinations of the analyzed factors were studied. When establishing the experiment, electronic field maps based on the ASF soil fertility index obtained by the “Agronout” company were used. The identified relationship equations in 2022 described the specific moisture consumption by soil fertility zones per unit of wheat yield with high adequacy ($R^2 = 0.78-0.86$), and in 2023 - only in the low fertility zone ($R^2 = 0.81$). In our opinion, this is due to significantly lower precipitation from May through July 2023, when moisture became a limiting factor in yield growth. The studied factors were found to be highly significant for the specific moisture consumption from a meter-thick soil layer taking into account the wheat yield. Quantitative evaluation shows that the most significant factor was the soil fertility zone of the field. The second place is taken by mineral fertilizer application rate, and the third place is taken by the sowing rate. It was found that the high fertility zone of the field used soil moisture most effectively. The high efficiency of the correct use of differentiated sowing and

Беляев Владимир Иванович, д.т.н., профессор, зав. кафедрой, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: prof-belyaev@ya.ru.

Садов Виктор Викторович, д.т.н., доцент, зав. кафедрой, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: sadov.80@mail.ru.

Смышляев Андрей Алексеевич, к.т.н., доцент, зав. кафедрой, ФГБОУ ВО Алтайского ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: an_smish_asau@mail.ru.

Кошелева Евгения Дмитриевна, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайского ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: jten@yandex.ru.

Belyaev Vladimir Ivanovich, Dr. Tech. Sci., Prof., head of chair, Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: prof-belyaev@yandex.ru.

Sadov Viktor Viktorovich, Dr. Tech. Sci., head of chair, Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: sadov.80@mail.ru.

Smyshlyayev Andrey Alekseevich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., head of chair, Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: an_smish_asau@mail.ru.

Kosheleva Evgeniya Dmitrievna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: jten@yandex.ru.

Введение

Получение максимального урожая высокого качества является сложной актуальной задачей не только для работников агропромышленного комплекса, но и для научного сообщества, т.к. на него оказывает влияние значительное количество факторов. Наиболее значимыми из них являются почвенное плодородие полей и погодные условия. При этом все шире применяются ресурсосберегающие технологии, основанные на минимизации механического воздействия на почву (No-till, Strip-till и Mini-till [1-5]), позволяющие осуществлять выбросы почвенного углерода в атмосферу и препятствовать глобальному потеплению [6, 7]. Внедрению современных технологий способствует развитие цифровых сервисов, а также новых технических решений и технологических приемов возделывания сельскохозяйственных культур. Современное точное земледелие предполагает дифференцированный посев и дифференцированную подкормку культуры в период её вегетации с учетом выделенных на поле зон плодородия почвы.

Целью исследования являлась оценка расхода влаги на единицу урожая яровой пшеницы, наблюдаемого в 2022-2023 гг. в различных зонах плодородия опытных полей при разных вариациях норм внесения семян яровой пшеницы и доз минеральных удобрений в природных условиях Алтайского края.

Экспериментальная часть

Планирование опытов выполнялось в соответствии с [8, 9]. Экспериментальная часть опыта 2022 г., проводимая в ООО «Чарышское» Усть-Калманского района Алтайского края, подробно изложена в публикации [10]. В 2023 г. в этом же хозяйстве на опытном поле в 217,51 га сеялся тот же сорт яровой пшеницы Буран, но посев 20 мая был произведен позже на 12-15 дней по сравнению с предыдущим годом.

В первый год исследования использовали азотно-магниевое удобрение, а во второй – аммофос. Семена и удобрения в каждой зоне плодородия вносились по 9 делянкам согласно плану опыта (табл. 1). Посев выполнялся агрегатом НН 9040 + DMC-12000 2С.

Таблица 1

Полевые опыты на делянках точного земледелия в 2022-2023 гг.

№ опыта	2022 г.			2023 г.		
	норма высева семян – Нс		доза внесения удобрений – Ну, кг/га	норма высева семян – Нс		доза внесения удобрений – Ну, кг/га
	кг/га	млн шт.		кг/га	млн шт.	
1	133	3,63	80	80	2	63
2	133	3,63	100	80	2	90
3	133	3,63	120	80	2	117
4	152	4,15	80	120	3	63
5	152	4,15	100	120	3	90
6	152	4,15	120	120	3	117
7	171	4,67	80	160	4	63
8	171	4,67	100	160	4	90
9	171	4,67	120	160	4	117

Зоны почвенного плодородия выбирались согласно картам-заданиям, выданным компанией ООО «Агроноут». Заштрихованные области показывают местоположение опытных участков в пределах зон плодородия (рис. 1). Принятые в статье сокращения в названии зон плодородия приведены в легенде.

Для оценки запасов влаги в метровом слое почвы использовались результаты замеров влажности влагомером НН-2 «Delta-T Devices» по слоям с интервалом 10 см от поверхности до глубины в 1 м. Замеры проводились на момент посева яровой пшеницы и во время вегетационного периода в первую и последнюю декады летних месяцев.

При оценке влагопотребления культуры в период ее вегетации учитывалась приходная часть уравнения водного баланса в виде суточных осадков, данные по которым обеспечивала метеостанция с. Усть-Калманка. Температурный режим обуславливался температурами воздуха за вегетационные периоды 2022 и 2023 гг., которые были выше среднееголетних значений на 3-4% (рис. 2).

В месячном разрезе особо выделялись май 2022 г. с температурами на 36% больше средних значений и май 2023 г. с температурами на 10% меньше среднееголетних.

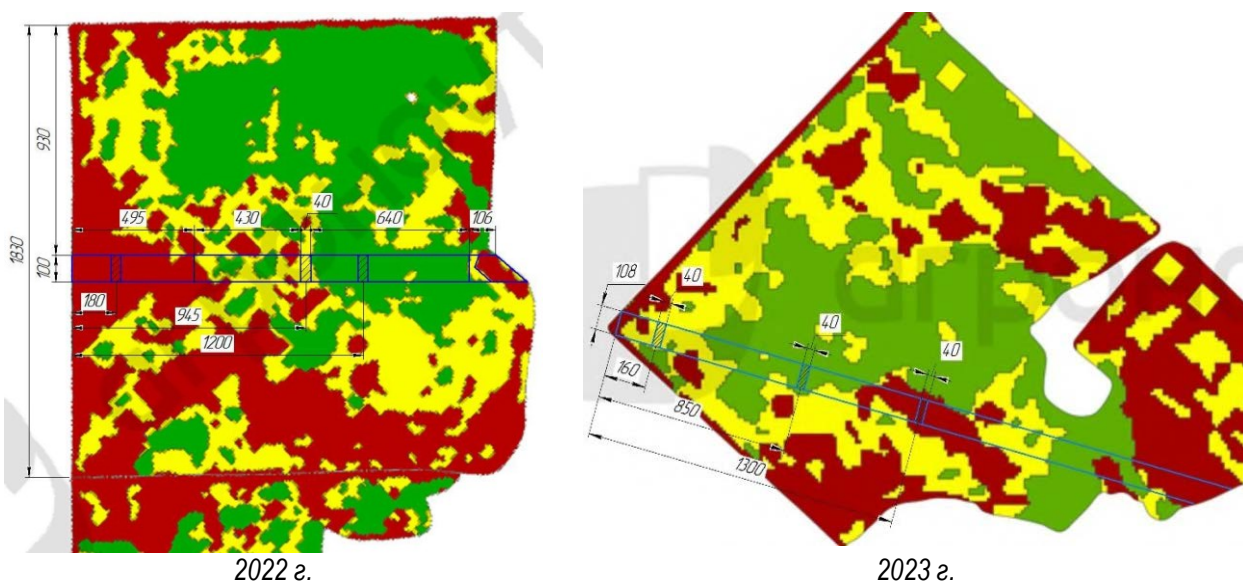


Рис. 1. Местоположение опытных участков в пределах зон плодородия:

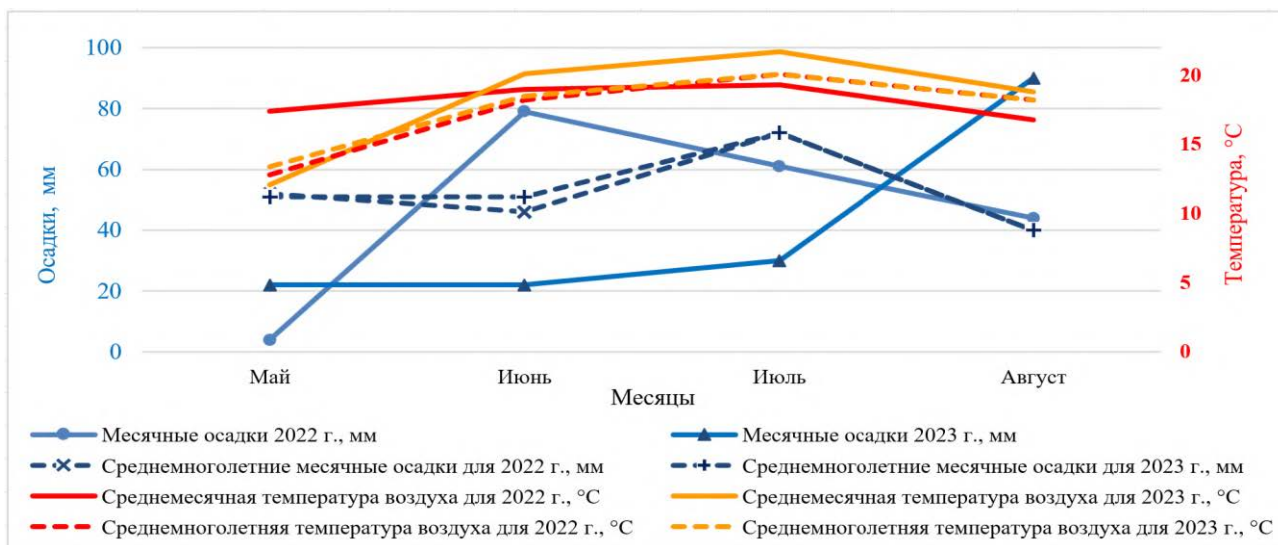
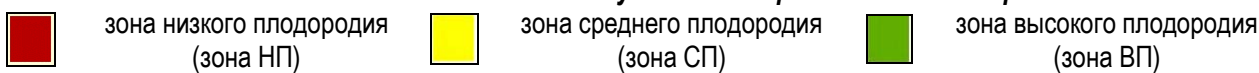


Рис. 2. Осадки и температуры вегетационных периодов 2022 и 2023 гг. на фоне их среднееголетних значений

Чтобы оценить степень засушливости вегетационного периода, выпавшие месячные осадки для каждого года эксперимента сравнивались со своими среднегодовыми значениями и далее выполнялись расчеты гидротермических коэффициентов. Рисунок 2 наглядно демонстрирует в целом неблагоприятную ситуацию 2023 г., когда осадки за май, июнь и июль составляли всего лишь 40-43% от нормы. Наблюдается также незначительный рост среднемноголетних значений осадков мая (+1 мм) и июня (+5 мм).

Проведенная оценка исходной обеспеченности почвы элементами питания в экспериментах

2022 г. подробно изложена в публикации [10]. В 2023 г. Центр агрохимической службы «Алтайский» также выполнил испытания для зон плодородия опытного поля (табл. 2), по итогам которого принимались решения о внесении видов удобрений и их доз.

При определении биологической урожайности яровой пшеницы отбор проб осуществлялся в 5-кратной повторности и применялись приборы SLY-C, PFEUFFER, электронные весы BM 313, «Инфралюм ФТ-10».

Таблица 2

Содержание элементов питания на опытном поле 2023 г.

Элементы	Почвенное плодородие			В среднем по полю	Оценка содержания
	низкое	среднее	высокое		
Азот, мг/кг	56,0	63,0	53,2	57,4	Очень низкое
Фосфор, млн ⁻¹	174	165	159	166	Высокое
Калий, млн ⁻¹	127	83	152	121	Повышенное

Результаты исследования

Уравнение водного баланса предполагает учет запасов влаги в метровом слое на момент посева культуры, приходную часть в виде осадков и расходную часть на рост растений, созревание урожая и транспирацию.

На рисунке 2 представлено распределение запасов влаги по почвенным слоям для каждой зоны плодородия на момент посева яровой пшеницы. На основе этих профилей были определены влагозапасы в метровом слое почвы, величины которых приведены в заголовках диаграмм.

Анализ профилей показывает, что для 2022 г. зона высокого плодородия (зона ВП) имела меньший запас влаги, чем зоны среднего (зона СП) и низкого плодородия (зона НП). Это связано было с особенностями рельефа местности на опытном поле в эксперименте 2022 г.: во-первых, отметки местности понижались от зоны ВП к зоне НП, во-вторых, естественная область дренирования располагалась в зоне НП. Общие запасы влаги в метровом слое в 2022 г. по шкале оценки отнесены к категории очень низких.

В 2023 г. запасы влаги почвы на опытном поле в момент посева были выше примерно в 1,5 раза, чем в 2022 г. На рисунке 3 одинаковая шкала по оси абсцисс для всех 6 профилей позволяет визуальную оценить эту разницу. Общие запасы влаги в метровом слое уменьшались от зоны большего плодородия к зоне меньшего

плодородия и по шкале оценки соответствовали средней влагообеспеченности весеннего периода. Для этих двух лет эксперимента различия в запасах влаги в метровом слое почвы по зонам плодородия статистически значимы, в абсолютном значении близки (18 и 22 мм) и в процентном отношении соответствуют 10-11%. Такая одинаковость обусловлена близким расположением опытных полей в пределах хозяйства, одинаковым типом почв (чернозем обыкновенный) и одинаковыми критериями разбиения полей на зоны плодородия, используемыми компанией «Агроноут».

Средние значения запасов влаги в метровом слое почвы по зонам плодородия, нормам высева семян и дозам внесения удобрений на даты замеров влажности на опытных полях 2022-2023 гг. приведены в таблицах 3 и 4.

Если в 2022 г. зона среднего плодородия в начале периода вегетации имела наибольшие влагозапасы в сравнении с другими зонами, то начиная с конца мая 2022 г. ситуация выравнилась: наибольшие по плодородию зоны имели и наибольшие влагозапасы. Разница по запасам влаги между соседними зонами в конце вегетационного периода составляла 23-24 мм, в среднем за вегетационный период – 5-8 мм.

В 2023 г. из-за недостаточности осадков в мае-июле в зоне высокого плодородия, обладающей большим потенциалом для развития растений, в июне – начале августа общие запасы

влаги становятся меньше, чем в зоне среднего плодородия, т.е. в зоне ВП на фоне дефицита идет больший расход почвенной влаги на рост растений и формирование урожая. Разница между соседними зонами плодородия по запасам влаги в среднем за вегетацию достигала 2-8 мм.

В целом по полю на делянках с меньшей нормой посева сохранилась влага больше на 3 мм (2022 г.) и на 6 мм (2023 г.), чем на делян-

ках со средней и большей нормой высева. Аналогичная ситуация и для делянок с разными дозами внесения удобрений: различие во влажности на конец вегетационного периода составляло 1-2 мм в 2022 г. и 0,2-0,4 мм в 2023 г. Таким образом, различие в общих запасах влаги в метровом слое на конец вегетации в среднем по дозам внесения удобрений практически отсутствуют.

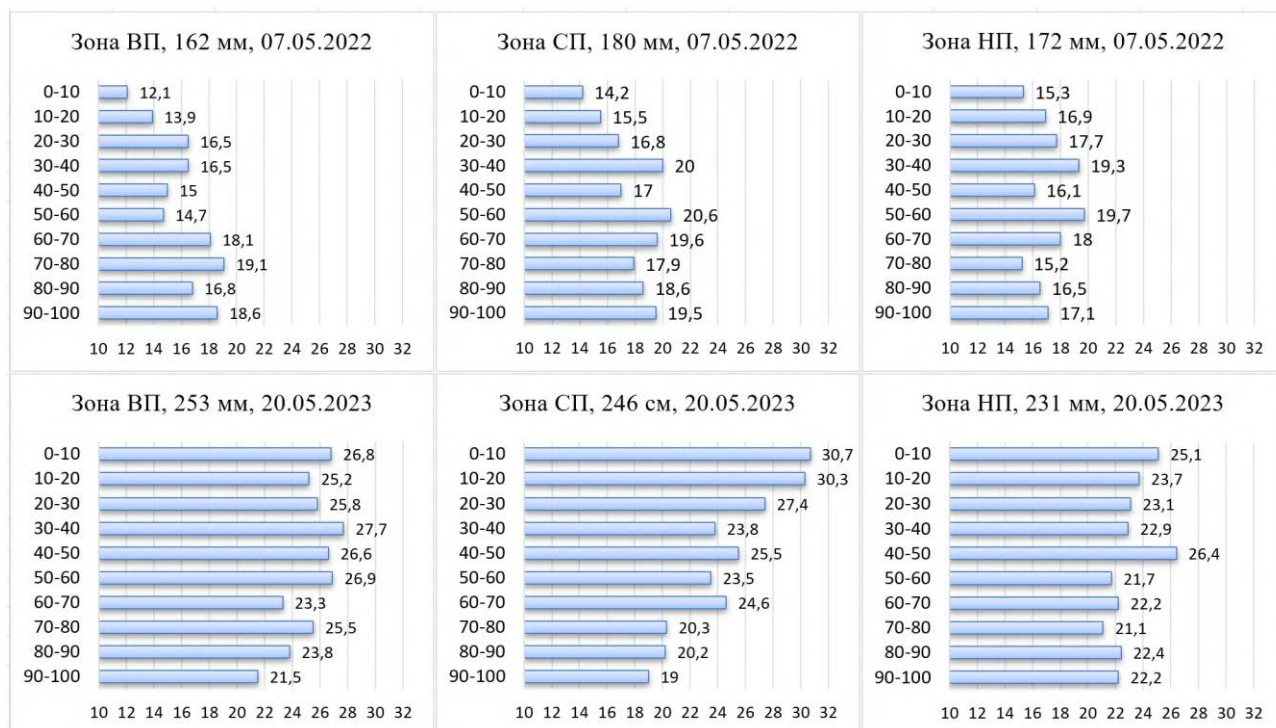


Рис. 3. Запасы влаги по слоям почвенного профиля в трех зонах плодородия на момент посева яровой пшеницы для 2 лет эксперимента: вертикальные оси – слои почвы, см, горизонтальные оси – запасы влаги, мм

**Таблица 3
Средние значения общих запасов влаги в метровом слое почвы на даты замеров 2022 г., мм**

Показатели	07.05	31.05	15.06	06.07	19.07	04.08	11.08	В среднем
В среднем по зонам плодородия								
Зона НП	171,8	122,7	169,1	100,4	86,2	106,3	81,4	119,7
Зона СП	179,6	126,3	224,8	133,6	118,2	126,7	105,7	145,0
Зона ВП	161,6	146,8	236,6	145,0	125,3	130,4	128,6	153,5
В среднем по нормам высева семян								
133 кг/га	171,0	132,4	216,0	127,4	110,2	124,7	105,9	141,1
152 кг/га	171,0	134,7	204,0	128,1	112,6	118,9	102,2	138,8
171 кг/га	171,0	128,7	210,6	123,4	107,0	119,8	107,6	138,3
В среднем по дозам удобрений								
80 кг/га	171,0	128,2	207,3	122,6	109,7	119,0	107,1	137,9
100 кг/га	171,0	133,4	209,3	128,0	107,5	120,2	103,7	139,0
120 кг/га	171,0	134,1	214,0	128,4	112,6	124,2	104,8	141,3

Средние значения общих запасов влаги в метровом слое почвы на даты замеров 2023 г., мм

Показатели	20.05	06.06	22.06	06.07	24.07	07.08	28.08	В среднем
В среднем по зонам плодородия								
Зона НП	230,8	228,6	162,1	192,0	136,3	190,7	252,8	199,1
Зона СП	245,5	237,9	171,3	190,1	156,5	214,4	226,4	206,0
Зона ВП	253,1	248,1	172,6	178,7	145,8	206,3	235,9	207,8
В среднем по нормам высева семян								
80 кг/га	243,1	240,1	168,5	196,9	154,7	203,0	239,1	208,5
120 кг/га	243,1	233,7	169,5	181,1	144,0	207,3	237,5	202,2
160 кг/га	243,1	240,9	168,0	182,9	140,7	201,1	238,5	202,2
В среднем по дозам удобрений								
63 кг/га	245,5	234,3	172,0	185,2	144,4	198,1	236,1	204,3
90 кг/га	240,8	243,8	167,4	189,3	149,0	205,1	233,5	204,1
117 кг/га	243,1	236,6	166,5	186,4	145,2	208,1	245,5	204,5

Для расчета коэффициента водопотребления в экспериментах рассчитывалась биологическая урожайность яровой пшеницы (рис. 4). На гистограммах номера делянок соответствуют таблице 1, в которой делянки размещены в порядке возрастания нормы высева семян (1-3, 4-6, 7-9), а внутри групп – в порядке роста доз удобрений. Подпись данных выполнена для максимальных

значений биологической урожайности по годам опытов в пределах зон плодородия. Из-за неблагоприятных климатических условий лета 2023 г. средняя урожайность культуры для каждой зоны получена меньше, чем в 2022 г.: в зоне НП – на 10 ц/га, в зоне СП – на 3 ц/га, в зоне ВП – на 13 ц/га.

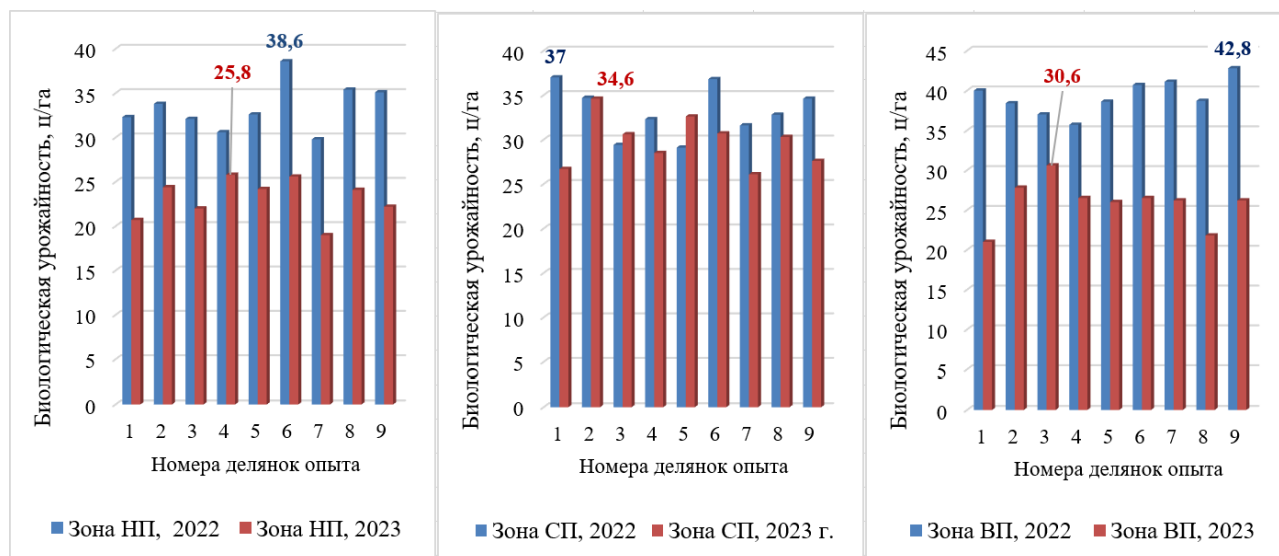


Рис. 4. Биологическая урожайность яровой пшеницы по зонам плодородия на опытных делянках 2022 и 2023 гг.

Коэффициенты водопотребления яровой пшеницы за два вегетационных сезона в пределах выделенных зон плодородия представлены на рисунке 5. Данные 2022 г. аппроксимируются степенной функцией с достоверностью от 0,78 до 0,86. В 2023 г. высокий коэффициент достоверности наблюдается только для зоны низкого плодородия, а для зон среднего и высокого плодородия зависимости не прослеживаются с до-

статочной достоверностью, точки размываются в облако данных: потенциал этих зон не был реализован в достаточной степени из-за дефицита влаги, вызванного малыми осадками в мае-июле 2023 г.

Анализ экспериментальных данных показывает, что при исследуемых вариациях норм высева и доз удобрений в зоне высокого плодородия расходуется меньше влаги на производство

единицы продукции, чем в зоне среднего и низкого плодородия. Так, по результатам 2022 г. усредненный удельный расход влаги в зоне низкого плодородия составил 8,4 мм/ц, в зоне сред-

него – 7,9 и в зоне высокого – 6,3 мм/ц, а в 2023 г. в зоне низкого и среднего – 6,2 мм/ц, в зоне высокого плодородия – 4,2 мм/ц.

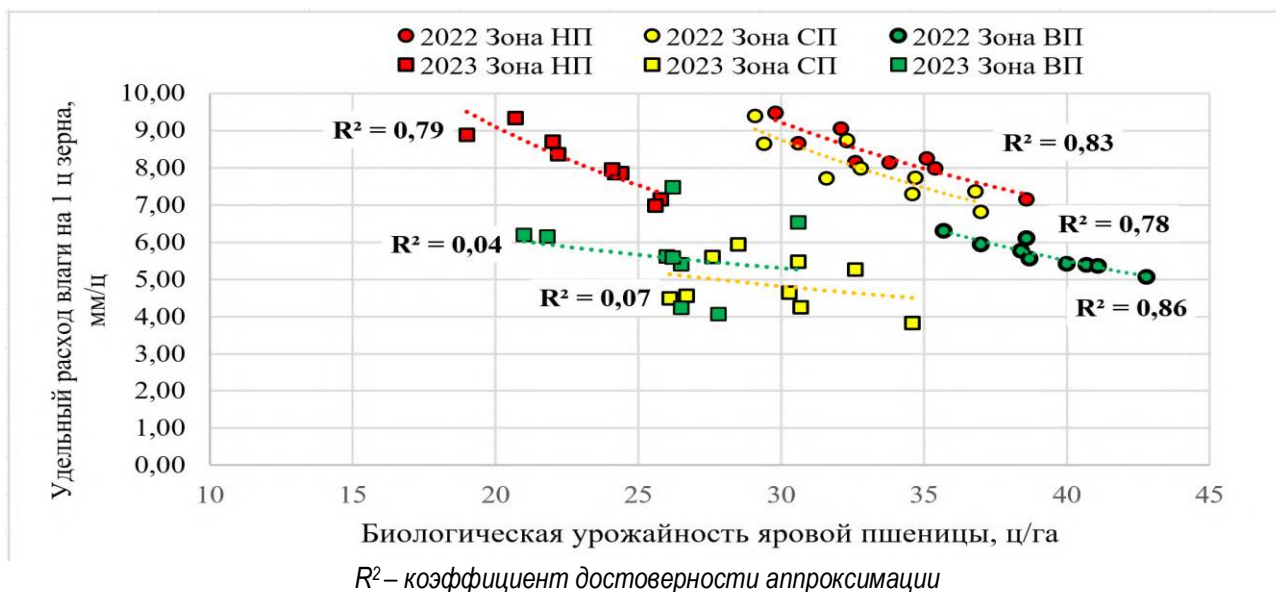


Рис. 5. Удельное водопотребление яровой пшеницы по зонам плодородия

Выводы

1. В условиях проведения опытов в ООО «Чарышское» Усть-Калманского района Алтайского края в 2022 и 2023 гг. в среднем за вегетацию наилучшая обеспеченность яровой пшеницы влагой была в зоне высокого плодородия почвы. Различия в водообеспеченности по зонам плодородия были высокозначимы и достигали 22%.

2. При исследуемых вариациях норм посева и доз удобрений зона высокого плодородия расходует меньше влаги на производство единицы продукции, чем зона среднего и низкого плодородия. Усредненный удельный расход влаги при возделывании яровой пшеницы в 2022 г. в зоне низкого плодородия был равен 8,4 мм/ц, в зоне среднего плодородия – 7,9, в зоне высокого – 6,3 мм/ц. В 2023 г. для зон низкого и среднего плодородия средний по зоне коэффициент водопотребления был одинаков (6,2 мм/ц), а в зоне высокого плодородия составлял 4,2 мм/ц, что соответствует минимуму из рассмотренных вариантов.

Библиографический список

1. Власенко, А. Н. Эффективность No-Till технологии на черноземных почвах северной лесостепи Западной Сибири / А. Н. Власенко, Н. Г. Власенко, П. И. Кудашкин. – DOI

10.25930/2687-1254/001.5.14.2021. – Текст: непосредственный // Сельскохозяйственный журнал. – 2021. – № S5 (14). – С. 4-13. – EDN PUXSAC.

2. Коржук, А. Б. Экономическая эффективность технологии no-till / А. Б. Коржук, А. В. Видякин. – DOI 10.34925/EIP.2020.121.8.221. – Текст: непосредственный // Экономика и предпринимательство. – 2020. – № 8 (121). – С. 1106-1109. – EDN PPXIZU.

3. Киргинцев, Б. О. Strip-Till (Стрип-Тилл) – как перспективная технология возделывания зерновых культур в Тюменской области / Б. О. Киргинцев, С. Н. Кокошин. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2015. – № 6-5 (86). – С. 4-7. – EDN TNIAGX

4. Милюткин, В. А. Эффективные сеялки Primer DMC для зерновых (пшеница) по технологии Mini-Till с инновационными удобрениями (АО «Евротехника», ПАО «КуйбышевАзот», Г. Самара) / В. А. Милюткин. – Текст: непосредственный // Инновационные достижения науки и техники АПК: сборник трудов Международной научно-практической конференции, Самара, 28 февраля – 02 марта 2023 года. – Кинель: Самарский государственный аграрный университет, 2023. – С. 128-136. – EDN YKWEYJ.

5. Гулянов, Ю. А. Новационные приемы рационального природопользования при интенсификации

фикации земледелия на пахотнопригодных почвах степной зоны Урала и Западной Сибири / Ю. А. Гулянов, А. А. Чибилев, С. В. Левыкин. – DOI 10.24412/2712-8628-2022-3-76-95. – Текст: непосредственный // Вопросы степеведения. – 2022. – № 3. – С. 76-95. – EDN ACNLR.

6. Kan, Z.R., Liu, Q.Y., Virk, A., et al. (2021). Effects of experiment duration on carbon mineralization and accumulation under no-till. *Soil and Tillage Research*. 209. 104939. DOI: 10.1016/j.still.2021.104939.

7. Powlson, D., Stirling, C., Jat, M., et al. (2015). Reply to 'No-till agriculture and climate change mitigation'. *Nature Climate Change*. 5. 489-489. DOI: 10.1038/nclimate2654.

8. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: учебник для вузов / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., перераб. – Москва: Альянс, 2015. – 351 с. – Текст: непосредственный.

9. Сидняев, Н. И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: учебник и практикум для вузов / Н. И. Сидняев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Юрайт, 2024. – 495 с. – ISBN 978-5-534-05070-7. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт: [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/535457> (дата обращения: 24.06.2024).

10. Влияние дифференцированного посева на водный режим почвы и урожайность яровой пшеницы / В. И. Беляев, В. В. Садов, А. А. Смышляев [и др.]. – Текст: непосредственный // Дальневосточный аграрный вестник. – 2023. – Т. 17, № 2. – С. 5-12.

References

1. Vlasenko, A.N. Effektivnost No-Till tekhnologii na chernozemnykh pochvakh severnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri / A.N. Vlasenko, N.G. Vlasenko, P.I. Kudashkin // *Selskokhoziaistvennyi zhurnal*. – 2021. – No. S5 (14). – S. 4-13. – DOI 10.25930/2687-1254/001.5.14.2021.

2. Korzhuk, A.B. Ekonomicheskaya effektivnost tekhnologii no-till / A.B. Korzhuk, A.V. Vidiakin // *Ekonomika i predprinimatelstvo*. – 2020. – No. 8 (121). – S. 1106-1109. – DOI 10.34925/EIP.2020.121.8.221.

3. Kirgintsev, B.O. Strip-Till (Strip-Till) – kak perspektivnaya tekhnologiya vozdevyvaniya zernovykh kultur v Tiimenskoi oblasti / B.O. Kirgintsev,

S.N. Kokoshin // *Molodoi uchenyi*. – 2015. – No. 6-5 (86). – S. 4-7.

4. Miliutkin, V.A. Effektivnye seialki Primer DMC dlia zernovykh (pshenitsa) po tekhnologii Mini-Till s innovatsionnymi udobreniyami (AO "Evrotekhnik", PAO "KuibyshevAzot", g. Samara) / V.A. Miliutkin // *Innovatsionnye dostizheniya nauki i tekhniki APK: Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Samara, 28 fevralia 2023 goda*. – Kinel: Samarskii GAU, 2023. – S. 128-136.

5. Gulianov, Iu.A. Novatsionnye priemy ratsionalnogo prirodopolzovaniia pri intensivatsii zemledeliia na pakhotnoprigradnykh pochvakh stepnoi zony Urala i Zapadnoi Sibiri / Iu.A. Gulianov, A.A. Chibilev, S.V. Levykin // *Voprosy stepovedeniia*. – 2022. – No. 3. – S. 76-95. – DOI 10.24412/2712-8628-2022-3-76-95.

6. Kan, Z.R., Liu, Q.Y., Virk, A., et al. (2021). Effects of experiment duration on carbon mineralization and accumulation under no-till. *Soil and Tillage Research*. 209. 104939. DOI: 10.1016/j.still.2021.104939.

7. Powlson, D., Stirling, C., Jat, M., et al. (2015). Reply to 'No-till agriculture and climate change mitigation'. *Nature Climate Change*. 5. 489-489. DOI: 10.1038/nclimate2654.

8. Dospekhov, B.A. Metodika polevogo opyta: uchebnik dlia vuzov / B.A. Dospekhov. – 5-е изд., перераб. – Москва: Alians, 2015. – 351 с.

9. Sidniaev, N.I. Teoriia planirovaniia eksperimenta i analiz statisticheskikh dannykh: uchebnik i praktikum dlia vuzov / N.I. Sidniaev. – 2-е изд., перераб. i dop. – Москва: Iurait, 2024. – 495 с. – ISBN 978-5-534-05070-7 // *Obrazovatelnaia platforma Iurait [sait]*. – URL: <https://urait.ru/bcode/535457> (data obrashcheniia: 24.06.2024).

10. Beliaev, V.I. Vliianie differentsirovannogo poseva na vodnyi rezhim pochvy i urozhainost iarovoi pshenitsy / V.I. Beliaev, V.V. Sadov, A.A. Smyshliaev, V.E. Buksman, A.A. Tur / *Dalnevostochnyi agrarnyi vestnik*. – 2023. – Т. 17. – No. 2. – S. 5-12.

Работа выполнена за счет средств федерального бюджета в рамках государственного задания Минсельхоза России (номер госрегистрации темы – 1023032000002-5-4.1.1).

