

УДК 631.582:631.811

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-357-3-51-56>

Краткий обзор/Brief review

Тулаев Ю.В.,
Абуова А.Б.,
Сомова С.В.,
Сидорик А.И.,
Сафронова О.С.

ТОО «Сельскохозяйственная опытная станция
"Заречное"»

Ключевые слова: зернопаровой севооборот, плодосменный севооборот, No-till, удобрение, пищевой режим почвы, содержание азота в растениях, N-тестер

Для цитирования: Тулаев Ю.В., Абуова А.Б., Сомова С.В., Сидорик А.И., Сафронова О.С. Пищевой режим почвы и азотный статус растений в зернопаровом и плодосменном севооборотах. Аграрная наука. 2022; 357 (3): 51–56.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-357-3-51-56>

Конфликт интересов отсутствует

Yuriy V. Tulayev,
Altynay B. Abuova,
Svetlana V. Somova,
Alexander I. Sidorik,
Olga S. Safronova

«Agricultural experimental station "Zarechnoye"»
LLP

Key words: grain-fallow crop rotation, fruit-shifting crop rotation, No-till, fertilizer, soil nutrition regime, nitrogen content in plants, N-tester

For citation: Tulayev Yu.V., Abuova A.B., Somova S.V., Sidorik A.I., Safronova O.S. The nutritional regime of the soil and the nitrogen status of plants in the grain-fallow and fruit-shifting crop rotations. Agrarian Science. 2022; 357 (7): 51–56. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-357-3-51-56>

There is no conflict of interests

Пищевой режим почвы и азотный статус растений в зернопаровом и плодосменном севооборотах

РЕЗЮМЕ

При оптимальных условиях возделывания и высоком уровне минерального питания урожайность зерна современных сортов пшеницы достигает 18,4 ц/га. В реальных хозяйственных условиях, когда высокие цены на минеральные удобрения ограничивают их применение, урожайность зерна яровой пшеницы в Костанайской области составляет 11,2 ц/га. Изучались 2 вида севооборотов — 4-польный зернопаровой (пар — пшеница — пшеница — пшеница) и 4-польный плодосменный (горох — пшеница — лен масличный — пшеница). На каждой культуре севооборота закладывались варианты с различным уровнем минерального питания — без удобрений (контроль) и P₁₅. Норма высева семян с.-х. культур (млн/га всхожих семян): яровая пшеница — 3,0; горох — 1,0; лен масличный — 6,0. В опыте принята технология обработки почвы No-till с элементами точного земледелия. Все учеты и наблюдения проводились по стандартным методикам. Анализ динамики пищевого режима почвы свидетельствует о том, что лучшие условия минерального питания растений создаются при размещении культур в зернопаровом севообороте, в состав которого входит гербицидный пар при длительном ежегодном припосевном внесении минеральных удобрений. Так, в слое почвы 0–40 см на первой пшенице после пара содержание азота нитратного характеризовалось как среднее и составило 11,9–12,8 мг/кг, содержание подвижного фосфора было повышенным и составило 121 мг/кг почвы. В плане эффективности применения вариантов с целью регулирования пищевого режима нужно выделить все три поля пшеницы в зернопаровом севообороте. Наиболее высокий показатель в фазу колошения — выше контроля на 6,1–14,7% — был на вариантах с применением удобрения в рядки.

The nutritional regime of the soil and the nitrogen status of plants in the grain-fallow and fruit-shifting crop rotations

ABSTRACT

The main agrotechnical significance of crop rotation is that each crop is placed in the best conditions for its growth and development and at the same time prepares good conditions for the next crop in the crop rotation. Under optimal cultivation conditions and a high level of mineral nutrition, the grain yield of modern wheat varieties reaches 18.4 c/ha. In real economic conditions, when high prices for mineral fertilizers limit their use, the yield of spring wheat grain in the Kostanay region is 11.2 c/ha. In the experiment, 2 types of crop rotations were studied — 4-course grain-fallow (fallow— wheat — wheat — wheat) and 4-course fruit-shifting (peas — wheat — oilseed flax — wheat). On each crop rotation variants with different levels of mineral nutrition were laid — without fertilizers (control) and P₁₅. Seeding rate of agricultural crops (million/ha of germinating seeds): spring wheat — 3.0; peas — 1.0; oilseed flax — 6.0. The experiment adopted the technology of tillage — No-till with elements of precision farming. All records and observations were carried out according to standard methods. The analysis of the dynamics of the food regime of the soil indicates that the best conditions for mineral nutrition of plants are created when placing crops in a grain-fallow crop rotation, which includes herbicidal steam with long-term annual application of mineral fertilizers. Thus, in the soil layer of 0–40 cm on the first wheat after fallow, the content of nitrate nitrogen was characterized as average and amounted to 11.9–12.8 mg/kg, the content of mobile phosphorus had increased and amounted to 121 mg/kg of soil. In terms of the effectiveness of the use of options for the purpose of regulating the food regime, it is necessary to distinguish all three wheat fields in the grain-fallow crop rotation. Here, the highest indicator in the earing phase — above the control by 6.1–14.7% — was in variants with the use of fertilizer in rows.

Поступила: 17 августа 2021
Принята к публикации: 17 марта 2022

Received: 17 August 2021
Accepted: 17 March 2022

Введение

При разработке адаптивной технологии возделывания яровой пшеницы одним из основных элементов является выбор наиболее оптимального предшественника. Яровая пшеница достаточно требовательна к почвам. Правильное размещение культуры в севообороте оказывает огромное влияние на развитие растений и на конечный результат — урожайность [1–4].

Одним из важнейших показателей почвенного плодородия является содержание в ней необходимых элементов питания для роста и развития растений, причем при формировании урожая основную роль играет не только обеспеченность ими растений, но и содержание их доступных форм [5–6].

Использование удобрений в земледелии является одним из основных факторов интенсификации сельского хозяйства, позволяющим обеспечить ускоренный рост производства продуктов растениеводства. Оптимизация применения минеральных удобрений — важное направление повышения плодородия почв [7–11].

Для расчета доз азотных удобрений используют большое количество методов, среди которых наиболее популярны методы с использованием диагностических параметров обеспеченности почвы и растений элементами питания в критические фазы развития растений [12].

Целью исследований является изучение влияния культур и их предшественников в зернопаровом и плодосменном севооборотах на пищевой режим почвы перед посевом, содержание азота в растениях яровой пшеницы в фазу колошения, урожайность с.-х. культур при различном уровне минерального питания в условиях южных черноземов Костанайской области.

Методика

Исследования проводились в 2018–2020 гг. учеными ТОО «Сельскохозяйственная опытная станция “Заречное”» (бывшее ТОО «Костанайский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»). В опыте изучались 2 вида севооборотов — 4-польный зернопаровой (пар — пшеница — пшеница — пшеница) и 4-польный плодосменный (горох — пшеница — лен масличный — пшеница). На каждой культуре севооборота закладывались варианты с различным уровнем минерального питания — без удобрений (контроль) и P_{15} (аммофос). Расположение вариантов — рендомизированное. Площадь 1 делянки — 126 м². Количество повторностей — 3. Для посева яровой пшеницы, гороха и льна масличного в опыте использовались классные семена высших репродукций (суперэлита, элита) районированных сортов, находящихся в производстве ТОО «СХОС “Заречное”». Норма посева семян с.-х. культур (млн/га всхожих семян): яровая пшеница — 3,0; горох — 1,0; лен масличный — 6,0.

В опыте принята технология обработки почвы No-till с элементами точного земледелия. Предпочтение отдавалось применению современной техники и орудий, позволяющих полностью выполнять технологию No-till на изучаемых вариантах, снизить при этом расход энергоресурсов на возделывание зерновых, зернобобовых и масличных культур и оказывать положительное воздействие на водно-физические свойства почвы и плодородие в целом.

В паровом поле применялась обработка гербицидами сплошного действия на основе глифосата — 2 раза по 450–900 г д.в./га в зависимости от типа засоренности с применением системы автопилот.

В полях севооборотов проводились следующие операции: закрытие влаги бороной БЦД-12; обработка поля гербицидами сплошного действия во второй декаде мая опрыскивателем John Deere с использованием систем параллельного вождения и автопилота; прямой посев (в соответствии со схемой опытов); отслеживание полей через информационно-аналитический сервис АНТ; гербицидные, фунгицидные, инсектицидные (баковые смеси) обработки против сорняков болезней и вредителей; уборка прямым или раздельным комбайнированием на высоком (25–30 см, кроме гороха) срезе с измельчением и разбрасыванием соломы по полю.

Все учеты и наблюдения проводились по стандартным методикам. Определение обеспеченности почв нитратным азотом ($N-NO_3$) осуществляли ионометрическим методом (ГОСТ 26951-86), количество подвижных соединений фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) — по методу Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204-91). С помощью портативного прибора N-Tester проводилось измерение уровня содержания азота в листьях растений. Работа с прибором N-Tester выполнялась путем измерения содержания хлорофилла в листьях, которое связано с азотным состоянием растения, непосредственно в поле без использования вспомогательных средств. Точка измерения должна находиться в середине пластины первого полностью развитого листа. Тридцать случайных измерений в поле, выполненных с использованием обычной схемы «W», дают среднее значение, которое используется для определения количества азота, нужного растению. В опыте проводился поделочный учет урожая (структурный анализ, прямое комбайнирование). Статистическая обработка полученных данных осуществлялась по Б.А. Доспехову. Для всех данных принят уровень значимости 5% ($P \leq 0,05$).

Почва опытного участка — южный маломощный чернозем в комплексе с солонцами до 10%. Мощность гумусового горизонта (A+B) равна 41–45 см. Вскипание от HCl с 85 см, выделение карбонатов с той же глубины. Содержание гумуса 3,0–3,2%. По данным анализов, выполненных агрохимической лабораторией института, почва опытного участка содержит валового азота (в слое 0–20 см) — 0,15–0,16%, фосфора — 0,10–0,13%.

Климат в зоне проведения исследований резко континентальный с холодной малоснежной зимой и жарким сухим летом. Затяжные холода весной, ранее похолодание осенью и поздние летние осадки типичны для климата области и отличают его от других засушливых регионов (например, Поволжья). Большая инсоляция, резкая разница температур днем и ночью, низкая влажность воздуха, малооблачность и частые ветра вызывают интенсивное испарение влаги, в 2–5 раз превышающее сумму атмосферных осадков. Особенно засушливым бывают конец мая и большая часть июня, когда яровые зерновые находятся в стадии кущения — выхода в трубку. До выпадения осадков растениям приходится расходовать быстро исчезающие запасы влаги, накопившиеся в почве в результате зимних осадков. Все климатические факторы сильно варьируют в разные годы как по напряженности, так и по времени проявления.

По многолетним данным годовая норма осадков в районе проведения опытов — 340 мм. Осадки теплого периода (апрель — октябрь) составляют 71,2% от годового количества. Большая часть их выпадает во второй половине лета.

Сумма осадков за период октябрь — сентябрь в 2018 г. составила 328,8 мм, или 96,7% от годовой нор-

мы, в 2019 г. — 285,1 мм, или 83,9% от годовой нормы, и в 2020 г. — 449,2 мм, или 152,7% от годовой нормы.

Рассматривая осадки за вегетационный период 2018 г., стоит отметить, что осадки мая, июня и августа превысили многолетнюю норму, при этом в августе их выпало 235,4% от многолетней нормы, что привело к удлинению вегетационного периода и создало существенные трудности при проведении уборочной кампании (табл. 1). Осадки всего вегетационного периода 2019 г. были в разы меньше многолетней нормы, за исключением августа, что привело к стрессу возделываемых сельскохозяйственных культур и, соответственно, к снижению урожайности. Осадки, выпавшие в августе, пришлось на последние числа месяца, что никак не повлияло на количество и качество урожая сельскохозяйственных культур, так как уже шла уборочная кампания. Осадки мая и августа 2020 г. были в разы больше многолетней нормы. В мае большая часть осадков пришлось на вторую декаду месяца, что немного затруднило посев зерновых культур, но тем не менее способствовало дружным и хорошим всходам в дальнейшем. Осадки, выпавшие в июне и июле, были незначительными, и это привело к ускорению фаз развития зерновых культур и впоследствии к снижению урожая зерна.

Кроме того, проведенный нами анализ взаимосвязи урожая зерновых с количеством и временем выпадения осадков показал, что в северном регионе Казахстана его величина определяется (помимо прочих факторов) осадками июня — июля, а качество зерна — осадками августа — сентября. В первом случае чем больше осадков в июне — июле — тем выше урожай, во втором — чем меньше осадков и выше температура в конце созревания и уборки, тем лучше технологические качества зерна [13].

Относительно среднесуточной температуры воздуха стоит отметить, что в теплый период 2018 г. она была близка к среднемноголетним значениям. Отмечается существенное повышение среднесуточной температуры в июле в сравнении с многолетними значениями. В теплый период 2019 и 2020 гг. среднесуточная температура воздуха была выше среднемноголетних значений, за исключением июня месяца 2020 г. Также отмечается повышение среднесуточной температуры в июле в сравнении с многолетними значениями. Высокие температуры воздуха в период цветения приводят к снижению озерненности колоса и негативно влияют на качество зерна пшеницы.

Результаты

Для оценки исходного состояния почвы по содержанию основных элементов минеральной пищи весной до посева определяли содержание азота нитратного ($N-NO_3$), подвижного фосфора (P_2O_5) и обменного калия (K_2O) в слое 0–40 см. Результаты анализов по зернопаровому севообороту в среднем за 2018–2020 гг. сведены в табл. 2.

Если принять во внимание, что оптимальное содержание $N-NO_3$ — не ме-

нее 10–15 мг/кг, то по данным в среднем за 2018–2020 гг. почва перед посевом второй и третьей культуры зернопарового севооборота имела низкую обеспеченность нитратами: 5,7–7,5 мг/кг почвы (в слое 0–40 см), то есть отличия по вариантам были незначительными. На первой же культуре после пара содержание азота нитратного характеризовалось как среднее — 11,9–12,8 мг/кг почвы (в слое 0–40 см).

Содержание подвижного фосфора в зернопаровом севообороте было в основном повышенное во всех полях и вариантах опыта, за исключением третьей пшеницы после пара (контрольный вариант). Здесь содержание фосфора было средним — 92 мг/кг (в слое 0–40 см).

В плодосменном севообороте ко времени посева наблюдалась следующая картина (табл. 3).

Все культуры плодосменного севооборота имели очень низкую и низкую степень обеспеченности нитратным азотом в слое 0–40 см. При этом засушливые условия 2018–2020 гг. не способствовали накоплению азота зернобобовой культурой (горох).

По содержанию подвижного фосфора во всех полях севооборота в слое 0–40 см от предшественника никакой зависимости выявлено не было, и его содержание характеризовалось как среднее.

Содержание окиси калия по всем полям изучаемых севооборотов имеет высокую и очень высокую степень обеспеченности, и не наблюдается особой зависимости от места в севообороте.

Азоту принадлежит ведущая роль в повышении урожая сельскохозяйственных культур. Д.Н. Прянишников подчеркивал, что главным условием, определяющим среднюю высоту урожая, была степень обеспеченно-

Таблица 1. Метеоусловия вегетационного периода 2018–2020 гг. и многолетняя норма

Table 1. Weather conditions of the growing season 2018–2020 and the long-term norm

Год	Осадки, мм				Температура воздуха, °С				
	Май	Июнь	Июль	Август	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Многолетняя норма	36,0	35,0	56,0	35,0	13,7	20,0	20,9	18,9	12,5
2018	44,7	76,4	35,7	82,4	11,9	16,6	22,1	18,1	13,2
2019	18,1	12,8	23,0	53,0	15,4	18,5	23,1	19,4	10,9
2020	80,6	23,1	17,4	69,5	17,2	17,8	23,3	19,8	11,9

Таблица 2. Содержание основных элементов питания в слое почвы 0–40 см по полям зернопарового севооборота перед посевом (среднее за 2018–2020 гг.)

Table 2. The content of the main nutrients in the soil layer of 0–40 cm in the fields of the grain-fallow crop rotation before sowing (average for 2018–2020)

Поля севооборота	Вариант	Содержится, мг/кг почвы		
		$N-NO_3$	P_2O_5	K_2O
Гербицидный пар	—	5,7	100	211
1-я пшеница после пара	контроль	12,8	97	207
	P_{15}	11,9	121	215
2-я пшеница после пара	контроль	6,5	110	194
	P_{15}	7,2	110	226
3-я пшеница после пара	контроль	5,7	92	213
	P_{15}	7,5	124	246

сти сельскохозяйственных растений азотом [14].

Основным источником азота для растений являются соли азотной кислоты (нитраты) и соли аммония. В естественных условиях питание растений азотом происходит путем потребления ими аниона NO_3^- и катиона NH_4^+ , находящихся в почвенном растворе в обменно-поглощенном почвенными коллоидами состоянии. Поступившие в растения минеральные формы азота проходят сложный цикл превращения, в конечном итоге включаясь в состав органических азотистых соединений — аминокислот, амидов и, наконец, белка. Синтез органических азотистых соединений происходит через аммиак, образованием его завершается и их распад. Аммиак, по выражению Д.Н. Прянишникова, «... есть альфа и омега в обмене азотистых веществ у растений».

Определение содержания азота в листьях и стеблях растений проводилось в лаборатории. Фактические значения для определения обеспеченности растений азотом следующие: < 1,5 — очень низкая, 2,1–2,4 — средняя, 2,5–3,0 — оптимальная (рис. 1).

Как видно из рис. 1, в фазу колошения все поля пшеницы в зернопаровом севообороте в среднем за 2018–2020 годы исследований имели высокий процент содержания азота в листьях — 3,47–4,24.

Рассматривая плодосменный севооборот, стоит отметить наиболее высокие показатели содержания азота в листьях растений на пшенице после гороха по показаниям N-тестера — 523 (или 3,98 в % на сухое вещество).

Задачи настоящих исследований сводятся лишь к дальнейшему снижению невосполнимых энергетических затрат, повышению урожайности, более полному использованию растительных остатков, то есть накоплению органического вещества в верхнем слое почвы. Следствием решения этих задач является разработанная ТОО «СХОС «Заречное»» (ранее ТОО «Костанайский НИИСХ») берегающая технология, основанная на нулевой обработке почвы, а именно разрабатываемый ныне комплекс приемов берегающего земледелия. Одним из этих приемов, наряду с диверсификацией, является оптимизация пищевого режима (его оптимизация в условиях берегающего земледелия), что позволит повысить экономическую эффективность.

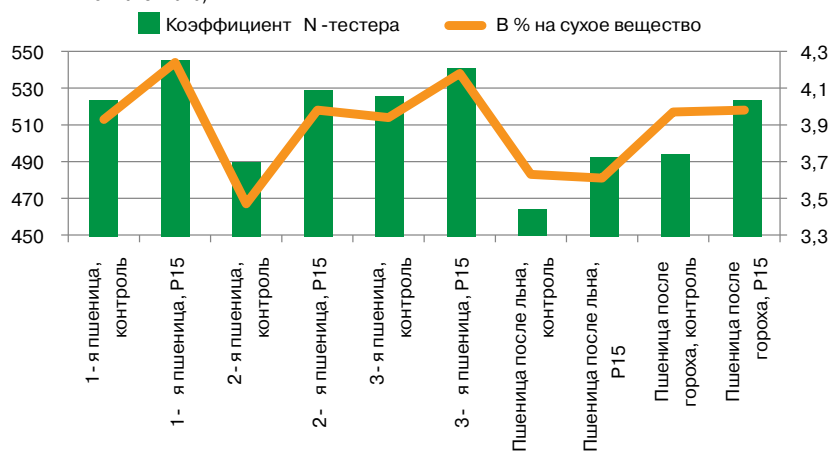
Таблица 3. Содержание основных элементов питания в слое почвы 0–40 см по полям плодосменного севооборота перед посевом (среднее за 2018–2020 гг.)

Table 3. The content of basic nutrients in the soil layer of 0–40 cm in the fields of the fruit-shifting crop rotation before sowing (average for 2018–2020)

Поля севооборота	Вариант	Содержится, мг/кг почвы		
		N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Горох	контроль	4,5	61	235
	P ₁₅	3,9	72	250
Пшеница после гороха	контроль	5,2	52	213
	P ₁₅	4,5	60	206
Лен	контроль	4,6	68	210
	P ₁₅	5,0	82	229
Пшеница после льна	контроль	4,2	62	197
	P ₁₅	3,8	73	197

Рис. 1. Содержание азота в листьях растений яровой пшеницы в фазу колошения (среднее за 2018–2020 гг.)

Fig. 1. Nitrogen content in the leaves of spring wheat plants during the earing phase (average for 2018–2020)



Содержание азота в листьях растений яровой пшеницы в фазу

Таблица 4. Урожайность яровой пшеницы в зернопаровом севообороте, 2018–2020 гг.

Table 4. Yield of spring wheat in the grain-fallow crop rotation, 2018–2020

Поле севооборота	Вариант	Урожайность по годам, ц/га					Прибавка, %
		2018	2019	2020	средняя	+/- к контролю	
1-я пшеница после пара	контроль	38,4	21,1	22,4	27,2	–	–
	P ₁₅	38,9	23,0	23,8	28,5	+1,3	+4,8
HCP ₀₅		4,1	2,5	3,1			
2-я пшеница после пара	контроль	28,0	11,0	21,6	20,2	–	–
	P ₁₅	26,5	13,0	23,4	21,0	+0,8	+4,0
HCP ₀₅		5,9	3,7	2,6			
3-я пшеница после пара	контроль	29,5	12,4	18,0	20,0	–	–
	P ₁₅	30,0	11,7	18,5	20,1	+0,1	+0,5
HCP ₀₅		1,9	7,9	0,5			

Таблица 5. Урожайность культур, возделываемых в плодосменном севообороте, 2018–2020 гг.

Table 5. Yield of crops cultivated in the fruit-shifting crop rotation, 2018–2020

Поле севооборота	Вариант	Урожайность по годам, ц/га					Прибавка, %
		2018	2019	2020	средняя	+/- к контролю	
Горох	контроль	23,5	17,3	19,8	20,2	–	–
	P ₁₅	26,2	19,0	20,0	21,8	+1,6	+7,9
НСР ₀₅		4,6	4,2	0,8			
Пшеница после гороха	контроль	27,6	7,6	15,8	17,0	–	–
	P ₁₅	26,9	10,8	22,5	20,1	+3,1	+18,2
НСР ₀₅		3,0	3,0	2,9			
Лен	контроль	13,0	4,6	6,0	7,9	–	–
	P ₁₅	12,8	4,7	7,0	8,1	+0,2	+2,5
НСР ₀₅		0,8	3,0	0,6			
Пшеница после льна	контроль	21,2	6,9	16,3	14,8	–	–
	P ₁₅	23,7	7,9	18,4	16,7	+1,9	+12,8
НСР ₀₅		5,5	4,9	3,5			

При этом стоит отметить, что стационар, на котором проводятся данные исследования, заложен в 2001 г., что имеет большую научную ценность в изучении сберегающего земледелия (табл. 4).

В среднем за годы исследований (2018–2020 гг.) самым высокоурожайным вариантом оказалась первая пшеница после пара в зернопаровом севообороте: 27,2 ц/га — на контрольном варианте и 28,5 ц/га — на вариантах внесения азотно-фосфорного удобрения аммофос. В то же время эффект от применения удобрения при посеве в рядки в отдельные годы проявился на второй и третьей культуре после пара, однако данные прибавки находились в пределах точности опыта.

Оценивая урожайность пшеницы после гороха в плодосмене, стоит отметить увеличение урожайности при внесении аммофоса в рядки при посеве. Прибавка по сравнению с контрольным вариантом составила 18,2% к контролю, или +3,1 ц/га (табл. 5).

Применение азотно-фосфорного удобрения в рядки при посеве положительно сказалось и на продуктивности самого гороха в плодосменном севообороте — за 2018 и 2019 гг. прибавка урожая составила 2,7 и 1,7 ц/га соответственно.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Усенко С.В., Усенко В.И., Гаркуша А.А. Эффективность приемов обработки почвы и средств интенсификации на яровой пшенице в зависимости от метеословий и предшественника в лесостепи Алтайского Приобья. Земледелие. 2019; (5): 16–21. [Usenko S.V., Usenko V.I., Garkusha A.A. The effectiveness of tillage techniques and means of intensification on spring wheat, depending on weather conditions and its predecessor in the forest-steppe of the Altai Ob region. Agriculture. 2019; (5): 16–21. (in Rus)].
2. Пашкова Г.И. Влияние предшественников на продуктивность яровой пшеницы. Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2020; Т.6, 1. (21): 48–53. [Pashkova G.I. The influence of precursors on the productivity of spring wheat. Bulletin of the Mari State University. Series: Agricultural Sciences. Economic sciences. 2020; Vol. 6, 1. (21): 48–53. (in Rus)].
3. Жданов В.М., Скороходов В.Ю., Кафтан Ю.В., Митро-

Выводы

Анализ динамики пищевого режима почвы свидетельствует о том, что лучшие условия минерального питания растений создаются при размещении культур в зернопаровом севообороте, в состав которого входит гербицидный пар при длительном ежегодном припосевном внесении минеральных удобрений. Так, в слое почвы 0–40 см на первой пшенице после пара содержание азота нитратного характеризовалось как среднее и составило 11,9–12,8 мг/кг, содержание подвижного фосфора было повышенным и составило 121 мг/кг почвы.

В плане эффективности применения вариантов с целью регулирования пищевого режима нужно выделить все три поля пшеницы в зернопаровом севообороте. Здесь наиболее высокий показатель в фазу колошения — выше контроля на 6,1–14,7% были варианты с применением удобрения в рядки.

По результатам исследований в зернопаровом севообороте наибольшая урожайность отмечена на первой пшенице после пара — 27,2 ц/га (контроль) и 28,5 ц/га (P₁₅ в рядки при посеве). Применение минерального удобрения аммофос в плодосменном севообороте позволило значительно увеличить урожайность на пшенице после гороха, особенно в условиях 2020 г. За 2018–2020 гг. урожайность пшеницы, посеянной после гороха, на контроле составила 17,0 ц/га, на удобренном варианте — 20,1 ц/га.

Статья подготовлена в рамках программно-целевого финансирования МСХ РК на 2021–2023 годы по научно-технической программе «Разработать систему земледелия возделывания сельскохозяйственных культур (зерновых, зернобобовых, масличных и технических культур) с применением элементов технологии возделывания, дифференцированного питания, средств защиты растений и техники для рентабельного производства на основе сравнительного исследования различных технологий возделывания для регионов Казахстана» (ИРН — BR10764908).

фанов Д.В., Зенкова Н.А., Жижин В.Н. Урожайность яровой мягкой пшеницы в оренбургском Предуралье. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015; 1. (51): 24–26. [Zhdanov V.M., Skorokhodov V.Yu., Kaftan Yu.V., Mitrofanov D.V., Zenkova N.A., Zhizhin V.N. Yield of spring soft wheat in the Orenburg Urals. Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2015; 1. (51): 24–26. (in Rus)].

4. Борисова Е.Е. Влияние предшественников и зеленого удобрения на пищевой режим почвы и урожайность яровой пшеницы. Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2014; (3): 38–41. [Borisova E.E. The influence of precursors and green fertilizers on the food regime of the soil and the yield of spring wheat. Bulletin of the Michurinsky State Agrarian University. 2014; (3): 38–41. (in Rus)].

5. Турусов В.И., Богатых О.А., Дронова Н.В., Балюнова Е.А. Влияние предшественников на пищевой режим почвы, урожайность и качество озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в условиях юго-востока ЦЧР. Проблемы агрохимии и эколо-

гии. 2020; (2): 11–15. [Turusov V.I., Boghykh O.A., Dronova N.V., Balyunova E.A. The influence of precursors on the food regime of the soil, yield and quality of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in the conditions of the south-east of the Central Asian Republic. Problems of agrochemistry and ecology. 2020; (2):11–15. (in Rus)].

6. Келехсашвили Л.М. Особенности пищевого режима почвы в зависимости от минеральных удобрений. Научная жизнь. 2021; Т. 16, 4 (116): 465–476. [Kelehsashvili L.M. Features of the soil regime in dependence on mineral fertilizers. Scientific life. 2021; Т. 16, 4 (116): 465–476. (in Rus)].

7. Болдышева Е.П., Чудинов В.А., Попова В.И., Бекмагамбетов А.И. Применение минеральных удобрений под яровую пшеницу при ресурсосберегающей технологии возделывания на обыкновенном черноземе. Вестник Омского государственного аграрного университета. 2020; 2. (38): 41–51. [Boldysheva E.P., Chudinov V.A., Popova V.I., Bekmagambetov A.I. Application of mineral fertilizers for spring wheat with resource-saving technology of cultivation on ordinary chernozem. Bulletin of the Omsk State Agrarian University. 2020; 2. (38): 41–51. (in Rus)].

8. Bobrenko I.A., Shumakova O.V., Goman N.V., Novikov Y.I., Popova V.I., Blinov O.A. Improving Competitiveness of the Wheat Production within the Siberian Region (in Terms of the Omsk region). Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2017; Vol. 8, (2): 426–436. (in Eng)

9. Nardin D.S., Bobrenko I.A., Goman N.V., Vakalova E.A., Nardina S.A. Increasing Economic Efficiency of Producing Wheat in the West Siberia and South Ural as a Factor of Developing Import Substitution. International Review of Management and Marketing. 2016; Vol. 6, (4): 772–778. (in Eng)

10. Abuova A.B., Tulkubayeva S.A., Tulayev Yu.V., Tashmukhamedov M.B., Plotnikov V.G. Effect of soil fertility variability on the yield of grain crops in Northern. Annals of Agri-Bio Research. 2019; 24 (2): 183–190. (in Eng)

11. Куликова А.Х., Тойгильдин А.Л., Цаповская О.Н. Питательный режим и биологическая активность почвы в зависимости от загрязнения медью и роль диатомита как детоксиканта. Аграрная наука. 2022; 355 (1): 72–77. [Kulikova A.H., Toygildin A.L., Tsapovskaya O.N. Nutritional regime and biological activity of soil in dependence on copper contamination and the role of diatomite as a detoxifier. Agrarian science. 2022; 355 (1): 72–77. (in Rus)].

12. Конончук В.В., Гончаренко М.С., Бородуля М.В. Предшественник и удобрение зерновых культур в севооборотах Центрального Нечерноземья. Агрохимический вестник. 2013; (6): 8–13. [Kononchuk V.V., Goncharenko M.S., Borodulya M.V. Precursor and fertilization of grain crops in crop rotations of the Central Non-Chernozem region. Agrochemical Bulletin. 2013; (6): 8–13. (in Rus)].

13. Гилевич С.И., Госсен Э.Ф. Водный режим почвы в севооборотах. Вестник с.-х. науки Казахстана. 1983; (11): 37–40. [Gilevich S.I., Gossen E.F. Soil water regime in crop rotations. Bulletin of agricultural science of Kazakhstan. 1983; (11): 37–40. (in Rus)].

14. Прынишников Д.Н. Общие вопросы агрономии и химизации земледелия. Избранные труды. Издательство: Наука (Москва). 1976: 591 с. [Pryanishnikov D. N. General issues of agronomy and chemicalization of agriculture. Selected works. Publisher: Nauka (Moscow). 1976: 591 p. (in Rus)].

ОБ АВТОРАХ:

Тулаев Юрий Валерьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией точного и органического земледелия ТОО «Сельскохозяйственная опытная станция «Заречное»»

Абуова Алтынай Бурхатовна, доктор сельскохозяйственных наук, ТОО «Сельскохозяйственная опытная станция «Заречное»»

Сомова Светлана Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории точного и органического земледелия ТОО «Сельскохозяйственная опытная станция «Заречное»»

Сидорик Александр Иванович, PhD-докторант, ТОО «Сельскохозяйственная опытная станция «Заречное»»

Сафронова Ольга Станиславовна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией агрохимических и генетических исследований ТОО «Сельскохозяйственная опытная станция «Заречное»»

ABOUT THE AUTHORS:

Tulaev Yuriy Valerevich, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Precision and Organic Agriculture of «Agricultural experimental station «Zarechnoye»» LLP

Abuova Altynaj Burhatovna, Doctor of Agricultural Sciences, «Agricultural experimental station «Zarechnoye»» LLP

Somova Svetlana Vladimirovna, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Precision and Organic Agriculture of «Agricultural experimental station «Zarechnoye»» LLP

Sidorik Aleksandr Ivanovich, PhD-doctoral student, «Agricultural experimental station «Zarechnoye»» LLP

Safronova Olga Stanislavovna, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Agrochemical and Genetic Research of «Agricultural experimental station «Zarechnoye»» LLP

