

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ В ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ

И. Н. Шарков, доктор биологических наук,

С. А. Колбин, старший научный сотрудник

Сибирский федеральный научный центр
агробиотехнологий, Новосибирск, Россия

E-mail: humus3@yandex.ru

Ключевые слова: урожайность яровой пшеницы, осадки летнего периода, гидротермический коэффициент Селянинова, коэффициент увлажнения Понько, окупаемость азота прибавкой зерна

Реферат. *Цель исследования – выявить зависимость урожайности яровой пшеницы от агрометеорологических показателей вегетационного периода при различных уровнях азотного питания в центральной лесостепи Приобья. Пшеницу среднеранних сортов выращивали в севообороте «пшеница – ячмень» при дозах N_{ϕ} , $N_{3\phi}$, $N_{6\phi}$ и $N_{9\phi}$ на фоне полного комплекса средств защиты растений. Корреляционную связь урожайности пшеницы с агрометеорологическими показателями оценивали по результатам 13 лет исследования. Для характеристики гидротермических условий использовали запас продуктивной влаги в почве, количество осадков и температуру воздуха, гидротермический коэффициент Селянинова, коэффициент увлажнения Понько. За годы исследования урожайность зерна изменялась от 7,2 до 43,6 ц/га, коэффициент Селянинова – от 0,18 до 1,67. Наибольшие коэффициенты корреляции (0,7–0,8) получены между урожайностью пшеницы и показателями гидротермических условий июня – июля. Причем с количеством осадков этого периода зависимость была положительной, с температурой воздуха – отрицательной. Не выявлено достоверной связи между урожайностью зерна и весенним запасом продуктивной влаги в почве. Теснота связи урожайности пшеницы с гидротермическим коэффициентом Селянинова и коэффициентом увлажнения Понько была одинаковой, причем наибольшие коэффициенты корреляции также получены для июня – июля. Прибавки урожайности зерна пшеницы от азотного удобрения значительно возрастали по мере улучшения гидротермических условий вегетационного периода. На основании полученных величин окупаемости азота удобрения прибавкой урожая сделан вывод, что текущее соотношение цен реализации хозяйствами зерна и покупки ими азотных удобрений (примерно 1:7) неблагоприятно для освоения интенсивных технологий возделывания культур.*

THE INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS OF THE GROWING SEASON ON THE YIELD OF SPRING WHEAT AND THE EFFECTIVENESS OF NITROGEN FERTILIZER IN THE FOREST-STEPPE OF THE OB RIVER REGION

I.N. Sharkov, Doctor of Biological Sciences,
S.A. Kolbin, Senior Researcher

Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology, Novosibirsk, Russia

Key words: spring wheat productivity, summer rainfall, Selyaninov hydrothermal coefficient, Ponko moisture coefficient, nitrogen payback by grain addition

Abstract. The purpose of the study is to identify the dependence of spring wheat productivity on agrometeorological indicators of the vegetation period at various levels of nitrogen nutrition in the central forest-steppe of the Ob Region. Wheat of medium early varieties was grown in a wheat-barley crop rotation at doses N0, N30, N60 and N90 against the background of a full range of plant protection products. The correlation between wheat productivity and agrometeorological indicators was evaluated based on the results of 13 years of research. To characterize the hydrothermal conditions, we used the reserve of productive moisture in the soil, the amount of precipitation and air temperature, the Selyaninov hydrothermal coefficient, and the Ponko wetting coefficient. Over the years, grain yield varied from 7.2 to 43.6 kg / ha, Selyaninov coefficient - from 0.18 to 1.67. The highest correlation coefficients (0.7–0.8) were obtained between wheat productivity and indicators of hydrothermal conditions in June - July. Moreover, with the amount of precipitation of this period, the dependence was positive, with air temperature - negative. No reliable relationship was found between grain yield and spring stock of productive moisture in the soil. The tightness of the relationship between wheat productivity and the Selyaninov hydrothermal coefficient and Ponko hydration coefficient was the same, with the highest correlation coefficients also obtained for June – July. The increase in wheat grain from nitrogen fertilizer increased significantly as the hydrothermal conditions of the growing season improved. Based on the obtained values of the fertilizer nitrogen payback by increasing the crop, it was concluded that the current price ratio - the sale of grain by the farms and their purchase of nitrogen fertilizers (approximately 1:7) is unfavorable for the development of intensive crop cultivation technologies.

В богарном земледелии погодные условия вегетационного периода часто оказывают решающее влияние на урожайность культур и эффективность удобрений. По данным А. А. Конева [1], в лесостепи Новосибирской области осадки осени, зимы и весны, составляющие около 50% годовой нормы, определяют лишь 10% изменчивости урожайности зерновых культур, тогда как осадки июня и первой декады июля, составляющие примерно 20% данной нормы, определяют 80% изменчивости урожая зерна. Осадки второй половины лета находятся с урожайностью зерновых в отрицательной регрессионной связи. По мнению В. А. Кумакова [2], для яровой пшеницы наиболее значимыми являются осадки так называемого критического периода – от фазы выхода в трубку до коло-

шения. Основная часть этого периода приходится на июнь и июль. Данные В. Г. Холмова и В. Г. Юшкевича [3], полученные в южной лесостепи Омской области, также свидетельствуют об определяющем влиянии гидротермических условий июня и июля на урожайность зерновых культур. Полевыми наблюдениями В. В. Лисунова и А. А. Онучина установлено [4], что разовые осадки до 5 мм, как и их сумма за декаду менее 10 мм, неэффективны, поскольку увлажняют лишь верхний слой почвы (3–5 см) и мало влияют на улучшение снабжения растений влагой.

Вторым после погодных условий наиболее значимым фактором, определяющим урожайность зерновых культур на черноземных почвах по непаровым предшественникам, чаще всего выступает азот [5]. Поэтому, не-

смотря на отсутствие надежных прогнозов погоды на период вегетации, выявление зависимостей урожайности культур от гидротермических условий и уровня обеспеченности азотом представляется важным для более глубокого понимания возможностей совершенствования подходов к оптимизации азотного питания растений.

Цель исследования – выявить зависимость урожайности яровой пшеницы от агрометеорологических показателей вегетационного периода при различных уровнях азотного питания на черноземе выщелоченном в центральной лесостепи Приобья.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в севообороте «пшеница – ячмень», заложенном в 2003 г. в центральной лесостепи Приобья на землях ФГУП «Элитное», в пригороде Новосибирска. Обе культуры выращивали при ежегодном внесении азотных удобрений под предпосевную культивацию в дозах N_0 , N_{30} , N_{60} и N_{90} . Яровую пшеницу сорта Новосибирская 29 (с 2014 г. – Новосибирская 31) выращивали по интенсивной технологии, т.е. при применении комплекса средств защиты растений: инсектицидов, гербицидов и фунгицидов. Размеры делянок 4 x 13 (м), зяблевая обработка почвы – ежегодная вспашка на глубину 25–27 см. Урожай зерна учитывали сноповым методом с последующей уборкой пшеницы комбайном, измельчением и разбрасыванием соломы по полю. Повторность в вариантах опыта четырёхкратная.

Почва – чернозем выщелоченный средне-суглинистого гранулометрического состава.

Содержание гумуса в пахотном слое 5,8%, общего азота – 0,35%, реакция среды – близкая к нейтральной. Почва хорошо обеспечена фосфором и калием, содержание P_2O_5 и K_2O (по Чирикову) – 23 и 18 мг/100 г почвы соответственно. Среднегодовое количество осадков на территории проведения опыта составляет примерно 400 мм, сумма температур воздуха выше 10°C – около 1800°C. В почве варианта опыта без применения азотного удобрения ежегодно определяли стартовый (весенний) запас продуктивной влаги термостатно-весовым методом и нитратного азота усовершенствованным дисульфифеноловым методом [6]. Статистическая обработка результатов исследования выполнена с помощью пакета прикладных программ SNEDECOR [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Урожаи пшеницы формировались при достаточно высоких стартовых запасах влаги и низком содержании нитратного азота в почве (табл. 1). Явный дефицит нитратного азота в почве был обусловлен двумя основными причинами: во-первых, исследование проведено в севообороте без чистого пара, во-вторых, обеспеченность почвы нитратами определялась, как отмечалось выше, в варианте без применения азотного удобрения. Вследствие низкой обеспеченности почвы усвояемыми растениями соединениями азота, а также применения интенсивной технологии возделывания пшеницы можно ожидать повышенной эффективности азотного удобрения. Изменение по годам запасов нитратного

Таблица 1

Весенние запасы продуктивной влаги и нитратного азота в почве в 2004–2016 гг.
Spring reserves of productive moisture and nitrate nitrogen in the soil in 2004–2016

Слой почвы, см	Влага, мм			N-NO ₃ , кг/га		
	\bar{X}	lim	V, %	\bar{X}	lim	V, %
0–40	67	49–84	14	26	7–46	34
0–100	153	114–190	11	42	12–93	36

Примечание. X, V – соответственно среднее и коэффициент вариации.
Note. X, V - respectively, the average and coefficient of variation.

азота в почве было примерно в 3 раза более выраженным, чем продуктивной влаги.

Несмотря на кажущуюся изученность влияния гидротермических условий вегетационного периода на продуктивность зерновых культур, имеется немало вопросов, которые до сих пор остаются дискуссионными. Одним из них является вопрос о выборе агро-

метеорологических показателей, тесно связанных с изменением урожайности культур. Эти показатели должны характеризовать продукционный процесс растений в период, наиболее важный с точки зрения формирования урожайности. Как уже отмечалось, для яровых зерновых культур таким периодом, называемым иногда критическим, является время

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между агрометеорологическими показателями и урожаем зерна пшеницы в 2004–2016 гг.

Correlation coefficients between agrometeorological indicators and wheat grain yield in 2004–2016

Период	Вариант опыта				Прибавка зерна от дозы N ₆₀
	N ₀	N ₃₀	N ₆₀	N ₉₀	
<i>Запас продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см, мм</i>					
15–25 мая	0,47	0,49	0,45	0,47	0,29
<i>Осадки, мм</i>					
Май	0,26	0,35	0,37	0,34	0,45
Июнь	0,54*	0,54*	0,62*	0,56*	0,60*
Июль	0,72*	0,74*	0,70*	0,73*	0,54*
Август	-0,21	-0,15	-0,15	-0,20	-0,03
Июнь – июль	0,80*	0,82*	0,82*	0,82*	0,70*
Июнь – август	0,43	0,50	0,50	0,46	0,50
Май – август	0,46	0,55*	0,57	0,51*	0,60*
<i>Запас продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см + осадки июня и июля, мм</i>					
15–25 мая (влага в почве), июль–июль (осадки)	0,76*	0,81*	0,80*	0,78*	0,63*
<i>Среднесуточные температуры воздуха, °С</i>					
Май	0,04	-0,01	0,11	0,07	0,19
Июнь	-0,63*	-0,69*	-0,75*	-0,76*	-0,72*
Июль	-0,39	-0,35	-0,39	-0,34	-0,28
Август	0,05	0,09	0,00	0,10	-0,08
Июнь – июль	-0,69*	-0,72*	-0,79*	-0,77*	-0,71*
Июнь – август	-0,63*	-0,65*	-0,75*	-0,69*	-0,70*
Май – август	-0,52	-0,56	-0,58	-0,56	-0,50
<i>ГТК Селянинова</i>					
Май	0,08	0,21	0,16	0,07	0,24
Июнь	0,61*	0,65*	0,72*	0,65*	0,67*
Июль	0,69*	0,70*	0,68*	0,68*	0,47
Август	-0,27	-0,21	-0,19	-0,26	-0,01
Июнь – июль	0,78*	0,82*	0,85*	0,82*	0,72*
Июнь – август	0,37	0,45	0,49	0,41	0,52
Май – август	0,36	0,48	0,47	0,41	0,51
<i>К, Понько</i>					
Май	0,15	0,31	0,20	0,22	0,21
Июнь	0,53	0,58*	0,68*	0,60*	0,71*
Июль	0,69*	0,70*	0,68*	0,68*	0,47
Август	-0,24	-0,19	-0,16	-0,23	0,01
Июнь – июль	0,78*	0,82*	0,85*	0,82*	0,72*
Июнь – август	0,39	0,46	0,51	0,43	0,54
Май – август	0,37	0,49	0,49	0,43	0,52

* Коэффициенты достоверны на 5%-м уровне значимости (порог достоверности 0,55).

* Coefficients are reliable at the 5% significance level (confidence threshold 0.55).

вегетации от выхода в трубку до фазы колошения, что для условий лесостепи Западной Сибири соответствует июню и июлю.

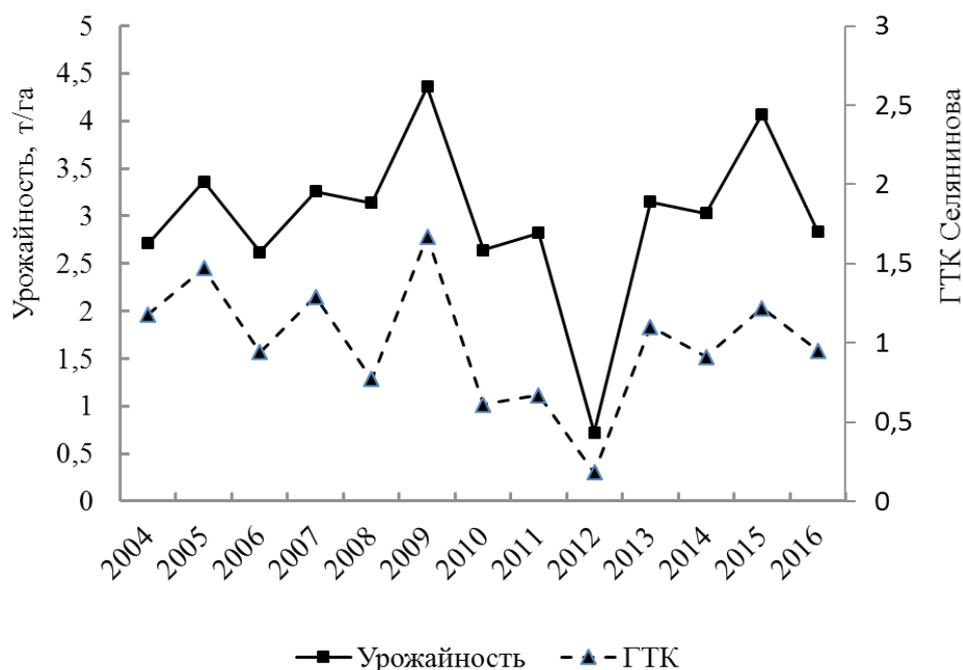
Для выбора наиболее подходящего агрометеорологического показателя были оценены корреляционные связи урожайности яровой пшеницы с запасом продуктивной влаги в почве, количеством осадков и температурой воздуха, а также гидротермическим коэффициентом (ГТК) Г.Т. Селянинова [8] и коэффициентом увлажнения (K_y) В.А. Понько [9] (табл. 2).

Наибольшие коэффициенты корреляции (0,7–0,8) за 13-летний период исследования получены между урожайностью пшеницы и показателями гидротермических условий июня – июля. Причем с количеством осадков этого периода зависимость была положительной, с температурой воздуха – отрицательной. Отметим также, что достоверная связь между урожайностью и количеством осадков обнаружена для июня и июля, тогда как обратная зависимость, с температурой воздуха, была значимой только для июня.

Не выявлено достоверной связи между урожайностью зерна и весенним запасом продуктивной влаги в почве. Добавление

данного запаса к количеству осадков в июне–июле также не способствовало усилению корреляционной зависимости. Причины отсутствия достоверной связи урожайности пшеницы с количеством влаги в почве в начале вегетации растений кроются, вероятно, в сравнительно непродолжительном периоде исследования (малом количестве пар сравнения) и в значительно более сильном влиянии на продукционный процесс растений летних осадков. В зависимости от их количества, как свидетельствуют данные В.В. Лисунова, А.А. Онучина [4], можно получить примерно одинаковую урожайность в достаточно широком диапазоне стартового запаса влаги в почве.

Как и следовало ожидать, теснота связи урожайности пшеницы с ГТК Селянинова и K_y Понько оказалась одинаковой, причем наибольшие коэффициенты корреляции (0,72–0,85) также получены для июня – июля. Оба эти показателя представляют собой отношение количества осадков к сумме температур воздуха. Основное различие заключается в том, что ГТК рассчитывается для периодов с суммами температур воздуха выше 10°C, а K_y – выше 0°C.



Зависимость урожайности зерна пшеницы в варианте N_{60} от ГТК Селянинова за июнь – июль
Dependence of wheat grain yield in treatment field experience N_{60} from the coefficient of Selyaninov for June-July

Различий в тесноте связи между урожайностью пшеницы и уровнем азотного питания не выявлено (см. табл. 2). Для наглядности изменения урожайности зерна пшеницы (в варианте опыта N_{60}) и показателей ГТК июня – июля за период исследования представлены на рисунке. Видно, что конфигурации линий обоих графиков практически идентичны. При этом за годы исследования урожайность зерна пшеницы изменялась от 7,2 до 43,6 ц/га, ГТК – от 0,18 до 1,67.

Прибавки зерна пшеницы от азотного удобрения, так же как и показатели ее урожайности, в основном определялись гидротермическими условиями июня – июля, о чем свидетельствуют высокие коэффициенты корреляции (см. табл. 2).

Таким образом, адекватная оценка уровня урожайности яровой пшеницы в лесостепи Приобья может быть сделана по ряду агрометеорологических показателей июня – июля: суммарному количеству осадков, среднесуточной температуре воздуха, ГТК Селянинова и K_y Понько. Наиболее простой из них – количество осадков, часто используемый – коэффициент Селянинова.

Интерес представляет анализ окупаемости азотного удобрения прибавкой зерна при различных погодных условиях вегетационного периода. Этим показателем определяется доход от применения удобрений, т.е. по сути дела целесообразность их использования в агротехнологии. Для проведения такого анализа годы исследования по ГТК июня – июля были условно разделены на острозасушливые ($< 0,5$), умеренно засушливые ($0,5-1,0$) и уме-

ренно увлажненные ($> 1,0$). Результаты обнаружили четкую закономерность, заключающуюся в значительном увеличении окупаемости азотного удобрений прибавкой зерна по мере улучшения гидротермических условий вегетационного периода (табл. 3). Так, окупаемость азота прибавкой зерна в умеренно увлажненные годы, в сравнении с умеренно засушливыми, увеличилась при N_{30} на 32%, N_{60} – на 57 и N_{90} – на 40%. Подтверждено известное положение о снижении показателя окупаемости по мере увеличения дозы удобрения.

Поскольку азотное удобрение обычно вносится в почву в мае до или во время посева зерновых, а его эффективность во многом определяется непрогнозируемыми пока условиями погоды в июне – июле, ориентироваться приходится чаще всего на среднемесячные показатели окупаемости удобрений прибавкой урожая. Они оказались достаточно высокими и изменялись от 17,3 при N_{30} до 11,1 кг/кг при N_{90} (снижение 36%). По обобщенным Г. П. Гамзиковым данным [5], окупаемость азота удобрения прибавкой зерна пшеницы при N_{60} в лесостепной зоне на черноземах выщелоченных составила около 10 кг/кг.

Возможные причины повышенных значений окупаемости азота удобрения прибавкой зерна в нашем опыте заключаются в следующем. Во-первых, как уже отмечалось, пшеница выращивалась в опыте по интенсивной технологии, при своевременном применении инсектицидов, гербицидов и фунгицидов. Пестициды улучшали условия произрастания культуры, и, можно полагать, это так же,

Таблица 3

Окупаемость азота удобрения прибавкой зерна пшеницы в различные по гидротермическим условиям вегетационные периоды в 2004–2016 гг.

Response of nitrogen with a grain increase to vegetation periods different in hydrothermal conditions in 2004–2016

ГТК июня – июля	Окупаемость азота прибавкой зерна в диапазоне доз, кг/кг				
	N_0-N_{30}	N_0-N_{60}	N_0-N_{90}	$N_{30}-N_{60}$	$N_{60}-N_{90}$
$< 0,5$	3,0	0	0	0	0
$0,5-1,0$	16,3	11,9	10,3	7,4	4,0
$> 1,0$	21,5	18,7	14,4	15,9	6,0
В среднем	17,3	13,6	11,1	10,1	6,3

как и более благоприятные гидротермические условия в период вегетации, способствовало увеличению окупаемости удобрения зерном. Во-вторых, расчет осуществляли по данным, полученным в многолетнем опыте, и, следовательно, полученные результаты включали ту часть прибавки зерна, которая формировалась благодаря последствию азота. При ежегодном применении азотного удобрения в течение нескольких лет последствие может быть весьма значительным, поскольку, как было установлено с помощью меченых ^{15}N азотных удобрений [5], в сибирских почвах закрепляется (иммобилизуется) 40–50% внесенной дозы азота. Через несколько лет между закреплением азота в почве и минерализацией его органических соединений устанавливается равновесие, следствием чего является значительное улучшение снабжения растений азотом благодаря ранее внесенным дозам удобрения.

Для практики интерес представляет не только прибавка урожайности культуры от удобрений, но, прежде всего, получаемая при этом прибыль, которая обуславливает возможность их использования в агротехнологии. Для определения целесообразности применения удобрений нами разработана специальная компьютерная программа [10]. С ее помощью устанавливается равновесная цена продукции, при которой компенсируются затраты на применение удобрений. Товаропроизводитель принимает решение об использовании удобрения в агротехнологии, если текущая цена на продукцию на рынке превышает эту равновесную цену.

О целесообразности использования удобрений можно также судить на основе показателя окупаемости удобрения прибавкой урожая. Так, при сегодняшних средних ценах на зерно (8 руб/кг) и стоимости 1 кг азота аммиачной селитры (56 руб/кг, прайс-лист центра агротехнологий «Агродоктор») компенсация затрат на применение данного удобрения достигается при окупаемости прибавкой зерна не менее 7 кг/кг N. Видно (см. табл. 3), что при таком соотношении цен применение удобрения под пшеницу при ГТК < 0,5 является

убыточным, а при дозах более N_{60} приводит к значительному снижению дохода. К тому же следует учесть, что в производственных условиях получить такую высокую, как в опыте, окупаемость удобрения зерном достаточно сложно. Например, показано [11], что в условиях производства реализация генетического потенциала сортов яровой пшеницы была в 1,9–2,5 раза ниже, чем в опытах на сортоучастках. Поэтому существующее в настоящее время соотношение цен между зерном и азотным удобрением (1:7) для товаропроизводителей является весьма неблагоприятным, сдерживая интенсификацию агротехнологий. Ранее [12] разбалансированность системы цен – продажи зерна и приобретения хозяйствами удобрений была названа одной из главных причин медленного освоения интенсивных технологий в Сибири. Был сделан вывод, что для успешного освоения таких технологий цена 1 кг д.в. азота или фосфора не должна превышать цены реализации 2–3 кг зерна, т.е. названное соотношение цен не должно превышать 1:3.

ВЫВОДЫ

1. Гидротермические условия, складывающиеся в период июня – июля, оказывали первостепенное влияние на формирование урожайности яровой пшеницы независимо от уровня азотного питания растений.

2. Наибольшие, причем примерно одинаковые, коэффициенты корреляции (0,7–0,8) урожайности пшеницы получены с количеством осадков июня – июля, среднесуточными температурами воздуха, гидротермическим коэффициентом Селянинова или коэффициентом увлажнения Понько. С большинством агрометеорологических показателей связь урожайности зерна была прямой и только с температурой воздуха – обратной.

3. Прибавки зерна от азотного удобрения значительно возрастали по мере улучшения гидротермических условий июня – июля (увеличения ГТК Селянинова или K_y Понько). Наибольшая среднегодовая окупаемость азота удобрения прибавкой зерна получена при

N_{30} – 17,3 кг/кг, при N_{60} и N_{90} она уменьшилась на 21 и 36% соответственно. При текущих ценах зерна и аммиачной селитры компенсация затрат на применение азотного удобрения обеспечивается при достаточно высокой окупаемости – не менее 7 кг/кг. Поэтому при сегодняшнем соотношении цен реализации товаропроизводителями зерна и покупки ими азотных удобрений велик риск получения убытков, что сдерживает освоение в хозяйствах интенсивных технологий возделывания культур.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Конев А. А.* Пути адаптации земледелия Западной Сибири к климату: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Омск, 1991. – 32 с.
2. *Кумаков В. А.* Биологические основы возделывания яровой пшеницы по интенсивной технологии. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 104 с.
3. *Холмов В. Г., Юшкевич Л. В.* Интенсификация и ресурсосбережение в земледелие лесостепи Западной Сибири. – Омск: Изд-во ФГОУ МПО ОмГАУ, 2006. – 396 с.
4. *Лисунов В. В., Онучин А. А.* Климат и урожай // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2002. – № 1–2. – С. 17–23.
5. *Гамзиков Г. П.* Агрохимия азота в агроценозах. – Новосибирск: РАСХН. Сиб. отд-ние, 2013. – 790 с.
6. *Иодко С. Л., Шарков И. Н.* Новая модификация дисульфохенолового метода определения нитратов в почве // Агрохимия. – 1994. – № 4. – С. 95–97.
7. *Сорокин О. Д.* Прикладная статистика на компьютере. – Новосибирск: СО РАСХН, 2008. – 217 с.
8. *Сельскохозяйственный энциклопедический словарь.* – М.: Сов. энциклопедия, 1989. – С. 490. – 636 с.
9. *Понько В. А., Каличкин В. К., Иванова М. И.* Почвенно-климатическое зонирование и продуктивность агроландшафтов // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2009. – № 12. – С. 5–13.
10. *Шарков И. Н., Сорокин О. Д., Колбин С. А.* Прогнозируемая оценка целесообразности применения средств интенсификации в агротехнологиях // Земледелие. – 2019. – № 3. – С. 14–17.
11. *Андреева З. В., Цильке Р. А.* О нерезализованном потенциале урожайности зерна мягкой яровой пшеницы в разных агроклиматических зонах Западной Сибири // Вестн. НГАУ. – 2011. – № 1 (17). – С. 14–17.
12. *Шарков И. Н.* Проблемы интенсификации технологий возделывания зерновых культур в Сибири // Инновации и продовольственная безопасность. – 2016. – № 1 (11). – С. 24–32.

REFERENCES

1. *Konev A. A.* *Puti adaptatsii zemledeliya Zapadnoi Sibiri k klimatu* (Ways of adaptation of agriculture in Western Siberia to the climate), Extended abstract of Doctor's thesis, Omsk, 1991, 32 p.
2. *Kumakov V. A.* *Biologicheskie osnovy vozdelevaniya yarovoi pshenitsy po intensivnoi tekhnologii* (Biological basis of spring wheat cultivation using intensive technology), M.: Rosagropromizdat, 1988, 104 p.
3. *Kholmov V. G., Yushkevich L. V.* *Intensifikatsiya i resursosberezhenie v zemledelie lesostepi Zapadnoi Sibiri* (Intensification and resource saving in agriculture of the forest-steppe of Western Siberia), Omsk: Izd-vo FGOU MPO OmGAU, 2006, 396 p.
4. *Lisunov V. V., Onuchin A. A., Sib. vestn. s.-h. Nauki*, 2002, No 1–2, pp. 17–23. (In Russ.)

-
-
5. Gamzikov G. P. *Agrokimiya azota v agrotsenozakh* (Agrochemistry of nitrogen in agrocenoses), Novosibirsk: RASKhN, 2013, 790 p.
 6. Iodko S. L., Sharkov I. N., *Agrokimiya*, 1994, No 4, pp. 95–97. (In Russ.)
 7. Sorokin O. D. *Prikladnaya statistika na komp'yutere* (Applied statistics on a computer), Novosibirsk: SO RASKhN, 2008, 217 p.
 8. *Sel'skokhozyaistvennyi entsiklopedicheskiy slovar»* (Agricultural Encyclopedic Dictionary), M.: Sov. entsiklopediya, 1989, 636 p.
 9. Pon'ko V. A., Kalichkin V. K., Ivanova M. I., *Sib. vestn. s.-h. Nauki*, 2009, No 12, pp. 5–13. (In Russ.)
 10. Sharkov I. N., Sorokin O. D., Kolbin P. A., *Zemledelie*, 2019, No 3, pp. 14–17. (In Russ.)
 11. Andreeva Z. V., Tsil'ke R. A., *Vestnik NGAU*, 2011, No 1 (17), pp. 14–17. (In Russ.)
 12. Sharkov I. N., *Innovation and food security*, 2016, No 1 (11), pp. 24–32. (In Russ.)