

**YU.F. EDIMEYICHEV, Doctor of Science in Agriculture, Professor,
A.A. SHPEDIT*, Doctor of Science in Agriculture, Professor**

Krasnoyarsk State Agrarian University

90, Mira Av, Krasnoyarsk, 660049 Russia,

e-mail: EUF-1948@yandex.ru

**Siberian Federal University*

79, Svobodny Av, Krasnoyarsk, 660041 Russia

e-mail: shpeditaleksandr@rambler.ru

MODELING SPRING WHEAT PRODUCTIVITY IN AGROLANDSCAPES OF KRASNOYARSK TERRITORY

In the crop-producing areas of Krasnoyarsk Territory were carried out long-term investigations on modeling spring wheat productivity in different natural subzones taking into account forecrops, moisture availability and hydrothermic coefficients. Modeling productivity of spring wheat was carried out based on the data obtained in 1972–1996 in the agrolandscapes of open, closed and true forest steppes varying in the forestation level, and in the subtaiga zone. Spring wheat was cultivated after bare fallow, wheat, maize, and after perennial grasses moldboard and nonmoldboard plowed. There were obtained the models of spring wheat productivities showing soil-climatic features of the subzones and adjustment factors to them, which corrected productivity of the crop under conditions of expressed (4–6°) mesorelief. The long-term averaged productivity of spring wheat varied as much as 19 times and more, depending on a subzone and a forecrop. The best forecrop for spring wheat was bare fallow. The most favorable conditions for spring wheat cultivation are established to be in closed forest steppe and subtaiga subzone, on plateaus, and southern and eastern slopes. Here, obtaining stable yields across years is most probably. In open and true forest steppes, productivity of the crop decreased. Here, too, the productivity variation factor dramatically increased that indicated reduced probability of stable yields and resistance of the crop to unfavorable conditions. In the subtaiga agrolandscapes, spring wheat productivity was also significantly lower as compared with that in closed forest steppe agrolandscapes, but productivity variation factors changed insufficiently. Under conditions of subtaiga, the crop provided stable yields owing to better moisture availability. The regularities found contribute to the theoretical base for evaluating regional agro-ecological conditions and developing adaptive-to-landscape cropping systems.

Keywords: agrolandscape, spring wheat, productivity, mathematical productivity models, mesorelief.

УДК 631.582

**Р.Ф. ГАЛЕЕВ, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий сектором,
О.Н. ШАШКОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник**

Сибирский научно-исследовательский институт кормов

630501, Новосибирская область, пос. Краснообск

e-mail: onklin@mail.ru

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ И ФАКТОРОВ БИОЛОГИЗАЦИИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРМОВОГО СЕВООБОРОТА В ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Представлены результаты исследований по влиянию минеральных удобрений и подсева бобового компонента к злаковым культурам на продуктивность шестипольного кормового севооборота на выщелоченных черноземах Западной Сибири. Установлено, что минераль-

ные удобрения увеличивают в 1,6 раза сбор сухой массы и в 2,0 раза сбор переваримого протеина. Подсев бобового компонента повышает сбор сухой массы в 1,5 раза, в благоприятные по агрометеорологическим условиям годы – более чем в 2 раза. При этом сбор переваримого протеина за первую ротацию (2008–2013 гг.) увеличился в 2,4 раза по сравнению с неудобренным севооборотом и составил 319 кг/га, в благоприятный 2015 г. – в 3,7 раза (651 кг/га). Максимальный сбор сухой массы как без внесения удобрений, так и на их фоне получен в одновидовых посевах кукурузы. В совместных посевах с кормовыми бобами по урожайности кукуруза уступает травам. Максимальный сбор переваримого протеина в кормовом севообороте обеспечивают смешанные посевы многолетних трав первого и второго года пользования. Обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином от влияния минеральных удобрений за первую ротацию увеличилась на 23 % и составила 91 г, от подсева бобового компонента – на 49 % и составила 110 г, что соответствует зоотехнической норме. На покровных культурах получена максимальная обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином при подсеве бобового компонента – 135 г, при внесении минеральных удобрений – 112 г. Фитосенос кострца с люцерной также обеспечивает зоотехническую норму – 107–126 г.

Ключевые слова: кормовой севооборот, минеральные удобрения, система удобрений севооборота, бобовый компонент, однолетние и многолетние травы, продуктивность, переваримый протеин.

Повышение продуктивности животноводства начинается с оптимизации кормовой базы, основой которой является внедрение кормовых севооборотов. Севообороты позволяют максимально использовать потенциальные возможности кормовых культур и создать оптимальные условия для их роста и развития [1–4]. Для увеличения продуктивности кормовых севооборотов и качества получаемого кормового сырья необходимо разработать систему внесения минеральных и органических удобрений, использовать биологические факторы – «даровые силы природы» [5]. В современных рыночных условиях, когда минеральные удобрения применяют в ограниченном количестве, биологический азот, фиксируемый бобовыми культурами, становится одним из важных резервов решения данной проблемы. Исследованиями сибирских ученых установлено, что при благоприятных условиях для процесса симбиотической азотфиксации азотные удобрения под зернобобовые культуры не следует вносить, а под многолетние бобовые травы вносить в небольшом количестве в качестве стартовых доз подкормки на второй год жизни. Посевы злаковых однолетних и многолетних культур с включением бобового компонента – важный резерв в повышении питательной ценности кормового сырья и доведения уровня переваримого белка в расчете на кормовую единицу до зоотехнической нормы [6–8].

Вопрос о возможности сокращения, отказа или замены внесения минеральных удобрений приемами биологизации в кормовых севооборотах приобретает в настоящее время особую актуальность.

Цель исследования – изучить влияние минеральных удобрений и бобового компонента на продуктивность кормового севооборота и качество получаемого кормового сырья в лесостепной зоне Западной Сибири.

УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования проведены в 2008–2015 гг. на опытном поле Сибирского научно-исследовательского института кормов, расположенном в центрально-лесостепном Приобском агроландшафтном районе Новосибирской области. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный

среднесуглинистый [9]. По результатам агрохимических анализов на период закладки кормового севооборота содержание гумуса в слое почвы 0–20 см составило от 3,5 до 5 %, подвижных форм азота – 2,2–4,2 мг/кг почвы, фосфора – 16,0 мг/кг почвы (по Чирикову), что соответствует очень низкому уровню обеспеченности.

По климатическим ресурсам – это умеренно теплый, недостаточно увлажненный агроландшафтный район. Среднегодовое количество осадков составляет 350–400 мм, из них 200–250 мм выпадает за вегетационный период (апрель – сентябрь). Гидротермический коэффициент по Селянинову – 1,0–1,2 [10]. В годы проведения исследований агрометеорологические условия значительно различались. Благоприятно складывались погодные условия для роста и развития растений в вегетационный период 2008, 2014, 2015 гг. Вегетационные периоды 2009, 2013 гг. отличались повышенным увлажнением и недостаточным количеством тепла. В 2010 г. температура воздуха была на уровне среднеемноголетних данных с недостаточным количеством осадков в период вегетации. Вегетационные периоды 2011, 2012 гг. характеризовались как очень жаркие и сухие с существенным недобором осадков.

Изучали два кормовых севооборота: злаковый, состоящий из злаковых культур, и злаково-бобовый, в котором к злаковым добавлен бобовый компонент. Каждый севооборот изучали на двух фонах: без удобрений и с внесением минеральных удобрений (табл. 1). Под зерновые, однолетние травы и кукурузу удобрения вносили весной под предпосевную культивацию, под многолетние травы азотные удобрения – весной (через 10–15 дней после начала вегетации), фосфорные – осенью под основную обработку почвы один раз на 4 года жизни многолетних трав в последнем поле севооборота. Дозы удобрений рассчитаны с учетом ранее проводимых в СибНИИ кормов исследований. Химический состав кормового сырья

Таблица 1

Схемы изучаемых севооборотов

Злаковый севооборот	Злаково-бобовый севооборот
Однолетние (овес) + многолетние травы (кострец безостый)	Однолетние (овес + вика) + многолетние травы (кострец безостый + люцерна)
Без удобрений	$N_{30}P_{80}$ Без удобрений $N_{30}P_{80}$
Многолетние травы (кострец безостый) первого года пользования	Многолетние травы (кострец безостый + люцерна) первого года пользования
Без удобрений	N_{60} Без удобрений N_{30}
Кострец безостый второго года пользования	Кострец безостый + люцерна второго года пользования
Без удобрений	N_{60} Без удобрений N_{30}
Кострец безостый третьего года пользования	Кострец безостый + люцерна третьего года пользования
Без удобрений	N_{60} Без удобрений N_{30}
Зернофуражные (ячмень)	Зернофуражные (ячмень) + горох
Без удобрений	$N_{60} P_{20}$ Без удобрений $N_{30}P_{20}$
Силосные (кукуруза)	Силосные (кукуруза) + бобы
Без удобрений	$N_{60}P_{20}$ Без удобрений $N_{30}P_{20}$

определяли по методике В.А. Разумова [11] в пересчете на абсолютно сухое вещество.

Нормы высева культур в смешанных посевах определены ранее проведенными исследованиями: зерновые культуры в двухкомпонентных смесях – 70 %, зернобобовые – 40 % от полной нормы высева в чистом виде; покровные культуры (овес + вика) – 50 % от полной нормы, люцерна – 8 кг/га, кострец безостый – 15 кг/га. Совместные посевы кукурузы с бобами кормовыми высевали через рядок с размещением на 1 м рядка 10 всхожих семян кукурузы и 20 бобов кормовых.

Агротехника в опыте была общепринятой для зоны. Общая площадь делянки 252 м² (ширина 8,4 м, длина 30 м), учетная площадь зернофуражных культур 63 м², многолетних трав и покровных культур 126 м², силосных культур 84 м². Повторность вариантов трехкратная. Наблюдения и учеты проводили по общепринятым методикам [12, 13].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние системы удобрений и подсева бобового компонента на сбор сухой массы и переваримого протеина в кормовом севообороте за первую ротацию (2008–2013 гг.) и 2014, 2015 гг. представлено в табл. 2.

Внесение минеральных удобрений и подсев бобового компонента к злаковым культурам статистически достоверно повышало сбор сухого вещества в шестипольном кормовом севообороте во все годы исследований, причем внесение минеральных удобрений по этому показателю значительно превосходило подсев бобового компонента. Так, за первую ротацию системное внесение удобрений и подсев бобового компонента в 1,5 раза увеличило сбор сухой массы (от 2,6 до 4,2 т/га), а в благоприятный по погодным условиям 2015 г. – в 2 раза (от 3,1 до 6,5 т/га). Следует отметить, что превышение этих показателей в 2014 и 2015 гг. по сравнению с первой ротацией связано не только с благоприятными погодными условиями вегетационных периодов, но и с вхождением в севооборот.

Среди изучаемых культур кукуруза обеспечила максимальный сбор сухой массы как без внесения минеральных удобрений (за первую ротацию – 4,4 т/га, в 2014 г. – 8,1, 2015 г. – 4,6 т/га), так и при внесении удобрений (за первую ротацию – 6,1, в 2014 г. – 9,8 т/га). При подсеве к кукурузе кормовых бобов сбор сухой массы существенно снижался по сравнению с одно- и многолетними травами. Благоприятные агрометеорологические условия 2015 г. позволили убрать два укоса многолетних трав, поэтому максимальная урожайность получена на варианте костреца безостого первого года жизни на фоне минеральных удобрений. Максимальный сбор сухой массы на вариантах с подсевом бобового компонента получен в полях костреца безостого с люцерной первого – третьего годов пользования.

Переваримый протеин – один из основных показателей качества кормового сырья, сбор которого зависит не только от содержания белка в растениях, но и от уровня урожайности культур. Подсев бобового компонента существенно превышал влияние минеральных удобрений по сбору переваримого протеина за счет бобовых культур, которые содержат больше азота, чем злаковые. В среднем за ротацию в вариантах с подсевом бобового компонента превышение по сравнению с внесением минеральных удобрений

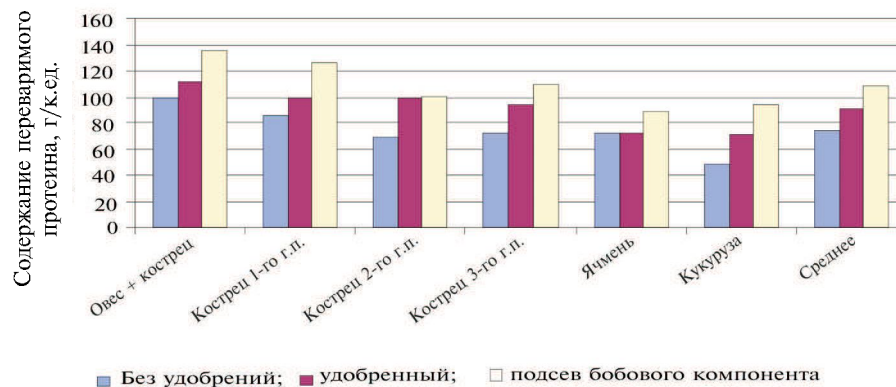
Таблица 2

Продуктивность кормового севооборота в зависимости от удобрений и бобового компонента

Севооборот	Без удобрений			Внесение удобрений			Подсев бобового компонента		
	Первая ротация	2014 г.	2015 г.	Первая ротация	2014 г.	2015 г.	Первая ротация	2014 г.	2015 г.
<i>Сбор сухой массы, т/га</i>									
Овес + коострец	3,5	3,4	3,1	4,5	3,8	5,7	3,9	3,3	5,2
Кострец (год пользования):									
первый	2,2	2,4	3,3	3,6	6,2	10,4	3,4	8,7	8,4
второй	2,2	2,9	3,7	3,9	5,1	7,1	5,4	4,5	11,7
третий	2,1	1,9	3,4	4,3	3,8	7,2	5,1	4,6	7,2
Ячмень	1,5	1,3	0,5	2,7	2,2	3,0	2,2	2,4	1,9
Кукуруза	4,4	8,1	4,6	6,1	9,8	5,4	3,8	6,4	4,4
Среднее...	2,6	3,3	3,1	4,2	5,2	6,5	4,0	5,0	6,5
НСР ₀₅									
А – культура	0,38	0,76	0,85						
В – приемы	0,27	0,54	0,59						
АВ – взаимодействие	0,66	1,32	1,45						
<i>Сбор переваримого протеина, кг/га</i>									
Овес + коострец	210	271	206	302	334	489	344	308	542
Кострец (год пользования):									
первый	127	112	229	242	368	789	263	782	904
второй	89	125	199	257	329	450	410	213	1147
третий	108	98	168	288	208	506	332	334	640
Ячмень	104	140	48	239	219	282	282	280	221
Кукуруза	163	330	209	276	610	358	283	468	449
Среднее...	134	177	177	267	347	479	319	398	651
НСР ₀₅									
А – культура	41	58	68						
В – приемы	29	41	48						
АВ – взаимодействие	71	100	116						

составило 52 кг/га (19 %), в 2014 г. – 51 (15 %), 2015 г. – 172 кг/га (36 %). Следует отметить, что оба приема достоверно увеличили этот показатель продуктивности контрольного севооборота. В среднем за ротацию системное внесение удобрений в севооборот увеличило сбор переваримого протеина в 2 раза (от 134 до 267 кг/га), подсев бобовых – в 2,4 раза (до 319 кг/га).

Изменение химического состава кормового сырья за счет бобового компонента значительно влияет на изучаемые показатели продуктивности. Это хорошо прослеживается в полях силосных культур. Подсев кормовых бобов к кукурузе снижает урожайность сухой массы в среднем за ротацию от 4,38 до 3,84 т/га, однако при этом сбор переваримого протеина увеличился от 163 до 283 кг/га. Максимальный сбор переваримого протеина получен в смешанных посевах коостреца безостого с люцерной второго года пользования.



Обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином в зависимости от удобрений и подсева бобового компонента (среднее за 2008–2015 гг.)

Установлено, что на обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином оказывали влияние как минеральные удобрения, так и изменение фитоценоза за счет бобового компонента (см. рисунок).

Более высокое содержание азота в бобовых растениях обусловило повышение белковости получаемого кормового сырья. В среднем за годы исследований от действия системного внесения удобрений обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином увеличилась на 23 % и составила 91 г, тогда как от подсева бобового компонента – на 49 % и составила 110 г, что соответствует зоотехнической норме.

За годы исследований среди изучаемых культур максимальная обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином (135 г) получена при подсеве бобового компонента к покровным культурам. Многолетние травы (костреч + люцерна) также обеспечивали зоотехническую норму – 107–126 г переваримого протеина на кормовую единицу. При внесении минеральных удобрений максимальное значение этого показателя отмечено на покровных культурах – 112 г.

В среднем по севообороту за первую ротацию было произведено дополнительных затрат при внесении минеральных удобрений на сумму 2446 р./га (стоимость удобрений, их внесение), при подсеве бобового компонента – 467 р./га (стоимость семян, их посев). Прибыль от этих приемов составила соответственно 1719 и 2503 р./га.

Таким образом, возделывание злаковых культур с подсевом бобового компонента в кормовых севооборотах в лесостепной зоне Западной Сибири обеспечивает получение стабильно высоких урожаев с более ценной кормовой массой и минимальными экономическими затратами.

ВЫВОДЫ

1. В условиях лесостепной зоны Западной Сибири на выщелоченных черноземах система удобрений кормового севооборота и подсев бобового компонента к злаковым культурам достоверно увеличивают сбор сухой

массы, причем внесение минеральных удобрений незначительно превосходит по этому показателю подсев.

2. Системное внесение удобрений в кормовом севообороте и подсев бобового компонента к злаковым культурам достоверно увеличивают сбор переваримого протеина, при этом влияние по этому показателю бобового компонента существенно выше, чем минеральных удобрений.

3. Подсев бобового компонента к злаковым культурам в кормовом севообороте повышает обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином до зоотехнической нормы без внесения удобрений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Олешко В.П., Яковлев В.В., Шукис Е.Р. Полевое кормопроизводство в Алтайском крае: состояние, проблемы и пути их решения. – Барнаул: Азбука, 2005. – 319 с.
2. Бенц В.А., Кашеваров Н.И., Демарчук Г.А. Полевое кормопроизводство в Сибири. – Новосибирск, 2001. – 240 с.
3. Галеев Р.Ф., Шашкова О.Н., Бекасова М.В. Приемы интенсификации производства в кормовых севооборотах // Кормопроизводство. – 2014. – № 7. – С. 13–16.
4. Суржик М.М. Продуктивность кормового севооборота в зависимости от удобрений в условиях Приморского края: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Барнаул, 2012. – 17 с.
5. Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (концепция). – Пушкино, 1994. – 147 с.
6. Тойгильдин А.Л. Бобовые фитоценозы в биологизации севооборотов и накопление ресурсов растительного белка: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Кинель, 2007. – 35 с.
7. Банкрутенко А.В. Агротехнические приемы возделывания смесей кормовых бобов с мятликовыми культурами на корм в подтаежной зоне Западной Сибири: дис. ... канд. с.-х. наук. – Омск, 2011. – 200 с.
8. Бакшаев Д.Ю. Изучение сроков внесения «стартовых» доз азотных удобрений и их влияние на урожайность люцерны // Агроэкологическая эффективность применения средств химизации в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: материалы 39-й междунар. науч. конф. – М.: ВНИИА, 2006. – С. 149–152.
9. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области. – Новосибирск, 2002. – 388 с.
10. Агроклиматические ресурсы Новосибирской области. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 156 с.
11. Разумов В.А. Массовый анализ кормов. – М.: Колос, 1982. – 176 с.
12. Рекомендации по проведению опытов с кормовыми севооборотами / ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. – М., 1974. – 81 с.
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Колос, 1979. – 416 с.

Поступила в редакцию 19.04.2016

**R.F. GALEEV, Candidate of Science in Agriculture, Sector Head,
O.N. SHASHKOVA, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher**

Siberian Research Institute of Fodder Crops

Krasnoobsk, Novosibirsk District, Novosibirsk Region, 630501 Russia

e-mail: onklin@mail.ru

EFFECT OF FERTILIZERS AND BIOLOGIZATION FACTORS ON PRODUCTIVITY OF FODDER CROP ROTATION IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF WESTERN SIBERIA

Results are given from a study on the effects of mineral fertilizers and overseeding of legumes to graminoid crops on productivity of a six-course fodder crop rotation on leached chernozem soils of Western Siberia. It has been established that the collection of dry matter is increased 1.6 times and the

collection of digestible protein 2.0 times as influenced by mineral fertilizers. Overseeding of a legume component increases the collection of dry matter 1.5 times and in years of favorable agro-meteorological conditions more than 2 times. With that, the collection of digestible protein for the first rotation cycle (2008–2013) increased 2.4 times and made up 319 kg/ha, and in favorable 2015 increased 3.7 times up to 651 kg/ha as compared with the unfertilized crop rotation. The maximum collection of dry matter was obtained in pure maize sowing both without fertilization and against the background of mineral fertilizers. Sown jointly with broad beans, maize yields to grasses in productivity. The maximum yield of digestible protein in a fodder crop rotation is provided by the mixed sowings of perennial grasses of the first and second years of use. The availability of the fodder unit with digestible protein for the first rotation cycle increased by 23% and made up 91 g as influenced by mineral fertilizers, and by 49% (110 g) as influenced by overseeding legumes that was zootechnic rate. In cover crops, the maximum availability of the fodder unit with digestible protein was 135g when over-seeded legume component and 112 g when applied mineral fertilizers. The phytocenosis of bromegrass and alfalfa also provides zootechnic rate of 107–126 g.

Keywords: fodder crop rotation, mineral fertilizers, fertilization system, legume component, annual and perennial grasses, productivity, digestible protein.

УДК 631.51.021.:631.164/.165

**В.Е. СИНЕЩЕКОВ, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией,
Г.И. ТКАЧЕНКО, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией**

Сибирский научно-исследовательский институт земледелия и химизации сельского хозяйства

630501, Новосибирская область, пос. Краснообск

e-mail: sivi_01@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ СЫРОЙ КЛЕЙКОВИНЫ В ЗЕРНЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ МИНИМИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

Показаны изменения количества сырой клейковины в зерне яровой пшеницы Новосибирская 29 в длительных опытах по паровому и зерновому предшественникам в четырехпольном севообороте при различных уровнях минимизации черноземов выщелоченных, фонах химизации и метеорологических условиях в лесостепи Новосибирского Приобья. Количество сырой клейковины в зерне яровой пшеницы Новосибирская 29 на интенсивном фоне было достаточно высокое (36–37 %) и не зависело от метеорологических условий. При экстенсивном земледелии содержание клейковины находилось в зависимости от погодных условий. В среднем по опыту оно повышалось от 31,2 % в условиях умеренного и умеренно дефицитного увлажнения вегетационных периодов до 36,0 % при остром дефиците почвенной влаги на фоне аномально высоких температур. Выявлено существенное влияние изучаемых предшественников на содержание клейковины. При умеренном и умеренно дефицитном увлажнении на экстенсивном фоне отмечено ее снижение от 32,4–33,7 % при возделывании яровой пшеницы по черным и раннему минимальному парам до 24,0–25,4 % по зерновому предшественнику. На интенсивном фоне в сравнении с экстенсивным рассматриваемый показатель значительно увеличивался – 36,0–37,0 и 32,5–34,3 % соответственно. В условиях острого дефицита почвенной влаги при аномально высоких температурах содержание клейковины в зерне практически не зависело от предшественников, применения химических средств интенсификации (35,0–37,6 %). Роль обработки почвы в формировании сырой клейковины в зерне в опытах была незначительной. В среднем в опытах количество сырой клейковины в продовольственном зерне по вспашке составило 34,3 %, несколько меньше в вариантах с различным уровнем минимизации основной обработки (33,5–34,0 %).

Ключевые слова: сырая клейковина, пшеница, предшественник, метеоусловия, минимальные обработки, экстенсивный фон, интенсивный фон.