

2. ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.8:631.582:633.112.9

СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗВЕНЬЯХ СЕВООБОРОТОВ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ИНТЕНСИФИКАЦИИ

Е. Г. Мезенцева, О. Г. Кулеш, А. А. Грачева, С. М. Зенькова

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Озимая пшеница – одна из наиболее продуктивных и ценных культур, зерно которой используется для продовольственных целей. В Республике Беларусь в последние годы посевные площади под этой культурой составляют порядка 600 тыс. га, или 27 % всей площади пашни [1]. Аграрной наукой производству предложены технологии возделывания озимой пшеницы с потенциалом продуктивности новых сортов на уровне 100 ц/га. Однако, средняя урожайность зерна по стране за последние годы не превышает 40 ц/га (рис. 1). Такой низкий уровень урожайности зачастую обусловлен не только нарушениями технологии возделывания культуры, но и складывающимися условиями перезимовки посевов и недостаточно эффективной системой удобрения в весенне-летний период.

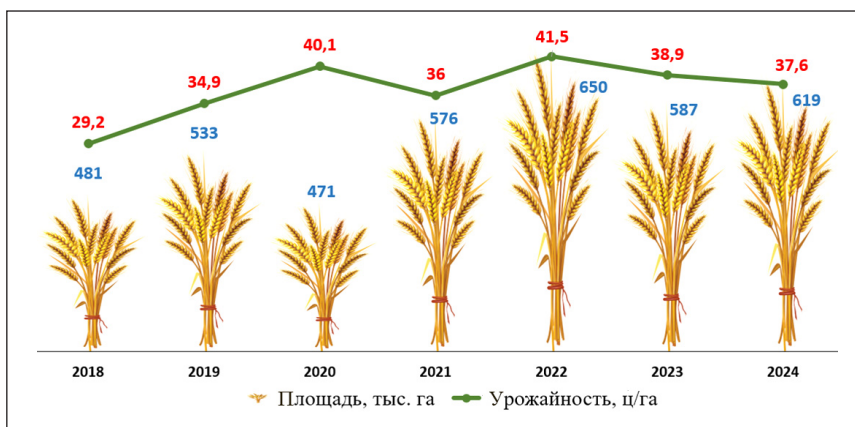


Рис. 1. Посевные площади и урожайность озимой пшеницы в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь

В комплексе агротехнических мероприятий, способствующих получению высокой урожайности продовольственного зерна озимой пшеницы, удобрения играют

ведущую роль. Научное обоснованное их использование позволяет улучшать качество зерна, повышать его белковость, содержание клейковины и технологические свойства. Положительное действие удобрений на озимой пшенице проявляется с достаточной полнотой только на хорошо окультуренных почвах с реакцией среды, близкой к нейтральной [2]. По данным последнего тура агрохимических исследований установлено, что доля суглинистых почв, высокообеспеченных подвижным фосфором (более 400 мг/кг почвы) и калием (более 300 мг/кг почвы), составляет соответственно около 4,4 % (42,2 тыс. га) и 32,2 % (309,0 тыс. га) общей обследуемой площади пашни [3].

Оптимизация минерального питания по этапам онтогенеза растений зерновых культур позволяет в большей степени реализовать генетический потенциал их продуктивности и снизить удельные затраты элементов питания на формирование урожайности. Важным условием повышения эффективности возделывания зерновых культур является повышение их устойчивости к погодно-климатическим изменениям, основанное на проведении адаптационных мер, направленных на предотвращение потерь урожая от неблагоприятных условий. В связи с чем современные системы удобрения зерновых культур, возделываемых в севооборотах на высоко окультуренных почвах, наряду со сбалансированным применением органических, минеральных удобрений и средств защиты растений, должны предусматривать и более интенсивное использование микроудобрений, органо-минеральных удобрений, стимуляторов роста и т.п. Комплексное их использование в системе удобрения за счет стимуляции метаболизма и усвоения питательных веществ позволит существенно повысить сбор продукции высокого качества.

Цель исследований заключалась в установлении наиболее эффективных агротехнологических приемов возделывания озимой пшеницы на высокоокультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2022–2023 гг. в стационарном технологическом опыте на высоко окультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве в ОАО «Гастелловское» Минского района Минской области в звене стационарного зернопропашного севооборота: кукуруза на зеленую массу (2020–2021 гг.) – яровая пшеница (2021–2022 гг.) – озимый рапс (2022–2023 гг.) – озимая пшеница (2023–2024 гг.). Первую культуру севооборота (кукурузу на зеленую массу) возделывали по трем технологиям: минеральная, органоминеральная с внесением навоза, органоминеральная биологизированная с заделкой сидерата.

Почва (Апах.) опытного участка характеризовалась следующим усредненным уровнем агрохимических показателей: рН – 6,35, содержание гумуса – 2,6 %, подвижных форм фосфатов – 709 мг/кг и калия – 279 мг/кг почвы. Почва характеризуется оптимальным для сельскохозяйственных культур уровнем кислотности и содержания калия, средним – гумуса, очень высоким – фосфора [3].

Опыт был проведен в 2 полях. Схема опыта включала 15 вариантов в 4-кратной повторности. Общая площадь каждой делянки – 24 м². Норма высева – 192 кг/га. Соломистый навоз КРС в дозе 60 т/га и сидерат (зеленая масса редьки масличной) внесены под кукурузу.

Озимую пшеницу сорта Элегия возделывали в двух последовательно открывающихся полях. Обработка почвы включала вспашку и предпосевную культивацию на глубину 10–12 см. Агротехника возделывания озимой пшеницы общепринятая в центральной зоне Беларуси для дерново-подзолистых суглинистых почв [4, 5].

Минеральные удобрения – аммонизированный суперфосфат и хлористый калий внесены в основное внесение. Азотные удобрения применяли согласно схеме опыта в три срока – при возобновлении вегетации, фазу 1-го узла, флаг-листа и в четыре срока – при посеве, возобновлении вегетации, фазу 1-го узла, флаг-листа. Кроме того, в качестве некорневой подкормки посевов озимой пшеницы применяли: микроудобрение МикроСтим-Медь, Марганец (1,0 + 1,0 л/га) – в фазы 1-го узла и флаг-листа; стимулятор роста растений Экогум АФ – в начале возобновления вегетации (2,0 л/га) и фазе флаг-листа (2,0 л/га).

Экогум АФ, стимулятор роста растений (СР) – это гуминовое удобрение нового поколения с повышенной способностью проникновения через клеточные мембраны и большей физиологической активностью по сравнению с аналогами. Гуминовые и фульвокислоты, входящие в состав Экогум АФ, оказывают непосредственное влияние на клеточные оболочки, повышая их проницаемость и транспорт минеральных соединений в активные метаболические места. Препарат содержит: гуминовые кислоты 40 г/л и фульвокислоты, азот (N – 200 г/л), фосфор (P_2O_5 – 90 г/л) и более 30 элементов минеральных и органических веществ [6].

Агрохимический анализ почвенных образцов включал определение: pH_{KCl} – потенциометрическим методом в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26483-85); содержания гумуса по методу И.В. Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-84); подвижных форм P_2O_5 и K_2O в 0,2 М вытяжке HCl по методу А. Г. Кирсанова с последующим определением фосфора фотоколориметрическим методом, калия – методом пламенной фотометрии (ГОСТ 26207-91).

При уборке культуры с каждой делянки опытного участка были отобраны растительные образцы для определения содержания сухого вещества (высушиванием в сушильном шкафу при температуре 100–105°C) и элементов питания. В растительных образцах из одной навески после мокрого озоления по методу ЦИНАО (1976) определяли: содержание общего азота – фотоколориметрически (индофенольным методом) (ГОСТ 13496.4-93), фосфора (ванадомолибдатным методом) (ГОСТ 26657-85); калия – на атомно-абсорбционном спектрофотометре (ГОСТ 26570-95); содержание белка и клейковины в основной продукции – на инфракрасном спектрофотометре «Infraneo».

Немаловажное значение в закладке урожая озимых культур имеют условия перезимовки растений и оценка состояния растений к фазе начала возобновления вегетации (ВВВ). Состояние посевов оценивается как отличное и хорошее, если количество живых растений озимой пшеницы составляет порядка 300–400 шт./м². В наших исследованиях в 2023 году количество растений составило порядка 450–500 штук на 1 м², а в 2024 г. – порядка 240 штук на 1 м², т. е. с зимовки посевы вышли несколько изреженными.

Как известно, на формирование урожая большое влияние оказывает водный и температурный режимы почв и воздуха в течение вегетационного периода растений [7]. Так, апрель, июль и август 2023 года характеризовались достаточным количеством выпавших осадков – 88–145 % нормы (среднепогодный показа-

тель на фоне благоприятных среднесуточных температур (ГТК 1,4-> 1,6). Май был сухим и прохладным – выпало всего 10 % нормы при снижении среднесуточных температур на 1,3°C (ГТК 0,4). В июне количество выпавших осадков составило всего лишь 57 % нормы (ГТК 0,8) (рис. 2–3).

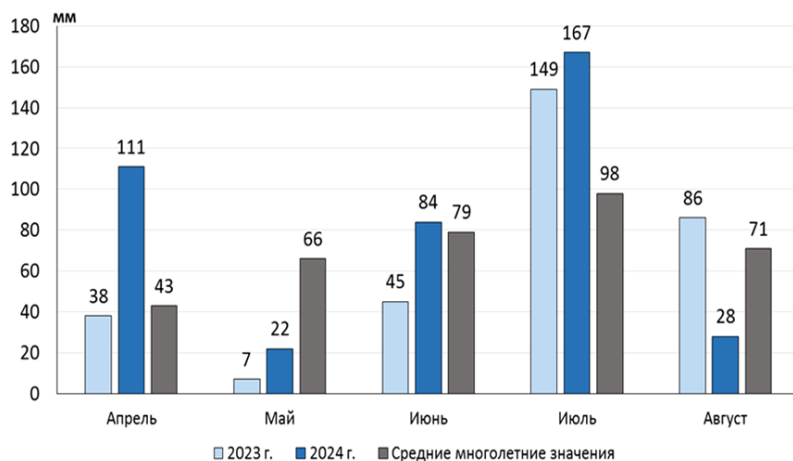


Рис. 2. Количество выпавших осадков за вегетационные периоды

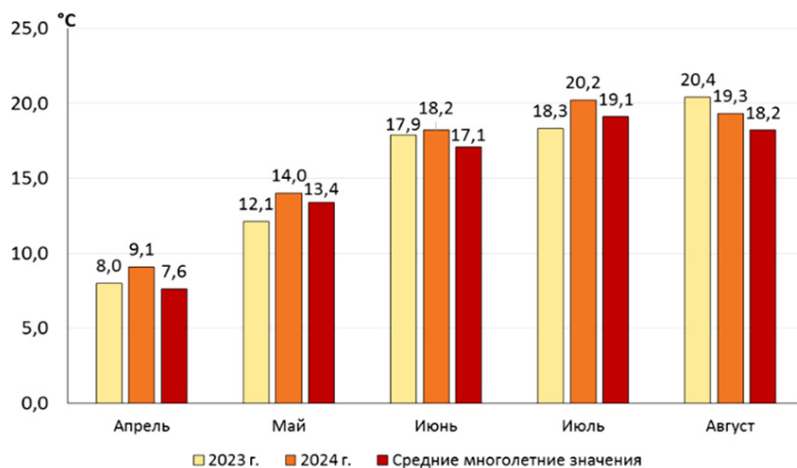


Рис. 3. Температурный режим вегетационных периодов

Вегетационный период 2024 г. отличался значительным количеством выпавших осадков и более высоким температурным фоном, что оказало благоприятное влияние на рост и развитие растений озимой пшеницы и способствовало получению урожая зерна на 22 % выше по отношению к таковому в предыдущем году (несмотря на менее благоприятные условия перезимовки посевов). В апреле и июле выпало соответственно в 2,6 и 1,7 раз больше нормы осадков на фоне благоприятных среднесуточных температур (ГТК > 1,6) при оптимальном июне (ГТК 1,3). В мае количество выпавших осадков составило 33 % (ГТК 0,6), в августе – 39 % нормы (ГТК 0,5) (рис. 2–3).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как уже было отмечено, погодные условия внесли определенные коррективы на уровень сформированного урожая зерна. В погодных условиях вегетационного периода 2023 г. средняя урожайность зерна по опыту составила 58,0 ц/га, что в 1,2 раза меньше по отношению к показателю 2024 г. (70,8 ц/га) (табл. 1).

Таблица 1

**Эффективность систем удобрения при возделывании озимой пшеницы
на дерново-подзолистой суглинистой почве**

Вариант	Урожайность зерна, ц/га			Прибавка к фону, ц/га зерна	Урожайность соломы, ц/га (2023–2024 гг.)	Оплата 1 кг N/NPK урожаем зерна, кг
	2023 г.	2024 г.	средняя			
Без удобрений – Фон 1	39,1	45,1	42,1	–	28,5	–
$N_{0+70+40+50}P_{30}K_{60} + м/у^*$	54,3	81,0	67,7	25,6	47,3	10,2
$N_{0+70+40+50}P_{30}K_{60} + м/у^{**}$	64,9	83,7	74,3	32,2	44,8	12,9
$N_{20+60+40+40}P_{30}K_{60} + м/у^{**}$	62,3	77,7	70,0	27,9	44,5	11,2
$N_{20+60+40+40} + м/у^{**}$	58,7	69,3	64,0	21,9	43,3	13,7
Подстилочный навоз (3-й г. ПД***) – Фон 2	42,7	46,3	44,5	–	22,4	–
Фон 2 + $N_{0+70+40+50}P_{20}K_{35} + м/у^*$	54,8	81,0	67,9	23,4	42,9	10,9
Фон 2 + $N_{0+70+40+50}P_{20}K_{35} + м/у^{**}$	65,3	84,9	75,1	30,6	45,5	14,2
Фон 2 + $N_{20+60+40+40}P_{20}K_{35} + м/у^{**}$	69,4	82,1	75,8	31,3	46,0	14,6
Фон 2 + $N_{20+60+40+40} + м/у^{**}$	66,5	83,9	75,2	30,7	42,2	19,2
Сидерат (3-й г. ПД***) – Фон 3	40,0	40,5	40,3	–	21,9	–
Фон 3 + $N_{0+70+40+50}P_{30}K_{60} + м/у^*$	54,9	69,9	62,4	22,0	43,2	8,8
Фон 3 + $N_{0+70+40+50}P_{30}K_{60} + м/у^{**}$	66,7	71,5	69,1	28,8	43,1	11,5
Фон 3 + $N_{20+60+40+40}P_{30}K_{60} + м/у^{**}$	67,4	73,0	70,2	29,9	39,7	12,0
Фон 3 + $N_{20+60+40+40} + м/у^{**}$	62,3	72,2	67,3	27,0	42,0	16,9
Фактор А (фон) – НСР ₀₅	$F_{факт.} < F_{05}$	5,3	5,0	–	4,6	–
Фактор В (удобрения) – НСР ₀₅	6,8	4,1	4,5		4,2	

* Микроудобрение.

** Микроудобрение + стимулятор роста.

*** Последствие.

Урожайность зерна озимой пшеницы в фоновых вариантах варьировала в пределах 40,3–44,5 ц/га, соломы – 21,9–28,5 ц/га. Применение изучаемых систем удобрения способствовало существенному повышению урожайности как основной, так и побочной продукции. На минеральном фоне (Фон 1) применение удобрений обеспечило получение 64,0–74,3 ц/га зерна и 43,3–47,3 ц/га соломы.

Максимальные прибавки к фону на уровне 27,9–32,2 ц/га зерна отмечены в вариантах с применением полной минеральной системы удобрения ($N_{0/20+90/70+40+50}P_{30}K_{60}$) в комплексе с микроудобрением, а также – дополнительным использованием стимулятора роста. Соотношение зерно/солома в этих вариантах

составило 1,6–1,7: 1 при окупаемости 1 кг минеральных удобрений 10,2–12,9 кг зерна.

Эффективность минеральных систем удобрения на фоне 3-го года последствия сидерата в целом равнозначна таковой на минеральном фоне – урожайность зерна по фону варьировала в пределах 62,4–70,2 ц/га. Максимальные прибавки к фону на уровне 27,0–29,9 ц/га зерна характерны для полных минеральных систем ($N_{0/20+90/70+40+50}P_{30}K_{60}$) в сочетании с микроудобрением и стимулятором роста. Сбор соломы по фону составил 39,7–43,2 ц/га при соотношении зерно/солома 1,4–1,8: 1. Окупаемость 1 кг NPK составила 8,8–12,0 кг зерна пшеницы.

Эффективность изучаемых систем удобрения в большей мере проявилась на фоне 3-го года последствия соломистого навоза – урожайность зерна озимой пшеницы составила 67,9–75,8 ц/га с максимальной прибавкой (31,3 ц/га) при применении $N_{20+60+40+40}P_{20}K_{35} + \text{м/у} + \text{СР}$. Урожайность соломы по фону составила 42,2–46,0 ц/га при соотношении зерно/солома 1,6–1,8: 1 (табл. 1). В вариантах с применением полной системы удобрения каждый килограмм минеральных удобрений окупался 10,9–14,6 кг зерна.

Моноазотные системы удобрения на фонах с последствием навоза и сидерата не уступали полным по уровню урожайности, а каждый килограмм азота окупался 16,9–19,2 кг зерна. При этом отмечено, что на фоне без использования органических удобрений при моноазоте отмечено достоверное снижение урожайности зерна на 6,0 ц/га при окупаемости 1 кг азота 13,7 кг зерна (табл. 1).

В среднем за 2 года исследований отмечен достоверный рост урожайности зерна (на 6,6–7,2 ц/га) на всех изучаемых фонах от двукратного применения на посевах стимулятора роста растений Экогум АФ (табл. 1). Стоит отметить, что эффективность применения препарата в большей мере проявилась в менее благоприятных условиях вегетационного периода 2023 г. Некорневые обработки посевов в начале возобновления вегетации и фазу начала флагового листа (когда формируется около 75 % фотосинтезирующей поверхности растения) в условиях недостатка влаги способствовали достоверному росту урожая зерна на 19–22 %. В условиях достаточной увлажненности и повышенного температурного фона применение стимулятора роста было менее эффективно, прирост урожайности составил 2–5 %.

Зерно пшеницы характеризовалось хорошими показателями качества. Наименьшее содержание белка (9,6–10,9 %) отмечено в зерне, полученного на изучаемых фонах. В вариантах с последствием навоза и сидерата установлено достоверное увеличение белковости зерна культуры на 1,1–1,3 % (табл. 2).

Применение азотных удобрений в составе полного удобрения обеспечило по опыту получение зерна с содержанием белка 12,7–13,2 %, различия между вариантами недостоверны.

Зерно, полученное в варианте без удобрений и на фоне последствия сидерата с содержанием клейковины на уровне 23,4–23,7 %, относится к 3-му классу качества. Отмечено, что практически при всех изучаемых минеральных системах удобрения полученное зерно соответствует 2-му классу качества (содержание клейковины не менее 28 %). Максимальные значения показателя (30,0–30,3 %) характерны для минеральных систем удобрения на фоне последствия соломистого навоза. Моноазотная система удобрения по влиянию на содержание белка и клейковины не уступала полным, значения сопоставимы (табл. 2).

Таблица 2

Показатели качества зерна озимой пшеницы

Вариант	Содержание, %		Выход, ц/га	
	белка	клейковины	белка	кормовых единиц
Без удобрений – Фон 1	9,6	23,7	3,5	57,3
$N_{0+70+40+50}P_{30}K_{60} + м/у^*$	12,9	28,4	7,5	92,0
$N_{0+70+40+50}P_{30}K_{60} + м/у^{**}$	13,0	28,0	8,3	101,0
$N_{20+60+40+40}P_{30}K_{60} + м/у^{**}$	13,0	27,5	7,8	95,2
$N_{20+60+40+40} + м/у^{**}$	12,9	27,2	7,1	87,0
Подстилочный навоз (3-й г. ПД***) – Фон 2	10,9	22,0	4,2	60,5
Фон 2 + $N_{0+70+40+50}P_{20}K_{35} + м/у^*$	12,9	29,2	7,5	92,3
Фон 2 + $N_{0+70+40+50}P_{20}K_{35} + м/у^{**}$	13,1	29,9	8,4	102,1
Фон 2 + $N_{20+60+40+40}P_{20}K_{35} + м/у^{**}$	13,2	30,3	8,6	103,0
Фон 2 + $N_{20+60+40+40} + м/у^{**}$	13,1	30,0	8,4	102,3
Сидерат (3-й г. ПД***) – Фон 3	10,7	23,4	3,7	54,7
Фон 3 + $N_{0+70+40+50}P_{30}K_{60} + м/у^*$	12,7	28,6	6,8	84,9
Фон 3 + $N_{0+70+40+50}P_{30}K_{60} + м/у^{**}$	12,9	28,9	7,6	94,0
Фон 3 + $N_{20+60+40+40}P_{30}K_{60} + м/у^{**}$	12,9	29,3	7,8	95,5
Фон 3 + $N_{20+60+40+40} + м/у^{**}$	12,9	29,2	7,4	91,5
Фактор А (фон) – HCP_{05}	0,3	1,0	–	
Фактор В (удобрение) – HCP_{05}		0,9		
Взаимодействие – HCP_{05}	$F_{факт.} < F_{05}$	2,2		

* Микроудобрение.

** Микроудобрение + стимулятор роста.

*** Последствие.

Анализ химического состава растительных образцов озимой пшеницы показал, что в зерне содержится 1,40–2,19 % азота, 0,78–0,90 % фосфора и 0,41–0,48 % калия, в соломе – 0,70–0,87 % азота, 0,11–0,17 % фосфора и 0,81–1,20 % калия (табл. 3).

Таблица 3

Содержание основных элементов питания в зерне и соломе озимой пшеницы, %

Варианты опыта	Зерно			Солома		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Без удобрений – Фон 1	1,40	0,90	0,48	0,75	0,13	0,81
$N_{0+70+40+50}P_{30}K_{60} + м/у^*$	2,06	0,81	0,42	0,74	0,11	0,98
$N_{0+70+40+50}P_{30}K_{60} + м/у^{**}$	2,02	0,82	0,45	0,76	0,12	1,00
$N_{20+60+40+40}P_{30}K_{60} + м/у^{**}$	1,94	0,84	0,46	0,83	0,12	1,09
$N_{20+60+40+40} + м/у^{**}$	1,95	0,82	0,45	0,77	0,12	1,04
Подстилочный навоз (3-й г. ПД***) – Фон 2	1,41	0,82	0,46	0,74	0,16	0,94
Фон 2 + $N_{0+70+40+50}P_{20}K_{35} + м/у^*$	2,18	0,78	0,44	0,87	0,13	1,16
Фон 2 + $N_{0+70+40+50}P_{20}K_{35} + м/у^{**}$	2,19	0,78	0,42	0,85	0,15	1,11
Фон 2 + $N_{20+60+40+40}P_{20}K_{35} + м/у^{**}$	2,15	0,79	0,44	0,82	0,17	1,14
Фон 2 + $N_{20+60+40+40} + м/у^{**}$	2,10	0,81	0,41	0,80	0,13	1,20
Сидерат (3-й г. ПД***) – Фон 3	1,46	0,82	0,48	0,70	0,13	0,83

Окончание табл. 3

Варианты опыта	Зерно			Солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Фон 3 + N ₀₊₇₀₊₄₀₊₅₀ P ₃₀ K ₆₀ + м/у*	1,93	0,84	0,47	0,81	0,13	1,05
Фон 3 + N ₀₊₇₀₊₄₀₊₅₀ P ₃₀ K ₆₀ + м/у**	2,09	0,83	0,46	0,74	0,12	1,00
Фон 3 + N ₂₀₊₆₀₊₄₀₊₄₀ P ₃₀ K ₆₀ + м/у**	1,98	0,83	0,46	0,84	0,13	1,04
Фон 3 + N ₂₀₊₆₀₊₄₀₊₄₀ + м/у**	2,00	0,82	0,44	0,79	0,12	0,97
Фактор А (фон) – НСР ₀₅	0,13	0,05	0,03	0,06	0,03	0,11
Фактор В (удобрение) – НСР ₀₅	0,12	F _{факт.} < F ₀₅		0,05	F _{факт.} < F ₀₅	0,10
Взаимодействие – НСР ₀₅	F _{факт.} < F ₀₅			0,13	0,07	0,24

* Микроудобрение.

** Микроудобрение + стимулятор роста.

*** Последствие.

На основании полученных экспериментальных данных рассчитаны показатели выноса основных элементов питания озимой пшеницей. Наименьшие показатели хозяйственного выноса элементов питания характерны для фоновых вариантов: N – 63,5–68,7 кг/га, P₂O₅ – 30,9–35,6, K₂O – 31,7–36,5 кг/га (табл. 4).

Таблица 4

Вынос основных элементов питания озимой пшеницей

Вариант	Хозяйственный вынос, кг/га			Удельный вынос, кг/т		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений – Фон 1	68,7	35,6	36,5	16,3	8,4	8,7
N ₀₊₇₀₊₄₀₊₅₀ P ₃₀ K ₆₀ + м/у*	148,9	51,5	63,5	22,0	7,6	9,4
N ₀₊₇₀₊₄₀₊₅₀ P ₃₀ K ₆₀ + м/у**	157,8	56,7	66,3	21,2	7,6	8,9
N ₂₀₊₆₀₊₄₀₊₄₀ P ₃₀ K ₆₀ + м/у**	148,1	54,7	68,7	21,2	7,8	9,8
N ₂₀₊₆₀₊₄₀₊₄₀ + м/у**	135,5	49,4	62,5	21,2	7,7	9,8
Подстилочный навоз (3-й г. ПД***) – Фон 2	67,7	34,4	35,3	15,2	7,7	7,9
Фон 2 + N ₀₊₇₀₊₄₀₊₅₀ P ₂₀ K ₃₅ + м/у*	158,7	50,4	67,3	23,4	7,4	9,9
Фон 2 + N ₀₊₇₀₊₄₀₊₅₀ P ₂₀ K ₃₅ + м/у**	173,9	56,0	69,8	23,2	7,5	9,3
Фон 2 + N ₂₀₊₆₀₊₄₀₊₄₀ P ₂₀ K ₃₅ + м/у**	171,8	57,8	72,3	22,7	7,6	9,5
Фон 2 + N ₂₀₊₆₀₊₄₀₊₄₀ + м/у**	164,2	56,8	69,1	21,8	7,6	9,2
Сидерат (3-й г. ПД***) – Фон 3	63,5	30,9	31,7	15,8	7,7	7,9
Фон 3 + N ₀₊₇₀₊₄₀₊₅₀ P ₃₀ K ₆₀ + м/у*	132,8	49,6	63,5	21,3	8,0	10,2
Фон 3 + N ₀₊₇₀₊₄₀₊₅₀ P ₃₀ K ₆₀ + м/у**	150,9	53,8	63,5	21,8	7,8	9,2
Фон 3 + N ₂₀₊₆₀₊₄₀₊₄₀ P ₃₀ K ₆₀ + м/у**	147,5	54,1	62,3	21,0	7,7	8,9
Фон 3 + N ₂₀₊₆₀₊₄₀₊₄₀ + м/у**	143,2	51,7	59,7	21,3	7,7	8,9

* Микроудобрение.

** Микроудобрение + стимулятор роста.

*** Последствие.

С повышением уровня минерального питания вынос элементов питания растениями пшеницы увеличился, составив по опыту: N – 132,8–173,9 кг/га, P₂O₅ – 49,4–57,8, K₂O – 59,7–72,3 кг/га. Удельный вынос элементов в фоновых вариантах составил: N – 15,2–16,3 кг/га, P₂O₅ – 7,7–8,4, K₂O – 7,9–8,7 кг/га. При минеральных и органоминеральных системах удобрения удельный вынос из-

менялся в следующих пределах: N – 21,0–23,4 кг/га, P₂O₅ – 7,4–8,0, K₂O – 8,9–10,2 кг/га. Согласно обобщенным справочным данным [8], с 1 т зерна озимой пшеницы и соответствующим количеством соломы в среднем выносятся 28,2 кг азота, 10,8 кг фосфора и 19,2 кг калия. При системах удобрения, обеспечивших в условиях опыта получение максимальной урожайности зерна на уровне 70–76 ц/га, удельный вынос в среднем составил: N – 21,9 кг/га, P₂O₅ – 7,7, K₂O – 9,3 кг/га. Данный удельный вынос элементов питания озимой пшеницей является сортовой особенностью в условиях проведения опыта (табл. 4).

Расчет экономической эффективности [9] возделывания озимой пшеницы показал, что за счет применения полных минеральных систем удобрения условная прибыль составила 93–160 руб./га при рентабельности 33–52 %. Моноазотная система удобрения оказалась не менее эффективной: при применении N₂₀₊₆₀₊₄₀₊₄₀ в комплексе с микроудобрением и стимулятором роста условная прибыль составила 104 руб./га при рентабельности 49 % (табл. 5).

Таблица 5

Экономическая эффективность систем удобрения при возделывании озимой пшеницы на дерново-подзолистой суглинистой почве

Вариант	Прибавка к контролю, ц/га	Стоимость дополнительной продукции, руб./т	Всего затрат, руб./га	Условная прибыль, руб./га	Рентабельность, %
Без удобрений – Фон 1	–				
N ₀₊₇₀₊₄₀₊₅₀ P ₃₀ K ₆₀ + м/у*	25,6	372	279	93	33
N ₀₊₇₀₊₄₀₊₅₀ P ₃₀ K ₆₀ + м/у**	32,2	468	308	160	52
N ₂₀₊₆₀₊₄₀₊₄₀ P ₃₀ K ₆₀ + м/у**	27,9	406	294	112	38
N ₂₀₊₆₀₊₄₀₊₄₀ + м/у**	21,9	318	214	104	49
Подстилочный навоз (3-й г. ПД***) – Фон 2	2,4	31	43	–8	–
Фон 2 + N ₀₊₇₀₊₄₀₊₅₀ P ₂₀ K ₃₅ + м/у*	25,8	410	259	151	58
Фон 2 + N ₀₊₇₀₊₄₀₊₅₀ P ₂₀ K ₃₅ + м/у**	33,0	525	289	236	82
Фон 2 + N ₂₀₊₆₀₊₄₀₊₄₀ P ₂₀ K ₃₅ + м/у**	33,7	536	392	244	84
Фон 2 + N ₂₀₊₆₀₊₄₀₊₄₀ + м/у**	33,1	527	251	276	110
Сидерат (3-й г. ПД***) – Фон 3	–1,8	–			
Фон 3 + N ₀₊₇₀₊₄₀₊₅₀ P ₃₀ K ₆₀ + м/у*	20,3	323	262	61	24
Фон 3 + N ₀₊₇₀₊₄₀₊₅₀ P ₃₀ K ₆₀ + м/у**	27,0	430	291	139	48
Фон 3 + N ₂₀₊₆₀₊₄₀₊₄₀ P ₃₀ K ₆₀ + м/у**	28,1	447	294	153	52
Фон 3 + N ₂₀₊₆₀₊₄₀₊₄₀ + м/у**	25,2	401	225	176	78

* Микроудобрение.

** Микроудобрение + стимулятор роста.

*** Последствие.

За счет естественного плодородия и питательных веществ, поступивших с навозом КРС (3-й год последействия) получена статистически недостоверная прибавка урожая (2,4 ц/га) при НСР 5,0, данный агроприем убыточен (–8 долл./га).

При применении на фоне 3-го года последствий соломистого навоза полных систем удобрения условная прибыль варьировала в пределах 151–244 руб./га с рентабельностью 58–84 %. Расчеты показали, что агроэкономически обоснованным приемом оказалось применение на фоне последствий соломистого навоза моноазотной системы удобрения ($N_{20+60+40+40}$) в комплексе с некорневой подкормкой посевов микроудобрением МикроСтим-Медь, Марганец и дополнительным введением в систему удобрения стимулятора роста растений Экогум АФ. Это обеспечило получение дополнительной прибавки зерна пшеницы 33,1 ц/га, 276 руб./га условной прибыли при 110 % рентабельности.

Возделывание озимой пшеницы на фоне 3-го года последствий сидерата без дополнительного использования минеральных удобрений оказалось убыточным агроприемом – по отношению к варианту без удобрений. Урожайность зерна снизилась на 1,8 ц/га. За счет применения полных минеральных систем удобрения на этом фоне условная прибыль составила 61–153 руб./га при рентабельности 24–52 %. Моноазотная система удобрения обеспечила получение 176 руб./га условной прибыли и 78 % рентабельности (табл. 5).

ВЫВОДЫ

Изучена эффективность различных систем удобрения озимой пшеницы, возделываемой на высокоокультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве. Наиболее агроэкономически обоснованным оказалось:

- комплексное применение полного минерального удобрения $N_{0+70+40+50/20-50-40-50}P_{20}K_{35}$ в сочетании с микроудобрением МикроСтим-Медь, Марганец и стимулятором роста растений Экогум АФ на фоне 3-го года последствий соломистого навоза, за счет чего с 1 га получено 75,1–75,8 ц зерна 2-го класса качества с содержанием 13,1–13,2 % белка, 29,9–30,3 % клейковины, 45,5–46,0 ц соломы при окупаемости 1 кг минеральных удобрений 14,2–14,6 кг зерна, 236–244 руб. условной прибыли и 82–84 % рентабельности;
- комплексное применение полного минерального удобрения $N_{0+70+40+50/20-50-40-50}$ в сочетании с микроудобрением МикроСтим-Медь, Марганец и стимулятором роста растений Экогум АФ на фоне 3-го года последствий сидерата, за счет чего с 1 га получено 69,1–70,2 ц зерна 2-го класса качества с содержанием 12,9 % белка, 28,9–29,3 % клейковины, 39,7–43,1 ц соломы при окупаемости 1 кг минеральных удобрений 11,5–12,0 кг зерна, 139–153 руб./га условной прибыли и 48–52 % рентабельности.

При возделывании озимой пшеницы на высоко окультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве с высоким содержанием подвижных соединений фосфора и повышенным – калия возможно (в исключительных случаях дефицита минеральных удобрений) использование моноазотной системы удобрения (суммарно N_{160}) на фоне последствий соломистого навоза и сидерата. Такие системы удобрения обеспечивают получение с 1 га 67,3–75,2 ц зерна с содержанием 12,9–13,1 % белка, 29,2–30,0 % клейковины, 42,0–42,2 ц соломы, 176–276 руб. условного чистого дохода при 78–110 % рентабельности.

При системах удобрения, обеспечивших в условиях опыта получение максимальной урожайности зерна, удельный вынос элементов питания в среднем составил: $N - 21,9 \text{ кг/га}$, $P_2O_5 - 7,7 \text{ кг/га}$, $K_2O - 9,3 \text{ кг/га}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сельское, лесное и рыбное хозяйство Беларуси. Статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – URL: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/selskoe-hozyaistvo> (дата обращения: 21.03.2024).
2. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – 3-е изд. доп. и перераб. – Мн.: ИВЦ Минфина, 2017. – 688 с.
3. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2017–2020 гг.) / И. М. Богдевич, В. В. Лапа, М. В. Рак [и др.]; под общ. ред. И. М. Богдевича: Ин-т почвоведения и агрохимии. – Мн.: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2022. – 276 с.
4. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных, кормовых и технических растений: сборник отраслевых регламентов; под общ. ред. академиков НАН Беларуси В. Г. Гусакова и Ф. И. Привалова. – Мн.: ИВЦ Минфина, 2023. – 506 с.
5. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отраслевых регламентов. – Мн.: Белорусская наука, 2005. – 460 с.
6. Удобрение Экогум марки АФ. – URL: <https://ecosil.by/jekogum-af-1l> (дата обращения 27.11.2025)
7. Погода и климат. – URL: <https://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=26850> (дата обращения: 08.11.2023).
8. Справочник агрохимика / В. В. Лапа, Н. Н. Цыбулько, М. В. Рак [и др.]; под ред. В. В. Лапа. – Мн.: ИВЦ Минфина, 2021. – 260 с.
9. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богдевич, Г. М. Сафроновская, Н. Д. Терещенко [и др.]; РУП Ин-т почвоведения и агрохимии. – Мн., 2010. – 24 с.

WINTER WHEAT FERTILIZATION SYSTEMS IN CROP ROTATION LINKS WITH DIFFERENT INTENSIFICATION LEVELS

E. G. Mezentseva, O. G. Kulesh, A. A. Gracheva, S. M. Zenkova

Summary

The studies were conducted to investigate various fertilizer systems for cultivating winter wheat in a technological experiment on a highly cultivated sod-podzolic loamy soil. The most effective fertilizer systems for cultivating winter wheat in a crop rotation were the combined use of full mineral fertilizer $N_{160}P_{20/30}K_{35/60}$ and mono-nitrogen (N_{160}) in combination with micronutrient fertilizer MicroStim-Copper, Manganese, and plant growth stimulant in the background of the third year of straw manure and green manure. The use of such fertilizer systems ensures the production of up to 76 centners of grain of class 2 quality with a protein content of 13 %, a gluten content of 30 %, and high agro-economic efficiency of cultivation. The specific removal of the main nutrients by winter wheat at this level of yield is as follows make up: N – 21,9 kg/ha, P_2O_5 – 7,7 kg/ha, K_2O – 9,3 kg/ha.

Поступила 04.03.2026