

УДК 631.559:633.11“324”:631.8:631.51:631.445.24

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ ПРИ ТРАДИЦИОННОЙ И ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ

© 2022 г. Т. М. Серая^{1,*}, Е. Н. Богатырева¹, Т. М. Кирдун¹,
Т. В. Мачок¹, О. М. Бирюкова¹, Ю. А. Белявская¹

¹Институт почвоведения и агрохимии НАН
Республики Беларусь 220108 Минск, ул. Казинца, 62, Беларусь

*E-mail: seraya@tut.by

Поступила в редакцию 06.01.2022 г.

После доработки 28.01.2022 г.

Принята к публикации 15.02.2022 г.

В полевом технологическом опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве изучена агроэкономическая эффективность разных систем удобрения озимой пшеницы в зависимости от способа основной обработки почвы. Установлено, что заделка соломы без компенсирующей дозы азота, как при традиционной, так и при поверхностной обработке почвы, не оказала негативного влияния на равномерность всходов и развитие растений озимой пшеницы в осенний период. Удобрения обеспечили наряду с ростом урожайности получение продовольственного зерна (без удобрений – фуражного): в среднем за 2 года рост урожайности зерна при вспашке составил от 38.6 до 59.8–64.6 ц/га, или на 55–67%, содержания сырого белка от 9.0 до 13.9–14.4%, клейковины – от 17.6 до 27.6–29.6%, при дисковании урожайность увеличилась от 41.9 до 64.0–71.6 ц/га (на 53–71%), содержание сырого белка – от 9.1 до 14.9–17.8%, клейковины – от 17.9 до 28.2–30.1%. Условный чистый доход от применения удобрений составил 395–545 USD/га при рентабельности 152–224%.

Ключевые слова: озимая пшеница, урожайность, система удобрения, сырой белок, клейковина, удобрения, солома, способ обработки почвы.

DOI: 10.31857/S0002188122050088

ВВЕДЕНИЕ

В Республике Беларусь посевы озимой пшеницы занимают ≈10% посевной площади. В последние 5 лет урожайность зерна ее изменялась от 29.3 (2018 г.) до 41.0 ц/га (2020 г.). В этот период под пшеницу в среднем внесено: органических удобрений – 5.7 т/га, азотных – 101, фосфорных – 30, калийных – 94 кг д.в./га или (NPK)225 при соотношении N : P : K = 1 : 0.3 : 0.9 [1–5].

В современных условиях важно не только стремиться к повышению урожайности сельскохозяйственных культур, но и к снижению себестоимости, т.е. по возможности наращивать производство конкурентоспособной продукции. Для этого необходимо максимально задействовать малозатратные приемы в технологиях возделывания культур [6]. Снижения себестоимости продукции можно добиться, используя излишки соломы на удобрение, усовершенствованием систе-

мы удобрения, уменьшением затрат на обработку почвы [7–10].

На технологические свойства зерна пшеницы влияют режим температур, обеспеченность осадками, плодородие почвы, система удобрения и ряд других внешних факторов. Почвенно-климатические условия Республики Беларусь не позволяют получать высококачественное зерно на уровне сильной пшеницы, однако имеются вполне реальные возможности для повышения качества зерна мягкой пшеницы.

Основным источником органических удобрений в республике являются все виды навоза. Для хозяйств, специализирующихся на производстве зерна и другой продукции растениеводства, в отсутствие или при слабом развитии животноводства важным источником органического вещества является солома. Однако, по данным ряда исследователей [11–13], внесение соломы стимулирует развитие отдельных видов почвенных

микроорганизмов, выделяющих токсины, поэтому для благоприятного протекания биохимических процессов в почве при заделке соломы рекомендуется вносить компенсирующие дозы азотных удобрений из расчета 5–10 кг/т в зависимости от вида соломы [14–16]. Но есть данные и о том, что внесенный в почву органический углерод на каждый грамм помогает фиксировать 15–40 мг азота [17, 18].

Одним из направлений наших исследований было установление сравнительной агроэкономической эффективности заделки соломы под озимую пшеницу в чистом виде, с внесением с соломой целлюлозоразлагающего микробиологического удобрения “Жыцень” или компенсирующей дозы азота в виде КАС.

Значительно сэкономить энергоресурсы в земледелии можно, перейдя с традиционной основной обработки почвы на менее затратную поверхностную. Однако в научной литературе нет единого мнения о реакции зерновых культур на способ основной обработки почвы. По одним сведениям при поверхностной обработке не снижается урожай, по другим – урожай существенно уменьшается, либо наблюдается тенденция к снижению [19–22].

Исследования многих научных учреждений стран СНГ и дальнего зарубежья показали, что в севообороте отвальную вспашку с успехом можно заменить безотвальной обработкой почвы, что позволяет сократить производственные затраты на 30–80%, получить высокие стабильные урожаи и сохранить окружающую среду. Недостаточная длительность исследований, проводимых в Республике Беларусь, не позволяет делать категорические выводы о безусловном равенстве традиционной и поверхностной обработок в формировании урожая зерновых культур. Видовая и сортовая специфика реакции на обработку отмечена при выращивании яровых и озимых зерновых культур на дерново-подзолистых почвах. Поэтому этот вопрос требует дальнейшего изучения. Также вызывает интерес эффективность применения различных систем удобрения на фоне разных способов обработки почвы.

Цель работы – установить агроэкономическую эффективность разных систем удобрения в зависимости от способа основной обработки почвы при возделывании озимой пшеницы на дерново-подзолистой супесчаной почве.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Стационарный технологический опыт заложен на опытном поле Института почвоведения и

агрохимии, расположенном в ПРУП “Э/б им. Котовского” Узденского р-на Минской обл. на дерново-подзолистой супесчаной, развивающейся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 80 см моренным суглинком, почве [23]. Исследования с озимой пшеницей сорт Августина проводили в звене севооборота: озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.) – горох посевной (*Pisum sativum*) – озимая рожь (*Secale cereale*).

Исследования проведены в 2-х последовательно открывавшихся полях, на каждом поле – в 2-х блоках: в 1-м блоке в качестве основной обработки почвы применяли вспашку на глубину 20 см, во 2-м блоке – дискование в один след на глубину 10–12 см. Первое поле открыто в 2019 г., второе – в 2020 г. Повторность вариантов четырехкратная, общий размер делянки – 31.2 м², учетная площадь – 24.0 м².

Предшественник озимой пшеницы – гороховая смесь на зерно. Урожайность соломы – 2.8 т/га с содержанием (на сухое вещество): N – 0.52, P₂O₅ – 0.25, K₂O – 1.50%. После уборки солому измельчали и равномерно распределяли по делянкам, затем, согласно схеме опыта, вносили удобрение микробиологическое “Жыцень” или компенсирующую дозу азота в виде КАС и задисковывали. Через 2 нед в 1-м блоке проводили вспашку, во 2-м – дискование в один след. Удобрение жидкое азотное КАС – это водный раствор аммиачной селитры и карбамида в соотношении 1 : 1. Удобрение микробиологическое “Жыцень” – целлюлозоразлагающее удобрение с содержанием *Pseudomonas* sp.-11 – не менее 1 × 10⁹ КОЕ/см³, *Bacillus* sp.-49, не менее 1 × 10⁹ КОЕ/см³.

Примененный в опыте подстилочный навоз (соломистый) имел следующие показатели (в расчете на естественную влажность): 1-е поле – N – 0.72, P₂O₅ – 0.30, K₂O – 0.56%, влажность – 74%; 2-е поле – N – 0.60, P₂O₅ – 0.34, K₂O – 0.75%, влажность – 73%.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя 1-го поля: рН_{KCl} 5.59, гумус – 2.18%, содержание подвижных форм фосфора (P₂O₅) – 157, калия (K₂O) – 185, обменных форм кальция (CaO) – 1050, магния (MgO) – 151 мг/кг; 2-го поля: рН_{KCl} 5.58, гумус – 1.98%, содержание подвижных форм фосфора (P₂O₅) – 161, калия (K₂O) – 179, обменных форм кальция (CaO) – 1000, магния (MgO) – 164 мг/кг.

Химический анализ органических удобрений выполнен в соответствии с государственными отраслевыми стандартами: органический углерод (ГОСТ 27980-88), общий азот (ГОСТ 26715-85), фос-

фор (ГОСТ 26717-85), калий (ГОСТ 26718-85), кальций (ГОСТ 26570-95), магний (ГОСТ 30502-97).

В зерне и соломе озимой пшеницы определяли следующие показатели: влага и сухой остаток – ГОСТ 13586.5-93 (зерно), ГОСТ 13496.3-92 (солома), общий азот – ГОСТ 13496.4-93, общий фосфор – ГОСТ 26657-97, общий калий – ГОСТ 230504-97. Белок и клейковину в зерне определяли на спектрофотометре “Инфронео”.

Фосфорные и калийные удобрения в виде P_{ca} и K_x внесены под основную обработку почвы, азотные (N_m) – в 3 подкормки: $N70$ – в начале ранневесенней вегетации, $N40$ – в фазе первый узел и $N40$ – в фазе флаг-лист, в варианте с внесением подстилочного навоза КРС (ПН КРС) 40 т/га дозы внесения в первые 2 подкормки были на 10 кг/га меньше, при внесении ПН КРС 30 т/га дозу первой подкормки снижали на 10 кг/га.

Расчет экономической эффективности применения удобрений проведен по методике [24]. Для определения прибыли рассчитывали стоимость урожая с учетом повышения качества зерна, полученного за счет внесения удобрений, и затраты на получение прибавки урожая от удобрений. Используются нормативы затрат на удобрения и их внесение, доработку прибавки урожая, цены на сельскохозяйственную продукцию в Республике Беларусь на 2021 г. в долларовом эквиваленте (USD).

Статистическую обработку результатов осуществляли согласно методике полевого опыта Б.А. Доспехова с использованием MS Excel 2010.

В 1-м поле озимая пшеница посеяна 16 сентября 2019 г. с нормой высева 248 кг/га (5.3 млн семян). Полевая всхожесть составила 87%. Теплая бесснежная зима способствовала 98%-ной перезимовке растений. При этом основной период формирования и налива зерна был в целом благоприятным для озимой пшеницы, что обеспечило высокую урожайность зерна в 2020 г.

Во 2-м поле озимая пшеница посеяна 14 сентября 2020 г. с нормой высева 250 кг/га (5.4 млн семян). В период осенней вегетации особенно сухим (ГТК = 0.7) выдался сентябрь, что отрицательно сказалось на всходах озимой пшеницы – полевая всхожесть составила 78%. Выпадение снега на слабозамерзшую почву (среднесуточная температура в декабре – 1.2°C, обильные осадки в виде снега в январе – 109 мм (в 2.3 раза выше нормы) и длительное сохранение снежного покрова (до середины марта) способствовали сильному развитию снежной плесени в посеве озимой пшеницы. В результате перезимовка растений составила 66%.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

За счет эффективного плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы урожайность зерна озимой пшеницы в среднем за 2 года составила 38.6 ц/га при вспашке и 41.9 ц/га – при дисковании (табл. 1). Погодные условия периода вегетации озимой пшеницы в 2019/2020 г. способствовали формированию урожайности в среднем в опыте на 24% больше, чем в 2020/2021 г. Содержание сырого белка и клейковины в зерне, наоборот, более высоким было в 2021 г. (табл. 2, 3).

В среднем за 2 года внесение $N70 + 40 + 40P65K115$ обеспечило рост урожайности зерна при вспашке на 21.9 ц/га или на 57% при увеличении содержания в зерне сырого белка с 9.0 до 14.0% и клейковины – с 17.6 до 27.6%. В блоке дискования урожайность зерна относительно контроля выросла на 22.8 ц/га (на 54%), содержание сырого белка – с 9.1 до 15.7% и клейковины – с 17.9 до 28.4%. Снижение доз фосфорных и калийных удобрений на 25 и 80 кг д.в. соответственно и азотных удобрений на 20 кг/га на фоне внесения подстилочного навоза КРС 40 т/га не оказало существенного влияния на урожайность зерна по сравнению с минеральной системой удобрения. Запашка соломы 3 т/га, что в переводе в условный навоз составило 10.5 т/га, и снижение дозы подстилочного навоза КРС с 40 до 30 т/га, а также внесение на этом фоне $N60 + 40 + 40P50K50$ не повлияло на урожайность зерна по сравнению с внесением ПН КРС 40 т/га + $N60 + 30 + 40P40K35$.

Заделка соломы предшественника под озимую пшеницу без внесения компенсирующей дозы азота не оказала существенного влияния на урожайность зерна, как при вспашке (60.5 ц/га, вариант $N70 + 40 + 40P65K115$ и 59.8 ц/га, вариант солома + $N70 + 40 + 40P65K115$), так и при дисковании (64.7 и 64.1 ц/га соответственно). Заделка соломы с компенсирующей дозой азота, внесенной в виде КАС (смесь карбамида-аммиачная) в дозе 20 кг д.в./га, показала выраженную тенденцию к росту урожайности – в среднем за 2 года на 3.6 ц/га как при вспашке, так и при дисковании. Обработка соломы микробиологическим удобрением “Жыцень” значимо не влияла на урожайность зерна озимой пшеницы в блоке вспашки, в то время как в блоке дискования в данном варианте она была наибольшей в опыте и составила в среднем за 2 года 71.6 ц/га, что на 7.5 ц/га больше, чем при заделке чистой соломы.

В целом в блоке вспашки урожайность была на 6% меньше, чем при дисковании как в 2020 г., так и в 2021 г. При этом в вариантах с применением подстилочного навоза урожайность зерна озимой

Таблица 1. Влияние удобрений и способа обработки почвы на урожайность озимой пшеницы на дерново-подзолистой супесчаной почве

| Вариант | Урожайность зерна, ц/га | | | Прибавка к контролю, ц/га |
|--------------------------------------|-------------------------|---------|---------|---------------------------|
| | 2020 г. | 2021 г. | среднее | |
| Вспашка | | | | |
| Без удобрений (контроль 1) | 43.9 | 33.2 | 38.6 | — |
| N150P65K115 | 64.5 | 56.5 | 60.5 | 21.9 |
| ПН КРС 40 т/га + N130P40K35 | 68.3 | 58.9 | 63.6 | 25.0 |
| Солома + ПН КРС 30 т/га + N140P50K50 | 70.9 | 58.3 | 64.6 | 26.0 |
| Солома + N150P65K115 | 65.1 | 54.4 | 59.8 | 21.2 |
| Солома + Жыцень 3 л/га + N150P65K115 | 69.9 | 54.4 | 62.2 | 23.6 |
| Солома + N20(КАС) + N150P65K115 | 74.9 | 53.3 | 64.1 | 25.5 |
| Дискование | | | | |
| Без удобрений (контроль 2) | 46.3 | 37.4 | 41.9 | — |
| N150P65K115 | 72.7 | 56.6 | 64.7 | 22.8 |
| ПН КРС 40 т/га + N130P40K35 | 68.7 | 59.3 | 64.0 | 22.1 |
| Солома + ПН КРС 30 т/га + N140P50K50 | 71.7 | 57.8 | 64.8 | 22.9 |
| Солома + N150P65K115 | 72.1 | 56.0 | 64.1 | 22.2 |
| Солома + Жыцень 3 л/га + N150P65K115 | 77.7 | 65.4 | 71.6 | 29.7 |
| Солома + N20(КАС) + N150P65K115 | 75.7 | 60.8 | 68.3 | 26.4 |
| НСП ₀₅ (удобрения) | 5.3 | 4.3 | 4.8 | 4.8 |
| НСП ₀₅ (обработка почвы) | 2.3 | 2.3 | 2.3 | 2.3 |

Таблица 2. Влияние удобрений на содержание сырого белка в зерне озимой пшеницы на дерново-подзолистой супесчаной почве

| Вариант | Содержание сырого белка, % | | | |
|--------------------------------------|----------------------------|---------|---------|----------|
| | 2020 г. | 2021 г. | среднее | прибавка |
| Вспашка | | | | |
| Без удобрений (контроль 1) | 8.5 | 9.5 | 9.0 | — |
| N150P65K115 | 13.6 | 14.5 | 14.0 | 5.0 |
| ПН КРС 40 т/га + N130P40K35 | 13.1 | 14.7 | 13.9 | 4.8 |
| Солома + ПН КРС 30 т/га + N140P50K50 | 13.0 | 15.0 | 14.0 | 5.0 |
| Солома + N150P65K115 | 13.5 | 15.0 | 14.2 | 5.2 |
| Солома + Жыцень 3 л/га + N150P65K115 | 13.3 | 15.5 | 14.4 | 5.4 |
| Солома + N20(КАС) + N150P65K115 | 13.3 | 15.1 | 14.2 | 5.2 |
| Дискование | | | | |
| Без удобрений (контроль 2) | 8.2 | 9.9 | 9.1 | — |
| N150P65K115 | 12.4 | 15.7 | 15.7 | 6.6 |
| ПН КРС 40 т/га + N130P40K35 | 12.3 | 15.4 | 15.4 | 6.3 |
| Солома + ПН КРС 30 т/га + N140P50K50 | 13.2 | 15.7 | 15.7 | 6.6 |
| Солома + N150P65K115 | 13.1 | 15.8 | 15.8 | 6.7 |
| Солома + Жыцень 3 л/га + N150P65K115 | 12.8 | 14.9 | 14.9 | 5.8 |
| Солома + N20(КАС) + N150P65K115 | 13.1 | 15.3 | 15.3 | 6.2 |
| НСП ₀₅ (удобрения) | 0.7 | 0.5 | 0.6 | 0.6 |
| НСП ₀₅ (обработка почвы) | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |

пшеницы не зависела от способа обработки почвы и составила в 2020 г. 68.3 ц/га при вспашке и 68.7 ц/га при дисковании в варианте ПН КРС 40 т/га + N60 + 30 + 40P40K35, в 2021 г. — соответ-

ственно 58.9 и 59.3 ц/га; в варианте солома + ПН КРС 30 т/га + N60 + 40 + 40P50K50 в 2020 г. получено зерна 70.9 ц/га при вспашке и 71.7 ц/га при дисковании, в 2021 г. — 58.3 и 57.8 ц/га. Макси-

Таблица 3. Влияние удобрений на содержание клейковины в зерне озимой пшеницы на дерново-подзолистой супесчаной почве

| Вариант | Содержание клейковины, % | | | |
|--------------------------------------|--------------------------|---------|---------|----------|
| | 2020 г. | 2021 г. | среднее | прибавка |
| Вспашка | | | | |
| Без удобрений (контроль 1) | 17.7 | 17.6 | 17.6 | – |
| N150P65K115 | 25.9 | 29.3 | 27.6 | 10.0 |
| ПН КРС 40 т/га + N130P40K35 | 25.3 | 30.2 | 27.7 | 10.1 |
| Солома + ПН КРС 30 т/га + N140P50K50 | 25.2 | 31.4 | 28.3 | 10.7 |
| Солома + N150P65K115 | 26.6 | 31.8 | 29.2 | 11.6 |
| Солома + Жычень 3 л/га + N150P65K115 | 26.3 | 33.0 | 29.6 | 12.0 |
| Солома + N20(КАС) + N150P65K115 | 25.7 | 32.1 | 28.9 | 11.3 |
| Дискование | | | | |
| Без удобрений (контроль 2) | 17.8 | 17.9 | 17.9 | – |
| N150P65K115 | 23.5 | 33.2 | 28.4 | 10.5 |
| ПН КРС 40 т/га + N130P40K35 | 24.3 | 32.4 | 28.3 | 10.5 |
| Солома + ПН КРС 30 т/га + N140P50K50 | 26.7 | 33.6 | 30.1 | 12.3 |
| Солома + N150P65K115 | 25.7 | 34.1 | 29.9 | 12.1 |
| Солома + Жычень 3 л/га + N150P65K115 | 25.3 | 31.2 | 28.2 | 10.4 |
| Солома + N20(КАС) + N150P65K115 | 26.2 | 32.0 | 29.1 | 11.2 |
| HCP ₀₅ (удобрения) | 1.4 | 1.5 | 1.4 | 1.4 |
| HCP ₀₅ (обработка почвы) | 0.7 | 0.8 | 0.7 | 0.7 |

мальная разница в урожайности за счет замены вспашки дискованием отмечена в варианте с обработкой соломы микробиологическим удобрением “Жычень” (солома + Жычень 3 л/га + N70 + 40 + 40P65K115) и составила в среднем за 2 года 9.4 ц/га (15%).

Наряду с получением высоких урожаев с хорошими показателями качества важно создавать условия для расширенного воспроизводства плодородия почвы. Для установления более эффективных систем применения удобрений выполнен химический анализ образцов зерна и соломы озимой пшеницы, рассчитаны хозяйственный вынос элементов питания урожаем и коэффициенты их возмещения удобрениями в вариантах опыта (табл. 4).

Установлено, что в 2020 г. в зерне озимой пшеницы в неудобренных вариантах содержание азота составило 1.58 и 1.57, фосфора – 0.73 и 0.68, калия – 0.42 и 0.40%, в вариантах с внесением удобрений существенно больше было только содержание азота – 2.13–2.43%, содержание фосфора было на уровне 0.63–0.76, калия – 0.36–0.43%. В соломе озимой пшеницы содержание азота было в пределах 0.42–0.62, фосфора – 0.16–0.30, калия – 0.71–1.01%. В 2021 г. в вариантах без удобрений содержание азота в зерне составило 1.58 и 1.79, фосфора – 1.28 и 1.31, калия – 0.42 и 0.46%, в соломе соответственно 0.56 и 0.63%, 0.13

и 0.18%, 1.03 и 1.08%. В удобренных вариантах содержание азота в зерне было в пределах 2.25–2.66, фосфора – 1.10–1.62, калия – 0.42–0.59%, в соломе соответственно 0.53–0.81, 0.11–0.18, 1.28–1.61%. Хозяйственный вынос минимальным был в неудобренном варианте в блоке вспашки: азота – 65, фосфора – 37, калия – 33 кг/га, в блоке дискования – 71, 39 и 35 кг/га соответственно, в удобренных вариантах изменялся в пределах: азота – 144–175, фосфора – 50–76, калия – 59–88 кг/га.

Для расчета оптимальных доз внесения удобрений под планируемую урожайность используют метод коэффициентов возмещения выноса, т.е. компенсация выноса за счет удобрения с корректировкой на уровень содержания соответствующих элементов питания в почве. Установлено, что при возделывании озимой пшеницы на среднекультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве при урожайности зерна 59.8–64.1 ц/га в зависимости от системы применения удобрений коэффициенты возмещения удобрениями выноса азота составили 1.1–2.7, фосфора – 1.0–2.5, калия – 1.8–4.2. Это значит, что примененные системы удобрения наряду с повышением урожайности и качества зерна озимой пшеницы способствовали поддержанию и повышению почвенного плодородия. Максимальные коэффициенты возврата получены при применении

Таблица 4. Влияние удобрений на вынос и коэффициент возмещения элементов питания озимой пшеницей на дерново-подзолистой супесчаной почве

| Вариант | Вынос урожаем, кг/га | | | Коэффициент возмещения | | |
|--------------------------------------|----------------------|-------------------------------|------------------|------------------------|-------------------------------|------------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Вспашка | | | | | | |
| Без удобрений (контроль 1) | 65 | 37 | 33 | – | – | – |
| N150P65K115 | 140 | 62 | 62 | 1.1 | 1.0 | 1.9 |
| ПН КРС 40 т/га + N130P40K35 | 148 | 67 | 73 | 2.7 | 2.5 | 4.1 |
| Солома + ПН КРС 30 т/га + N140P50K50 | 149 | 66 | 70 | 2.4 | 2.3 | 4.2 |
| Солома + N150P65K115 | 147 | 59 | 64 | 1.2 | 1.2 | 2.5 |
| Солома + Жыщень 3 л/га + N150P65K115 | 147 | 65 | 67 | 1.2 | 1.1 | 2.4 |
| Солома + N20(КАС) + N150P65K115 | 140 | 62 | 64 | 1.4 | 1.2 | 2.5 |
| Дискование | | | | | | |
| Без удобрений (контроль 2) | 71 | 39 | 35 | – | – | – |
| N150P65K115 | 159 | 63 | 69 | 0.9 | 1.0 | 1.7 |
| ПН КРС 40 т/га + N130P40K35 | 157 | 67 | 76 | 2.5 | 2.5 | 3.9 |
| Солома + ПН КРС 30 т/га + N140P50K50 | 169 | 71 | 80 | 2.1 | 2.2 | 3.6 |
| Солома + N150P65K115 | 158 | 64 | 73 | 1.1 | 1.1 | 2.2 |
| Солома + Жыщень 3 л/га + N150P65K115 | 175 | 76 | 88 | 1.0 | 1.0 | 1.8 |
| Солома + N20(КАС) + N150P65K115 | 169 | 72 | 78 | 1.2 | 1.0 | 2.0 |

Таблица 5. Экономическая эффективность применения удобрений под озимую пшеницу на дерново-подзолистой супесчаной почве

| Вариант | Стоимость урожая за счет применения удобрений | Затраты на удобрения и доработку урожая | Условный чистый доход | Рентабельность, % |
|--------------------------------------|---|---|-----------------------|-------------------|
| | USD/га | | | |
| Вспашка | | | | |
| N150P65K115 | 633 | 211 | 422 | 200 |
| ПН КРС 40 т/га + N130P40K35 | 688 | 264 | 424 | 160 |
| Солома + ПН КРС 30 т/га + N140P50K50 | 704 | 261 | 442 | 169 |
| Солома + N150P65K115 | 617 | 209 | 408 | 195 |
| Солома + Жыщень 3 л/га + N150P65K115 | 657 | 227 | 430 | 189 |
| Солома + N20(КАС) + N150P65K115 | 688 | 233 | 455 | 195 |
| Дискование | | | | |
| N150P65K115 | 662 | 216 | 446 | 206 |
| ПН КРС 40 т/га + N130P40K35 | 655 | 260 | 395 | 152 |
| Солома + ПН КРС 30 т/га + N140P50K50 | 665 | 256 | 409 | 160 |
| Солома + N150P65K115 | 651 | 215 | 436 | 203 |
| Солома + Жыщень 3 л/га + N150P65K115 | 790 | 245 | 545 | 222 |
| Солома + N20(КАС) + N150P65K115 | 728 | 225 | 503 | 224 |

органоминеральной системы удобрения в сочетании с подстилочным навозом КРС.

Рациональность применения различных видов и доз удобрений в сельскохозяйственном производстве должна быть подтверждена не только аг-

рономической, но и экономической эффективностью. Ее главным критерием в растениеводстве является получение максимальной урожайности при минимальных затратах. Экономическую эффективность применения удобрений оценивали

такими показателями как чистый доход и рентабельность. Чистый доход на 1 га посевов рассчитывали как разность между стоимостью урожая, полученного за счет удобрений, и стоимостью затрат на удобрения и доработку урожая.

Стоимость зерна пшеницы фуражной в 2020 г. составляла 300.00 руб./т, (клейковина <18%), продовольственной 4-го класса (клейковина от 18 до 23%) – 379.12 руб./т, и 3-го класса с клейковиной >23% – 432.70 руб./т [25]. Пересчет в USD выполнен по курсу 2.6. Стоимость зерна пшеницы фуражной в 2021 г. составила 311.98 руб./т, продовольственной 4-го класса – 394.28 руб./т, 3-го класса – 450.00 руб./т и 2-го класса с клейковиной >28% – 492.34 руб./т [26]. Пересчет в USD выполнен по курсу 2.5.

Установлено, что при условии реализации зерна озимой пшеницы как продовольственного, условный чистый доход от применения удобрений составил 395–545 USD/га при рентабельности 152–224% (табл. 5). Наиболее экономически эффективной в среднем за 2 года в блоке вспашки была минеральная система удобрения (N70 + 40 + 40P65K115), чистый доход составил 422 USD/га при рентабельности применения удобрений 200%, в вариантах с запашкой соломы наибольший чистый доход обеспечила система удобрения солома + N20(КАС) + N70 + 40 + 40P65K115 – 455 USD/га при рентабельности 195%.

В блоке с дискованием максимальный чистый доход получен в варианте солома + Жыцьне 3 л/га + N70 + 40 + 40P65K115 – 545 USD/га, рентабельность – 222%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уровень урожайности зерна озимой пшеницы на дерново-подзолистой супесчаной почве зависел от примененных систем удобрения и погодных условий вегетации. За счет эффективного плодородия почвы в среднем за 2 года при вспашке получено зерна 38.6 ц/га, при дисковании – 41.9 ц/га. Погодные условия периода вегетации озимой пшеницы 2019/2020 г. были более благоприятными для роста и развития и способствовали формированию урожайности зерна на 23% больше (в среднем в вариантах), чем в 2021 г. Содержание сырого белка и клейковины в зерне более высоким было в 2021 г.

За счет применения удобрений в блоке традиционной обработки почвы урожайность зерна озимой пшеницы в среднем выросла на 56% и существенно увеличилось содержание белка и клейковины, т.е. удобрения обеспечили наряду с ростом урожайности получение продовольственного зерна (в контроле – фуражного). В блоке по-

верхностной обработки почвы урожайность в среднем была на 3.7 ц/га больше по сравнению с аналогичными вариантами в блоке традиционной обработки почвы.

При замене подстилочного навоза КРС 10 т/га на солому 3 т/га, что в переводе в условный навоз составило 10.5 т/га, без снижения урожайности рентабельность увеличилась на 9%.

Заделка соломы без компенсирующей дозы азота как при традиционной, так и при поверхностной обработке почвы, не оказала негативно-го влияния на равномерность всходов и развитие растений озимой пшеницы в осенний период на дерново-подзолистой супесчаной почве.

Примененные системы удобрения обеспечили рост урожайности зерна в среднем за 2 года при вспашке от 38.6 до 59.8–64.6 ц/га, т.е. на 55–67%, содержания сырого белка – от 9.0 до 13.9–14.4%, клейковины – от 17.6 до 27.6–29.6%, при дисковании – от 41.9 до 64.0–71.6 ц/га (на 53–71%), содержания сырого белка – от 9.1 до 14.9–17.8%, клейковины – от 17.9 до 28.2–30.1%.

Наиболее оптимальной на дерново-подзолистой супесчаной почве в блоке вспашки была система удобрения, включавшая внесение N70 + 40 + 40P65K115 на фоне соломы с компенсирующей дозой азота в виде КАС, в среднем за 2 года обеспечивая формирование урожайности зерна озимой пшеницы 64.1 ц/га с содержанием сырого белка 14.2%, клейковины – 28.9%, коэффициенты возмещения выноса элементов питания урожаем составили: N – 1.4, P₂O₅ – 1.2, K₂O – 2.5, условный чистый доход – 455 USD/га, рентабельность применения удобрений – 195%.

В блоке дискования в один след в качестве основной обработки почв наиболее агроэкономически эффективной была система удобрения, включавшая внесение N70 + 40 + 40P65K115 на фоне соломы, обработанной микробиологическим удобрением “Жыцьне” в дозе 3 л/га: урожайность зерна озимой пшеницы 71.6 ц/га с содержанием сырого белка 14.9%, клейковины – 28.2%, коэффициенты возмещения выноса элементов питания урожаем составили: N – 1.0, P₂O₅ – 1.0, K₂O – 1.8, условный чистый доход – 545 USD/га, рентабельность применения удобрений – 222%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Статистический ежегодник, 2016 // Нац. стат. комитет Респ. Беларусь. Минск, 2016. С. 319–322.
2. Статистический ежегодник, 2017 // Нац. стат. комитет Респ. Беларусь. Минск, 2017. С. 313–316.
3. Статистический ежегодник, 2018 // Нац. стат. комитет Респ. Беларусь. Минск, 2018. С. 308–311.
4. Статистический ежегодник, 2019 // Нац. стат. комитет Респ. Беларусь. Минск, 2019. С. 255–258.

5. Статистический ежегодник, 2020 // Нац. стат. комитет Респ. Беларусь. Минск, 2020. С. 222–228.
6. Яковчик Н.С., Лапотко А.М. Энергосбережение в сельском хозяйстве. Барановичи: Укруп. типография, 1999. 380 с.
7. Серая Т.М., Богатырева Е.Н., Кирдун Т.М., Бирюкова О.М., Белявская Ю.А., Торчило М.М. Влияние заправки побочной продукции и минеральных удобрений на продуктивность звена севооборота и агрохимические показатели дерново-подзолистой супесчаной почвы // Агрохимия. 2015. № 11. С. 30–36.
8. Ненайденко Г.Н. Удобрение и повышение качества зерна пшеницы в Верхневолжье // Земледел., агрохим. и почвовед. 2018. № 2 (84). С. 20–27.
9. Матыс И.В., Кочурко В.И. Влияние доз и сроков внесения азотных удобрений на показатели качества зерна озимой пшеницы // Изв. ТСХА. 2005. Вып. 1. С. 30–33.
10. Ресурсосберегающие системы обработки почвы / Под ред. Макарова И.П. М.: Агропромиздат, 1990. 242 с.
11. Мишустин Е.Н. Использование соломы в качестве удобрения // Агрохимия. 1971. № 8. С. 49–54.
12. Кольбе Г., Штумпе Г. Солома как удобрение. М.: Колос, 1972. 88 с.
13. Сурова Ю.С., Футкардзе Д.А. Эффективное использование соломы и пожнивных остатков в регулировании баланса гумуса почвы при ее различной обработке // Изв. СПбГАУ. 2015. № 39. С. 105–109.
14. Методические указания по учету и применению органических удобрений / Под ред. Лапы В.В. Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2007. 16 с.
15. Сидоров М.И. Использование соломы на удобрение // Земледелие. 1988. № 11. С. 48–50.
16. Справочная книга по производству и применению органических удобрений / Под ред. Еськова А.И. Владимир, 2001. С. 322–326.
17. Донос А.И., Кордуняну Д.Н. Роль растительных остатков в пополнении запасов минерального питания // Агрохимия. 1980. № 6. С. 63–69.
18. Верниченко Л.Ю., Мишустин Е.Н. Влияние соломы на почвенные процессы и урожай сельскохозяйственных культур // Использование соломы как органического удобрения. М.: Наука, 1980. С. 1–7.
19. Кирюшин В.И. Проблема минимизации обработки почвы: перспективы развития и задачи исследований // Земледелие. № 7. 2013. С. 3–6.
20. Заленский В.А., Яроцкий Я.У. Обработка почвы и плодородие: 2-е изд. перераб. и доп. Минск: Беларусь, 2004. 542 с.
21. Шарков И.Н. Минимизация обработки и ее влияние на плодородие почвы // Земледелие. 2009. № 3. С. 24–27.
22. Матюк Н.С., Полин В.Д., Абражкина Е.Д., Шевченко В.А., Осама Зоде. Урожайность культур и плодородие почвы в зависимости от ее обработки и удобрения // Плодородие. 2008. № 1. С. 38–40.
23. Номенклатурный список почв Беларуси (для целей крупномасштабного картографирования) // Ин-т почвовед. и агрохим. НАН Беларуси, Проектный ин-т Белгипрозем. Минск, 2003. 43 с.
24. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / Под ред. Богдевича И.М. Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2010. 24 с.
25. Об установлении предельных максимальных цен на сельскохозяйственную продукцию (растениеводства) урожая 2020 года, закупаемую для государственных нужд [Электр. ресурс]. 2020. URL [https://www.mshp.gov.by/prices/postanovlenie12\(2020\).pdf](https://www.mshp.gov.by/prices/postanovlenie12(2020).pdf) (дата обращения 01.10.2020)
26. Об установлении фиксированных цен на сельскохозяйственную продукцию (растениеводства) урожая 2021 года, закупаемую для государственных нужд [Электр. ресурс]. 2020. URL <https://mshp.gov.by/prices/postanovlenie17.pdf> (дата обращения 01.10.2021)

Yield and Grain Quality of Winter Wheat Depending on Fertilizer Systems during Traditional and Surface Treatment of Sod-Podzolic Sandy Loam Soil

T. M. Seraya^{a, #}, E. N. Bogatyreva^a, T. M. Kirdun^a, T. V. Machok^a,
O. M. Biryukova^a, and Yu. A. Belyavskaya^a

^a*Institute of Soil Science and Agrochemistry
ul. Kazintsya, 62, Minsk, 220108, Belarus*

[#]*E-mail: seraya@tut.by*

In the field technological experiment on sod-podzolic sandy loam soil, the agroeconomical efficiency of different fertilization systems of winter wheat, depending on the method of basic tillage, was studied. It was found that the straw application without a compensating dose of nitrogen, both with traditional and surface tillage, did not have a negative effect on the uniformity of seedlings and the development of winter wheat plants in the autumn period. Fertilizers provided, along with the increase in yield, the production of food grain (without fertilizers – feed): on average, over two years, the increase in grain yield for plowing ranged from 38.6 to 59.8–64.6 c/ha, i.e. by 55–67%, crude protein content – from 9.0 to 13.9–14.4%, gluten – from 17.6 to 27.6–29.6%; by diskow yield increased from 41.9 to 64.0–71.6 c/ha (by 53–71%), crude protein content – from 9.1 to 14.9–17.8%, gluten – from 17.9 to 28.2–30.1%. The conditional net income from the use of fertilizers amounted to 395–545 USD/ha with a profitability of 152–224%.

Key words: winter wheat, yield, fertilizer system, crude protein, gluten, fertilizers, straw, tillage method.