

19. Фосфор в растениях [Электронный ресурс] // Справочник химика 21. – Режим доступа: <https://www.chem21.info/info/711343/> – Дата доступа: 01.03.2022.

20. Влияние на растения недостатка воды [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://studopedia.ru/15_127090_vliyanie-na-rasteniya-nedostatka-vodi.html – Дата доступа: 01.03.2022.

21. *Церлинг, В. В.* Агрохимические основы диагностики минерального питания сельскохозяйственных культур / В. В. Церлинг. – М.: Наука, 1978. – 216 с.

PHOSPHORUS NUTRITION OF SPRING WHEAT ON SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY HIGH PHOSPHATE SOILS

O. G. Kulesh, E. G. Mezentseva, O. V. Simankov

Summary

The results of study of phosphorus nutrition of spring wheat on highly phosphate-supplied soil are presented. The high ability of the soil to satisfy the plants' need for phosphorus has been established. The main factor determining the availability of soil phosphates, phosphorus accumulation in plants and grain productivity was moisture supply. The strongest curvilinear correlation (R^2 0,36) between available phosphate content in soil and water content in soil 0–20 cm layer was observed. Concentration of total and mineral phosphorus in plants had reliable curvilinear relation with water content in soil 0–50 cm layer – R^2 0,72 and 0,37 respectively.

Поступила 23.03.2022

УДК 631.8:633.11:631.445

[https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1\(68\)-85-94](https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1(68)-85-94)

АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ВЫСОКОКУЛЬТУРЕННОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

Т. М. Серая, Е. Н. Богатырева, Т. М. Кирдун, Т. В. Мачок, О. М. Бирюкова,
Ю. А. Белявская, М. М. Торчило, Н. Ю. Жабровская

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

ВВЕДЕНИЕ

Озимая пшеница занимает в Республике Беларусь ведущее место среди возделываемых зерновых продовольственных культур и по сравнению с яровой пшеницей гарантирует более высокие и стабильные урожаи. Климатические и почвенные ресурсы, а также сорта озимой пшеницы позволяют возделывать ее во всех областях республики. В структуре озимых зерновых культур пшеница занимает 40 % посевных площадей [1]. Одним из путей получения стабильно

высоких урожаев этой культуры является дальнейшее совершенствование технологии возделывания, которая должна быть направлена как на формирование высокопродуктивных посевов, устойчивых к стрессовым погодным явлениям, так и на обеспечение экологической безопасности окружающей среды. Урожайность, как основной результирующий показатель, характеризует эффективность агроприемов возделывания сельскохозяйственных культур. Внесение минеральных удобрений служит одним из важнейших факторов, определяющих уровень продуктивности озимой пшеницы. Среди озимых зерновых колосовых культур пшеница самая требовательная к условиям питания. Недостаток содержания в почве элементов минерального питания можно компенсировать научно обоснованным применением минеральных удобрений, что позволяет обеспечить получение не только запланированного уровня урожайности, но и повышение качества зерна озимой пшеницы [2–5].

Цель исследований – изучение эффективности разных систем удобрения озимой пшеницы на высококультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Стационарный технологический опыт заложен на опытном поле Института почвоведения и агрохимии, расположенном в ОАО «Гастелловское» Минского района на высококультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве. Исследования с озимой пшеницей проведены в двух последовательно открывающихся полях, на каждом поле – в двух 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 – озимый рапс. Урожайность соломы 4,5 т/га с содержанием (на сухое вещество) N – 0,80 %, P₂O₅ – 0,22 %, K₂O – 1,89 %.

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 две недели в 1-м блоке проводили вспашку, во 2-м – дискование в один след.

Удобрение микробиологическое Жыцень – целлюлозоразлагающее удобрение с содержанием *Pseudomonas* sp. – 11 – не менее $1 \cdot 10^9$ КОЕ/см³; *Bacillus* sp. – 49, не менее $1 \cdot 10^9$ КОЕ/см³.

Применяемый в опыте подстилочный навоз (соломистый) имел следующие показатели (в расчете на естественную влажность): 1-е поле – N – 0,74 %, P₂O₅ – 0,39 %, K₂O – 0,81 %, влажность – 72 %; 2-е поле – N – 0,60 %, P₂O₅ – 0,34 %, K₂O – 0,75 %, влажность – 73 %.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя высококультуренной дерново-подзолистой суглинистой почвы: 1-е поле – рН_{KCl} 6,34, гумус – 2,54 %, содержание подвижных форм фосфора (P₂O₅) – 563 мг/кг, калия (K₂O) – 315 мг/кг, обменных форм кальция (CaO) – 1648 мг/кг, магния (MgO) – 283 мг/кг; 2-е поле – рН_{KCl} 6,83, гумус – 2,24 %, содержание подвижных форм фосфора (P₂O₅) – 444 мг/кг, калия (K₂O) – 282 мг/кг, обменных форм кальция (CaO) – 2433 мг/кг, магния (MgO) – 343 мг/кг.

Химический анализ органических удобрений выполнен в соответствии с Государственными отраслевыми стандартами: органический углерод (ГОСТ 27980-88), общий азот (ГОСТ 26715-85), фосфор (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 аммонизированного суперфосфата и хлористого калия внесены под основную обработку почвы, азотные – в три подкормки: 90 кг/га – в начале ранневесенней вегетации в виде КАС, 40 кг/га – в фазу первый узел и 50 кг/га – в фазу флаг лист в виде карбамида; в варианте с внесением 40 т/га подстилочного навоза КРС (ПН КРС) дозы внесения в первую подкормку были на 40 кг/га ниже; при внесении 30 т/га ПН КРС – дозу первой подкормки снижали на 30 кг/га.

Расчет экономической эффективности применения удобрений проведен по методике [6]. 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. [7] в долларовом эквиваленте (USD).

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

В первом поле озимая пшеница посеяна 23 сентября 2019 г. с нормой высева 225 кг/га (5,7 млн семян). Полевая всхожесть составила 86 % (4,9 млн). Теплая бесснежная зима способствовала практически 100 % 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 втором поле озимая пшеница посеяна 16 сентября 2020 г. с нормой высева 229 кг/га (5,0 млн семян), полевая всхожесть составила 96 % (4,8 млн). Выпадение снега на слабозамерзшую почву (среднесуточная температура в декабре – –1,2 °С, 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 на озимой пшенице. В результате после зимы осталось 2,3 млн растений пшеницы, т. е. перезимовка составила 48 %.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Метеорологические условия в годы исследований складывались не одинаково. Это позволило более объективно оценить влияние изучаемых факторов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы. Данные по урожайности зерна за два года исследований приведены в таблице 1. Уровень урожайности зависел от особенностей погодных условий вегетационного периода. Меньшая урожайность зерна как в контроле, так и в удобренных вариантах была в 2021 г.

**Влияние различных систем удобрения и обработки почвы
на урожайность озимой пшеницы**

Вариант	Урожайность зерна, ц/га			Прибавка, ц/га	
	2020 г.	2021 г.	среднее	к кон- тролю	к вспаш- ке
Вспашка					
Без удобрений (контроль 1)	63,8	54,3	59,1	–	–
P ₃₀ K ₆₀ + N ₉₀₊₄₀₊₅₀	90,7	59,4	75,1	16,0	–
Адоб Профит 4–12–38, 4 кг/га + N ₉₀₊₄₀₊₅₀	90,0	62,1	76,1	17,0	–
ПН КРС, 40 т/га + N ₅₀₊₄₀₊₅₀	89,8	61,0	75,4	16,3	–
Солома + ПН КРС, 30 т/га + P ₁₀ + N ₆₀₊₄₀₊₅₀	93,7	63,7	78,7	19,6	–
Солома + P ₃₀ K ₆₀ + N ₉₀₊₄₀₊₅₀	93,4	62,2	77,8	18,7	–
Солома + P ₃₀ K ₆₀ + N ₉₀₊₄₀₊₅₀₊₁₀	92,2	64,5	78,4	19,3	–
Солома + Жыцень, 3 л/га + P ₃₀ K ₆₀ + N ₉₀₊₄₀₊₅₀	93,1	61,4	77,3	18,2	–
Солома + N _{25(КАС)} + P ₃₀ K ₆₀ + N ₉₀₊₄₀₊₅₀	93,2	63,5	78,4	19,3	–
Солома + N _{25(КАС)} + P ₃₀ K ₆₀ + N _{90до opt +40+50}	93,9	60,8	77,4	18,3	–
Солома + N _{25(КАС)} + P ₃₀ K ₆₀ (по вспашке) + N ₉₀₊₄₀₊₅₀	93,9	64,8	79,4	20,3	–
Солома + N _{25(КАС)} + P ₂₅ K ₁₅ * + N ₉₀₊₄₀₊₅₀	95,8	63,0	79,4	20,3	–
Дискование					
Без удобрений (контроль 2)	64,0	54,6	59,3	–	0,2
P ₃₀ K ₆₀ + N ₉₀₊₄₀₊₅₀	91,0	71,0	81,0	21,7	5,9
ПН КРС, 40 т/га + N ₅₀₊₄₀₊₅₀	91,2	70,9	81,1	21,8	5,7
Солома + P ₃₀ K ₆₀ + N ₉₀₊₄₀₊₅₀	93,0	67,5	81,9	22,6	4,1
Солома + ПН КРС, 30 т/га + P ₁₀ + N ₆₀₊₄₀₊₅₀	93,2	70,7	80,4	21,1	1,7
Солома + Жыцень, 3 л/га + P ₃₀ K ₆₀ + N ₉₀₊₄₀₊₅₀	95,4	73,7	84,6	25,3	7,3
Солома + N _{25(КАС)} + P ₃₀ K ₆₀ + N ₉₀₊₄₀₊₅₀	94,0	68,4	81,2	21,9	2,8
НСР ₀₅ (удобрения)	4,8	5,2	5,0	5,0	
НСР ₀₅ (обработка почвы)	2,6	2,8	2,7	2,7	

* Дозы фосфора и калия скорректированы с учетом поступления данных элементов с соломой предшественника.

За счет эффективного плодородия высококультуренной дерново-подзолистой суглинистой почвы в 2020 г. в блоке вспашки получено 63,8 ц/га зерна, в блоке дискования – 64,0 ц/га, в удобренных вариантах – 89,8–95,8 ц/га и 91,0–95,4 ц/га соответственно. В 2021 г. в варианте без удобрений независимо от способа основной обработки почвы урожайность была ниже на 15 % и составила 54,3 ц/га и 54,6 ц/га; внесение удобрений обеспечило рост урожайности до 59,4–64,8 ц/га по вспашке и до 67,5–73,7 ц/га по дискованию (табл. 1). Что касается качества зерна, то содержание белка и, особенно, клейковины более высоким было в 2021 г. Так в блоке вспашки в 2020 г. содержание белка в зерне озимой пшеницы в контроле составило 9,43 %, в удобренных вариантах – 12,19–12,92 %, клейковины – 17,49 % и 23,04–26,57 % соответственно, в то время как в 2021 г. содержание белка в неудобренном варианте было на уровне 9,59 %, где вносили удобрения – 12,61–13,55 %; клейковины – 17,58 % и 28,68–32,10 % соответственно. В блоке дискования в аналогичных вариантах содержание белка и клейковины существенно не отличалось от данных показателей в блоке вспашки (табл. 2, 3).

В среднем за 2 года в блоке вспашки урожайность зерна озимой пшеницы составила 59,1 ц/га зерна с содержанием сырого белка 9,51 %, клейковины – 17,54 %, однако зерно пшеницы с такими показателями качества пригодно для использования только на фураж (табл. 2, 3). В удобренных вариантах по вспашке урожайность увеличилась в среднем на 30 % при увеличении содержания сырого белка до 12,41–13,09 %, клейковины – до 26,39–28,73 %, т.е. зерно по содержанию клейковины соответствует требованиям, предъявляемым ко 2–3 классу продовольственного зерна. В результате повышения урожайности и качества зерна условный чистый доход за счет применения удобрений в блоке вспашки составил 426–507 USD/га (табл. 4). В среднем за 2 года изучаемые системы удобрения по влиянию на урожайность, содержание белка и клейковины были равноценными, так как разница в данных показателях не превышала НСР₀₅. 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. Что касается экономической эффективности, то наиболее рентабельным было применение Адоб Профит 4–12–38, 4 кг/га + N₉₀₊₄₀₊₅₀ – 277 %, наибольший чистый доход обеспечило внесение Солома + N_{25(КАС)} + N₉₀₊₄₀₊₅₀ P₂₅*K₁₅* (дозы фосфора и калия скорректированы с учетом поступления данных элементов с соломой предшественника) – 507 USD/га.

Таблица 2

Влияние различных систем удобрения и обработки почвы на содержание сырого белка в зерне озимой пшеницы

Вариант	Содержание сырого белка, %			
	2020 г.	2021 г.	среднее	прибавка
Вспашка				
Без удобрений (контроль 1)	9,43	9,59	9,51	–
P ₃₀ K ₆₀ + N ₉₀₊₄₀₊₅₀	12,76	12,61	12,69	3,18
Адоб Профит 4–12–38, 4 кг/га + N ₉₀₊₄₀₊₅₀	12,20	13,19	12,70	3,19
ПН КРС, 40 т/га + N ₅₀₊₄₀₊₅₀	12,81	13,17	12,99	3,48
Солома + ПН КРС, 30 т/га + P ₁₀ + N ₆₀₊₄₀₊₅₀	12,29	13,41	12,85	3,34
Солома + P ₃₀ K ₆₀ + N ₉₀₊₄₀₊₅₀	12,63	12,93	12,78	3,27
Солома + P ₃₀ K ₆₀ + N ₉₀₊₄₀₊₅₀₊₁₀	12,28	13,05	12,67	3,16
Солома + Жыцень, 3 л/га + P ₃₀ K ₆₀ + N ₉₀₊₄₀₊₅₀	12,19	13,16	12,68	3,17
Солома + N _{25(КАС)} + P ₃₀ K ₆₀ + N ₉₀₊₄₀₊₅₀	12,43	13,55	12,99	3,48
Солома + N _{25(КАС)} + P ₃₀ K ₆₀ + N _{90до опт +40+50}	12,92	13,25	13,09	3,58
Солома + N _{25(КАС)} + P ₃₀ K ₆₀ (по вспашке) + N ₉₀₊₄₀₊₅₀	12,20	12,62	12,41	2,90
Солома + N _{25(КАС)} + P ₂₅ *K ₁₅ * + N ₉₀₊₄₀₊₅₀	12,21	13,13	12,67	3,16
Дискование				
Без удобрений (контроль 2)	9,42	9,38	9,40	–
P ₃₀ K ₆₀ + N ₉₀₊₄₀₊₅₀	12,72	12,93	12,83	3,43
ПН КРС, 40 т/га + N ₅₀₊₄₀₊₅₀	12,80	13,14	12,97	3,57
Солома + P ₃₀ K ₆₀ + N ₉₀₊₄₀₊₅₀	12,59	12,86	12,73	3,33
Солома + ПН КРС, 30 т/га + P ₁₀ + N ₆₀₊₄₀₊₅₀	12,62	12,73	12,68	3,28
Солома + Жыцень, 3 л/га + P ₃₀ K ₆₀ + N ₉₀₊₄₀₊₅₀	12,39	12,91	12,65	3,25
Солома + N _{25(КАС)} + P ₃₀ K ₆₀ + N ₉₀₊₄₀₊₅₀	12,49	12,94	12,72	3,32
НСР ₀₅ (удобрения)	0,63	0,75	0,69	–
НСР ₀₅ (обработка почвы)	0,38	0,40	0,39	–

**Влияние различных систем удобрения и обработки почвы на содержание
клейковины в зерне озимой пшеницы**

Вариант	Содержание клейковины, %			
	2020 г.	2021 г.	среднее	прибавка
Вспашка				
Без удобрений (контроль 1)	17,49	17,58	17,54	–
$P_{30}K_{60} + N_{90+40+50}$	26,57	28,68	27,63	10,09
Адоб Профит 4–12–38, 4 кг/га + $N_{90+40+50}$	24,16	30,66	27,41	9,87
ПН КРС, 40 т/га + $N_{50+40+50}$	26,31	30,82	28,57	11,03
Солома + ПН КРС, 30 т/га + $P_{10} + N_{60+40+50}$	24,28	32,10	28,19	10,65
Солома + $P_{30}K_{60} + N_{90+40+50}$	25,30	30,39	27,85	10,31
Солома + $P_{30}K_{60} + N_{90+40+50+10}$	24,88	30,68	27,78	10,24
Солома + Жыцень, 3 л/га + $P_{30}K_{60} + N_{90+40+50}$	24,07	29,78	26,93	9,39
Солома + $N_{25(КАС)} + P_{30}K_{60} + N_{90+40+50}$	24,35	30,59	27,47	9,93
Солома + $N_{25(КАС)} + P_{30}K_{60} + N_{90до\ opt} + 40+50$	25,45	32,00	28,73	11,19
Солома + $N_{25(КАС)} + P_{30}K_{60}$ (по вспашке) + $N_{90+40+50}$	23,48	29,29	26,39	8,85
Солома + $N_{25(КАС)} + P_{25}^*K_{15}^* + N_{90+40+50}$	23,04	31,34	27,19	9,65
Дискование				
Без удобрений (контроль 2)	17,54	17,62	17,58	–
$P_{30}K_{60} + N_{90+40+50}$	26,62	31,28	28,95	11,37
ПН КРС, 40 т/га + $N_{50+40+50}$	26,39	32,14	29,27	11,69
Солома + $P_{30}K_{60} + N_{90+40+50}$	25,48	31,37	28,43	10,85
Солома + ПН КРС, 30 т/га + $P_{10} + N_{60+40+50}$	25,62	30,56	28,09	10,51
Солома + Жыцень, 3 л/га + $P_{30}K_{60} + N_{90+40+50}$	24,49	31,15	27,82	10,24
Солома + $N_{25(КАС)} + P_{30}K_{60} + N_{90+40+50}$	25,02	31,01	28,02	10,44
НСР ₀₅ (удобрения)	2,21	2,51	2,36	
НСР ₀₅ (обработка почвы)	1,22	1,45	1,34	

В блоке дискования в среднем за 2 года за счет эффективного плодородия высококультурной дерново-подзолистой суглинистой почвы получено 59,3 ц/га зерна озимой пшеницы с содержанием белка 9,40 %, клейковины – 17,58 %, что существенно не отличалось от аналогичных показателей при вспашке. В удобренных вариантах в блоке дискования урожайность была выше по сравнению с аналогичными вариантами при вспашке на 1,7–7,3 ц/га. Максимальная урожайность 84,6 ц/га получена в блоке дискования в варианте с внесением по соломе микробиологического удобрения Жыцень в дозе 3 л/га и минеральных удобрений $P_{30}K_{60} + N_{90+40+50}$, что на 7,3 ц/га выше, чем при вспашке; данная система удобрения обеспечила наиболее экономически эффективной: условный чистый доход составил 589 USD/га, рентабельность – 266 % (табл. 4).

Для оценки систем применения удобрений на высококультурной дерново-подзолистой почве выполнен химический анализ образцов зерна и соломы озимой пшеницы, рассчитаны хозяйственный и удельный выносы элементов питания с урожаем и коэффициенты их возмещения по вариантам опыта. Хозяйственный вынос в удобренных вариантах изменялся в пределах: азота – 153–187 кг/га, фосфора – 65–83 кг/га, калия – 89–126 кг/га (табл. 5). В зависимости от системы удобрения удельный вынос азота изменялся от 19,9 до 24,1 кг/т, фосфора – от 8,6 до 10,2 кг/т, калия – от 11,7 до 16,3 кг/т.

Таблица 4

Влияние разных систем удобрения на показатели экономической эффективности при возделывании озимой пшеницы на высококультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве

Вариант	Стоимость урожая за счет применения удобрений, USD/га	Затраты на удобрения и доработку урожая, USD/га	Усл. чистый доход, USD/га	Рентабельность, %
Вспашка				
$N_{90+40+50}P_{30}K_{60}$	633	186	447	241
Адоб Профит 4–12–38, 4 кг/га + $N_{90+40+50}$	653	173	480	277
ПН КРС, 40 т/га + $N_{50+40+50}$	641	215	426	199
Солома + ПН КРС, 30 т/га + $P_{10} + N_{60+40+50}$	700	216	484	224
Солома + $N_{90+40+50}P_{30}K_{60}$	683	193	490	254
Солома + $P_{30}K_{60} + N_{90+40+50+10}$	695	197	498	253
Солома + Жыцень, 3 л/га + $N_{90+40+50}P_{30}K_{60}$	672	203	469	231
Солома + $N_{25(КАС)} + N_{90+40+50}P_{30}K_{60}$	694	210	484	230
Солома + $N_{25(КАС)} + N_{90до опт +40+50}P_{30}K_{60}$	673	208	466	224
Солома + $N_{25(КАС)} + N_{90+40+50}P_{30}K_{60}$ (по вспашке)	713	213	500	235
Солома + $N_{25(КАС)} + N_{90+40+50}P_{25}K_{15}^*$	711	203	507	250
Дискование				
$P_{30}K_{60} + N_{90+40+50}$	746	200	546	273
ПН КРС, 40 т/га + $N_{50+40+50}$	747	228	519	227
Солома + ПН КРС, 30 т/га + $P_{10} + N_{60+40+50}$	762	224	538	240
Солома + $P_{30}K_{60} + N_{90+40+50}$	729	198	530	268
Солома + Жыцень, 3 л/га + $P_{30}K_{60} + N_{90+40+50}$	810	221	589	266
Солома + $N_{25(КАС)} + P_{30}K_{60} + N_{90+40+50}$	746	211	535	254

Установлено, что при возделывании озимой пшеницы на высококультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве при урожайности зерна 59,3–84,6 ц/га в зависимости от системы применения удобрений коэффициенты возмещения удобрениями выноса азота составили 1,0–2,3, фосфора – 0,4–2,0, калия – 0,6–3,0. По мнению Н. Н. Семененко с соавторами [8] для высокоплодородных дерново-подзолистых почв с очень высоким содержанием фосфора и калия оптимальными коэффициентами возмещения выноса являются: N – 1,1, P_2O_5 – 0,3 и K_2O – 0,4. В опыте органоминеральная система удобрения с внесением в качестве органических удобрений соломы обеспечила поддержание содержания подвижных форм калия на исходном уровне при снижении фосфора; в вариантах с подстилочным навозом КРС отмечены максимальные коэффициенты возврата элементов питания (табл. 5).

Влияние систем удобрения и обработки почвы на вынос и коэффициент возмещения элементов питания озимой пшеницей на высококультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве

Вариант	Вынос с 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)	108	55	62	–	–	–
N ₉₀₊₄₀₊₅₀ P ₃₀ K ₆₀	153	65	92	1,2	0,5	0,6
Адоб Профит 4–12–38, 4 кг/га + N ₉₀₊₄₀₊₅₀	161	68	89	1,1	–	–
ПН КРС, 40 т/га + N ₅₀₊₄₀₊₅₀	175	72	105	2,3	2,0	3,0
Солома + ПН КРС, 30 т/га + P ₁₀ + N ₆₀₊₄₀₊₅₀	177	72	106	2,1	1,8	2,9
Солома + N ₉₀₊₄₀₊₅₀ P ₃₀ K ₆₀	172	74	107	1,2	0,5	1,2
Солома + P ₃₀ K ₆₀ + N ₉₀₊₄₀₊₅₀₊₁₀	175	78	116	1,3	0,5	1,1
Солома + Жыцень, 3 л/га + N ₉₀₊₄₀₊₅₀ P ₃₀ K ₆₀	167	70	119	1,3	0,5	1,1
Солома + N _{25(КАС)} + N ₉₀₊₄₀₊₅₀ P ₃₀ K ₆₀	169	75	113	1,4	0,5	1,2
Солома + N _{25(КАС)} + N _{90до опт +40+50} P ₃₀ K ₆₀	187	76	126	1,3	0,5	1,0
Солома + N _{25(КАС)} + N ₉₀₊₄₀₊₅₀ P ₃₀ K ₆₀ (по вспашке)	181	75	106	1,3	0,5	1,2
Солома + N _{25(КАС)} + N ₉₀₊₄₀₊₅₀ P ₂₅ *K ₁₅ *	180	75	109	1,3	0,4	0,6
Дискование						
Без удобрений (контроль 2)	115	54	66	–	–	–
N ₉₀₊₄₀₊₅₀ P ₃₀ K ₆₀	179	73	95	1,0	0,4	0,6
ПН КРС, 40 т/га + N ₅₀₊₄₀₊₅₀	177	73	110	2,3	2,0	2,8
Солома + N ₉₀₊₄₀₊₅₀ P ₃₀ K ₆₀	159	75	97	1,3	0,5	1,4
Солома + ПН КРС, 30 т/га + N ₆₀₊₄₀₊₅₀ P ₁₀	173	83	113	2,1	1,5	2,7
Солома + Жыцень, 3 л/га + N ₉₀₊₄₀₊₅₀ P ₃₀ K ₆₀	176	80	104	1,2	0,5	1,3
Солома + N _{25(КАС)} + N ₉₀₊₄₀₊₅₀ P ₃₀ K ₆₀	173	73	100	1,4	0,5	1,3

ВЫВОДЫ

Уровень урожайности зерна озимой пшеницы на высококультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве зависел от применяемых систем удобрения и погодных условий вегетации. За счет эффективного плодородия почвы в среднем за 2 года по вспашке получено зерна 59,1 ц/га, по дискованию – 59,3 ц/га. Из-за плохой перезимовки в период вегетации озимой пшеницы 2020–2021 гг. урожайность зерна в удобренных вариантах в блоке вспашки была на 49 % ниже, в блоке дискования – на 32 % ниже, чем в 2019–2020 гг. В неудобренных вариантах разница в урожае по годам была значительно ниже и составила 15 %. Содержание сырого белка и клейковины в зерне более высоким было в 2021 г.

За счет применения удобрений в блоке с традиционной обработкой почвы урожайность зерна озимой пшеницы в среднем выросла на 31 % и существенно увеличилось содержание белка и клейковины, т. е. удобрения обеспечили наряду с ростом урожайности получение продовольственного зерна (на контроле – фуражное). В блоке с поверхностной обработкой почвы урожайность в среднем была на 4,6 ц/га выше по сравнению с аналогичными вариантами в блоке с традиционной обработкой почвы.

Наиболее оптимальной на высококультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве в блоке со вспашкой в качестве основной обработки почвы была система удобрения, включающая внесение $N_{90+40+50}P_{25}K_{15}$ на фоне соломы с компенсирующей дозой азота в виде КАС и дозами фосфора и калия рассчитанными с учетом данных элементов, поступивших в почву с соломой ($N_{25(КАС)} + N_{90+40+50}P_{25}K_{15}$), что в среднем за 2 года обеспечило формирование урожайности зерна озимой пшеницы 79,4 ц/га с содержанием сырого протеина 12,67 %, клейковины – 27,19 %, коэффициенты возмещения выноса элементов питания урожаем: N – 1,3, P_2O_5 – 0,4, K_2O – 0,6, условный чистый доход – 507 USD/га, рентабельность – 250 %;

В блоке с дискованием в один след в качестве основной обработки почвы наиболее агроэкономически эффективной была система удобрения, включающая внесение $N_{90+40+50}P_{30}K_{60}$ на фоне соломы, обработанной микробным препаратом Жыцень в дозе 3 л/га ($N_{90+40+50}P_{30}K_{60}$), которая в среднем за 2 года обеспечила формирование урожайности зерна озимой пшеницы 84,6 ц/га с содержанием сырого протеина 12,65 %, клейковины – 27,82 %, коэффициенты возмещения выноса элементов питания урожаем: N – 1,2, P_2O_5 – 0,5, K_2O – 1,3, условный чистый доход при условии реализации зерна на продовольствие – 589 USD/га, рентабельность применения удобрений – 266 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Статистический ежегодник, 2020 / Нац. статистический комитет Респ. Беларусь; редкол.: И. Медведева [и др.]. – Минск, 2020. – С. 222–228.
2. Агафонов, Е. В. Применение комплексных удобрений и азотной подкормки под озимую пшеницу / Е. В. Агафонов, А. А. Громаков, М. В. Максименко // Земледелие. – 2012. – № 7. – С. 16.
3. Ненайденко, Г. Н. Удобрение и повышение качества зерна пшеницы в Верхневолжье / Г. Н. Ненайденко // Земледелие, агрохимия и почвоведение. – 2018. – № 2 (84). – С. 20–27.
4. Матыс, И. В. Влияние доз и сроков внесения азотных удобрений на показатели качества зерна озимой пшеницы / И. В. Матыс, В. И. Кочурко // Известия ТСХА. – 2005. – Вып. 1. – С. 30–33.
5. Торигов, В. Е. Урожайность, качество зерна озимой пшеницы в зависимости от условий выращивания и норм внесения минеральных удобрений / В. Е. Торигов, И. И. Фокин // Проблемы агрохимии и экологии. – 2011. – № 2. – С. 50–54.
6. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений; под ред. И. М. Богдевича. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2010. – 24 с.
7. Об установлении фиксированных цен на сельскохозяйственную продукцию (растениеводства) урожая 2021 года,купаемую для государственных нужд [Электронный ресурс]. – 2021. – URL <https://mshp.gov.by/prices/postanovlenie17.pdf> (дата обращения 01.10.2021).
8. Семененко, Н. Н. Урожайность, вынос и коэффициенты возмещения выноса элементов питания в зависимости от погодных условий и применяемой системы удобрения под яровой ячмень / Н. Н. Семененко, О. Г. Кулеш, Е. Г. Мезенцева // Почвоведение и агрохимия. – 2019. – № 1(62). – С. 120–132.

AGROECONOMICAL EFFICIENCY OF WINTER WHEAT FERTILIZATION SYSTEMS ON HIGHLY CULTIVATED SOD-PODZOLIC LOAMY

T. M. Seraya, E. N. Bahatyrova, T. M. Kirdun, T. V. Machok, O. M. Biryukova, Y. A. Belyavskaya, M. M. Torchilo, N. Yu. Zhabrovskaya

Summary

In the field technological experience on highly cultivated sod-podzolic loamy soil, the agroecological efficiency of different fertilization systems of winter wheat, depending on the method of basic tillage, was studied. It was found that the sealing of straw 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. Due to the use of fertilizers in a block with traditional tillage, the yield of winter wheat grain increased by 31 % on average and the protein and gluten content significantly increased, i. e. fertilizers provided food grain along with an increase in yield. In the block with surface tillage, the yield was on average 4,6 c/ha higher compared to similar options in the block with traditional tillage.

Поступила 11.05.2022

УДК 633.11:631.89

[https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1\(68\)-94-103](https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1(68)-94-103)

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ (В УСЛОВИЯХ КАШКАДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН)

М. Б. Вафоева¹, А. М. Абдуазимов²

¹Научно-исследовательский институт земледелия в южных районах

*²Каршинский институт ирригации и агротехнологий,
Кашкадарьинская обл., г. Карши, Узбекистан*

ВВЕДЕНИЕ

Минеральное питание растений включает поступление, передвижение и усвоение элементов. Но бывают ситуации, когда элементы минерального питания почвы становятся труднодоступными для растений (низкая температура, недостаток или избыток влаги, недостаточное развитие корневой системы и др.). Из-за дефицита какого-либо фактора, даже при достаточном наличии элемента в почве корни плохо его поглощают. Для этого более целесообразно применение внекорневых подкормок удобрениями по надземной части растений [1].

При возделывании зерновых культур 30 % от общих затрат приходится на минеральные удобрения. Оптимизация минерального питания и обеспечение