

#### Литература

1. Yasnolob, I.O., Chayka, T.O., Gorb, O.O., Galych, O.A., Kalashnyk, O.V., Konchakovskiy, Ye.O., Moroz, S.E., Shvedenko, P.Yu. (2019). Using resource and energy-saving technologies in agricultural production as a direction of raising energy efficiency of rural territories. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(1), 244-250
2. Тюрин И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. – М.: Наука, 1965. – 322 с.
3. Wander M. Soil Organic Matter Fractions and Their Relevance to Soil Function, Soil organic matter in sustainable agriculture. Eds. F. Magdoff, R.R. Weil. Boca Raton etc: CRC Press, 2004, pp. 67–102
4. A. Mandal, A.K. Patra, D. Singh, A. Swarup, R.E. Mastro, Effect of long-term application of manure and fertilizer on biological and biochemical activities in soil during crop development stages *Biores. Technol.* 98, 3585–3592 (2007).
5. Иванов А. Л., Козут Б. М., Семенов В. М., Тюрина – Оберландер М.И., Ваксман Шанбахер Н. Развитие учения о гумусе и почвенном

- органическом веществе: от Тюрина и Ваксмана до наших дней // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. – 2017. – Вып. 90. – С. 3-38. doi: 10.19047/0136-1694-2017-3-38
6. Kosolapova A, Yamaltdinova V., Mitrofanova E., Fomin D. and Teterlev I. Yields of field crops and sod-podzolic soil fertility of west ural depending on fertilizer system *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 22 (No 3) 2016, 381–385
  7. Мазуров М.А., Матюк Н.С., Полин В.Д., Малахов Н.В. Влияние разных систем обработки и удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы // Земледелие. – 2018. – № 2. – С. 33-36.
  8. Magdoff F., Weil R.R. Soil organic matter management strategies // Soil organic matter in sustainable agriculture / Eds. Magdoff F., Weil R.R. Boca Raton etc: CRC Press, 2004. P. 45–65.
  9. Матюк Н.С., Шевченко В.А. Действие различных систем удобрения и приемов обработки дерново-подзолистой почвы на содержание гумуса, элементов питания и урожайность культур севооборота // Плодородие. – 2017. – № 1. – С. 26-29.

#### TECHNOLOGICAL METHODS FOR STABILIZING THE HUMUS CONTENT OF SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL.

**Savoskina O.A., Shitikova A.V., Konstantinovich A.V., Zaverkin I.A., Kurenkova E.M.**  
**Russian State Agrarian University – Moscow State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,**  
**49 Timiryazevskaya str., Moscow, Russia, osavoskina@rgau-msha.ru**

*To improve the balance of organic matter of sod-podzolic light loamy soil, it is recommended to apply organomineral fertilizers together with chemical meliorant (lime), which reduces the rate of humus mineralization in the soil and improves plant nutrition. The article shows the effect of mineral fertilizers, manure and lime on the balance of humus and its stabilization in the agroecosystem of Long-term field experience.*

**Keywords:** soil fertility, organic matter, plant residues, organic fertilizers, mineral fertilizers, liming, water resistance and soil density, field crops.

УДК 631.559:631.45:631.81:

DOI: 10.25680/S19948603.2022.129.14

## ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ НА БАЛАНС ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

**А.М. Алиев, д.с.-х.н., Е.Н. Старостина, Г.А. Иващенко,**  
**Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова**  
**127550, Москва, ул. Прянишникова, д.31а, e-mail: [info@vniia-pr.ru](mailto:info@vniia-pr.ru)**

**Работа выполнена по государственному заданию № 0429-2021-0002**

*Показаны в длительном полевом опыте на окультуренной дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве влияние микроэлементов и регуляторов роста в сочетании с минеральной и органоминеральной системами удобрения на урожайность озимой пшеницы и ярового ячменя, а также баланс элементов питания за 10-ю ротацию полевого севооборота. Установлено, что комплексное применение средств химизации обеспечивает максимальную урожайность зерна 71 и 56 ц/га соответственно, что выше контроля без удобрений в 2 раза, при этом баланс элементов питания был отрицательный. Применение микроэлементов и регуляторов роста повышает коэффициенты использования азота, фосфора и калия на фонах систем удобрения в среднем на 34-40 %.*

**Ключевые слова:** баланс элементов питания, севооборот, коэффициенты использования НРК, комплексное внесение средств химизации, вынос питательных элементов растениями.

Для цитирования: Алиев А.М., Старостина Е.Н., Иващенко Г.А. Влияние комплексного применения средств химизации на баланс питательных элементов в условиях Центрального Нечерноземья // Плодородие. – 2022. – №6. – С. 52-55. DOI: 10.25680/S19948603.2022.129.14.

Важнейшие задачи земледелия – поддержание и улучшение плодородия почвы, получение запланированных урожаев хорошего качества. Для этого очень важно поддерживать оптимальный биологический круговорот веществ в агроэкосистемах, соблюдать баланс питательных элементов в севообороте в данных конкретных почвенно-климатических условиях [1-3]. Многолетние стационарные опыты являются уникальными объектами по изучению баланса и использованию питательных элементов в земледелии, программированию

внесения удобрений для эффективного их применения в сельском хозяйстве [4-8].

Совместное применение систем удобрения с другими средствами химизации в севообороте существенно изменяют фитосанитарное состояние посевов, продуктивность культур, и в значительной степени – потребление питательных элементов культурными и сорными растениями, при этом изменяется и баланс питательных веществ. Эти вопросы в условиях Центрального региона Нечерноземной зоны мало изучены и представляют большой теоретический и практический интерес.

**Цель исследований** – определить урожайность озимой пшеницы и ярового ячменя сортов интенсивного типа и установить баланс основных элементов питания за 10-ю ротацию полевого севооборота.

**Методика.** Опыт СШ-2/60 был заложен в 1959-1961 г. на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве на трех полях, последовательно закладываемых во времени. Почва на момент начала опыта имела типичное для Центрального Нечерноземья низкое содержание элементов питания и кислую реакцию. Фитосанитарное состояние агроценоза характеризовалось неблагоприятными факторами: на полях были распространены болезни, сорные растения и вредители, характерные для данного региона.

В опыте применяли полевой зернотравяной севооборот с двумя системами удобрения: органоминеральная (ОМС) и минеральная (МС), эквивалентные по содержанию NPK. На МС вносили ежегодно только минеральные удобрения –  $N_{63}P_{41}K_{75}$ . На органоминеральной системе, наряду с минеральными удобрениями, вносили органические удобрения в виде промежуточных сидератов, пожнивных остатков и 9 т/га навоза (КРС) ежегодно и  $N_{63}P_{41}K_{75}$  на 1 га севооборотной площади, что в среднем за всю ротацию составляет  $N_{106}P_{67}K_{128}$ . В ходе проведения опыта для ликвидации избыточной кислотности вносили 14 т/га известняковой муки.

В последней 10-й ротации в опыте изучали следующие варианты: контроль, который включал все агротехнические мероприятия и химические средства защиты растений (ХСЗР), но без удобрений; два фона с удобрениями, первый – минеральная система, далее к фону добавляли препараты нового поколения: микроэл (0,2 л/га) + мивал-Агро (15 г/га) + мелафен (100 мл/га), второй – органоминеральная система удобрения, на фоне которой исследовали аналогичные варианты с использованием микроэла, мивал-Агро и мелафена.

Проводившиеся наблюдения, учет и агротехнические мероприятия соответствовали рекомендованным методикам в данной зоне. Всего в опыте было 9 вариантов, в каждом по 4 повторности. Площадь посевной делянки 90 м<sup>2</sup>, учетной – 24 м<sup>2</sup>.

Высевали сорта озимой пшеницы Московская 39 и Московская 56, ярового ячменя – Нур. Минеральные удобрения вносили в форме аммиачной селитры, суперфосфата и хлористого калия.

Анализ почвы и растений проводили согласно ГОСТам, математическую обработку данных – по Б.А. Доспехову.

В полевом севообороте приведены данные баланса азота, фосфора и калия за 2013-2020 г. на зерновых культурах.

**Результаты и их обсуждение.** Длительное применение средств химизации в севообороте оказало существенное влияние на плодородие почвы (табл. 1).

Улучшились в связи с этим агрохимические свойства почвы. Так, почва из сильнокислой стала слабокислой, степень насыщенности основаниями повысилась с 64,3 до 82,6 %, содержание гумуса – с 1,58 до 2,01 %, содержание  $P_2O_5$  – с 2,1 до 21 мг/100 г,  $K_2O$  – с 11,3 до 22,8 мг/100 г почвы.

Улучшение агрохимических свойств почв при внесении средств химизации существенно повлияло на урожайность озимой пшеницы и ярового ячменя (табл. 2).

Как видно из данных таблицы 2, минимальная средняя урожайность озимой пшеницы и ячменя за ротацию была на контроле без применения удобрений. Минеральная и органоминеральная системы удобрения существенно (в 1,7 раз) повышали урожайность ярового ячменя и озимой пшеницы. Причем по эффективности системы удобрения практически не различались. Применение микроэлементов и регуляторов роста приводило к дальнейшему повышению урожайности. При возделывании ярового ячменя она повышалась на фоне минеральной системы на 12 %, органоминеральной – на 16, при возделывании озимой пшеницы, соответственно, на 15 и 17 %. Максимальная урожайность ярового ячменя 55,6 ц/га и озимой пшеницы 71,1 ц/га формировалась при комплексном применении средств химизации, что превышает уровень контроля в 2 раза.

Максимальная урожайность ярового ячменя 55,6 ц/га и озимой пшеницы 71,1 ц/га формировалась при комплексном применении средств химизации, что превышает уровень контроля в 2 раза.

#### 1. Агрохимические свойства почвы опытного участка

Показатель	Почва на момент закладки опыта (1959-1961 г.)	Начало 10-й ротации (2013 г.)
pH <sub>KCl</sub>	4,5	5,2
Hг, мг-экв/100 г	4,6	2,66
S, мг-экв/100 г	8,4	12,9
V, %	64,3	82,6
Содержание гумуса по Тюрину, %	1,58	2,01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> по Кирсанову, мг/100 г	2,1	21
K <sub>2</sub> O по Масловой, мг/100 г почвы	11,3	22,8

#### 2. Средняя урожайность зерновых культур за десятую ротацию полевого севооборота, ц/га (2013-2020 г.)

Вариант опыта	Яровой ячмень	Озимая пшеница
Контроль (только ХСЗР)	27,9	36,4
Фон 1 (ХСЗР + минеральные удобрения)	46,4	60,6
Фон 1 + микроэлементы + регуляторы роста	51,8	69,7
Фон 2 (ХСЗР + органические и минеральные удобрения)	47,7	61,0
Фон 2 + микроэлементы + регуляторы роста	55,6	71,1

При расчете баланса элементов питания за ротацию установлено, что по азоту во всех вариантах он был отрицательным (табл. 3).

Наименее отрицательный баланс азота отмечен в вариантах, где вносили только удобрения. Варианты с комплексным применением всех средств химизации привели к увеличению отрицательного его баланса за счет повышения выноса из почвы. Внесение дополнительных агрохимикатов повышало коэффициент использования этих элементов из минеральных удобрений, особенно на органоминеральной системе с применением всех средств химизации, когда он увеличивался на 40 %.

Под влиянием комплексного применения средств химизации также менялся баланс фосфора (см. табл. 3)

Вынос фосфора зерновыми культурами севооборота превышал его внесение с удобрениями. Варианты с комплексным применением всех средств химизации привели к увеличению отрицательного баланса за счет повышения его выноса из почвы при высоком содержании подвижных фосфатов. Наименее отрицательный баланс соответствует вариантам с внесением только удобрений, где он максимально приближен к нулевому балансу (-16,2). Применение микроэлементов и регуляторов роста повышало коэффициент использования фосфора из удобрений в зависимости от системы на 34-48 %.

Наблюдался также сильно выраженный отрицательный баланс калия, особенно при использовании средств химизации по органоминеральной системе.

### 3. Баланс элементов питания при выращивании зерновых культур в 10-й ротации севооборота

Вариант опыта	Вынос, кг/га			Внесено, кг/га			Баланс, кг/га	Интенсивность баланса, %	Коэффициенты использования удобрений
	Озимая пшеница	Яровой ячмень	Зерновые культуры	Озимая пшеница	Яровой ячмень	Зерновые культуры			
	Баланс азота								
Контроль (только ХСЗР)	109,2	97,6	206,8	-	-	-	-206,8	-	-
МС (только удобрения и ХСЗР)	181,7	162,4	344,1	120	60	180	-164,1	52,3	76,2
МС+микроэл+мивал-Агро+мелафен	209,0	181,3	390,3	120	60	180	-210,3	46,1	101,9
ОМС (только удобрения и ХСЗР)	182,94	167,0	349,9	120	60	180	- 169,9	51,4	79,5
ОМС+микроэл+мивал-Агро+мелафен	213,18	194,5	407,7	120	60	180	-227,7	44,2	111,6
	Баланс фосфора								
Контроль (только ХСЗР)	36,4	42,4	78,8	-	-	-	- 101,4	-	-
МС (только удобрения и ХСЗР)	60,6	65,6	126,2	60	50	110	- 16,2	72,2	43,0
МС+микроэл+мивал-Агро+мелафен	69,7	72,5	142,2	60	50	110	- 32,2	61,0	57,7
ОМС (только удобрения и ХСЗР)	61,0	66,8	127,8	60	50	110	- 17,8	86,1	44,5
ОМС+микроэл+мивал-Агро+мелафен	71,1	80,6	151,7	60	50	110	- 41,7	72,5	66,3
	Баланс калия								
Контроль (только ХСЗР)	116,7	86,5	203,2	-	-	-	- 203,2	-	-
МС (только удобрения и ХСЗР)	220,9	143,0	363,9	120	100	220	- 143,9	60,5	73,0
МС+микроэл+мивал-Агро+мелафен	251,8	159,5	411,3	120	100	220	- 191,3	53,5	94,6
ОМС (только удобрения и ХСЗР)	224,1	147,0	371,1	120	100	220	- 151,1	59,3	76,3
ОМС+микроэл+мивал-Агро+мелафен	254,9	171,7	426,6	120	100	220	- 206,6	51,6	101,5

Таким образом при комплексном применении средств химизации на окультуренной дерново-подзолистой почве формируется достаточно высокая урожайность озимой пшеницы и ярового ячменя при сильно выраженном отрицательном балансе элементов питания.

**Заключение.** Исследования в длительном полевом опыте показали перспективность комплексного применения средств химизации на дерново-подзолистых суглинистых почвах Центрального Нечерноземья. При улучшении агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы в результате внесения удобрений и известкования, когда содержание подвижных форм фосфора и калия становится высоким и гумуса около 2,0 % при слабокислой реакции почвенной среды, формируется средняя урожайность озимой пшеницы свыше 60 ц/га, ярового ячменя около 50 ц/га.

Применение микроэлементов и регуляторов роста в комплексе с удобрениями обеспечивает максимальную урожайность этих культур – 71 и 56 ц/га соответственно, что выше контроля (только химические средства защиты растений) в 2 раза. Регуляторы роста и микроэлементы повышали коэффициент использования NPK из удобрений на 34-40%.

Полученный в опыте отрицательный баланс основных элементов питания свидетельствует о необходимости периодического контроля за изменением плодородия почвы и корректировки доз удобрений.

#### Литература

1. Иванов А.Л., Державин Л.М. Методическое руководство по проектированию применения удобрений в технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия. – М.: РАСХН, 2008. – 392 с.
2. Сычев В. Г. Стратегия и координация фундаментальных и прикладных агрохимических исследований // О развитии и совершенствовании методологии фундаментальных и прикладных агрохимических исследований. – М.: РАСХН, 2005. – С. 23-32.
3. Лошаков В. Г. Севооборот и плодородие почвы. – М.: ВНИИА, 2012. – 512 с.
4. Алиев А. М., Самойлов Л. Н., Державин Л. М. Комплексное воздействие агрохимических средств на продуктивность культур, плодородие почв и их экологические функции // Экологические функции агрохимии в современном земледелии. – М.: РАСХН, 2008. – С. 24 – 26.
5. Алиев А. М., Самойлов Л. Н., Цимбалист Н. И. Эффективность комплексного применения средств химизации в Нечерноземной зоне (итоги 55 лет исследований в длительном полевом опыте) [Сравнительная эффективность минеральной и органоминеральной систем удобрения зернотравяного севооборота] // Агрохимия. – 2016. – № 2. – С. 20-30.
6. Алиев А. М., Сычев В. Г., Ваулина Г. И., Самойлов Л. Н. Научные основы комплексного применения средств химизации и экологические аспекты интенсивного земледелия. – М.: ВНИИА, 2013 – 196 с.
7. Методика проведения расчетов и баланс питательных веществ в земледелии Московской области / ЦИНАО. – М.: ВНИИА, 1984. – 57 с.
8. Конова А.М., Гаврилова А.Ю. Баланс питательных веществ в условиях различного насыщения севооборота удобрениями //Материалы международной научной конференции Географической сети опытов с удобрениями в Российской Федерации. – М.: ВНИИА, 2018. – С. 169-174.