

## **БАЛАНС И ДИНАМИКА АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ЗВЕНЕ СЕВООБОРОТА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ**

**В.Н. Босак<sup>1</sup>, О.Н. Марцуль<sup>2</sup>, Т.М. Серая<sup>2</sup>, Е.Н. Богатырева<sup>2</sup>, Е.Г. Мезенцева<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Белорусский государственный технологический университет,*

*г. Минск, Беларусь*

*<sup>2</sup>Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Содержание гумуса и элементов питания (азот, фосфор, калий) относится к важнейшим агрохимическим показателям почвенного плодородия. Оценка состояния баланса элементов питания и гумуса в системе почва-удобрения-растения является важной характеристикой эффективности использования минеральных и органических удобрений в сельскохозяйственном производстве [1-4].

Гумусовые вещества почвы, несмотря на сравнительно небольшое содержание, играют важнейшую роль в создании почвенного плодородия и в питании растений. Гумус является энергетической основой биологических процессов, а также источником целого ряда макро- и микроэлементов. Органическое вещество почвы служит своеобразной кладовой витаминов, антибиотиков, гормонов и других подобных соединений, положительно воздействующих на развитие растений. Гумусовые вещества благодаря комплексообразующей и поглотительной способности удерживают в почве многие элементы питания растений, способствуя не только значительному снижению непроизводительных их потерь, но и предотвращению загрязнения окружающей среды, а также увеличивают влагоемкость почв, улучшают их агрофизические и технологические свойства.

Азот входит в состав всех простых и сложных белков, нуклеиновых кислот, играющих исключительно важную роль в обмене веществ в организме. Азот содержится также в хлорофилле, фосфатидах, алкалоидах, ферментах и во многих других органических веществах растительных клеток.

Существенное влияние на многие биохимические процессы в растениях оказывает фосфор. Фосфор участвует в синтезе и распаде сахарозы, крахмала, белков, жиров и многих других соединений; он входит в состав органических веществ растений, таких, как фитин, лецитин, сахарофосфаты, без которых невозможна жизнедеятельность организмов.

Калий в растении находится в ионной форме и не входит в состав органических соединений клеток. Он содержится главным образом в цитоплазме и вакуолях. Под влиянием калия возрастает накопление крахмала, сахарозы и жира, увеличивается синтез витаминов, в первую очередь тиамина и рибофлавина, и высокомолекулярных углеводов (целлюлоза, гемицеллюлоза, пектиновые вещества), в результате чего утолщаются клеточные стенки соломины злаковых культур и повышается устойчивость их к полеганию, у льна улучшается качество волокна. Калий оказывает положительное влияние на физическое состояние

коллоидов цитоплазмы, увеличивает их обводненность, набухание и вязкость, что содействует нормальным условиям для обмена веществ в клетках, усиливает устойчивость растений к засухе. Этот элемент позитивно влияет на интенсивность фотосинтеза, окислительных процессов и образования органических кислот в растениях, на процессы углеводного и азотного обмена [3, 5].

В связи с особой значимостью содержания гумуса и элементов питания в почвах, необходим их постоянный агрохимический мониторинг путем проведения балансовых расчетов динамики их содержания, а также непосредственное определение изменения содержания гумуса и элементов питания в пахотном горизонте в звене или за ротацию севооборота.

Цель исследований – определить баланс и динамику гумуса и элементов питания в звене севооборота в зависимости от применения различных видов органических удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

### МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению баланса и динамики элементов питания и гумуса в звене севооборота проводили в полевом опыте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в СПК «Щемыслица» Минского района.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя исследуемой почвы имела следующие показатели:  $pH_{KCl}$  – 6,2-6,4, содержание  $P_2O_5$  (0,2 М HCl) – 310-330 мг/кг,  $K_2O$  (0,2 М HCl) – 270-290 мг/кг почвы, гумуса (0,4 М  $K_2Cr_2O_7$ ) – 1,7-1,9% (индекс агрохимической окультуренности 0,89).

Исследуемые культуры – кукуруза Дельфин, яровое тритикале Узор, люпин узколистный Хвалько.

Схема опыта предусматривала внесение различных видов органических удобрений под кукурузу на фоне полного минерального удобрения под исследуемые культуры: кукуруза –  $N_{90+30}P_{60}K_{120}$ , яровое тритикале –  $N_{60+30}P_{60}K_{120}$ , люпин узколистный –  $P_{40}K_{90}$ .

Используемые органические удобрения и отходы промышленности характеризовались следующими показателями (% на естественную влажность):

– подстилочный навоз КРС ( $N_{общ}$  – 0,40%;  $P_2O_5$  – 0,43%;  $K_2O$  – 0,41%; CaO – 0,21%; MgO – 0,15%; органическое вещество – 18,65%; влажность – 77,5%; pH – 8,21);

– бесподстилочный навоз КРС ( $N_{общ}$  – 0,32%;  $P_2O_5$  – 0,20%;  $K_2O$  – 0,65%; CaO – 0,25%; MgO – 0,10%; органическое вещество – 12,41%; влажность – 84,0%; pH – 6,35);

– торф ( $N_{общ}$  – 0,40%;  $P_2O_5$  – 0,13%;  $K_2O$  – 0,02%; CaO – 0,09%; MgO – 0,03%; органическое вещество – 32,09%; влажность – 62,12%; pH – 2,72);

– солома озимого тритикале ( $N_{общ}$  – 0,26%;  $P_2O_5$  – 0,30%;  $K_2O$  – 1,025; CaO – 0,11%; MgO – 0,16%; органическое вещество – 78,68%; влажность – 17,2%; pH – 6,32);

– дефекал ( $N_{общ}$  – 0,40%;  $P_2O_5$  – 1,27%;  $K_2O$  – 0,05%; CaO – 25,25%; MgO – 0,77%; органическое вещество – 21,74%; влажность – 31,17%; pH – 8,91);

– гидролизный лигнин ( $N_{общ}$  – 0,10%;  $P_2O_5$  – 0,03%;  $K_2O$  – 0,003%; CaO – 0,47%; MgO – 0,01%; органическое вещество – 29,43%; влажность – 65,20%; pH – 5,37);

– свекловичный жом ( $N_{\text{общ}}$  – 0,38%;  $P_2O_5$  – 0,04%;  $K_2O$  – 0,18%;  $CaO$  – 0,05%;  $MgO$  – 0,07%; органическое вещество – 14,28%; влажность – 84,99%; pH – 3,55);

– вермикомпост ( $N_{\text{общ}}$  – 0,69%;  $P_2O_5$  – 0,70%;  $K_2O$  – 0,82%;  $CaO$  – 0,34%;  $MgO$  – 0,27%; органическое вещество – 15,91%; влажность – 53,4%; pH – 7,34);

Приготовленные компосты имели следующие показатели:

– компост на основе лигнина и дефеката – соотношение лигнин : дефекат = 1 : 1,4 ( $N_{\text{общ}}$  – 0,17%;  $P_2O_5$  – 0,42%;  $K_2O$  – 0,02%;  $CaO$  – 6,23%;  $MgO$  – 0,25%; органическое вещество – 15,26%; влажность – 61,3%; pH – 8,42);

– компост на основе лигнина, дефеката и навоза – соотношение лигнин : дефекат : навоз = 1 : 1,5 : 0,5 ( $N_{\text{общ}}$  – 0,23%;  $P_2O_5$  – 0,44%;  $K_2O$  – 0,08%;  $CaO$  – 6,05%;  $MgO$  – 0,24%; органическое вещество – 20,72%; влажность – 63,1%; pH – 8,43);

– торфонавозный компост – соотношение торф : бесподстилочный навоз = 1 : 3 ( $N_{\text{общ}}$  – 0,55%;  $P_2O_5$  – 0,27%;  $K_2O$  – 0,37%;  $CaO$  – 0,26%;  $MgO$  – 0,15%; органическое вещество – 22,95%; влажность – 67,2%; pH – 6,84).

Органические удобрения вносили весной под вспашку, фосфорные (аммонизированный суперфосфат) и калийные (хлористый калий) удобрения согласно схеме опыта – весной под предпосевную культивацию, азотные (карбамид) – весной под предпосевную культивацию и в подкормку (кукуруза – фаза 6-8 листьев культуры, яровое тритикале – фаза первого узла).

Агротехника возделывания исследуемых сельскохозяйственных культур – общепринятая для Республики Беларусь [6-7]. Схема опыта была реализована на фоне интегрированной системы защиты растений. Агрохимические показатели пахотного горизонта (рН<sub>KCl</sub>, содержание  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , гумус) определяли по общепринятым методикам; балансовые расчеты гумуса и элементов питания – согласно методикам Института почвоведения и агрохимии [5, 8-10].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Применение минеральных и органических удобрений в наших исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве оказало существенное влияние на баланс элементов питания и гумуса, а также продуктивность звена севооборота кукуруза – яровое тритикале – люпин узколистный (табл. 1-2).

Различные виды органических удобрений увеличили продуктивность звена севооборота на 3,6-14,4 ц/га к.ед., минеральные удобрения – на 24,3 ц/га к.ед., полное органоминеральное удобрение – на 27,9-38,7 ц/га к.ед. при общей продуктивности в удобренных вариантах 96,8-111,2 ц/га к.ед.

Наибольшая продуктивность в звене севооборота получена в вариантах с применением 60 т/га подстилочного навоза КРС, 60 т/га торфонавозного компоста, 5 т/га соломы озимого тритикале в сочетании с 40 т/га подстилочного навоза КРС на фоне полного минерального удобрения: 108,9-111,2 ц/га к.ед. при прибавке от внесения органических удобрений 12,1-14,4 ц/га к.ед., полного органоминерального удобрения – 36,4-38,7 ц/га к.ед.

Внесение на фоне 5 т/га вермикомпоста, а также сборных компостов на основе лигнина и дефеката обеспечило продуктивность в звене севооборота 102,7-104,6 ц/га к.ед. при прибавке от применения органических удобрений 5,9-7,8 ц/га к.ед.

**Среднегодовой баланс элементов питания и продуктивность звена севооборота на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве**

Вариант	Сбор к.ед., ц/га	Азот		Фосфор		Калий	
		баланс, ± кг/га	ИБ*, %	баланс, ± кг/га	ИБ*, %	баланс, ± кг/га	ИБ*, %
Без удобрений	72,5	-65	54	-53	4	-162	7
N <sub>210</sub> P <sub>160</sub> K <sub>330</sub> – фон	96,8	-58	72	-28	66	-117	51
НПК + навоз, 20 т/га	101,6	-48	78	-1	99	-97	61
НПК + солома озимого тритикале, 5 т/га + N <sub>40</sub>	100,4	-54	75	-22	73	-99	58
НПК + жом, 20 т/га + дефекат, 20 т/га	100,4	-40	83	+61	175	-118	54
НПК + вермикомпост, 5 т/га	104,6	-65	71	-21	76	-121	53
НПК + солома оз. тритикале, 5 т/га + N <sub>40</sub> + навоз, 40 т/га	109,9	-48	82	+25	127	-90	68
НПК + навоз, 60 т/га	111,2	-43	84	+49	153	-70	74
НПК + торфонавозный компост, 60 т/га	108,9	-6	98	+21	124	-79	71
НПК + компост (лигнин + дефекат), 60 т/га	102,7	-52	78	+51	158	-136	48
НПК + компост (лигнин + дефекат + навоз), 60 т/га	103,6	-45	81	+59	170	-125	52
НСП <sub>05</sub>	3,5						

Применение в звене севооборота 20 т/га подстилочного навоза КРС, 5 т/га соломы озимого тритикале, а также смеси из жома и дефеката увеличило продуктивность на 3,6-4,8 ц/га к.ед. при общей продуктивности 100,4-101,6 ц/га к.ед.

Научные основы применения удобрений базируются на познании круговорота веществ и их баланса в земледелии. Дефицит элементов питания и, соответственно, возможное истощение почвенных запасов выявляется на основе балансовых расчетов: путем сопоставления поступления элементов питания (с минеральными и органическими удобрениями, корневыми и пожнивными остатками, атмосферными осадками и семенами, симбиотически- и несимбиотически фиксированного азота) с расходными статьями (вынос урожаем, вымывание, потери от эрозии, газообразные потери), которые являются одним из способов проверки предполагаемой системы удобрения [8-9].

Применение в наших исследованиях в звене севооборота минеральных и органических удобрений обеспечило интенсивность баланса азота 71-98%, чему способствовало также возделывание в севообороте люпина узколистного. Баланс фосфора в звене севооборота в зависимости от исследуемого варианта составил 66-175%, калия – 48-74%.

Таблица 2

**Баланс гумуса в звене севооборота на дерново-подзолистой  
легкосуглинистой почве**

Вариант	Баланс гумуса, кг/га		
	гумификация	минерализация	баланс, ±
Без удобрений	2437,7	3382,4	-944,7
N <sub>210</sub> P <sub>160</sub> K <sub>330</sub> – фон	2933,6	3138,4	-204,8
НРК + навоз, 20 т/га	3891,0	3347,7	+543,3
НРК + солома озимого тритикале, 5 т/га + N <sub>40</sub>	3744,6	3302,7	+441,9
НРК + жом, 20 т/га + дефека́т, 20 т/га	4877,7	3612,8	+1264,9
НРК + вермикомпост, 5 т/га	3514,2	3527,2	-13,0
НРК + солома оз. тритикале, 5 т/га + N <sub>40</sub> + навоз, 40 т/га	5946,7	4137,5	+1809,2
НРК + навоз, 60 т/га	6120,0	4187,2	+1932,8
НРК + торфонавозный компост, 60 т/га	6065,0	3864,9	+2200,1
НРК + компост (лигнин + дефека́т), 60 т/га	5932,9	3598,2	+2334,7
НРК + компост (лигнин + дефека́т + навоз), 60 т/га	5947,7	3616,8	+2330,9

Отрицательный баланс гумуса в звене севооборота получен в контрольном варианте без удобрений (-944,7 кг/га), при отдельном применении минеральных удобрений (-204,8 кг/га), а также в варианте с внесением вермикомпоста (-13,0 кг/га). В остальных исследуемых вариантах внесение различных видов органических удобрений способствовало положительному балансу гумуса в звене севооборота от +441,9 до +2334,7 кг/га.

Следует отметить, что балансовые методы позволяют прогнозировать уменьшение или увеличение элементов питания и гумуса в почве, однако наиболее точно изменение содержания основных агрохимических показателей отражает непосредственное их определение за ротацию севооборота [3].

В наших исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в вариантах с применением традиционных видов органических удобрений (подстильный навоз, солома, торфонавозный компост) кислотность почвы за три года исследований практически не изменилась. В контрольном варианте без применения удобрений, а также в варианте с отдельным применением полного минерального удобрения также не отмечено существенного изменения кислотности почвы.

Применение в звене севооборота смеси жома и дефеката (40 т/га), а также сборных компостов на основе лигнина и дефеката (60 т/га) привело к значительному изменению почвенной кислотности в сторону ее подщелачивания – показатель рН возрос на 0,47-0,67 ед., что связано, прежде всего, с нейтрализующим действием дефеката [11].

Таблица 3

**Динамика агрохимических показателей дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в зависимости от применения удобрений в звене севооборота**

Вариант	рН <sub>KCl</sub>		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг		K <sub>2</sub> O, мг/кг		Гумус, %	
	2007 г.	2010 г.	2007 г.	2010 г.	2007 г.	2010 г.	2007 г.	2010 г.
Без удобрений	6,33	6,35	340	336	283	221	1,57	1,50
N <sub>210</sub> P <sub>160</sub> K <sub>330</sub> – фон	6,32	6,30	357	355	282	225	1,59	1,51
НРК + навоз, 20 т/га	6,28	6,29	345	347	291	232	1,63	1,58
НРК + солома озимого тритикале, 5 т/га + N <sub>40</sub>	6,36	6,42	329	336	273	239	1,61	1,55
НРК + жом, 20 т/га + дефекат, 20 т/га	6,37	6,84	326	334	261	254	1,64	1,65
НРК + вермикомпост, 5 т/га	6,39	6,31	331	335	264	258	1,65	1,58
НРК + солома оз. тритикале, 5 т/га + N <sub>40</sub> + навоз, 40 т/га	6,44	6,40	322	337	253	264	1,87	1,90
НРК + навоз, 60 т/га	6,50	6,47	358	374	277	284	1,92	1,98
НРК + торфонавозный компост, 60 т/га	6,51	6,53	360	376	267	278	1,85	1,92
НРК + компост (лигнин + дефекат), 60 т/га	6,78	7,45	332	343	271	275	2,01	1,98
НРК + компост (лигнин + дефекат + навоз), 60 т/га	6,89	7,37	341	351	287	292	2,09	2,05
НСР <sub>05</sub>	0,3	0,3	16	17	14	12	0,08	0,07

Некоторая тенденция снижения подвижного фосфора в почвенном горизонте исследуемой почвы отмечена лишь в контрольном варианте без применения удобрений, а также в варианте с отдельным применением минеральных удобрений. Во всех вариантах с полным органоминеральным удобрением отмечена тенденция увеличения подвижного фосфора в пахотном горизонте с наибольшими показателями (+15-+16 мг/кг) при внесении 60 т/га подстильного навоза или торфонавозного компоста, а также 40 т/га подстильного навоза в сочетании с 5 т/га соломы озимого тритикале.

Существенное снижение содержания подвижного калия в пахотном горизонте в звене севооборота отмечено в контрольном варианте без применения удобрений, в варианте с отдельным внесением минеральных удобрений, а также в вариантах с полным органоминеральным удобрением при внесении невысоких доз органических удобрений (20 т/га подстилочного навоза и 5 т/га соломы озимого тритикале): от -34 до -62 мг/кг почвы.

При применении в качестве органических удобрений смеси жома и дефеката (40 т/га), а также вермикомпоста (5 т/га) наблюдалась лишь некоторая тенденция снижения содержания подвижного калия. В вариантах с применением 60 т/га подстилочного навоза или компостов, а также 40 т/га подстилочного навоза в сочетании с 5 т/га соломы озимого тритикале, отмечена положительная тенденция увеличения содержания подвижного калия в звене севооборота.

Некоторое снижение содержания гумуса в звене севооборота отмечено в контрольном варианте без применения удобрений, в варианте с отдельным применением минеральных удобрений, а также в вариантах с внесением 20 т/га подстилочного навоза, 5 т/га соломы озимого тритикале, 5 т/га вермикомпоста, а также 60 т/га сборных компостов на основе лигнина и дефеката. Наибольшая тенденция увеличения содержания гумуса в пахотном горизонте исследуемой почве наблюдалась в вариантах с внесением 60 т/га подстилочного навоза и торфонавозного компоста.

Следует отметить, что система удобрения в наших исследованиях согласно существующим нормативам была рассчитана на ротацию севооборота, в связи, с чем расчеты баланса элементов питания и гумуса, а также динамика агрохимических показателей пахотного горизонта также более информативны за ротацию севооборота [2, 3, 5]. Однако расчет данных показателей в звене севооборота позволяет проследить динамику данных показателей во времени, что является научной основой для корректировки предложенной системы удобрения.

## ВЫВОДЫ

В исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве применение различных видов органических удобрений обеспечило прибавку продуктивности 3,6-14,4 ц/га к.ед., полного минерального удобрения – 24,3 ц/га к.ед. при общей продуктивности в звене севооборота кукуруза – яровое тритикале – люпин узколистный в удобренных вариантах 96,8-111,2 ц/га к.ед.

Воспроизводство содержания важнейших агрохимических показателей в пахотном горизонте (рН, содержание гумуса, подвижных соединений фосфора и калия) дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обеспечило внесение 60 т/га подстилочного навоза КРС, 60 т/га торфонавозного компоста, 40 т/га подстилочного навоза КРС в сочетании с 5 т/га соломы озимого тритикале на фоне полного минерального удобрения  $N_{210}P_{160}K_{330}$ , где получена также максимальная продуктивность звена севооборота 108,9-111,2 ц/га к.ед.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Босак, В.Н. Баланс гумуса в севооборотах на дерново-подзолистых почвах / В.Н. Босак. – Минск: БелНИВНФХ в АПК, 2008. – 28 с.

2. Босак, В.Н. Органические удобрения / В.Н. Босак. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 256 с.
3. Лапа, В. В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В.В. Лапа, В.Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2002. – 184 с.
4. Рекомендации по применению различных видов органических удобрений под сельскохозяйственные культуры / В.В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 38 с.
5. Лапа, В.В. Применение удобрений и качество урожая / В.В. Лапа, В.Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2006. – 120 с.
6. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отраслевых регламентов. – Минск: Белорусская наука, 2005. – 304 с.
7. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси / Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 448 с.
8. Методика расчета баланса гумуса в земледелии Республики Беларусь / В.В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 20 с.
9. Методика расчета баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь / В.В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 26 с.
10. Практикум по агрохимии / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Ураджай, 1998. – 270 с.
11. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.

## **BALANCE AND DYNAMICS OF AGROCHEMICAL INDICATORS DEPENDING ON APPLICATION OF FERTILIZERS IN A CROP ROTATION LINK ON SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL**

**V.N. Bosak, O.N. Martsul', T.M. Seraya, E.N. Bogatyreva, E.G. Mezentseva**

### **Summary**

In research on sod-podzolic light loamy soil reproduction of the contents of the major agrochemical indicators in arable horizon has provided entering of straw manure of cattle of 60 t/ha, 60 t/ha of divot and manure compost, 40 t/ha of straw manure of cattle in a combination to 5 t/ha of straw winter triticale on a background of full mineral fertilizer  $N_{210}P_{160}K_{330}$ . Application of the given system of fertilizer promoted also to reception maximum productivity of a crop rotation link of 108,9-111,2 c/ha f.u.

*Поступила 29 сентября 2010 г.*