

# Влияние систематического применения удобрений на баланс органического вещества в чернозёме обыкновенном и продуктивность десятипольных севооборотов

*А.В. Парамонов, К.С.-Х.Н., С.В. Пасько, К.С.-Х.Н.,  
А.В. Федюшкин, К.С.-Х.Н., В.И. Медведева, В.Н.С.,  
ФГБНУ ФРАНЦ*

Значение органического вещества в плодородии почвы трудно переоценить. Практики и исследователи с давних времён обратили внимание на изменение свойств почвы в сторону их ухудшения при длительном сельскохозяйственном использовании. В России ещё в прошлом столетии в результате распашки почва лишалась своего естественного покрова – мощной растительности и дёрна, оставаясь не защищённой от внешних воздействий, утратила структуру и значительное количество питательных веществ [1].

Наиболее эффективным приёмом достижения бездефицитного баланса органического вещества в почве служит внесение органических удобрений [2, 3].

Рост плодородия почвы вызывает увеличение урожайности сельскохозяйственных культур. Поэтому повышение плодородия почв и стабильности сельскохозяйственного производства остаётся главной задачей поддержания бездефицитного или создания положительного баланса гумуса [4–6].

Основной целью проведённого нами исследования являлось определение доз органических и минеральных удобрений, внесение которых обеспечивало бы бездефицитный баланс органического вещества в чернозёме обыкновенном в условиях Приазовской зоны Ростовской области в севооборотах различной конструкции.

**Материал и методы исследования.** Объектами исследования служили почва опытного участка и нормы внесения органических и минеральных удобрений. Исследование проводилось на опытном поле отдела общего земледелия в стационаре Б, заложенном в 1985 г. в ФГБНУ «ДЗНИИЭСХ».

Изучали два севооборота с различным соотношением посевных площадей возделываемых культур. В зернопаропропашном севообороте Б1 культуры и предшественники чередовались в следующем порядке: пар, озимая пшеница, подсолнечник, озимая пшеница, ячмень, горох, озимая пшеница, кукуруза на силос, озимая пшеница, озимая рожь. В зернопаротравянопропашном севообороте Б2 их чередование было следующим: пар, озимая пшеница, кукуруза на зерно, ячмень + люцерна, люцерна, люцерна, озимая пшеница, кукуруза на силос, озимая пшеница, подсолнечник.

В данном опыте изучали три системы удобрений: 0 – контроль, I – средние дозы органоминеральных удобрений, II – повышенные дозы органоминеральных удобрений, III – органическая система удобрений (табл. 1).

Почва опытного участка – чернозём обыкновенный среднemosный тяжелосуглинистый на лёссовидном суглинке. Мощность изучаемого пахотного горизонта 30 см. Содержание гумуса в данном слое почвы при закладке опыта составляло 4,03%; плотность почвы пахотного горизонта – 1,1 г/см<sup>3</sup>; содержание валового азота – 0,22–0,24%, общего фосфора – 0,17–0,18%, калия – 2,3–2,4%, минерального азота и подвижного фосфора – низкое, обменного калия – повышенное. Свободные карбонаты присутствуют, как правило, с поверхности.

Сумма поглощённых оснований в пахотном слое в среднем составляет 40 смоль (экв)/кг почвы, в её составе более всего кальция – 85%, магния – около 10%, натрия – 3%. Реакция почвенной среды A<sub>n</sub> нейтральная или слабощелочная. В нижних горизонтах при изменении соотношения обменных катионов в сторону увеличения магния она становится более щелочной.

Эксперимент проводился согласно методике полевого опыта [7]. Повторность опыта – трёхкрат-

## 1. Схема внесения удобрений стационара Б

Вариант	Севооборот Б1			Севооборот Б2		
	ротация			ротация		
	1-я	2-я	3-я	1-я	2-я	3-я
0	–	–	–	–	–	–
I	навоз, 7 т + N <sub>43</sub> P <sub>30</sub> K <sub>24</sub>	навоз, 6 т + N <sub>42</sub> P <sub>30</sub> K <sub>24</sub>	навоз, 6,3 т + N <sub>44</sub> P <sub>30</sub> K <sub>24</sub>	навоз, 5 т + N <sub>34</sub> P <sub>36</sub> K <sub>30</sub>	навоз, 4 т + N <sub>27</sub> P <sub>31</sub> K <sub>27</sub>	навоз, 4 т + N <sub>27</sub> P <sub>31</sub> K <sub>27</sub>
II	навоз, 11,2 т + N <sub>64</sub> P <sub>42</sub> K <sub>42</sub>	навоз, 7 т + N <sub>60</sub> P <sub>29</sub> K <sub>29</sub>	N <sub>58</sub>	навоз, 7,6 т + N <sub>57</sub> P <sub>30</sub> K <sub>44</sub>	навоз, 5,6 т + N <sub>44</sub> P <sub>34</sub> K <sub>34</sub>	N <sub>38</sub>
III	навоз, 15 т	навоз, 14 т	навоз, 12 т + N <sub>40</sub>	навоз, 10,5 т	навоз, 10 т	навоз, 8 т + N <sub>23</sub>

Примечание: дозировки органических удобрений приведены в т/га, а минеральных – в кг/га площади севооборота

ная, расположение делянок – рендомизированное. Общая площадь делянки – 194,4 м<sup>2</sup>. Агротехника сельскохозяйственных культур – общепринятая в данной почвенно-климатической зоне. Учёт урожая трав проводился вручную, остальных культур – механизированно. Расчёт баланса гумуса производился по методике, предложенной А.В. Лабынцевым [8].

**Результаты исследования.** Сравнение расходной части баланса показало, что по выносу азота по каждому варианту удобрений и без внесения таковых севооборот Б2 имел значения этого показателя выше, чем севооборот Б1. Предположительно это объясняется тем, что структура севооборота Б1 включает в себя на 10% меньше площадей, занятых пропашными культурами, в посевах которых из-за длительного содержания почвы по типу пара до момента их посева и наличия широких междурядий минерализация гумуса проходила более интенсивно, чем под посевами культур сплошного высева [8].

В изучаемых севооборотах при эксплуатации пашни без внесения удобрений, поступающих в почву, растительных остатков не хватало для компенсации минерализации углерода, вследствие чего его баланс имел отрицательные значения – -3553–2154 кг/га за 1-ю ротацию (табл. 2), с более низкими величинами данного показателя в се-

вообороте без многолетних трав. Новообразование углерода в севообороте Б1 по всем удобряемым вариантам было более высоким, чем в севообороте с люцерной, из-за существенно больших объёмов внесения удобрений (табл. 1). Данная закономерность характерна для всех трёх ротаций.

В обоих севооборотах, как в 1-й, так и во 2-й ротациях, каждая из применяемых систем удобрений позволяла не только получать положительный баланс углерода, но и увеличивать его с течением времени. Наилучшие результаты за этот период времени были получены в севообороте без люцерны от внесения только органических удобрений III вар. Баланс гумуса (С) в этом варианте увеличился на 1809,7 кг/га. Несколько менее эффективным было совместное применение органических и минеральных удобрений в повышенных дозах (II вар.). По сравнению с 1-й ротацией во 2-й баланс гумуса (С) во II вар. опыта увеличился на 1739 кг/га. Наименее эффективно было внесение средних доз минеральных удобрений I вар. Баланс гумуса (С) в данный период в этом случае увеличился на 1502 кг/га. Во 2-й ротации, как в первом, так и во втором севооборотах, на контрольном варианте опыта баланс гумуса (С) был существенно менее отрицательным, чем в 1-й и 3-й ротациях.

2. Баланс углерода в севооборотах, кг/га

Вариант	Вынос азота	Поступление азота	Минерализация углерода	Новообразование углерода	Баланс углерода
Севооборот Б1, 1-я ротация					
0	1012,94	372,20	6407,42	2853,57	-3553,85
I	1163,38	686,14	4772,40	5531,41	759,01
II	1277,14	864,47	4126,65	4424,55	297,89
III	1171,94	586,35	5500,97	7039,19	1183,25
2-я ротация					
0	770,89	329,50	4413,86	2489,90	-1923,96
I	939,24	645,16	2940,87	5202,53	2261,66
II	1017,67	816,51	2011,64	4047,83	2036,19
III	903,49	539,00	3314,55	6638,74	2993,87
3-я ротация					
0	854,00	403,17	4508,33	2816,51	-1691,82
I	1060,60	733,12	3274,80	5450,07	2175,27
II	1143,28	743,72	3995,57	3329,13	-666,44
III	1070,19	790,30	2742,30	7715,6	4916,70
Севооборот Б2, 1-я ротация					
0	1076,66	545,28	5313,88	3348,41	-2154,04
I	1255,93	840,83	4151,01	5343,94	1190,938
II	1362,61	1064,92	2976,86	3826,18	848,3815
III	1269,83	778,72	4911,13	6620,13	1710,277
2-я ротация					
0	872,35	500,01	3723,44	3027,19	-833,81
I	1015,17	740,26	2749,12	4953,20	2202,24
II	1098,44	877,55	2208,84	3410,28	1200,48
III	1024,10	673,03	3510,64	6240,83	2731,41
3-я ротация					
0	972,57	526,36	4462,03	3218,05	-1376,12
I	1154,43	768,39	3860,38	5209,49	1347,25
II	1219,80	792,52	4272,82	3629,16	-644,34
III	1169,71	794,97	3747,38	6498,63	2751,99

Данный факт объясняется тем, что в указанный период времени частым явлением были неблагоприятные погодные условия, в результате чего снизилась продуктивность севооборота (рис. 1, 2). По нашим данным, за время проведения опытов неблагоприятные погодные условия складывались в следующие периоды: 1986–1987, 1994–1995, 1998–1999, 2002–2003 гг. Это обуславливало понижение количества поступающего в почву углерода с растительными и пожнивными остатками (рис. 3, 4), однако при этом уменьшился и вынос азота, что положительно сказывалось на балансе гумуса (С).

Особенно неблагоприятным был 2002/03 с.-х. год. В период с апреля по май выпадение атмосферных осадков отсутствовало, что привело к снижению урожайности озимой пшеницы до 11–15,5 ц/га. Яровые культуры также значительно понизили выход продукции с единицы площади.

Во 2-й ротации, как в первом, так и во втором севооборотах, их продуктивность и поступление углерода в почву с растительными остатками были наименьшими за весь период проведения исследования, что способствовало значительному понижению баланса углерода (С) по каждой из изучаемых систем внесения удобрений.

В третьей ротации севооборотов из-за резкого подорожания минеральных удобрений и падения уровня производства продукции животноводства,

а как следствие, снижения объёмов выхода навоза, который стал дефицитом, схема внесения удобрений была изменена. Во II вар. опыта вместо повышенных доз органико-минеральных удобрений вносили только азотные удобрения, что привело к резкому снижению баланса углерода в обоих севооборотах.

В III вар. опыта было сокращено внесение органических удобрений на 2 т/га. Вместе с тем для компенсации азота, израсходованного бактериями на разложение органических остатков, было введено внесение минеральных азотных удобрений, во II вар. – в общей дозе 23 и в I – 40 кг д.в./га площади севооборота (табл.). В результате этого в севообороте с многолетними травами баланс гумуса (С) незначительно вырос. В севообороте без люцерны внесение 12 т навоза + N<sub>40</sub> на 1 га площади севооборота привело к увеличению баланса углерода с 2993,87 до 4916,70 кг/га.

1-я и 3-я ротации были приблизительно равными по продуктивности севооборотов (рис. 1, 2). Учитывая, что в 3-й ротации во II вар. опыта обоих севооборотов вносились только азотные удобрения, можно говорить о наличии длительного последствия применения органических и минеральных удобрений, которое позволяет получать продукцию растениеводства в прежних объёмах на протяжении по крайней мере 10 лет.

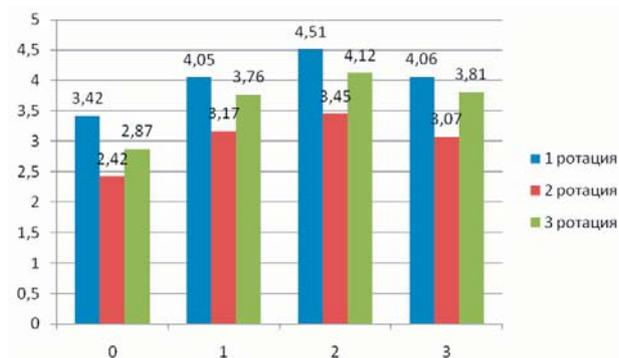


Рис. 1 – Продуктивность севооборота Б1 в зависимости от ротации и фона удобрений, т/га

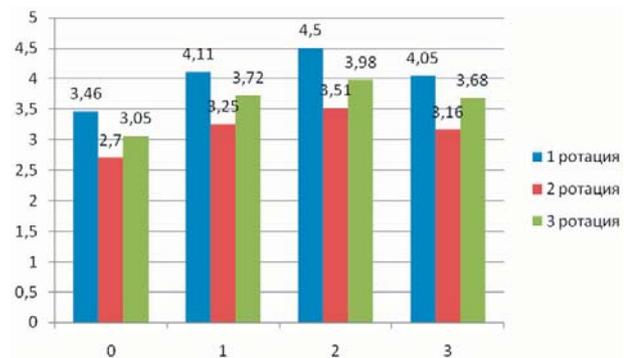


Рис. 2 – Продуктивность севооборота Б2 в зависимости от ротации и фона удобрений, т/га



Рис. 3 – Суммарное поступление углерода в почву только с растительными остатками в севообороте Б1 за ротацию в зависимости от фона удобрений, кг/га



Рис. 4 – Суммарное поступление углерода в почву только с растительными остатками в севообороте Б2 за ротацию в зависимости от фона удобрений, кг/га

**Выводы.** В условиях Приазовской зоны Ростовской области для достижения положительного баланса гумуса в десятипольном зернопаропропашном севообороте необходимо вносить на 1 га площади севооборота навоз, 6,3 т +  $N_{44}P_{30}K_{24}$  или навоз, 12 т и 40 кг д.в. азотных минеральных удобрений. Для достижения аналогичных результатов в десятипольном зернопаротравянопропашном севообороте следует применять навоз, 4 т +  $N_{27}P_{31}K_{27}$  или навоз, 8 т +  $N_{23}$ .

Десятипольный зернопаротравянопропашной севооборот с 30% люцерны в структуре его посевных площадей позволяет сохранять плодородие почвы и обеспечивать положительный баланс органического вещества, используя меньшее количество удобрений на 1 га площади севооборота.

Систематическое и длительное внесение повышенных доз органико-минеральных удобрений на протяжении 20 лет эксплуатации пашни имеет продолжительное последствие. При переходе на внесение только азотных удобрений в прежних дозах позволяет получать продуктивность севооборотов на первоначальном уровне, по крайней мере в течение одной ротации севооборота. При этом баланс углерода будет носить резко отрицательный характер, что с течением времени, вероятно, приведёт к снижению плодородия почвы.

## Литература

1. Шапошникова И.М. Плодородие почвы целины и пашни при многолетнем возделывании сельскохозяйственных культур / Шапошникова И.М., Новиков А.А., Медведева В.И. // Повышение плодородия почв в Ростовской области. Волгоград, 1982. С. 21–27.
2. Лабынцев А.В. Изменение гумусного состояния обыкновенного чернозёма в севооборотах при различных системах удобрения // Применение удобрений и средств защиты растений для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур и плодородия почв в Ростовской области. Сб. науч. трудов п. Персиановский, 2002. С. 38–44.
3. Лабынцев А.В. Сохранение плодородия чернозёма обыкновенного Северного Кавказа и повышение продуктивности пашни: автореферат на соискание уч. степ. док. с.-х. наук, Рассвет, 2002. С. 44.
4. Лабынцев А.В., Сивашов В.Ю., Бондаренко С.Г., Целуйко О.А., Медведева В.И., Авиллов А.С., Кравченко А.Н. Технология насыщения пахотного слоя почвы органическим веществом однолетних и многолетних агроценозов. 2010. С. 26.
5. Лабынцев А.В., Целуйко О.А., Пасько С.В., Авиллов А.С., Кравченко А.Н., Гринько А.В. Система дифференцированного применения удобрений в севооборотах Ростовской области. Рекомендации. п. Рассвет. 2010. 30 с.
6. Новиков А.А. Гумус чернозёмов обыкновенных при внесении удобрений и эффективность возделываемых сельскохозяйственных культур. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. № 2 (26). 2017. С. 131–143.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М., 1985. № 14 351 с.
8. Лабынцев А.В., Сивашов В.Ю., Целуйко О.А., Пасько С.В., Назаренко О.Г., Ильинская И.Н., Медведева В.И., Авиллов А.С., Кравченко А.Н., Гринько А.В., Романова Л.К. Нормативы и методика применения побочной продукции сельскохозяйственных культур для обеспечения бездефицитного баланса органического вещества в почвах на землях сельскохозяйственного назначения. п. Рассвет, 2010. 48 с.