

ВЛИЯНИЕ ПОЖНИВНЫХ И КОРНЕВЫХ ОСТАТКОВ НА ПАРАМЕТРЫ ПЛОДОРОДИЯ АГРОЧЕРНОЗЕМОВ

Власенко О.А.

Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

В статье показана роль пожнивных и корневых остатков различных полевых культур на плотность сложения почв, запасы продуктивной влаги и содержание углерода подвижного гумуса.

Ключевые слова: агрочернозем, пожнивные остатки, корневые остатки, плотность сложения почвы, продуктивная влага, подвижный гумус, соя, картофель, чистый пар.

INFLUENCE OF ROOT AND CROP RESIDUES ON THE FERTILITY PARAMETERS OF AGROCHERNOZEMS

Vlasenko O.A.

Krasnoyarsk state agrarian university, Krasnoyarsk, Russia

The article shows the role of plant residues of various field crops on the density of soils, reserves of productive moisture and the carbon content of mobile humus.

Key words: agrochernozem, crop residues, root residues, soil density, productive moisture, mobile humus, soy, potato, complete fallow.

Растительные остатки в почвах являются главным источником органических соединений, которые при разложении обогащают почву элементами питания и гумусовыми веществами [7,9,10]. Благодаря наличию растительных остатков почва приобретает рыхлое сложение, увеличивается содержание агрономически ценных агрегатов, повышается биологическая активность, формируются благоприятные водно-воздушные свойства и окислительно-восстановительные условия [5,6,8,11]. Цель настоящих исследований оценить влияние пожнивных и корневых остатков различных культур зернопаропропашного севооборота на некоторые параметры плодородия агрочерноземов. Исследования проводились на территории Красноярской лесостепи в 2019 году в землепользовании УНПК «Борский» Красноярского ГАУ. В качестве объектов были выбраны культуры севооборота: соя – пар – картофель – соя. Севооборот был заложен на комплексе агрочерноземов глинисто-иллювиальных и криогенно-мицелярных. При возделывании сои и картофеля удобрения не вносились, применялись средства защиты растений. Все пожнивные остатки оставались на поле и запахивались в почву. Подготовка чистого пара проводилась по классической технологии и состояла из зяблевой вспашки, выполняемой на глубину 25–27 см и четырех культиваций в течение вегетации на глубину 8–10 см, предшественник – яровая пшеница.

Запасы надземного растительного вещества учитывали в течение вегетации в 4-х кратной повторности методом укосов, запасы подземной мортмассы и корней – методом монолитов на глубину 0–20 и 20–40 см. Подземную мортмассу фракционировали на крупные (>0,5 мм) и мелкие (<0,5 мм) остатки. Отбор почвенных образцов также проведен в 4-х кратной повторности с глубины 0–20 и 20–40 см. В почвенных образцах определяли: влажность, плотность сложения по Качинскому, углерод водорастворимого органического вещества (C_{H_2O}) – методом бихроматной окисляемости, щелочегидролизуемый углерод гумуса (C_{NaOH}) и в его составе углерод гуминовых ($C_{ГК}$) и углерод фульвокислот ($C_{ФК}$) – в децинормальной щелочной вытяжке по Тюрину в модификации Пономаревой и Плотниковой [1,2].

В составе надземного растительного вещества преобладала фитомасса культур, ее запасы составляли 1,23–1,52 т/га у сои, 1,09 т/га у картофеля, и 1,01 т/га в чистых парах (за счет сорняков). Вместе с запасами фитомассы культур формировались запасы надземной мортмассы, которые состояли из остатков предшественника и новых порций растительных остатков, поступавших на поверхность почвы после отмирания частей растений в результате естественных процессов, культиваций, применения средств защиты растений или механического удаления ботвы у картофеля. Минимальные запасы надземной мортмассы обнаружены в чистых парах и составили 0,25 т/га, максимальные – при возделывании сои (0,89 т/га). После десикации ботвы картофеля существенного

прироста запасов надземной, а также подземной мортмассы не обнаружено, это связано с тем, что ботва измельчалась и заделывалась в почву при окучивании, где достаточно быстро разлагалась и переходила в состав гумусовых веществ или полностью подвергалась минерализации (табл. 1).

Таблица 1 – Запасы растительного вещества (в среднем за вегетацию), т/га

Стат. параметр	Надземное		Подземное					
	фитомасса	мортмасса	корни		крупная мортмасса (> 0,5 мм)		мелкая мортмасса (< 0,5 мм)	
			0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
Соя (предшественник соя)								
X	1,52	0,89	2,06	0,15	3,30	1,52	2,04	0,78
Sx	1,50	0,80	1,74	0,03	1,59	0,82	0,82	0,47
Cv,%	98,98	90,63	84,26	23,56	48,14	53,94	40,05	60,28
Картофель (предшественник чистый пар)								
X	1,09	0,63	1,46	0,06	1,58	1,49	1,27	0,53
Sx	1,07	0,29	1,32	0,01	1,15	1,27	0,27	0,35
Cv,%	98,73	45,99	90,87	13,61	72,48	85,48	21,10	65,79
Чистый пар (предшественник пшеница)								
X	1,01	0,25	0,72	0,15	2,61	0,69	2,17	2,02
Sx	0,45	0,05	0,43	0,05	1,82	0,49	1,77	0,64
Cv,%	44,33	20,00	60,33	34,14	70,01	70,40	81,59	31,55
Соя (предшественник картофель)								
X	1,23	0,71	2,22	0,04	4,61	0,96	2,55	2,15
Sx	0,93	0,48	1,94	0,02	3,23	0,69	2,53	2,11
Cv,%	75,41	67,76	87,24	35,25	70,11	71,58	99,39	98,30

Здесь и далее: X – средняя; Sx – стандартное отклонение от средней; Cv,% - коэффициент вариации

В структуре подземного растительного вещества во всех звеньях севооборота преобладала крупная мортмасса, которая ежегодно пополняется пожнивными остатками культур. В слое почвы 0-20 см сосредоточено от 4,61 до 1,58 т/га запасов крупной мортмассы, что составляет от 52 до 98% общего запаса крупной мортмассы в слое 0-40 см. Запасы мелкой мортмассы имеют более сложные механизмы формирования, так как эта часть растительного вещества непосредственно подвергается разложению, частично гумифицируется и минерализуется. Средний запас мелкой мортмассы составлял в полях севооборота от 1,27 до 2,55 т/га в слое 0-20 см и от 0,53 до 2,15 т/га в слое 20-40 см. Существенную роль в образовании подземной мортмассы и в процессах трансформации растительных остатков играют корни, поскольку за счет их отмирания образуется свежий корневой опад, который стимулирует деятельность микроорганизмов [7,9]. Максимальные запасы корней в слое 0-20 см обнаружены при возделывании сои и в среднем составили 2,06-2,22 т/га. Средние запасы корней картофеля (клубни не учитывались) оказались 1,46 т/га. В чистых парах запас корней сорняков был 0,72 т/га. В слое 20-40 см запасы корней были существенно ниже, их доля здесь была от 1,9 до 16,9 %.

Средняя плотность сложения почвы в полях севооборота была 0,7-0,9 г/см³ и оценивалась как рыхлая (табл. 2). Существенное снижение плотности сложения до 0,7 г/см³ наблюдалось в паровом поле в слое 0-20 см, за счет культиваций. При возделывании картофеля средняя плотность сложения увеличилась до 0,9 г/см³, что объясняется наличием уплотненного сложения между гривами (1,32-1,38 г/см³) и рыхлого сложения в гривах. При возделывании сои плотность сложения почвы менялась от 0,6 до 1,1 г/см³.

Влажность почвы в течение вегетации в слое 0-20 и в слое 20-40 см была на уровне 21-28 %, при этом влажность завядания (ВЗ) для данных агрочерноземов составляла 10,6 %. Запасы продуктивной влаги при возделывании культур были неудовлетворительные в слое 0-20 и 20-40 см, особенно низкими они были в поле картофеля, где они составили всего 14,2-15,5 мм в слое 0-20 и 20-40 см соответственно (табл. 2, 3). Возможно, это связано с тем, что в гребнях, нарезанных для

посадки картофеля, почва прогревалась и иссушалась быстрее, чем на ровных участках пашни, кроме этого в начале и середине вегетации 2019 г наблюдались крайне засушливые условия. Однако в чистых парах запасы продуктивной влаги были достоверно выше, и характеризовались как удовлетворительные, это связано с отсутствием водопотребления и проведенными культивациями, что способствовало сохранению влаги в почве как в слое 0-20, так и в слое 20-40 см. Таким образом, запасы продуктивной влаги при возделывании культур были очень низкими, что связано не только с небольшим количеством осадков, но и возрастающим водопотреблением. Кроме этого, даже при увеличении количества осадков в августе, запасы продуктивной влаги в полях продолжали сокращаться, что объясняется разуплотнением почвы за счет корневых систем растений.

Таблица 2 – Влажность (%) и плотность сложения (г/см³) почвы

Статистические параметры	полевая влажность, %		Плотность сложения, г/см ³	
	0-20	20-40	0-20	20-40
soя (предшественник – соя)				
X	22,6*	22,6*	0,8	0,8
S _x	7,8	7,9	0,2	0,2
C _v , %	34,5	35,2	25,0	27,0
картофель (предшественник – чистый пар)				
X	19,3*	19,0*	0,9*	0,9*
S _x	5,1	6,2	0,3	0,1
C _v , %	26,4	32,4	33,3	15,2
чистый пар (предшественник – пшеница)				
X	26,4	27,6	0,7	0,9
S _x	6,4	6,9	0,7	0,2
C _v , %	24,2	24,9	14,3	16,2
soя (предшественник – картофель)				
X	20,8*	22,6*	0,8	0,8
S _x	8,8	7,4	0,2	0,1
C _v , %	42,4	32,7	35,0	11,6
НСР _{0,5}	3,2	2,8	0,093	0,091

Здесь и далее: * - существенные различия относительно чистого пара

Таблица 3 – Средние запасы продуктивной влаги, мм

Культура	0-20 см	20-40 см
Soя (предшественник – соя)	17,54	16,77*
Картофель (предшественник – чистый пар)	14,17*	15,53*
Чистый пар (предшественник – пшеница)	22,06	31,07
Soя (предшественник – картофель)	15,70*	20,39
НСР _{0,5}	3,86	10,57

Подвижная часть углерода гумуса, представлена продуктами разложения растительных остатков и новообразованными гумусовыми веществами, которые легко переходят в растворимую форму. К ним относится углерод гумуса, растворимый в слабой щелочи (C_{NaOH}) и водорастворимый углерод гумуса (C_{H2O}). Эта часть органического вещества почвы, является непосредственным источником элементов питания для растений при минерализации, а также источником гумуса при гумификации. При сельскохозяйственном использовании почв в подвижной части гумусовых веществ наиболее интенсивно протекают процессы разложения [3,4,7,10].

Среднее содержание водорастворимого углерода гумуса в агрочерноземе при возделывании сои (предшественник - соя) на глубине 0-20 см оказалось 54,7, на глубине 20-40 см -59,1 мг/100 г, что существенно выше, чем в паровом поле (табл. 4). Изменение содержания водорастворимых

компонентов гумуса в течение вегетационного сезона во всех полях севооборота как на глубине 0-20, так и на глубине 20-40 см имеет сходную динамику, и отличается резким снижением к сентябрю. Поскольку водорастворимые органические вещества – это первоисточники гумусовых соединений, которые представлены смесью органических кислот, аминокислот, углеводов, соединений типа фульвокислот, их концентрация постоянно меняется, так как эти соединения быстро вовлекаются в процессы гумификации и минерализации, а также способны мигрировать по почвенному профилю вместе с проникающими атмосферными осадками [7,9].

Таблица 4 – Содержание подвижного углерода гумуса в агрочерноземе, мг/100 г

Стат. параметр	Фракции подвижного углерода гумуса, мг/100 г							
	C _{H2O}		C _{NaOH}		C _{гк}		C _{фк}	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
Соя (предшественник - соя)								
X	54,7*	59,1*	367,0*	261,8*	103,3*	150,3	263,7	111,5*
S _x	25,2	23,1	177,0	122,7	106,5	141,7	156,0	66,0
C _v , %	46,1	39,1	48,2	46,9	96,3	94,3	59,2	59,2
Картофель (предшественник - чистый пар)								
X	47,2	48,8	544,8	523,5	338,2	363,2*	206,7	160,3
S _x	22,5	20,4	230,1	253,7	136,4	185,8	141,1	181,2
C _v , %	47,7	41,8	42,2	48,5	40,3	51,1	68,3	98,5
Чистый пар (предшественник - пшеница)								
X	44,8	49,2	454,7	412,1	269,3	103,3	185,4	308,7
S _x	18,6	9,8	218,3	231,1	157,6	76,8	175,1	281,4
C _v , %	41,4	19,9	48,0	56,1	58,5	74,3	94,5	91,2
Соя (предшественник - картофель)								
X	52,7	44,2	423,3	487,2	316,3	322,5*	107,1	164,7
S _x	21,8	14,3	239,0	279,6	210,4	218,0	90,6	105,1
C _v , %	41,5	32,3	56,5	57,4	66,5	67,6	84,6	63,8
HCP _{0,5}	8,2	10,3	169,3	150,8	160,6	211,7	112,8	182,1

Средне содержание щелочерастворимого углерода гумуса в агрочерноземе при возделывании сои (предшественник - соя) на глубине 0-20 и на глубине 20-40 см было существенно ниже, чем в остальных полях севооборота и составило 367,0 и 261,8 мг/100 г соответственно. Возможно, такая особенность связана с химическим составом растительных остатков сои, которые богаты азотом и имеют более узкое отношение C/N, чем остатки картофеля или солома пшеницы, в связи с этим они более доступны для биоразложения [12], что приводит к усилению процессов минерализации и снижению содержания углерода щелочерастворимого гумуса. В составе щелочерастворимых компонентов гумуса выделяются новообразованные гуминовые (C_{гк}) и фульвокислоты (C_{фк}), их содержание имеет очень высокий коэффициент варьирования в течение вегетации (до 98,5%), особенно это характерно для содержания C_{фк}. Связано это с тем, что новообразованные фульвокислоты имеют более низкую молекулярную массу, чем новообразованные гуминовые кислоты, легко растворяются в воде и также, как и другие водорастворимые органические вещества быстро вовлекаются в обменные процессы в почве [7]. Отношение C_{гк}/C_{фк} в новообразованном гумусе в среднем составило от 0,3 до 3,1, что говорит о высокой подвижности и постоянной трансформации гумусовых веществ в составе щелочерастворимых компонентов.

Выводы:

1. В наземной части агроэкосистем преобладают запасы фитомассы культур. Поскольку пожнивные остатки остаются на поле, то запасы фитомассы переходят в состав наземной и подземной мортмассы. В составе подземного растительного вещества преобладает крупная мортмасса, запасы мелкой мортмассы и корней существенно ниже. Основные запасы подземного растительного веществ в агрочерноземах сосредоточены в слое 0-20 см, где их доля составляет от 52 до 98%. В конце вегетации общие запасы пожнивных остатков в слое агрочернозема 0-40 см при возделывании сои были 9,4-14,4 т/га, при возделывании картофеля - 4,8, в чистых парах - 4,1 т/га.

2. По плотности сложения почвы в полях севооборота были рыхлыми (0,7-0,9 г/см³). В паровом поле в слое 0-20 см плотность сложения была 0,7 г/см³ за счет культиваций. При

возделывании картофеля средняя плотность сложения достоверно увеличилась до 0,9 г/см³, что объясняется наличием уплотненного сложения между гривами. При возделывании сои плотность сложения почвы в среднем была 0,8 г/см³.

3. Запасы продуктивной влаги в слое 0-20 и 20-40 см при возделывании культур были не удовлетворительные, что связано с засушливыми условиями начала вегетации 2019 г. Особенно низкие значения запасов продуктивной влаги в почве отмечены при возделывании картофеля, что связано с высоким водопотреблением у этой культуры. В чистых парах запасы продуктивной влаги были достоверно выше как в слое 0-20, так и в слое 20-40 см.

4. Возделывание сои по предшественнику соя, приводило к существенному увеличению содержания углерода водорастворимого и одновременному снижению углерода щелочерастворимого гумуса в агрочерноземе по сравнению с чистым паром. Кроме этого, при возделывании сои, в составе щелочерастворимого углерода гумуса увеличивается доля новообразованных фульвокислот.

Литература

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
2. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
3. Власенко О.А. Динамика углерода подвижного гумуса в агрочерноземе при возделывании яровой пшеницы с помощью ресурсосберегающих технологий / О.А. Власенко // Вестник КрасГАУ, 2015. - № 9. - С. 60-67.
4. Власенко О.А., Кураченко Н.Л., Ульянова О.А. и др. Структура и динамика запасов растительного вещества в агроценозе рыжика посевного // Вестник КрасГАУ, 2019. №11. С. 24-29.
5. Ерёмин Д.И., Моисеев А.Н. Влияние севооборотов на физические свойства чернозема выщелоченного // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2012. № 6. С. 26-32.
6. Новиков А.А., Кисаров О.П. Обоснование роли корневых и пожнивных остатков в агроценозах // Научный журнал КубГАУ. 2012. №78 (04). С. 1-10
7. Семенов В.М., Когут Б.М. Почвенное органическое вещество.– М.: ГЕОС, 2015. - 233 с.
8. Сергеев В.С. Влияние растительных остатков на показатели почвенного плодородия // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2010. № 9 (71). С.28-34
9. Тейт Р. Органическое вещество почв. Биологические и экологические аспекты. - М.: Мир, 1991.- 400 с.
10. Чупрова В.В. Запасы, состав и трансформация органического вещества в агропочвах Средней Сибири // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, 2017. Вып. 90. С.97-116.
11. Kurachenko N.L., Vlasenko O.A., Kolesnik A.A. Formation of the physical state and carbon stocks in organic matter of the agrochernozem under the influence of resource-saving technologies // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. 315(4). С. 042022.
12. Vlasenko O.A., Khalipsky A.N., Stupnitsky D.N. Vegetable structure balance in agrochernozems and the quality of seed production in the field crops cultivation with elements of soil protective technologies // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 315(4). 2019. С. 052045