

УДК 631.874. 631.472.56 (571.64)

Л.В. САМУТЕНКО, Т.А. МИЛОВСКИХ

Биологизация воспроизводства плодородия почв Сахалина

Экспериментально изучено воздействие моно- и поликомпонентных посевов разнообразных сидеральных культур на сохранение плодородия почвы. Отмечено кратковременное и частичное повышение содержания углерода и нитратного азота в почве. Сидераты положительно оценены в качестве средства увеличения содержания фосфора и калия. Действие источников органического вещества однолетних капустных, злаковых, бобовых культур и их смесей достаточно выровненное. Соотношение C : N свидетельствовало о слабой эффективности сидератов как зеленого удобрения. Сидеральные посевы рассматриваются как средство биологизации земледелия через воздействие на почвенные свойства в качестве одного из источников органического вещества.

Ключевые слова: сидераты, продуктивность, плодородие почвы, органическое вещество, NPK.

Biologization of reproduction of Sakhalin soil fertility. L.V. SAMUTENKO, (Sakhalin Research Institute of Agriculture, Yuzhno-Sakhalinsk), T.A. MILOVSKIY (State Center of Agrochemical Service "Sakhalinskiy", Yuzhno-Sakhalinsk).

The effect of mono- and polycomponent crops of different-species sideral crops as a means of preserving soil fertility has been studied experimentally. A short-term and partial increase in the content of carbon and nitrate nitrogen in the soil was noted. The siderates are positively evaluated as a means of increasing the content of phosphorus and potassium. The effect of sources of organic matter of annual cabbage, cereals, legumes and their mixtures is sufficiently leveled. The C : N ratio indicated a weak efficiency of the siderates as a green fertilizer. Sederal crops are considered as a means of biologizing agriculture by acting on soil properties as one of the sources of organic matter.

Key words: siderates, productivity, soil fertility, organic matter, NPK.

Конечной целью биологизации систем земледелия является получение экологически чистой продукции, при производстве которой устраняется любого рода химическое воздействие на сельскохозяйственные культуры. Однако, по мнению [13], и при биологическом направлении земледелия воспроизводство плодородия почв возможно только при комплексном использовании минеральных и органических удобрений, химических мелиорантов и других агрохимических средств регулирования плодородия почв.

В природных условиях наращиваемая биомасса со всем накопленным набором веществ остается на месте произрастания, сохраняя и увеличивая плодородный потенциал почвы, в то время как в сельскохозяйственном производстве естественное воспроизводство плодородия почвы осложняется отчуждением ее части [2, 19].

В условиях интенсивного земледелия наблюдается активная минерализация гумуса, поэтому для пополнения его почвенных запасов необходимо комплексное использование всех видов органических удобрений [4, 7]. В связи с этим биологические приемы, в частности сидеральные пары, промежуточные посевы на зеленое удобрение, растительные остатки должны обеспечивать сохранение плодородия почвы [5, 8, 13, 15, 16, 20, 23]. Более эффективны для внесения в почву органические вещества с широким отношением

*САМУТЕНКО Любовь Викторовна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (Сахалинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Южно-Сахалинск), МИЛОВСКИХ Татьяна Александровна – директор (Государственный центр агрохимической службы «Сахалинский», Южно-Сахалинск). *E-mail: lyubiva_1953@mail.ru

C : N и большим содержанием лигнина. Однако для снижения иммобилизации растительного азота микроорганизмами необходимо внешнее дополнение азотного фонда [4, 5, 8, 21]. Существует мнение, что состав культур может определять содержание, запасы гумуса и его качественные показатели – фракционно-групповой состав, азотный фонд и содержание подвижных фракций [24]. Влияние сидератов на продуктивность следующих за ними культур оценивается неоднозначно. Однако есть наблюдения [14], что последствие запаханных в почву растительных остатков без применения удобрений мало сказывается на урожайности.

Земледелие Сахалинской области не избежало таких негативных моментов, как внесение не всегда достаточных доз минеральных (94 кг действующего вещества на 1 га), очень низких доз органических удобрений (4,3 т/га). Органические удобрения и мелиорант – два важнейших компонента в повышении плодородия – используются на ограниченных пахотных площадях (соответственно 462 и 25 га). Внесение органики сдерживается, в первую очередь, по экономическим соображениям.

Таким образом, возникла необходимость восполнения потерь почвенного органического вещества наиболее доступными, экономичными и экологичными средствами, к числу которых отнесены сидераты. Ранее детального изучения их действия на плодородие островных почв, урожай следующих за ними культур не проводилось. Исследования [7] были посвящены установлению возможностей пожнивных посевов, в основном овощной группы культур.

Знакомство с данными научных источников позволило определиться с культурами, наиболее подходящими для выращивания в качестве сидератов на специфических почвах области. Учитывалась скороспелость культур, зависимость их продуктивности от почвенно-климатических условий (требования к плодородию почвы, температурному режиму).

Цель исследований – установить степень влияния разновидовых сидератов и их смесей как биологического средства воспроизводства плодородия на основные агрохимические свойства почвы.

Главная задача исследований – определение действия сидеральной массы на пополнение и динамику органического вещества и элементов питания растений в почве. Помимо этого в задачи входило определение ассортимента сидеральных культур, сроков и глубины запахивания, возможностей двухразового посева за вегетационный период в целях получения максимальной биомассы, установление степени влияния на продуктивность и качество следующей после сидератов культуры (картофеля).

Частично полученные результаты опубликованы в нескольких источниках [11, 12, 18]. Однако агрохимическая часть работы, характеризующая роль сидератов в сохранении почвенного плодородия, не была изложена достаточно подробно, вследствие чего в предлагаемом сообщении более детально описывается влияние сидеральных культур на этот процесс.

Методика исследований

Опыты по изучению эффективности сидеральных культур и их последствий были заложены на землях СахНИИСХ. Они имели два повторения в пространстве и во времени. Каждая временная закладка состояла из четырех повторностей.

Опыт 1. «Определение агротехнических приемов использования сидератов с целью сохранения плодородия почвы». Проведена первичная подборка сидеральных культур, определены оптимальные сроки посевов, запахивания и глубин размещения в почве биомассы, установлены агрохимические показатели почвы до и после запахивания, продуктивность сидеральных растений.

Опыт 2. «Изучение действия и последствий сидератов на основные показатели плодородия почвы». Проведена корректировка набора сидеральных культур и их смесей,

определены степень влияния разнородных сидератов на почвенное плодородие и ее зависимость от продуктивности и химического состава растений.

В состав сидеральных культур входили горчица белая, редька масличная, рапс яровой, сурепица яровая, донники белый и желтый, люпин однолетний, вика яровая и озимая, овес, ячмень. Помимо однокомпонентных, были использованы поликомпонентные посевы, представленные сочетанием двух и трех культур.

Посев сидератов и запахивание в почву осуществляли в два срока: посев – в первой декаде июня и первой декаде августа, запахивание – в первой декаде августа и третьей декаде октября на глубину 15–18 и 25–27 см. Под весенний посев применяли стартовую дозу диаммофоски в количестве 300 кг/га.

Лугово-дерновая старопахотная почва в опытах характеризовалась присущей ей значительной неоднородностью. Показатели кислотности (потенциметрическое определение) изменялись в пределах очень кислой (рН 3,5) – среднекислой (рН 4,9) категорий. Гумус определяли по И.В. Тюрину в модификации В.Н. Симакова. В относительных единицах его количество по участку колебалось на уровне средних значений – 3,5–4,8 %. На момент закладки содержание гумуса составляло 3,23–4,63 и 3,29–4,76 %. Суммарное количество минеральных форм азота было низким – 16,1–36,4 мг/кг ($N_{\text{нитр.}}$, определяемый потенциметрически, + $N_{\text{амм.}}$, определяемый колориметрически с индофенольной зеленью). Подвижные формы фосфора (по методике А.Г. Кирсанова) характеризовались очень высоким содержанием (270,0–597,0 мг/кг), обменного калия – средним и повышенным (85,0–165,0 мг/кг – пламенно-фотометрический метод в вытяжке А.Г. Кирсанова). Фракционно-групповой состав гумуса определен методом И.В. Тюрина в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой [1, 3].

Почвенные образцы отбирали по горизонтам 0–10, 10–20, 20–30 см весной, летом и осенью; растительные – в соответствии со сроками запахивания сидератов. Поскольку разница в агрохимических показателях почвенных слоев была минимальной, в таблицах приведены усредненные результаты для пахотного горизонта.

В растительных образцах определяли содержание NPKCa, золы, клетчатки, сахаров по общепринятым в кормопроизводстве методикам [17]. На основании аналитических данных рассчитывали количество валовой энергии [9, 10] и гумуса [22].

Для определения массы пожнивно-корневых остатков отбирали почвенные монолиты с последующим отмыванием корневой системы [6]. В дальнейшем высушенные корни были подвергнуты химическому анализу.

Погодные условия в годы наблюдений были благоприятны для полноценной вегетации сидеральных растений: суммы положительных температур изменялись от 1979 до 2319 °С, суммы осадков – от 333 до 585 мм (с I декады мая по II декаду октября). Согласно обобщенным метеоданным [7], вторая половина вегетационного периода на юге Сахалина (конец июля – октябрь) значительно теплее первой. Сумма среднесуточных температур с начала августа составляет более 900 °С, активных выше 5 и 10 °С – около 900 и 800 °С соответственно. Осадков выпадает не менее 100 мм. Таким образом, пожнивные посевы рапса (опыт 1) и овса (опыт 2), проведенные после летнего запахивания сидератов для формирования дополнительной биомассы, были обеспечены достаточными температурно-влажностными ресурсами.

Результаты

Объемы поступления в почву растительной массы от основного посева сидератов приведены в табл. 1. Обозначенные в ней данные дают представление о формировании вегетативной и корневой частей сидеральных культур, накопленной ими сухой массы и содержании в ней валовой энергии. Использование сведений о том, что в 1 т гумуса содержится 20 000 МДж энергии [22], позволило провести расчет количества гумуса, которое может быть образовано из растительного органического вещества.

Безусловными лидерами в урожайности относительно других сидератов являлись донники, несмотря на то что их возделывание проходило в неблагоприятных для бобовых культур агрохимических условиях (высокая кислотность почвы). Выход зеленой массы донника белого стал максимальным, превысив показатели горчицы белой с минимальной урожайностью на 15,9 т/га (47,0 %) и смеси ячменя с овсом, имевшей наибольший результат среди однолетних сидератов – на 11,9 т/га (35,2 %). Величины, полученные при сравнении этих показателей с показателями донника желтого – соответственно 9,1 т/га (33,7 %) и 5,1 т/га (18,9 %), заметно уступали приведенным выше, но значительно преобладали над показателями других сидератов. Однако при использовании донника в качестве сидеральной культуры следует учитывать его биологию (формирование основного урожая на второй год жизни растений). Положительно оценивать донник как сидерат можно со следующих позиций: несмотря на медленное развитие в первый год жизни, на второй год он продуцирует количество растительной массы, превышающее массу однолетних сидератов в 1,2–1,9 раза. Одновременно, судя по расчетам (принимая во внимание их определенную

Таблица 1

Урожайность сидеральных культур, сухая масса, валовая энергия и гумус, поступившие в почву с вегетативной частью растений и пожнивно-корневыми остатками (среднее за один год)

Сидерат	Зеленая масса, т/га	Сухая масса, т/га		Валовая энергия, ГДж/га			Гумус (расчетный), т/га
		вегетативная часть	корни	вегетативная часть	корни	сумма	
Опыт 1. Определение агротехнических приемов использования сидератов с целью сохранения плодородия почвы							
Контроль (без растений, осенью – рапс)	15,2	1,8	1,2	32,9	17,7	50,6	2,5
Горчица белая	17,9	4,3	1,7	110,8	9,1	119,9	6,0
Рапс яровой	20,2	3,7	2,2	94,6	8,9	103,5	5,2
Сурепица яровая	19,1	3,7	2,4	86,4	9,1	95,5	4,8
Донник белый	33,8	8,8	11,0	333,0	168,3	501,3	25,1
Донник желтый	27,0	7,0	6,5	230,0	99,6	329,6	16,5
Горчица белая + вика озимая	21,7	4,2	1,9	97,8	29,5	127,3	6,4
Рапс яровой + вика яровая	21,2	3,7	1,9	94,2	29,6	123,8	6,2
Ячмень + овес	21,9	4,2	1,9	97,9	29,4	127,3	6,4
Ячмень + овес + рапс яровой	20,9	4,1	2,4	99,2	37,2	136,4	6,8
НСР_{0,5}	2,4					20,7	1,0
Опыт 2. Изучение действия и последствия сидератов на основные показатели плодородия почвы							
Контроль (без растений, осенью – овес)	22,0	3,6	1,7	66,6	26,2	92,8	4,6
Горчица белая	20,8	2,9	2,1	96,0	32,0	128,0	6,4
Рапс яровой	23,8	3,4	1,7	98,2	26,2	124,4	6,2
Редька масличная	29,3	3,5	1,9	90,1	30,1	120,2	6,0
Люпин однолетний	24,6	2,9	2,0	90,3	30,3	120,6	6,0
Рапс яровой + люпин однолетний	24,0	3,2	1,9	93,6	29,2	122,8	6,1
Редька масличная + люпин однолетний	28,4	3,2	1,9	94,8	29,8	124,6	6,2
Горчица белая + люпин однолетний	23,7	3,2	1,7	89,8	26,9	116,7	6,2
Овес + люпин однолетний	26,4	3,2	2,1	101,5	32,2	133,7	6,7
Овес + вика яровая	26,9	3,7	2,0	96,0	30,7	126,7	6,3
Горчица белая + овес + вика озимая	25,9	3,5	2,2	92,8	33,3	126,1	6,3
Горчица белая + овес + люпин однолетний	23,5	3,6	1,9	91,4	29,9	121,3	6,1
Редька масличная + овес + вика яровая	27,1	3,3	1,9	96,5	33,2	129,7	6,5
НСР_{0,5}	3,0					11,5	0,7

условность), растения донника могут обеспечивать 2,5–4-кратное, относительно других видов, поступление гумуса в почву. При этом механизированные работы проводятся один раз в два года, что целесообразно и экономически, и агрофизически, поскольку почва получает краткосрочный период покоя.

Горчица белая (в опыте 1) при минимальной вегетативной массе отличалась накоплением наибольшего количества сухой массы среди других однолетних сидератов в монопосеве и практически равным – со смесью ячменя с овсом при совместном посеве с вики озимой (см. табл. 1). В опыте 2 это преимущество горчицей было утрачено. Следует отметить, что во втором опыте основные показатели, характеризовавшие свойства сидеральных культур как в однокомпонентных, так и в поликомпонентных посевах, были достаточно близки. Вследствие этого воздействие их на почву в качестве источников органического вещества (гумуса) оказалось равноценным: в среднем расчетная величина поступления гумуса равнялась 6,4 т/га. Однако в опыте 1 масса основного урожая рапса ярового и особенно сурепицы яровой в меньшем количестве обеспечивала почву растительной органикой, разница с массой других видов составляла 0,8–2,0 т/га.

Расчетное количество гумуса, получаемого с вегетативной частью однолетних растений, равнялось 4,3–5,2, с корневой – 1,2–1,9 т/га, донников – соответственно 16,7–11,5

Таблица 2

**Динамика органического вещества (общего углерода)
в зависимости от действия и последействия сидератов**

Сидерат	Общий углерод, %					
	До за- хивания	Год последействия				К исходному показателю
		1-й	2-й	3-й	4-й	
Опыт 1. Определение агротехнических приемов использования сидератов с целью сохранения плодородия почвы						
Контроль (без растений, осенью – рапс)	2,68	2,78	2,68	2,84	2,58	-3,7
Горчица белая	1,92	2,32	2,34	2,51	1,90	-1,0
Рапс яровой	2,21	2,49	2,90	2,58	2,16	-2,3
Сурепица яровая	2,13	2,10	2,73	3,17	2,34	9,8
Донник белый	2,19	2,16	2,30	2,09	-	-4,6
Донник желтый	2,19	2,22	2,18	2,01	-	-8,2
Горчица белая + вика озимая	1,87	2,22	2,64	2,43	2,12	13,4
Рапс яровой + вика яровая	2,13	2,04	3,10	2,89	2,50	17,4
Ячмень + овес	2,28	2,45	3,02	2,94	2,20	-3,5
Ячмень + овес + рапс яровой	2,30	2,22	2,64	2,74	2,31	0,4
НСР _{0,5}	0,23	-	-	-	0,15	
Опыт 2. Изучение действия и последействия сидератов на основные показатели плодородия почвы						
Контроль (без растений, осенью – овес)	1,91	3,29	4,05	2,43	-	27,2
Горчица белая	2,34	3,53	3,42	2,63	-	12,4
Рапс яровой	2,12	3,06	3,60	2,38	-	12,3
Редька масличная	2,50	3,53	3,67	2,88	-	15,2
Люпин однолетний	2,28	3,94	3,76	2,87	-	25,9
Рапс яровой + люпин однолетний	2,08	3,24	3,28	2,44	-	7,3
Редька масличная + люпин однолетний	2,32	3,67	3,21	2,46	-	6,0
Горчица белая + люпин однолетний	2,19	3,35	3,24	2,93	-	33,8
Овес + люпин однолетний	2,76	2,49	2,94	2,44	-	-11,6
Овес + вика яровая	2,71	2,94	2,95	2,53	-	-6,6
Горчица белая + овес + вика озимая	2,44	2,62	2,85	2,59	-	6,1
Горчица белая+овес+люпин однолетний	2,20	3,18	2,85	2,78	-	26,4
Редька масличная + овес + вика яровая	2,15	2,86	2,94	2,41	-	12,1
НСР _{0,5}	0,78	-	-	0,12		

Примечание. Прочерки – значение не определялось.

Таблица 3

Фракционно-групповой состав гумуса почвы в зависимости от запахивания разнородных сидератов

Сидераты	С, %	Фракция гуминовых кислот, %				Фракция фульвокислот, %					С _{гк} + С _{фк} , %	С _{гк} / С _{фк}
		1	2	3	сумма	1а	1	2	3	сумма		
Опыт 1. Определение агротехнических приемов использования сидератов с целью сохранения плодородия почвы												
Контроль (без растений, осенью – рапс)	2,32	17,0	0	6,5	23,5	5,9	16,8	9,0	6,4	38,1	61,6	0,62
Горчица белая	1,79	16,9	0	7,0	23,9	7,3	14,9	7,2	7,8	37,2	61,1	0,64
Рапс яровой	1,96	14,6	0	6,4	21,0	6,4	23,5	6,3	8,0	34,2	55,2	0,61
Сурепица яровая	2,03	17,5	0	7,0	24,5	7,0	17,1	9,4	6,9	40,4	64,9	0,61
Горчица белая + вика озимая	1,96	14,9	0	8,1	23,0	7,6	18,4	2,7	5,7	34,4	57,4	0,67
Рапс яровой + вика яровая	2,25	17,3	0	7,0	24,3	5,6	17,1	3,9	7,5	34,1	58,4	0,71
Ячмень + овес	2,29	17,7	0	7,0	24,7	6,2	17,3	6,9	7,9	38,3	63,0	0,64
Ячмень + овес + рапс яровой	2,16	18,0	0	7,8	25,8	5,3	17,1	10,5	6,5	39,4	65,2	0,65
Опыт 2. Изучение действия и последействия сидератов на основные показатели плодородия почвы												
Контроль (без растений, осенью – овес)	2,74	16,4	11,7	9,8	38,0	11,7	6,9	16,1	8,4	43,1	81,0	0,88
Горчица белая	3,28	20,1	12,8	7,3	39,3	10,1	16,5	18,3	9,8	54,6	93,9	0,72
Рапс яровой	3,53	23,8	9,1	5,4	38,2	8,2	6,5	14,2	9,6	38,5	76,8	0,99
Редька масличная	3,50	18,3	10,6	8,0	36,9	9,1	19,4	17,4	10,3	56,3	93,1	0,65
Горчица белая + овес + вика озимая	2,80	20,0	14,6	7,5	42,1	8,6	19,3	16,8	10,4	55,0	97,1	0,77
Редька масличная + овес + вика яровая	2,94	18,4	9,5	6,1	34,0	10,5	20,1	21,8	11,2	63,6	97,6	0,53
Люпин однолетний	3,30	17,0	11,8	7,3	36,1	9,1	17,3	22,7	11,8	60,9	97,0	0,59
Рапс яровой + люпин однолетний	2,56	17,2	11,3	6,6	35,1	10,2	19,9	21,1	11,7	62,9	98,0	0,56
Горчица белая + овес + люпин однолетний	3,16	15,8	11,1	6,3	33,2	10,1	17,1	15,8	10,1	53,2	86,4	0,62
Редька масличная + люпин однолетний	3,11	17,0	12,2	7,1	36,3	9,3	20,3	18,6	12,9	61,1	97,4	0,59
Горчица белая + люпин однолетний	3,05	18,4	12,1	6,6	37,0	9,8	21,0	17,7	11,8	60,3	97,4	0,61
Овес + люпин однолетний	3,22	15,8	11,8	6,5	34,2	8,1	21,1	16,8	12,4	58,4	92,5	0,58
Овес + вика яровая	3,20	17,8	12,5	6,9	37,2	8,4	21,2	18,1	12,2	60,0	97,2	0,62

Примечание. ФК, ГК – фульво- и гуминовые кислоты.

и 8,4–5,0 т/га. Немаловажную роль, как уже говорилось, имеет качественный состав растительной массы, запахиваемой в почву. Мы использовали данные источника [13] по содержанию в растениях углерода. С помощью формулы расчета, приведенной в [4], мы получили (пусть условные, но представляющие интерес) сведения о соотношении С : N. При запахивании сидератов в фазе семяобразования (зеленые растения) оно составляло в основном 12–19 : 1, у донников – 22 : 1 и 26 : 1. При некотором удлинении срока вегетации соотношение увеличивалось до 22–25 : 1. Таким образом определили, что в почву с растительной органикой в установленные в опыте сроки поступает довольно невысокое количество углерода, что дает основание предполагать высокую скорость мобилизации накопленных веществ (азота) и слабую эффективность именно зеленого удобрения. Отчасти это подтверждают данные табл. 2, где приведена динамика накопления органического вещества (общего углерода). В первые два года после заделки сидератов в почву наблюдалось увеличение содержания общего углерода в почве всех вариантов обоих опытов, включая контрольные, поскольку они получали растительный материал при осеннем

запахивании рапса и овса. Далее, при выращивании пропашной культуры с активным механическим воздействием на почву, в ней отмечены потери углерода. В большей степени они коснулись почвы после сидератов в опыте 1 и, как ни странно, после донников.

При ограниченных аналитических возможностях нам удалось получить ориентировочные результаты фракционного состава гумуса почвы после запахивания сидератов. Анализы проведены в разных лабораториях, что отразилось в обозначенных данных по содержанию некоторых групп. Вполне допускаем аналитические различия, но они, вероятно, могут быть обусловлены и почвенными свойствами. В почве второго опыта, несмотря на выявление группы 2 в составе гуминовых кислот и более высокое их содержание, количественное преобладание во всех вариантах сохранялось за фульвокислотами (34,1–63,6 %) и в целом за подвижной частью гумуса (табл. 3). Более широкий масштаб колебания соотношений С гуминовых кислот : С фульвокислот наблюдался в почве опыта 2. В нескольких вариантах – после рапса, горчицы и овса в контроле – значения соотношений существенно превышали средний показатель по опыту (0,67). Однако на основании ограниченных результатов мы не рискуем делать вывод о каком-либо влиянии сидеральной массы на фракционно-групповой состав гумуса, если такое в принципе возможно.

Поскольку в научных источниках сидератам отводится роль в основном поставщиков минеральных элементов питания для размещаемых после них сельскохозяйственных культур, нами также проведены расчеты количества NPKCa, которое поступало в почву в моно- и смешанных посевах сидеральных растений. Результаты приведены в табл. 4.

Таблица 4

Поступление питательных элементов в почву при запахивании сидеральной массы (среднее за один год)

Сидерат	Поступление элементов, кг/ га			
	N общий	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Опыт 1. Определение агротехнических приемов использования сидератов с целью сохранения плодородия почвы				
Контроль (без растений, осенью - рапс)	44,7	10,6	64,6	16,6
Горчица белая	61,8	16,5	122,4	56,8
Рапс яровой	61,9	14,2	119,8	45,9
Сурепица яровая	63,0	17,6	117,0	49,2
Донник белый	189,1	28,1	159,1	98,4
Донник желтый	128,4	25,6	141,0	84,9
Горчица белая + вика озимая	86,8	17,2	125,5	55,5
Рапс яровой + вика яровая	78,7	15,2	119,4	46,6
Ячмень + овес	67,2	13,4	140,0	34,0
Ячмень + овес + рапс яровой	66,2	15,7	134,6	41,0
Опыт 2. Изучение действия и последствия сидератов на основные показатели плодородия почвы				
Контроль (без растений, осенью – овес)	90,9	19,4	189,1	17,9
Горчица белая	51,5	8,9	66,8	12,3
Рапс яровой	63,4	10,1	85,3	11,2
Редька масличная	92,9	17,9	134,4	18,5
Люпин однолетний	81,5	8,7	49,8	46,5
Рапс яровой + люпин однолетний	89,4	12,1	87,8	14,3
Редька масличная + люпин однолетний	75,1	11,1	85,1	24,4
Горчица белая + люпин однолетний	85,6	12,7	75,2	22,3
Овес + люпин однолетний	90,2	14,6	92,9	42,5
Овес + вика яровая	75,2	14,6	101,5	27,5
Горчица белая + овес + вика озимая	88,3	17,9	125,4	37,1
Горчица белая + овес + люпин однолетний	65,4	13,0	90,0	32,3
Редька масличная + овес + вика яровая	70,2	13,5	98,9	26,1

Преимущество в накоплении названных питательных веществ, особенно общего азота (2–3-кратное), естественно, сохранялось за донниками (опыт 1). Несколько меньшей по сравнению с составом однолетних культур у донников оказалась разница в содержании фосфора и калия. В опыте 2 накопление элементов питания растений носило неравнозначный характер: разница между максимальным (редька масличная) и минимальным (горчица белая) показателями количества общего азота составила 41,5 кг. Значимой она оказалась и по накоплению калия – 67,6 кг.

Таблица 5

Динамика минеральных форм азота в почве после запахивания сидератов

Сидерат	N _{нитр.} , мг/кг почвы				N _{амм.} , мг/кг почвы			
	Годы действия и последействия							
	1-й	2-й	3-й	4-й	1-й	2-й	3-й	4-й
Опыт 1. Определение агротехнических приемов использования сидератов с целью сохранения плодородия почвы								
Контроль (без растений, осенью – рапс)	6,5	42,5	12,2	5,3	7,0	5,2	7,6	9,2
Горчица белая	8,0	38,5	13,9	2,9	6,2	4,1	6,4	6,2
Рапс яровой	10,5	40,5	8,8	7,4	6,2	5,0	7,3	8,0
Сурепица яровая	6,5	12,0	10,4	6,6	3,6	5,1	7,1	13,2
Донник белый	-	0,5	11,8	7,0	-	12,2	8,2	8,1
Донник желтый	-	Сл.	10,0	5,3	-	6,8	6,8	5,5
Горчица белая + вика озимая	7,0	46,5	10,7	2,6	3,9	4,1	5,8	7,8
Рапс яровой + вика яровая	6,5	35,0	7,3	3,1	3,6	3,5	8,0	9,5
Ячмень + овес	10,0	39,5	1,8	5,9	5,3	4,3	7,9	7,0
Ячмень + овес + рапс яровой	5,5	36,0	7,2	5,8	3,6	3,4	7,3	6,8
Опыт 2. Изучение действия и последействия сидератов на основные показатели плодородия почвы								
Контроль (без растений, осенью – овес)	13	13	3,4	Сл.	4,1	7,8	9,3	5,1
Горчица белая	14	13	11,0	–"	4,3	6,6	8,3	5,1
Рапс яровой	10	10	9,4	–"	4,2	6,7	17,6	9,1
Редька масличная	10	13	11,0	–"	3,6	6,4	8,3	8,0
Горчица белая + овес + вика озимая	15	12	3,9	–"	4,3	6,4	7,3	5,1
Редька масличная + овес + вика яровая	12	10	5,4	–"	3,4	6,3	6,3	23,0
Люпин однолетний	13	11	9,0	–"	4,3	6,4	8,3	8,0
Рапс яровой + люпин однолетний	12	9	3,2	–"	4,0	6,7	11,5	3,6
Горчица белая + овес + люпин однолетний	11	9	Сл.	–"	3,4	7,3	8,1	13,0
Редька масличная + люпин однолетний	13	9	7,0	–"	4,0	7,1	7,0	10,6
Горчица белая + люпин однолетний	12	9	6,6	–"	4,6	6,7	7,9	3,4
Овес + люпин однолетний	11	10	3,6	–"	7,1	6,5	6,8	3,8
Овес + вика яровая	11	11	10,0	–"	5,6	5,0	7,5	8,4

Примечание. Прочерки – значение не определялось, сл. – следовые количества.

В целом же в опыте 2 с сидеральной массой фосфор и кальций поступили в почву в меньших количествах, а азот – в большем, чем в опыте 1. В последнем обращают на себя внимание высокие значения накопленного кальция: они обусловлены сдвигом в сроках запахивания, когда растения стали переходить к фазе технической спелости.

По результатам, представленным в табл. 5, можно судить о степени влияния поступающих в почву сидератов на содержание в ней минеральных форм азота. Весьма заметное пополнение фонда нитратного азота (в ~ 5–7 раз) произошло под влиянием запахивания растительной массы на 2-й год действия только в опыте 1. Однако в следующие два года содержание этой формы существенно уменьшилось. Самое низкое количество N_{нитр.} в почве вариантов со смесью зерновых (мятликовых) и горчицей, в том числе донниками в 1-й год, возможно, объясняется активным потреблением азота микроорганизмами в процессе разложения растительного материала с повышенным содержанием клетчатки. В почве опыта 2, напротив, произошло снижение количества нитратного азота относительно

исходных значений, постепенно дойдя практически до нулевых величин в посадках картофеля. Обеспеченность почвы аммиачным азотом относительно стабильна, хотя в последствии и появлялись высокие цифры в вариантах с капустными культурами. Накопление $N_{\text{амм}}$ могло свидетельствовать о недостаточно благоприятных процессах, складывавшихся в почвенной среде, для перевода аммиачной формы в более доступную для растений нитратную.

Данные табл. 6 позволяют говорить о положительной роли сидератов в увеличении в почве количества подвижного фосфора (на 1,1–13,1 мг) и обменного калия (на 1,3–5,4 мг), хотя рост содержания последнего установлен не во всех вариантах и в большей степени характерен для почвы опыта 1.

Таблица 6

Влияние поступления сидеральной массы в почву на содержание в ней подвижных форм фосфора и обменного калия, кг/га

Сидерат	P_2O_5		K ₂ O	
	до запа- хивания	4-й год последей- ствия	до запа- хивания	4-й год после- действия
Опыт 1. Определение агротехнических приемов использования сидератов с целью сохранения плодородия почвы				
Контроль (без растений, осенью – рапс)	29,3	38,4	11,7	15,8
Горчица белая	28,6	33,5	9,8	9,9
Рапс яровой	27,6	32,0	7,8	11,0
Сурепица яровая	30,3	38,8	7,0	9,6
Донник белый	26,7	28,0	9,0	10,3
Донник желтый	26,7	28,3	10,2	9,8
Горчица белая + вика озимая	25,7	30,4	6,6	8,9
Рапс яровой + вика яровая	30,3	36,8	7,0	8,3
Ячмень + овес	28,1	41,2	8,2	13,6
Ячмень + овес + рапс яровой	28,6	32,0	9,2	8,1
Опыт 2. Изучение действия и последствия сидератов на основные показатели плодородия почвы				
Контроль (без растений, осенью – овес)	31,4	33,6	11,0	9,5
Горчица белая	38,7	43,2	16,5	10,0
Рапс яровой	37,4	40,0	12,3	10,2
Редька масличная	42,1	48,5	18,0	13,5
Люпин однолетний	35,6	36,8	12,3	12,4
Рапс яровой + люпин однолетний	30,9	31,1	8,5	11,7
Редька масличная + люпин однолетний	32,6	32,7	10,5	8,2
Горчица белая + люпин однолетний	30,3	38,2	11,8	11,7
Овес + люпин однолетний	25,3	26,8	8,5	9,5
Овес + вика яровая	30,9	32,0	9,3	8,4
Горчица белая + овес + вика озимая	33,3	34,6	11,5	11,3
Горчица белая + овес + люпин однолетний	32,0	30,4	9,5	8,9
Редька масличная + овес + вика яровая	35,5	37,6	11,3	10,1

Посевы рапса и овса во второй половине вегетационного периода формировали дополнительные объемы растительного вещества. С 5,2–15,2 т/га с надземной частью зеленой массы рапса почва получала 0,8–1,8 т сухой массы, 20,0–44,7 кг азота, 5,7–10,6 кг P_2O_5 , 36,8–64,6 кг K_2O , 8,8–16,6 кг CaO, 0,5–1,2 т сухой массы корней. Сбор зеленой массы овса составлял 7,9–22,0 т/га. При ее запахивании в почву поступало 1,5–3,6 т сухой массы, 31,9–90,9 кг азота, 6,7–19,4 кг P_2O_5 , 60,5–189,1 кг K_2O , 7,9–17,9 кг CaO, 1,7–1,9 т сухой массы корней. Следует отметить, что обозначенные максимальные поступления произошли в контрольных вариантах.

В отличие от южных районов Дальнего Востока, тем более юга РФ, в Сахалинской области сроки посевов культур вынужденно сдвигаются на конец мая – июнь в связи

с низкими температурами воздуха и слабым прогревом почвы. Сидераты в своем истинном назначении (как зеленые удобрения) в областном земледелии могут служить источником минеральных элементов либо для пожнивных посевов (посадок) культур с короткой вегетацией, либо для озимых, но с дополнительным применением удобрений. Однако в дальнейших наблюдениях за последствием сидератов в качестве предшественников (картофеля) их эффективность оказалась или равной контрольному полупару, или ниже него. Результаты наблюдений в очередной раз позволили убедиться в необходимости минеральной поддержки удобрениями, особенно азотными, следующих за сидеральными посевами культур. Это обеспечит полноценное почвенное питание растений и нивелирует конкуренцию за него с микроорганизмами.

Заключение

В условиях постепенного введения в технологический процесс возделывания сельскохозяйственных культур элементов органического земледелия сидеральные посевы рассматриваются как средство биологизации производства через воздействие на почвенные свойства в качестве одного из источников органического вещества. Проведенные наблюдения дают основания для корректирования набора сидератов посредством увеличения доли зерновых культур, продуцирующих значительные объемы соломистой части, и бобовых – природных азотфиксаторов; определения доли участия этих культур в поликомпонентных посевах для оптимизации минерализационных процессов; изменения сроков посева и запахивания с целью накопления клетчатки; установления периодичности использования (месяцы, годы). Необходимо создание оптимальных агрохимических условий для усиления эффективности воздействия на почву данного вида удобрений.

Таким образом, главная роль сидератов в воспроизводстве и сохранении плодородия островных почв сельскохозяйственного назначения сводится к максимально возможному насыщению последних органическим веществом растительного происхождения, что отбрасывает основную концепцию биологизации земледелия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимические методы исследования почв / под ред. А.В. Соколова. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. Акулов П.Г., Азаров Б.Ф. Теория и практика расширенного воспроизводства плодородия черноземов // Повышение эффективности удобрений в интенсивном земледелии: тр. ВИУА. М., 1989. С. 109–117.
3. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1962. 490 с.
4. Васильев В.А., Лукьяненко И.И., Минеев В.Г. и др. Органические удобрения в интенсивном земледелии / под ред. В.Г. Минеева. М.: Колос, 1984. 303 с.
5. Васильев В.А., Филиппова Н.В. Справочник по органическим удобрениям. М.: Россельхозиздат, 1984. 254 с.
6. Доспехов Б.А., Васильев И.П., Туликов А.М. Практикум по земледелию М.: Колос, 1977. 368 с.
7. Зими́на Т.А., Федоров И.С., Бутовский Б.Г., Одегова А.А. Агроклиматические ресурсы летне-осеннего периода юга Сахалина и их использование. Южно-Сахалинск, 1971. 69 с.
8. Мерзлая Г.Е., Полунин С.Ф., Гаврилова В.А., Береснев Б.Г., Нестерович И.А., Зябкина Г.А. Органические удобрения как фактор повышения продуктивности земледелия // Повышение эффективности удобрений в интенсивном земледелии: тр. ВИУА. М., 1989. С. 45–53.
9. Методическое пособие по агроэнергетической оценке технологий и систем ведения кормопроизводства. М.: РАСХН, ВНИИ кормов, 2000. 53 с.
10. Методическое руководство по оценке потоков энергии в луговых агроэкосистемах. М., 2000. 24 с.
11. Миловских Т.А., Самутенко Л.В. Использование сидеральных культур в сохранении плодородия лугово-дерновых почв Сахалина // Бюл. ВИУА. 2003. № 117. С. 226–227.
12. Миловских Т.А., Самутенко Л.В. Использование смесей сидеральных культур в сохранении плодородия лугово-дерновых почв Сахалина // Сельское хозяйство севера на рубеже тысячелетий. Т. 2 / МНИИРС РАСХН. Магадан, 2004. С. 89–93.
13. Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т. Биологическое земледелие и минеральные удобрения / под ред. В.Г. Минеева. М.: Колос, 1993. 415 с.

14. Назарюк В.М., Калимуллина Ф.Р. Баланс макроэлементов в серой лесной почве при длительном использовании удобрений и растительных остатков // Плодородие. 2013. № 6. С. 9–10.
15. Новиков В.М. Влияние элементов интенсификации растениеводства на продуктивность культур в звеньях севооборота // Земледелие. 2015. № 4. С. 13–15.
16. Новоселов С.И., Новоселова Е.С., Горохов С.А., Толмачев Н.И. Эффективность сидеральных удобрений в севообороте // Плодородие. 2012. № 5. С. 27–28.
17. Разумов В.А. Справочник лаборанта-химика по анализу кормов. М.: Россельхозиздат, 1986. 302 с.
18. Самутенко Л.В., Миловских Т.А., Славкина В.П. Роль сидератов в микробиологической деятельности лугово-дерновой почвы Сахалина // Актуальные проблемы земледелия на современном этапе развития сельского хозяйства: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. Пенза: ПенГСХА, 2004. С. 212.
19. Сафонов А.П., Мельников С.П., Илющенко В.А. Процессы трансформации органических веществ и гумусообразование в пахотных дерново-подзолистых почвах // Почвенно-агрохимические аспекты управления продуктивностью агроценозов. СПб., 1992. С. 69–76.
20. Тиранова Л.В., Тиранов Е.А. Влияние органических и минеральных удобрений на продуктивность севооборотов и плодородие почвы в условиях Северо-Запада // Плодородие. 2013. № 3. С. 23–24.
21. Ушаков Р.Н. Оптимизация качественного состава растительной биомассы в севообороте // Земледелие. 2001. № 5. С. 29.
22. Ушаков Р.Н. Энергетическая оценка использования соломы // Земледелие. 2000. № 4. С. 39.
23. Фирсова В.П., Красуский Ю.Г., Мещеряков П.В., Горячева Т.А. Гумус и почвообразование в агроэкосистемах. Екатеринбург: Наука, 1993. 151 с.
24. Хайдуков К.П., Алиев А.М., Шевцова Л.К. Факторы сохранения плодородия дерново-подзолистой почвы // Плодородие. 2014. № 5. С. 28–29.