

На правах рукописи

Киселёв Максим Владимирович

**«Оценка некоторых видов сидератов семейства капустных в условиях
Северо-Запада РФ»**

Специальность 06.01.01- общее земледелие

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Санкт-Петербург –2012

Диссертационная работа выполнена на кафедре агрохимии и агроэкологии в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВПО СПбГАУ)

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
зав. кафедрой агрохимии и агроэкологии
ФГБОУ ВПО СПбГАУ
Царенко Василий Павлович

Официальные оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук, профессор
кафедры почвоведения ФГБОУ ВПО СПбГАУ
Донских Иван Николаевич

доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
зам. заведующего отделом физико-химической
мелиорации и опытного дела Агрофизический
НИИ РАСХН
Осипов Анатолий Иванович

Ведущая организация: государственное научное учреждение
Ленинградский научно – исследовательский
институт сельского хозяйства «Белогорка»
Россельхозакадемии

Защита состоится «18» мая 2012 г. в «12» часов «40» минут на заседании диссертационного совета Д220.060.01 при Санкт-Петербургском государственном аграрном университете по адресу: 196601 Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, дом 2, корпус 1а, аудитория 330. Тел., факс (812) 476-03-50, e-mail: agro@spbgau.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО СПбГАУ

Автореферат разослан «12» апреля 2012 года и размещен на сайте Минобрнауки РФ

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор сельскохозяйственных
наук, профессор

Кокорина Антонина Леонидовна

Общая характеристика работы

Актуальность исследования. В настоящее время политико-экономическая ситуация в Российской Федерации привела к резко отрицательному балансу гумуса и основных элементов питания (NPK) в почвах, что в свою очередь не позволяет в полной мере развивать кормовую и продовольственную базу в нашей стране (Державин, 2007; Кирюшин, 2010). В связи с этим особую актуальность приобретает выращивание сидеральных культур, ценных как в кормовом отношении, так и в качестве органических удобрений. Если раньше в качестве сидератов использовали преимущественно бобовые растения, то сейчас большое внимание уделяется капустным культурам, в частности редьке масличной и горчице белой, привлекательных возможностью многопланового использования их посевов.

Цели и задачи исследований. В связи с актуальностью исследований была поставлена следующая цель: дать сравнительную оценку использования капустных сидератов с бобовыми сидератами (люпин узколистный) и дозами навоза КРС, а также выявить наиболее перспективные способы их использования в звене севооборота «сидераты-картофель-ячмень» в условиях Ленинградской области. В условиях Северо-Запада РФ редька масличная и горчица белая, как скороспелые культуры способны при весеннем и летнем посеве дать два полноценных урожая зелёной массы (фаза цветения). При этом первый урожай рационально использовать на корм скоту, а второй на сидерат. При использовании минеральных удобрений эти культуры в условиях Северо-Запада могут дать до 45-55 тонн с гектара зелёной массы, что весьма ценно как в кормовом, так и в сидеральном отношении.

В соответствии с поставленной целью были определены следующие задачи:

- исследовать возрастающие дозы азотных удобрений на урожайность, качество, кормовую ценность и биометрические показатели почвы при возделывании капустных сидеральных культур, при их прямом и комбинированном использовании;
- сравнить отзывчивость картофеля, возделываемого по прямому действию и ячменя по 1-му году последствия на различные виды и способы использования (прямое и комбинированное) органических удобрений (редька масличная, горчица белая, люпин узколистный, навоз КРС);
- выявить зависимость урожайности и качества картофеля по прямому действию и ячменя по 1-му году последствия от урожайности капустных сидеральных культур (от количества запахиваемой массы сидератов);
- определить биологическую активность почвы при возделывании картофеля по прямому действию и ячменя по 1-му году последствия по разным видам, дозам и способам использования органических удобрений;
- рассчитать агроэнергетическую и экономическую эффективность использования капустных сидеральных культур в качестве зеленого удобрения.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые в условиях Северо-Запада РФ проведены детальные сравнительные исследования по влиянию

капустных сидератов, как в их действии, так и в последствии, на урожайность и качество картофеля и ярового ячменя, а также на некоторые биометрические показатели плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы в сравнении со стандартным сидератом – люпином и навозом. Показано, что капустные сидераты фактически не уступают люпину и средним дозам навоза по всем исследуемым показателям. Изучена возможность эффективного применения не только прямого, но и комбинированного использования редьки масличной и горчицы белой.

Практическая значимость заключается в том, что установлена определённая закономерность действия прямого и комбинированного использования сидератов на урожайность, качество и плодородие почвы. Данные капустные сидераты вполне можно использовать в условиях Северо-Запада РФ. Агронимическая эффективность этих сидератов превосходит люпин узколистный, но несколько уступает навозу. Однако в настоящее время дефицит кормов и навоза делает их незаменимыми как в кормовом отношении, так и в качестве органического удобрения. Полученные результаты могут использоваться агрономической службой хозяйств, фермерами, а также в учебном процессе высших и средних учебных заведений для чтения лекций по земледелию, агрохимии и кормопроизводству.

Основные положения, выносимые на защиту.

- в сложившихся в настоящее время в России условиях дефицита кормов и органических удобрений выходом из создавшегося положения является использование сидератов;
- возрастающие дозы азотных удобрений значительно увеличивают продуктивность и кормовую ценность горчицы белой и редьки масличной;
- биологические показатели плодородия почвы тесно связаны с количеством зелёной массы запахиваемого сидерата семейства капустных; они не уступают люпину узколистному и приближаются к повышенным дозам навоза КРС;
- сидераты семейства капустных увеличивают урожайность и улучшают качество сельскохозяйственных культур как в действии на первую культуру севооборота, так и в первый год последствия, при этом предпочтительней выглядит редька масличная по сравнению с горчицей белой;
- наиболее эффективным с экономической и агроэнергетической точки зрения является комбинированное использование редьки масличной и горчицы белой.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований ежегодно рассматривались и обсуждались на заседаниях кафедры агрохимии и агроэкологии и конференциях профессорско-преподавательского состава СПбГАУ в 2009-2012 гг, а также в 2009 и 2010 году на Международной агропромышленной выставке-ярмарке «Агрорусь» в Санкт-Петербурге.

Публикации результатов исследования. По материалам опубликовано 7 печатных работ, из них 3 в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК.

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, выводов, предложений производству и приложений. Работа изложена на 157 страницах машинописного текста, содержит 42 таблицы, 16 рисунков, 6

приложений. Список использованной литературы содержит 256 наименований, из них 31 из зарубежной литературы.

Содержание работы

1. Капустные сидераты, их биологические особенности, условия эффективного возделывания и использования

Рассмотрены биологические особенности, условия эффективного возделывания и использования горчицы белой и редьки масличной. Большинство авторов согласны с мнением, что комплексное применение удобрений и средств защиты растений позволяет повысить их эффективность при положительном влиянии на плодородие почв, кормовую ценность, урожайность и качество сельскохозяйственных культур.

Из-за ускоренного развития и высоких темпов формирования урожая почти во всех районах страны они могут возделываться и как повторные культуры, т.е. давать два урожая в год с одной и той же площади, поэтому первый укос их можно использовать на корм, а второй – на удобрение.

2. Условия, объекты и методы исследований

Мелкоделяночные полевые опыты, по исследованию возрастающих доз азотных удобрений на продуктивность сидеральных культур, были заложены на среднеокультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве сформированной на моренных суглинках Гатчинского района Ленинградской области, в поселке Вырица на биологической станции РГПУ им. А.И. Герцена. По агрохимическим показателям почва участка характеризуется близкой к нейтральной реакцией среды, низким уровнем гидролитической кислотности, высокой степенью насыщенности основаниями, средним содержанием подвижных форм фосфора и обменного калия (табл. 1).

Таблица 1. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка

Содержание физ. глины, %	Кислотность (рНкс1)	Hг	S	V, %	Гумус, %	Подвижные формы, мг/кг	
		мг-экв/100г почвы				P ₂ O ₅	K ₂ O
18.5	5.9	1,87	15.7	89,3	2,76	90	110

Опыт был заложен согласно методике Б.А. Доспехова (1985) и ГОСТа-20432-83, состоял из четырнадцати вариантов в трехкратной повторности. Математическая обработка данных проводилась методом двухфакторного дисперсионного анализа: фактор А – использование сидератов (прямое и комбинированное), фактор Б – применение различных доз органических удобрений (сидераты, навоз). Учётная площадь каждой делянки составила 1,5 м². Делянки имели форму прямоугольника. Расположение делянок систематическое последовательное в три яруса. В опыте изучали комбинированное и прямое использование сидератов. Возделывали культуры следующего звена севооборота: сидераты-картофель-ячмень (табл.2).

Таблица 2. **Погодовая этапность проведения исследований**

Изучаемый фактор	Год исследования		
	2009	2010	2011
комбинированное использование	сидераты посев -12.05 1-й укос-07.07 2-й укос-12.08 (сидерация)	картофель посадка 23.05 уборка 31.08	ячмень посев 24.05 уборка 09.08
прямое использование	сидераты посев 01.07 сидерация 23.08	картофель посадка 23.05 уборка 31.08	ячмень посев 24.05 уборка 09.08

На первом этапе исследований мы изучали различные способы использования сидератов (прямое и комбинированное), а, соответственно, и разные сроки посева и сидерации. Также, ввиду изучения в первый год исследования различных доз азотных удобрений на капустные сидераты, нам удалось впоследствии получить разную урожайность, а, следовательно, и внести разные дозы сидератов в почву. Таким образом, уже в дальнейшем (после сидерации) изучалось два фактора: различные сроки внесения сидератов в почву и дифференцированные дозы внесения органических удобрений (сидератов и навоза КРС).

На втором этапе исследований на вариантах первой культурой выращивался картофель продовольственный сорта Наяда (1-я репродукция). На третьем этапе на всех вариантах высевался яровой ячмень сорта Криничный.

В первый год исследований в опыте выращивали различные виды сидератов (горчица белая, редька масличная, люпин узколистый) на фоне $P_{90}K_{90}$ при возрастающих дозах азотных удобрений для изучения их влияния на урожайность и качество капустных сидеральных культур. Горчица белая и редька масличная были представлены районированными сортами, соответственно, Чергинская и Радуга. Люпин узколистый сорта Снежить использовался в качестве сидерата-сравнителя, так как является общепризнанным зелёным удобрением комбинированного использования - стандартом. Также в качестве сравнения мы использовали классическое органическое удобрения – навоз крупного рогатого скота (КРС). Его мы вносили в те же сроки что и проводили сидерацию (запахивание сидератов).

В связи с тем, что в опыте представлено звено севооборота, то для удобства и сохранения единой системы маркировки вариантов, схему опыта 1-го года исследований мы оставили неизменной для последующих лет. Опыты были заложены по следующей схеме, где дозы даны в килограммах действующего вещества на 1 га. В качестве удобрений использовали аммиачную селитру (34,4%), простой гранулированный суперфосфат (20%) и сульфат калия (50%). Все удобрения вносили в качестве основного под весеннюю культивацию почвы за 1 день до посева, за исключением припосевной дозы (табл. 3).

Таблица 3. **Общая схема опыта в звене севооборота: сидераты-картофель-ячмень**

№	Вариант	Доза вносимых минеральных удобрений, д.в. кг/га		
		Выращивание сидератов	Действие сидератов: «выращивание картофеля»	Последствие сидератов: «выращивание ячменя»
1.	Горчица белая контроль (без удобрений)	$N_0P_0K_0$ (без удобрений)	$N_{80}P_{60}K_{80}$	$N_{70}P_{60}K_{70}$
2.	Горчица белая фон ($P_{90}K_{90}$)	$P_{90}K_{90}$		
3.	Горчица белая фон + N_{60}	$N_{60}P_{90}K_{90}$		
4.	Горчица белая фон + N_{120}	$N_{120}P_{90}K_{90}$		
5.	Горчица белая фон + N_{180}	$N_{180}P_{90}K_{90}$		
6.	Редька масличная контроль (без удобрений)	$N_0P_0K_0$ (без удобрений)		
7.	Редька масличная фон ($P_{90}K_{90}$)	$P_{90}K_{90}$		
8.	Редька масличная фон + N_{60}	$N_{60}P_{90}K_{90}$		
9.	Редька масличная фон + N_{120}	$N_{120}P_{90}K_{90}$		
10.	Редька масличная фон + N_{180}	$N_{180}P_{90}K_{90}$		
11.	Люпин узколиственный контроль (без удобрений)	$N_0P_0K_0$ (без удобрений)		
12.	Люпин узколиственный фон ($P_{90}K_{90}$)	$P_{90}K_{90}$		
13.	Навоз 20 т/га (КРС)	$N_0P_0K_0$ (без удобрений)		
14.	Навоз 40 т/га (КРС)	$N_0P_0K_0$ (без удобрений)		

В целом за 3 года исследований агрометеорологические условия в 2009-2011 годах незначительно отличались от среднемноголетних данных и были схожи между собой. Общей закономерностью и одновременно отличием от среднемноголетних значений этих вегетационных периодов было наличие в середине лета небольшого засушливого периода (особенно 2010 год) и повышенное суммарное количество осадков за август месяц.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Возделывание сидератов. Влияние возрастающих доз азотных удобрений на структуру урожая, скорость фотосинтеза, урожайность и качество капустных сидеральных культур

Все возрастающие дозы азотных удобрений были эффективны по сравнению с контролем и фоном. Наибольшей прибавкой зелёной массы

характеризуется вариант N₁₈₀ по редьке масличной в одноукосном использовании посева, урожайность по которому составила 57,0 т/га, а прибавка по отношению к фону 28,0 т/га (104%) и вариант N₁₂₀ с урожайностью 44,0 т/га с прибавкой 22,4 т/га (117%) по горчице белой в двухукосном использовании посева (табл.4-7).

Таблица 4. Урожайность редьки масличной при одноукосном (прямом) использовании посева

Вариант	Зелёная масса, т/га		
	урожайность	Прибавка к фону	
		т/га	%
Контроль	11,2	---	---
фон (P ₉₀ K ₉₀)	28,0	---	---
фон+N ₆₀	42,0	14,0	50
фон+N ₁₂₀	52,5	24,5	88
фон+N ₁₈₀	57,0	29,0	104
НСР _{0,5}	3,2	---	---

Таблица 5. Урожайность редьки масличной при двухукосном (комбинированном) использовании посева

Вариант	Зелёная масса, т/га								
	Первый укос			Второй укос			По сумме двух укосов		
	урожай- ность	Прибавка к фону		урожай- ность	Прибавка к фону		урожай- ность	Прибавка к фону	
		т/га	%		т/га	%		т/га	%
Контроль	14,6	-	-	16,1	---	---	30,7	---	---
фон (P ₉₀ K ₉₀)	22,5	-	-	16,0	---	---	38,5	---	---
фон+N ₆₀	37,0	14,5	65	22,0	6,0	38	59,0	21,5	53
фон+N ₁₂₀	42,4	19,9	88	28,7	12,7	79	71,1	32,6	85
фон+N ₁₈₀	45,3	22,8	101	25,0	9,0	56	70,3	31,8	83
НСР _{0,5}	3,2			1,7	---	---	4,1	---	---

Таблица 6. Урожайность горчицы белой при одноукосном (прямом) использовании посева

Вариант	Зелёная масса, т/га		
	урожайность	Прибавка к фону	
		т/га	%
Контроль	9,8	---	---
фон (P ₉₀ K ₉₀)	18,9	---	---
фон+N ₆₀	32,2	13,3	70
фон+N ₁₂₀	35,0	16,1	85
фон+N ₁₈₀	41,3	22,4	119
НСР _{0,5}	3,2	---	---

Таблица 7. Урожайность горчицы белой при двухукосном (комбинированном) использовании посева

Вариант	Зелёная масса, т/га								
	Первый укос			Второй укос			По сумме двух укосов		
	урожай- ность	Прибавка к фону		урожай- ность	Прибавка к фону		урожай- ность	Прибавка к фону	
		т/га	%		т/га	%		т/га	%
Контроль	12,0	-	-	6,5	---	---	18,5	---	---
фон (P ₉₀ K ₉₀)	20,3	-	-	9,3	---	---	29,6	---	---
фон+N ₆₀	37,7	17,4	86	11,1	1,8	19	48,8	19,2	
фон+N ₁₂₀	44,0	23,7	117	20,2	10,9	118	64,2	34,6	
фон+N ₁₈₀	40,7	20,4	101	22,9	13,6	147	63,6	34,0	
НСР _{0,5}	3,2	-	-	1,7	---	---	4,1	---	---

Таким образом, суммарная урожайность при комбинированном возделывании обеих видов сидератов на 20-40% превосходила урожайность их одноукосного использования.

Анализ качества урожая 1 укоса, отчуждаемый на корм скоту, показал, что начиная с дозы азота N₆₀ и выше в урожае зелёной массы обеих капустных культур прослеживаются превышения предельно допустимой концентрации по нитратам в зелёных кормах (ПДК=500 мг/кг) - в 2,5-3 раза, поэтому доза азота для кормовых целей не должна превышать 60 кг/га.

Анализ качества урожая второго укоса показал, что воздушно - сухая масса горчицы и редьки содержит: N – 2-2,5%, P – 0,5-0,8%, K – 2,2-3,4%, т.е. колебания по вариантам очень не значительны.

Расчеты показали, что при заделке вегетативной массы второго укоса в качестве сидерата по удобренным азотом вариантам в почву было внесено, в зависимости от варианта опыта, следующее количество основных элементов питания: N – 30-110, P₂O₅ – 10-50, K₂O – 40-150 кг/га. Это в свою очередь эквивалентно внесению 10-22 т/га навоза КРС

3.2 Прямое действие сидератов – возделывание картофеля.

Комбинированное и прямое действие сидеральных культур на урожайность, качество картофеля и биологические свойства почвы

Максимальная урожайность картофеля при прямом использовании была по варианту «Редька Фон+N₁₈₀» и составила 29,5 т/га, в то время как наибольшая урожайность при комбинированном использовании составила 23,2 т/га. Максимальная урожайность при прямом использовании была по варианту «Горчица Фон+N₁₈₀» и составила 27,0 т/га, в то время как при комбинированном использовании она составила 22,0 т/га соответственно (табл. 8).

Исследования показали, что урожайность картофеля при прямом использовании сидератов была выше, чем при комбинированном в среднем на 20-50 ц/га или 5-15 %.

Таблица 8. Влияние различных видов сидератов на урожайность картофеля при прямом и комбинированном их использовании

Вариант (предшественник)	Запахано зелёной массы, т/га		Урожайность картофеля, т/га		Прибавка к контролю – вариант (№12 «Люпин фон»)			
					комбинированное использование		прямое использование	
	комбинированное использование	прямое использование	комбинированное использование	прямое использование	т/га	%	т/га	%
1.Гор. Контроль	6,5	9,8	15,7	21,7	-	-	0,5	2,4
2.Гор. Фон (P ₉₀ K ₉₀)	9,3	18,9	18,0	22,5	-	-	1,3	6,1
3.Гор. Фон + N ₆₀	11,1	32,2	18,6	24,1	-	-	2,9	13,7
4.Гор. Фон+ N ₁₂₀	20,2	35,0	21,8	25,7	3,0	15,9	4,5	21,2
5.Гор. Фон+ N ₁₈₀	22,9	41,3	22,0	27,0	3,2	17,0	5,8	27,4
6.Ред.контроль	16,1	11,2	18,5	19,8	-	-	-	-
7.Ред. фон (P ₉₀ K ₉₀)	16,0	28,0	22,1	24,2	3,1	17,6	3,0	14,2
8.Ред. Фон + N ₆₀	22,0	42,0	22,5	26,5	3,7	19,7	5,3	25,0
9.Ред. Фон+ N ₁₂₀	28,7	52,5	23,1	28,9	4,3	23,0	7,7	36,3
10.Ред. Фон+ N ₁₈₀	25,0	57,0	23,2	29,5	4,4	23,4	8,3	39,2
11.Люпин контроль	8,5	9,2	16,1	19,3	-	-	-	-
12.Люпин фон(P ₉₀ K ₉₀)	8,6	10,1	18,8	21,2	-	-	-	-
13.Навоз 20 т/га	-	-	30,5	31,0	11,7	162,0	9,8	46,2
14.Навоз 40 т/га	-	-	31,4	32,1	12,6	167,1	10,9	51,4
НСР _{0,5}	-	-	1,9		-	-	-	-

В нашем опыте мы использовали метод абсорбции для определения интенсивности дыхания почвы. Для этого применялся широкоизвестный полевой метод – «Определение дыхания почвы по В.И. Штатнову в модификации Б.Н.Макарова» (рис.1)

На фоне всех вариантов по интенсивности дыхания выделяются варианты: «Навоз 20 т/га», «Навоз 40 т/га», «Редька фон + N₁₈₀» - активность почвенной микрофлоры там заметно выше.

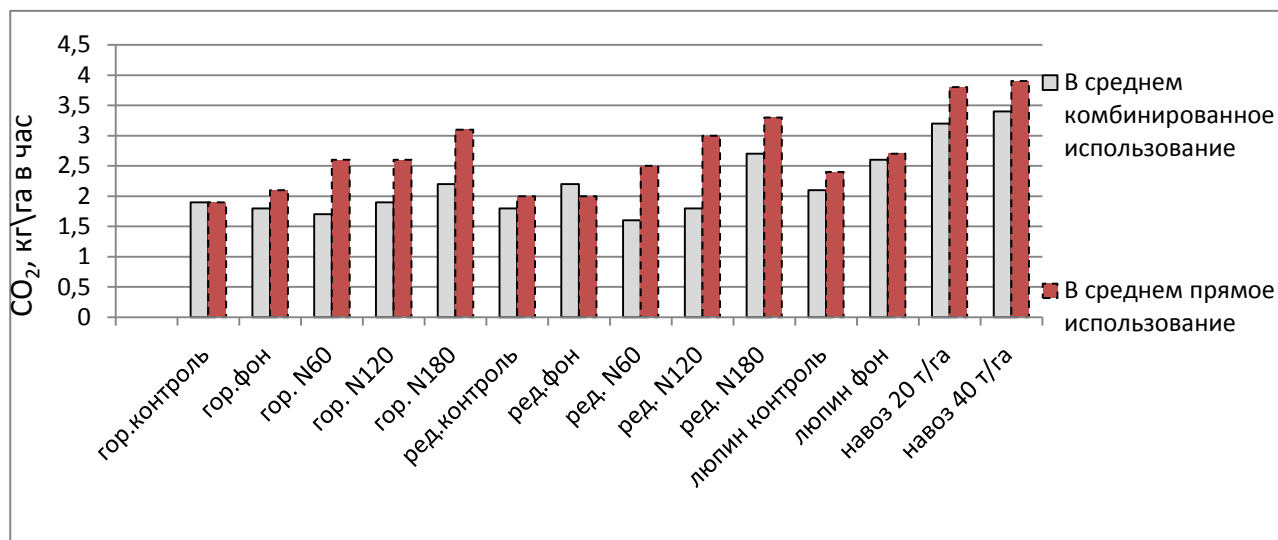


Рис. 1. Средние значения выделившегося CO₂ из почвы при комбинированном и прямом использовании сидератов под картофелем, кг/га в час

Достаточно точное представление о действии различных агротехнических приемов на интенсивность разрушения растительного материала дают методы учета биологической активности почвы по разложению естественного источника целлюлозы — льняного волокна.

В качестве такого метода мы использовали аппликационный метод определения интенсивности разложения целлюлозы посредством льняных полотен. Он очень нагляден для демонстрации интенсивности микробиологической деятельности в разных слоях пахотного горизонта, и поэтому мы закладывали наши льняные полотна с исходной массой 2,25 грамма на разные глубины - 5 и 15 см на 1, 2 и 3 месяца.

Исследования показали, что максимальная скорость разложения льняного полотна в почве под картофелем наблюдалась в вариантах с навозом и люпином (100 % разложение к концу вегетации) при обоих способах их использования. В случае с навозом КРС эти показатели можно объяснить большей биологической активностью этого вида органического удобрения, а люпин узколистный, в свою очередь, несмотря на невысокую урожайность зелёной массы по сравнению с капустными сидератами, всё же накапливал большую массу корней богатых азотом.

Во всех вариантах опыта наблюдалось более быстрое разложение льняного полотна у редьки масличной по сравнению с горчицей белой (на 5-10%). Это тесно связано с разницей в урожайности этих сидератов - у редьки масличной на 5-15% в среднем больше, чем у горчицы белой.

Разложение шло быстрее на вариантах с прямым использованием сидератов. Эту закономерность также можно объяснить большим количеством запаханной зелёной массы сидерата при прямом их использовании, чем при комбинированном.

3.3 1-ый год последствия – возделывание ячменя. Влияние последствия сидератов на урожайность, качество ячменя и биологические свойства почвы

Третий этап исследований показал, что закономерность и характер действия сидератов на урожайность картофеля остались неизменными и на первом году последствия их при выращивании ячменя, но были менее ярко выражены (табл. 9). Так, максимальная урожайность зерна ячменя наблюдалась на варианте «навоз 40 т/га» и составила 2,51т/га.

Таблица 9. Урожайность ячменя при прямом и комбинированном использовании сидератов

№	Предшественник	Прямое использование						Комбинированное использование					
		Урожайность ячменя, т/га		Прибавка к контролю, вариант № 12 «Люпин фон»				Урожайность ячменя, т/га		Прибавка к контролю, вариант № 12 «Люпин фон»			
		солома	зерно	т/га		%		солома	зерно	т/га		%	
				солома	зерно	солома	зерно			солома	зерно	солома	зерно
1.	Гор. Контроль	2,48	2,06	-	-	-	-	2,24	2,00	-	-	-	-
2.	Гор. Фон(Р ₉₀ К ₉₀)	2,54	2,12	0,02	0,02	1	1	2,45	2,03	0,01	-	0,1	-
3.	Гор. Фон + N ₆₀	2,62	2,18	0,10	0,08	4,0	3,8	2,52	2,09	0,08	0,04	3,3	0,2
4.	Гор. Фон+ N ₁₂₀	2,65	2,22	0,13	0,12	5,2	5,7	2,58	2,19	0,14	0,14	5,7	6,8
5.	Гор. Фон+ N ₁₈₀	2,85	2,39	0,33	0,29	13,1	13,8	2,56	2,14	0,12	0,09	4,9	4,4
6.	Ред. контроль	2,62	2,19	0,10	0,09	4,0	4,3	2,51	2,08	0,07	0,03	2,5	1,5
7.	Ред. фон(Р ₉₀ К ₉₀)	2,63	2,21	0,11	0,11	4,4	5,2	2,58	2,15	0,14	0,10	5,7	4,9
8.	Ред. Фон + N ₆₀	2,77	2,31	0,25	0,21	9,9	10,0	2,67	2,24	0,23	0,19	9,4	9,3
9.	Ред. Фон+ N ₁₂₀	2,84	2,39	0,32	0,21	12,7	11,4	2,71	2,27	0,27	0,22	11,1	10,7
10.	Ред. Фон+ N ₁₈₀	2,93	2,47	0,41	0,37	16,3	17,6	2,80	2,33	0,36	0,18	14,8	13,7
11.	Люпин контроль	2,43	2,01	-	-	-	-	2,42	2,06	-	0,01	-	0,4
12.	Люпин фон	2,52	2,10	-	-	-	-	2,44	2,05	-	-	-	-
13.	Навоз 20 т/га	2,95	2,47	0,43	0,37	17,1	17,6	2,91	2,43	0,47	0,38	19,3	18,5
14.	Навоз 40 т/га	3,00	2,51	0,48	0,41	19,0	19,5	2,96	2,49	0,52	0,44	21,3	21,5
	НСР ₀₅	0,17	0,18	-	-	-	-	0,17	0,18	-	-	-	-

Все варианты с применением высоких доз запаханной зелёной массы капустных сидератов, выращенных по дозам N₁₂₀ и N₁₈₀ дали заметную прибавку урожайности ячменя по отношению к фоновому варианту «люпин фон», как при прямом, так и при комбинированном использовании.

Количество выделившегося CO₂ в динамике за вегетационный период из почвы под ячменём было по средним показателям несколько ниже чем под картофелем в год действия (в среднем на 0,3-0,6 кг/га в час). Но, не смотря на это, значения этих показателей в вариантах с навозом и с большими дозами применения капустных сидератов оставались на относительно высоком уровне: 2,2-3,6 кг/га в час при комбинированном использовании и 2,5-3,9 кг/га в час при прямом

Из графика (рис. 2) следуют две закономерности: первая - к концу вегетационного периода активность почвенной микрофлоры по выделению углекислого газа значительно увеличилась и вторая - средние значения выделившегося CO₂ из почвы при прямом использовании сидератов под ячменём выше сравниваемых вариантов при их комбинированном использовании (в среднем на 10-20%). Первая закономерность объясняется хорошими погодными условиями в течение вегетационного периода (жаркое лето с достаточным количеством осадков). Вторую тенденцию можно связать с большими дозами внесённого капустного сидерата при прямом использовании их, чем при комбинированном.

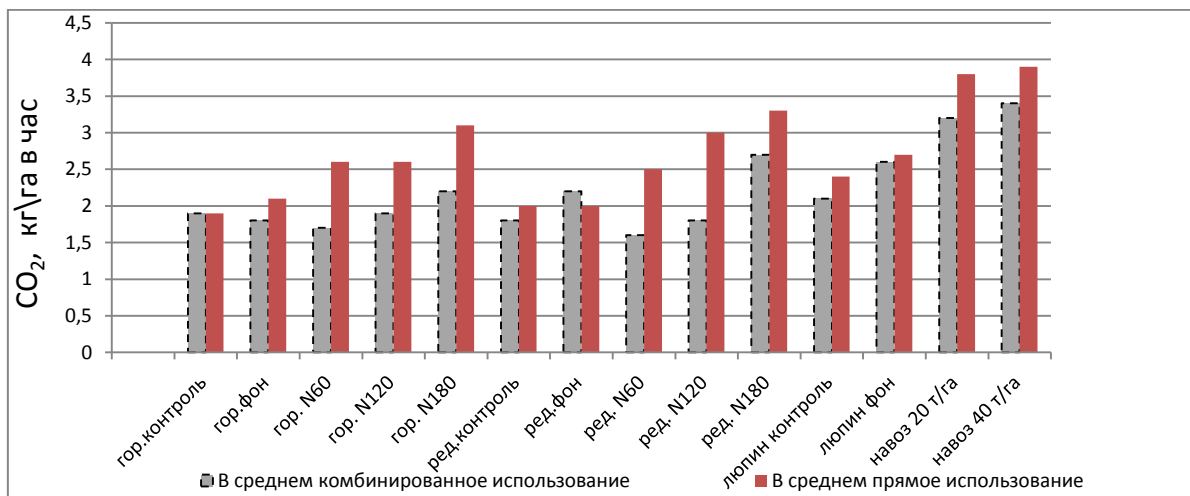


Рис. 2. Средние значения выделившегося CO₂ из почвы при комбинированном и прямом использовании сидератов под ячменём, кг/га в час

Также, как и при действии сидератов под картофелем, наблюдается увеличение выделения CO₂ из почвы при их последствии под ячменём под редькой масличной в сравнении с горчицей белой (в среднем на 5-10%). Эта разница в последствии выделения CO₂ из почвы между капустными сидератами хоть и меньше, чем в год их действия, а по некоторым вариантам практически нивелируется, но всё же отражает большую дозу запаханной редьки масличной, чем горчицы белой. Таким образом, активность целлюлозаразлагающих микроорганизмов оказалась по последствию сидератов ничем не хуже, чем по действию сидератов.

При определении интенсивности разложения целлюлозы посредством льняных полотен уже через 3 месяца наблюдалось 100% разложение на всех вариантах, как при комбинированном, так и при прямом использовании сидератов. На вариантах с навозом, люпином и высокими дозами капустных сидератов данный результат наблюдался уже к истечению 2-х месяцев.

Анализ условного баланса элементов минерального питания в звене севооборота, как при прямом, так и при комбинированном использовании сидератов показал, что по всем исследуемым вариантам наблюдается положительный баланс всех трёх изучаемых макроэлементов – азота, фосфора и калия. Причём, относительный баланс к выносу элементов минерального питания за три года составил: N - 148-155, P₂O₅ – 256-283, K₂O -160-165% по комбинированному и N - 147-159, P₂O₅ – 270-331, K₂O-163-171% по прямому использованию сидератов. При этом в почву дополнительно внесено, с учётом выноса элементов с урожайностью картофеля и ячменя: N - 25-30, P₂O₅ – 40-43, K₂O-29 -32 кг/га по комбинированному и N - 27-37, P₂O₅ – 41-60, K₂O-29-39 кг/га по прямому использованию сидератов. В общем, условный баланс элементов питания существенных различий между исследуемыми вариантами не выявил, но прослеживается большой положительный баланс (как абсолютный, так и относительный) по прямому использованию сидератов в сравнении с комбинированным их применением в среднем на 10-20%.

Другая картина наблюдалась при условном анализе баланса гумуса севооборота. Все исследуемые варианты по обоим способам использования сидератов дали, наоборот, отрицательные значения. Исключение составили варианты по прямому использованию капустных сидератов - «горчица фон + N₁₈₀» -0,41 и «редька фон + N₁₈₀» - 0,96 т/га. Это можно связать с большой дозой вносимой по этим вариантам зелёной массы - 41,3 т/га по горчице белой и 57,0 т/га по редьке масличной и, соответственно, большим количеством корневых остатков. Именно за счёт учёта корневых остатков данные варианты превзошли вариант с внесением большой дозы навоза КРС 40 т/га (баланс = - 0,29 т/га). При комбинированном использовании сидератов показатели баланса гумуса по всем культурам были более низкими, чем при прямом их использовании. Это связано как с более низкими дозами запахиваемой зелёной массы, чем при одноукосном посеве, так и с отчуждением урожая первого укоса.

Для более чёткого выявления взаимосвязей между изучаемыми факторами в опыте нами был проведен корреляционно-регрессионный анализ полученных данных (табл. 10-11). Исследования показали, что во всех анализируемых вариантах наблюдается тесная прямая корреляционная связь ($r=0,893-0,996$). Причём, она проявляется как по действию сидератов, так и по их последствию. Также прослеживается небольшая тенденция снижения тесноты связи в последствии по сравнению с действием капустных сидератов (в среднем на 5%). Аналогичное снижение отмечается между прямым и комбинированным использованием сидератов.

Таблица 10. Зависимости урожайности и интенсивности дыхания почвы от количества запаханной массы сидерата - горчицы белой

Показатель	Прямое использование		Комбинированное использование	
	уравнение регрессии	коэффициент корреляции,г	уравнение регрессии	коэффициент корреляции, г
Количество запаханного сидерата и урожайность по его действию (картофель)	$y = 0,165x + 196,7$	0,964	$y = 0,365x + 141,0$	0,976
Количество запаханного сидерата и урожайность по его последствию (ячмень)	$y = 0,008x + 19,49$	0,911	$y = 0,009x + 19,51$	0,953
Интенсивность дыхания и количество запаханной массы сидерата по действию (картофель)	$y = 0,003x + 1,475$	0,973	$y = 0,002x + 1,459$	0,859
Интенсивность дыхания и количество запаханной массы сидерата по последствию (ячмень)	$y = 0,002x + 1,520$	0,988	$y = 0,005x + 1,721$	0,934

Таблица 11. Зависимости урожайности и интенсивности дыхания почвы от количества запаханной массы сидерата - редьки масличной

Показатель	Прямое использование		Комбинированное использование	
	уравнение регрессии	коэффициент корреляции,г	уравнение регрессии	коэффициент корреляции, г
Количество запаханного сидерата и урожайность по его действию (картофель)	$y = 0,209x + 177,7$	0,996	$y = 0,088x + 206,8$	0,920
Количество запаханного сидерата и урожайность по его последствию (ячмень)	$y = 0,006x + 20,85$	0,946	$y = 0,012x + 19,19$	0,893
Интенсивность дыхания и количество запаханной массы сидерата по действию (картофель)	$y = 0,002x + 1,452$	0,929	$y = 0,006x + 0,962$	0,906
Интенсивность дыхания и количество запаханной массы сидерата по последствию (ячмень)	$y = 0,002x + 1,266$	0,974	$y = 0,007x + 0,839$	0,835

Все варианты предлагаемой технологии возделывания по звену севооборота «сидераты-картофель-ячмень» как при прямом, так и при комбинированном использовании сидератов являются эффективными, так как агроэнергетический коэффициент по валовой энергии составил больше 1. Наибольший энергетический доход обеспечили варианты с применением навоза – 238,8-239,3 ГДж/га, а агроэнергетический коэффициент по ним составил - 2,62-2,67. Варианты с прямым использованием сидератов были менее эффективны, чем по комбинированному их использованию. Это объясняется тем, что в первый год выращивания сидератов не было получено товарной продукции, так как вся зелёная масса сидератов запахивалась, и, соответственно, она не учитывалась в выходе валовой энергии. В общем, комбинированное использование сидератов даёт большее приращение энергии по сопоставимым вариантам звена севооборота в среднем на 80-100 ГДж/га.

Выращивание редьки масличной незначительно, но всё же даёт больший энергетический эффект по сравнению с горчицей белой. Так, сопоставимые варианты севооборота, как по прямому, так и по комбинированному способу использования дают энергетически чистый доход в среднем на 10-25 ГДж/га больше.

Как следует из полученных данных, наибольшую рентабельность обеспечивает выращивание капустных сидератов при комбинированном их использовании. Так, рентабельность звена севооборота по варианту с горчицей белой - «Гор. фон + N₁₂₀» составила 55,51%, а по редьке масличной на том же варианте – 57,06%. Это позволит в свою очередь за 3 года получить чистый доход с 1 га - 69,54 и 72,09 тыс. рублей соответственно.

В целом, подводя итоги эффективности использования сидератов можно сделать вывод, что наиболее эффективными, как с экономической, так и с агроэнергетической точки зрения будет комбинированное использование капустных сидератов по вариантам - «Гор.фон+ N₁₂₀» и «Ред. фон + N₁₂₀».

Общие выводы

1. Все возрастающие дозы азотных удобрений были эффективны по сравнению с контролем и фоном. Наибольшей прибавкой зелёной массы характеризуется вариант N₁₈₀ по редьке масличной при прямом использовании, урожайность по которому составила 57,0 т/га, а прибавка по отношению к фону 28,0 т/га (104%) и вариант N₁₂₀ с урожайностью 44,0 т/га с прибавкой 22,4 т/га (117%) по горчице белой в первом укосе комбинированного использования.

2. Начиная с дозы азота, превышающей N₆₀, в урожае зелёной массы обеих капустных культур наблюдается превышение ПДК по нитратам в 2,5-3 раза. Поэтому доза азота для кормовых целей при комбинированном использовании сидератов не должна превышать 60 кг/га. Выход сырого протеина по варианту N₆₀ у горчицы белой на 44% больше (675 кг/га), чем у редьки масличной (468 кг/га). Суммарная урожайность при двухукосном возделывании обоих видов сидератов на 20-40% превосходила урожайность их одноукосных вариантов.

3. Расчеты показали, что при заделке вегетативной массы в качестве сидерата (комбинированное использование) в почву было внесено, в зависимости от варианта опыта N – 30-70, P₂O₅ – 10-30, K₂O – 40-70 кг/га. При прямом использовании эти значения были выше и составили N– 50-110, P₂O₅ – 30-50, K₂O – 60-150 кг/га, что эквивалентно внесению 10-22 т/га навоза КРС.

4. Максимальная урожайность картофеля при прямом использовании сидератов была по варианту «Редька Фон+N₁₈₀» и составила 29,5 т/га, в то время как при комбинированном использовании по этому же варианту она равнялась 23,2 т/га. Наибольшая урожайность при прямом использовании горчицы белой была по варианту «Горчица Фон+ N₁₈₀» и составила 27,0 т/га, а при комбинированном использовании - 22,0 т/га соответственно. В целом, по всем исследуемым вариантам урожайность картофеля при прямом использовании сидератов была выше, чем при комбинированном в среднем на 2,0-5,0 т/га или на 5-15 %.

5. Закономерность и характер действия сидератов на урожайность ячменя, (1-й год последствия) были идентичны картофелю, но менее ярко

выражены. Максимальная урожайность зерна ячменя наблюдалась на варианте «навоз 40 т/га» и составила 2,51 т/га.

6. Количество выделившегося CO_2 в динамике за вегетационный период из почвы под ячменём было по средним показателям несколько ниже, чем под картофелем в год действия (в среднем на 0,3-0,6 кг/га в час). Интенсивность разрушения льняного полотна была значительной. Так, по действию сидератов под картофелем через 3 месяца наблюдалось 100% разложение полотна на всех вариантах, как при комбинированном, так и при прямом их использовании, а по последствию в почве под ячменем это произошло уже через 2 месяца. Интенсивность разложения льняного полотна лучше проявлялась на глубине их закладки 15 см, чем 5 см (в среднем на 10-15%) под обеими культурами на всех вариантах.

7. Баланс гумуса в звене севооборота «сидерат-картофель-ячмень» по всем вариантам был отрицательным. Однако при прямом использовании сидератов он приближался к бездефицитному. Положительный баланс гумуса наблюдался только в варианте с навозом КРС 40 т/га. Условный баланс элементов питания (N,P,K) был выше по прямому использованию сидератов в сравнении с комбинированным их применением в среднем на 10-20%.

8. Во всех исследуемых вариантах опыта с капустными сидератами наблюдается тесная прямая корреляционная связь между урожайностью картофеля и ячменя ($r=0,893-0,996$), интенсивностью дыхания почвы и количеством запаханной массы сидерата ($r=0,835-0,988$). Причём, эта связь проявляется как по действию сидератов, так и по их последствию.

9. Наибольший энергетический доход обеспечили варианты с применением навоза – 238,8-239,3 ГДж/га, а их агроэнергетический коэффициент составил - 2,62-2,67. Варианты с применения капустных сидератов «Гор.фон+ N_{120} » и «Ред. фон + N_{120} » с комбинированным их использованием имели практически те же энергетические значения - 2,59 и 2,60 соответственно. Комбинированное использование сидератов даёт больший выход энергии в среднем на 80-100 ГДж/га. Возделывание редьки масличной на сидерат даёт несколько больший энергетический эффект по сравнению с горчицей белой. Все варианты опыта по возделыванию капустных сидератов являются эффективными, так как агроэнергетический коэффициент по валовой энергии больше 1.

10. Варианты с комбинированным использованием сидератов дают большую рентабельность по сопоставимым вариантам звена севооборота в среднем на 15-30%, что обеспечило чистый доход 15-40 тыс. руб/га за 3 года. Наиболее эффективными, как с экономической, так и с агроэнергетической точки зрения является комбинированное использование капустных сидератов, выращенных по вариантам - «Горчица $\text{P}_{60}\text{K}_{60} + \text{N}_{120}$ » и «Редька $\text{P}_{60}\text{K}_{60} + \text{N}_{120}$ ».

Предложения производству

1. В условиях Ленинградской области на дерново-подзолистых супесчаных почвах вполне возможно использовать в качестве сидератов редьку масличную и горчицу белую. Для получения урожайности зелёной массы этих культур 48-57т/га на среднеобеспеченных почвах при их летнем посеве необходимо внесение $N_{120-180} P_{90} K_{90}$.
2. Наиболее эффективными, как с экономической, так и с агроэнергетической точки зрения является комбинированное использование капустных сидератов, выращенных по вариантам - «Горчица $P_{60}K_{60+} N_{120}$ » и «Редька $P_{60}K_{60} + N_{120}$ ».

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК

1. Юргина В.С., Киселёв М.В. «Оптимизация азотного питания редьки масличной при инокуляции семян флавобактерином» // журнал Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета № 19, СПб, 2010, с. 79-84.
2. Киселёв М.В. «Влияние капустных сидератов на урожайность, качество картофеля и биометрические показатели плодородия почвы в условиях Северо-Запада РФ // журнал Плодородие №1 (64) 2012 - с. 23-25.
3. Царенко В.П., Киселёв М.В. Влияние комбинированного и прямого использования капустных сидератов на урожайность и плодородие почвы в системе звена севооборота «сидераты-картофель-ячмень» в условиях Северо-Запада РФ // журнал Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета № 26, СПб, 2012, с. 48-54.

Публикации в других изданиях

4. Царенко В.П., Киселёв М.В. «Действие возрастающих доз удобрений на урожайность и качество горчицы белой и редьки масличной в условиях Северо-Запада РФ» // сборник научных трудов «Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования». СПб, 2009, с. 167-168.
5. Царенко В.П., Воробейков Г.А., Юргина В.С., Киселёв М.В. «Влияние возрастающих доз азотных удобрений на продуктивность и качество капустных сидеральных культур» // материалы Международного конгресса «Агрорусь 2009». СПб, 2009, с. 99-100.
6. Царенко В.П., Киселёв М.В. «Влияние различных видов сидератов на урожайность и качество картофеля в условиях северо-запада РФ» // материалы Международного конгресса «Агрорусь 2010». СПб, 2010, с.155
7. Минин В.Б., Хухта Х., Царенко В.П., Киселёв М.В., и др. Рекомендации по экологически безопасному ведению сельского хозяйства в условиях Ленинградской области и Республики Карелия: часть третья «Растениеводство». Программа сотрудничества приграничных районов Финляндии и Российской Федерации. СПб, 2011, с. 102.