

Л.В. САМУТЕНКО

Влияние систем удобрения разной интенсивности на продуктивность зернопропашного звена полевого севооборота

Установлено, что минеральные и органоминеральные системы удобрения оказывают сходное влияние на продуктивность культур зернопропашного звена (озимой ржи и кормовых корнеплодов). Наибольшая продуктивность культур получена при применении тройной дозы удобрений на минеральном фоне. Наименее эффективно по влиянию на формирование урожаев последствие органических фонов. Применение бесфосфорных систем при высоком содержании фосфора в почве не сказывалось отрицательно на урожайности культур звена. Сбор компонентов, определяющих кормовую ценность культур, был пропорционален урожайности ржи и корнеплодов. Все минеральные системы характеризовались высокими показателями получения зерновых единиц.

Ключевые слова: системы удобрения, рожь, корнеплоды, продуктивность, оценка.

The influence of the systems of fertilizer of different intensity on the productivity of the rotation link of cereals and row crops in the field crop rotation. L.V. SAMUTENKO (Sakhalin Research Institute of Agriculture, Yuzhno-Sakhalinsk).

Observations showed the proximity of the influence of mineral and organomineral systems of fertilizer on the productivity of cultures of the rotation link of cereals and row crops (winter rye and fodder roots). The most productivity of cultures obtained through the use of a triple dose of fertilizers on a mineral background. The least effectively on influence on the formation of harvests is the after-effect of organic backgrounds. The use of phosphorus-free systems at high phosphorus content in soil did not affect negatively on the yield of cultures of the link. The collection of components qualificatory the feed value of cultures was proportional to the productivity of rye and root vegetables. All mineral systems were characterized by high rates of obtaining grain units.

Key words: systems of fertilizer, rye, root crops, productivity, estimation.

Положительные тенденции в развитии животноводства в Сахалинской области обуславливают появление перемен в кормопроизводстве. Наряду с введением в кормовой клин не выращиваемых ранее сельскохозяйственных растений происходит постепенное возвращение известных и в свое время широко используемых культур – озимой ржи и кормовых корнеплодов.

В период активного возделывания зерновых в островном земледелии озимой ржи была отведена роль промежуточной культуры, обеспечивающей раннее поступление зеленой массы и являвшейся предшественником для пожнивных посевов (посадок) других кормовых растений. Кормовые корнеплоды служат основным растительным источником углеводов в рационах животных [16, 17].

САМУТЕНКО Любовь Викторовна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (Сахалинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Южно-Сахалинск).
E-mail: lyubiva_1953@mail.ru

Рожь и брюква способны формировать хорошие урожаи на всех почвенных разновидностях, достаточно богатых питательными веществами [12, 17, 21]. Под посевы ржи, предназначенной для скармливания в зеленом виде, и под кормовую брюкву, особенно при выращивании ее в качестве основной культуры после зерновых, рекомендовано одновременное применение органических и минеральных удобрений [12].

При достаточном наличии удобрений высокая урожайность данных культур обеспечена необходимым органоминеральным сопровождением. Именно органоминеральные системы удобрения занимают преимущественное положение по влиянию на продуктивность агроценозов относительно минеральных систем с высокими дозами NPK [5, 11, 13, 15, 18, 20].

Значительное снижение применения удобрений, наблюдающееся на протяжении длительного времени, обуславливает поиск вариантов питания культур характеризуемого звена севооборота, позволяющих сохранять оптимальный уровень их урожайности. В связи с этим поиск наиболее эффективных сочетаний органических и минеральных удобрений при выращивании кормовых корнеплодов и озимой ржи, изучение действия и последствий разных по степени интенсивности систем удобрения на их продуктивность не теряет своей актуальности.

Цель исследований – установить влияние разных по степени интенсивности систем удобрения на продуктивность звена травянопропашного севооборота «озимая рожь + кормовые корнеплоды».

В задачу опыта входило определение урожайности обозначенных культур при размещении их на разных уровнях питания, а также оценка полученной продукции с позиции кормопроизводства (содержание кормовых единиц, обменной энергии, протеина), систем удобрения – с позиции целесообразности использования (количество полученных зерновых единиц на 1 кг действующего вещества удобрений).

Методика исследований

Исследования проводили в многоцелевом долголетнем стационарном опыте, имеющем три повторения во времени и пространстве (1989–1991 гг.), что позволяет учесть почвенные и погодные различия и определить математические зависимости не только внутри каждой закладки опыта, но и при объединении полученных в них результатов. Каждая из закладок (3 га) включает четыре повторности в пространстве, чередование культур в севообороте – во времени, что не противоречит методике полевого опыта [4].

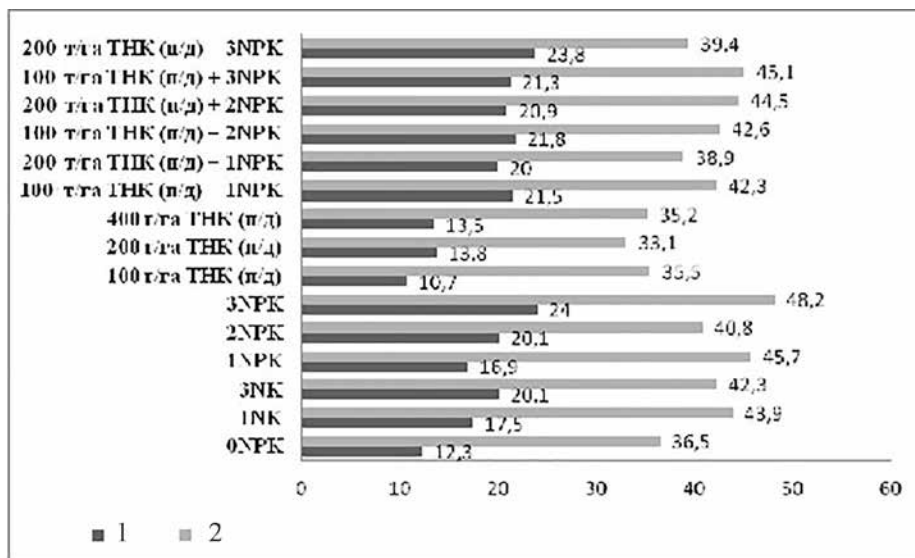
Почва лугово-дерновая (агрозем) старопашотная с неоднородным гранулометрическим составом (средний суглинок – легкая глина). Агрохимические параметры на период выращивания ржи и корнеплодов были следующими: pH 4,9 (потенциметрическое определение), содержание гумуса 4,2 % (по Тюрину–Симакову), общего азота – 0,30 % (по Тюрину), легкогидролизуемого азота – 166,5 мг/кг (по Тюрину–Кононовой). Количество в 1 кг почвы (среднее): минеральных форм азота – 67,4 мг (N–NO₃ определяли с помощью потенциометра, N–NH₄ – на колориметре с индофенольной зеленью), подвижных форм фосфора – 442,0 мг (по Кирсанову), обменного калия – 106,0 мг (на пламенном фотометре в вытяжке Кирсанова) [1, 2].

Системы удобрения включали следующие фоны: нулевой (0NPK), органические (100, 200 и 400 т/га торфонавозного компоста (ТНК) – 3–4-й год последействия (п/д) при выращивании ржи и брюквы), минеральные (1 и 3NK, 1-3NPK) и органоминеральные (100–200 т/га ТНК + 1-3NPK) фоны. Базовые одинарные дозы в 1-й ротации севооборота (кг/га д. в.): под озимую рожь – N₆₀P₉₀K₉₀, под кормовые корнеплоды (гибрид Куузику) – N₉₀P₁₂₀K₁₈₀ – соответствовали рекомендациям, приведенным в работе [16]. В связи со значительным увеличением количества элементов питания под корнеплоды при утроении базовой дозы ограничили ее удвоением, а по последействию 2NPK (1-й год п/д) внесли ½ NPK.

Почвенные образцы отбирали в слое 0–20 см весной и осенью, растительные – в соответствии со сроками наступления технической спелости культур. В растительных образцах определяли содержание азота, фосфора, калия, кальция, золы, клетчатки, сахаров, нитратов по общепринятым в кормопроизводстве методикам [14]. На основании аналитических данных рассчитывали количество валовой и обменной энергии, сырого и переваримого протеина, кормовых и зерновых единиц [9, 10, 19].

Результаты

Зависимость урожайности озимой ржи и кормовых корнеплодов от действия разных систем удобрения показана на рисунке.



Урожайность озимой ржи (1) и кормовых корнеплодов (2), т/га

Различия во влиянии минеральных и органоминеральных систем были незначительны, однако внутри разнофоновых блоков (с торфонавозным компостом и без него) они имели место. Это подтверждено математически: для озимой ржи HCP_{05} – 3,8 т/га, для корнеплодов – 6,9 т/га.

Обе культуры практически равноценно реагировали на действие разных комплексов. Существенные различия в реакции возникли только на фоне дозы 3NPK (2NPK для корнеплодов) в сочетании с 200 т/га ТНК (п/д) и без органических удобрений. Если урожайность зеленой массы ржи в этих вариантах оказалась почти равной (+0,2 т/га), то разница в выходе корнеплодов была значительной – 8,8 т/га в пользу минерального фона с тройной дозой питания, обеспечившей наиболее высокую урожайность (48,2 т/га).

С увеличением количества питательных элементов с одной до трех доз (до $N_{180}P_{270}K_{270}$) урожайность озимой ржи выросла на 18,9–42,0, корнеплодов – только на 5,5 %, хотя повышение уже до $N_{120}P_{90}K_{120}$ может даже снизить продуктивность озимой ржи относительно меньшей дозы [8].

Потери в урожае брюквы при внесении $\frac{1}{2}$ NPK по сравнению с действием дозы 1NPK составили 12,0 %. В то же время половинная доза удобрений обеспечила 4,3 т/га (11,8 %) прибавки к урожайности контроля. Положительно, хотя и несколько по-разному, можно оценить влияние на продуктивность культур бесфосфорных систем. При очень высоком содержании подвижных форм фосфора в почве изъятие его из систем удобрения не оказывало отрицательного действия на продукционный процесс растений, но исключало

непродуктивные затраты Р. Урожайность зеленой массы озимой ржи при применении 1NPK и 3NK на 0,6–3,2 т была выше таковой при выращивании ее на фоне 1NPK. Однако, что говорит в пользу одинарной дозы, отмечена разница в 1,8–3,4 т в урожайности корнеплодов.

К числу наименее эффективных по влиянию на формирование урожая отнесено последствие всех моноорганических фонов. Их участие в органоминеральных системах удобрения в большей степени по сравнению с корнеплодами уравнило урожайность озимой ржи. Однако небольшое преимущество во влиянии на продуктивность ржи имели системы 1 NPK и 2NPK в сочетании со 100 т/га торфоавошного компоста. Продуктивность корнеплодов при внесении разных минеральных комплексов на этом фоне органики также увеличивалась относительно ее показателей на фоне 200 т/га ТНК. Несмотря на это в обсуждаемый период наблюдений действие компоста в совокупности с минеральными удобрениями оказалось маловыраженным. Возможно, введение характеризуемого звена севооборота в поле совпало со снижением активного последствия ТНК. Положительное влияние органоминеральных систем не только на продуктивность агроценозов, но и на другие параметры плодородия было оценено после многолетних стационарных наблюдений, которые выходят за рамки данного сообщения. Параллельные наблюдения агрохимического характера, проводимые вне стационара в мелкоделяночных опытах с разными вариантами удобрений, также не приносили значимых результатов.

Таблица 1

Продуктивность звена полевого севооборота озимая рожь + кормовые корнеплоды в зависимости от систем удобрения разной степени интенсивности

Система удобрения	Выход с 1 га, т									
	озимая рожь + корнеплоды					ботва корнеплодов				
	сухая масса	кормовые единицы	сырой протеин	сахара	обменная энергия, ГДж	сухая масса	кормовые единицы	сырой протеин	сахара	обменная энергия, ГДж
0NPK	6,64	5,39	0,76	2,53	69,23	1,33	1,23	0,27	0,10	14,29
1NK	8,60	7,43	1,15	2,87	87,48	2,05	1,82	0,46	0,14	21,59
3NK	7,91	6,76	1,34	2,77	84,88	2,38	2,16	0,53	0,15	25,39
1NPK	8,25	7,32	1,03	3,04	87,23	1,93	1,60	0,42	0,14	19,61
2NPK	8,0	6,94	1,16	2,66	85,60	1,80	1,54	0,39	0,14	18,60
3NPK	9,63	8,32	1,66	3,16	103,54	2,05	1,74	0,46	0,16	21,10
100 т/га ТНК (п/д)	6,28	5,39	0,69	2,59	68,86	1,44	1,21	0,28	0,11	14,36
200 т/га ТНК (п/д)	6,63	5,68	0,80	2,47	71,04	1,32	1,18	0,30	0,10	13,93
400 т/га ТНК (п/д)	6,55	5,89	0,79	2,59	70,0	1,18	1,06	0,25	0,10	12,46
100 т/га ТНК (п/д) + 1NPK	9,05	7,32	1,03	3,32	96,38	1,83	1,56	0,37	0,14	18,91
200 т/га ТНК (п/д) + 1NPK	8,50	7,07	1,17	3,06	89,65	1,42	1,23	0,30	0,14	14,81
100 т/га ТНК (п/д) + 2NPK	9,45	7,48	1,23	3,07	93,53	1,95	1,68	0,40	0,15	20,21
200 т/га ТНК (п/д) + 2NPK	8,75	7,60	1,29	3,06	93,94	2,04	1,74	0,43	0,16	21,10
100 т/га ТНК (п/д) + 3NPK	9,09	7,78	1,43	3,00	97,11	2,44	2,12	0,51	0,20	25,43
200 т/га ТНК (п/д) + 3NPK	8,83	7,54	1,41	2,73	93,44	2,12	1,92	0,48	0,16	22,60

Одними из вероятных причин выровненного действия разных систем удобрения на тот момент могли быть уровень и оптимальное состояние почвенного органического вещества как нивелирующего фактора. По наблюдениям [7], органические удобрения наиболее эффективны на слабоокультуренной почве. На среднем уровне окультуренности действие органо-минеральной системы почти равно чисто минеральной; на высокоокультуренной почве органическое удобрение малоэффективно. На начальном этапе стационарного опыта почва по некоторым параметрам (содержание гумуса, форм азота, подвижного фосфора) характеризовалась как средне- и хорошо окультуренная.

Выявленные корреляционные связи между уровнем урожайности обеих культур и дозами удобрений весьма слабы ($K_{кор.}$ 0,24 и -0,15), хотя данные, представленные на рисунке, свидетельствуют об очевидной разнице в действии применяемых систем. Определение связи урожайности с разным насыщением систем удобрения азотом выявило почти отсутствие таковой ($K_{кор.}$ 0,094) у ржи и слабую обратную ($K_{кор.}$ -0,29) – у корнеплодов.

Продуктивность кормовых культур помимо урожайности характеризуется содержанием наиболее ценных для кормопроизводства компонентов. Основные составляющие продуктивности культур зернопропашного звена и их суммарный выход практически за один полевой период (лето–осень) приведены в табл. 1.

Сбор кормовых продуктов был в основном пропорционален урожайности ржи и корнеплодов. В их продуктивной части максимальное количество сырого протеина составляло 0,88 т/га, сахаров – 0,90 т/га (рожь) и 2,48 т/га (корнеплоды). Сахаропротеиновое соотношение в зеленой массе озимой ржи изменялось от 0,75 до 2,32, в корнеплодах – от 2,93 до 4,47 при норме 0,8–1,5.

Сбор сухой массы, сырого протеина, сахаров и обменной энергии в вариантах с 1-2NPK на фоне компоста был достаточно близок к лидирующему по сбору этих компонентов варианту с тройной дозой.

Результаты обеспечения переваримым протеином кормов из корнеплодов и зеленой массы ржи приведены в табл. 2.

Ни вегетативная масса ржи, ни корнеплоды не отличались достаточным накоплением переваримого протеина. Если в половине вариантов с рожью его величина превысила нижнюю границу нормативного содержания (110–160 г в 1 кг СВ), то в корнеплодах немного выше нормы был единственный показатель на фоне 3NK. В продукции части вариантов (0NPK, 1NPK на минеральном фоне и на фоне 100 т компоста, всех органических фонов) ниже нормы (норма 100–115 г) отмечено обеспечение переваримым протеином 1 кормовой единицы. Такие важнейшие параметры, как содержание кормовых единиц и обменной энергии в 1 кг СВ, в основном соответствовали нормативным требованиям (>0,80 и >10,0 МДж) и даже превышали их. В 1 кг СВ озимой ржи входило до 0,87 к. ед., 10,42 МДж ОЭ, корнеплодов – 0,92 к. ед., 11,37 МДж ОЭ.

Согласно наблюдениям дополнительным источником корма являются листья корнеплодов. Доля листьев при высоком урожае корнеплодов составляет 30–40 % [6]. В нашем опыте масса листьев составляла 20,8–29,4 %, что более соответствует опубликованным позднее данным (25 % и выше) [3]. Основные кормовые составляющие ботвы корнеплодов приведены в табл. 1, 2. Максимальные их значения отмечены на фонах 3NK и 100 т/га ТНК (п/д) + 3NPK. К ним близки показатели фонов 2(3 п/д)NPK и 100–200 т/га ТНК (п/д) + 2(3п/д)NPK. В 1 кг СВ ботвы содержалось до 0,92 к. ед., 10,76 МДж ОЭ.

Выбор системы удобрений определяется не только продуктивностью культур и севооборота в целом, но и экономической целесообразностью. В качестве одного из параметров нами предложен расчет количества зерновых единиц, приходящихся на 1 кг действующего вещества удобрений (не менее 7–8 кг). Все минеральные системы характеризовались высокими показателями получения зерновых единиц на затраченные удобрения: 9,0–18,8 кг/кг д. в. Максимум среди них пришелся на бесфосфорную систему 1NK как наиболее экономичную. Для органических фонов количество содержащихся в торфонавозном

Сбор переваримого протеина в зернопропашном звене севооборота в зависимости от систем удобрения разной степени интенсивности

Система удобрения	Содержание переваримого протеина					
	в 1 кг СВ			на 1 к. ед.		
	озимая рожь	кормовая брюква		озимая рожь	кормовая брюква	
		корнеплоды	ботва		корнеплоды	ботва
0NPK	64,7	77,1	175,3	84,4	91,5	189,3
1NPK	115,1	88,2	170,0	132,6	89,0	191,4
3NPK	126,6	113,8	189,5	147,8	133,4	208,7
1NPK	63,8	93,0	162,0	74,4	102,3	195,2
2NPK	112,5	84,2	171,8	139,6	91,3	201,1
3NPK	116,0	128,0	170,9	138,1	144,1	201,0
100 т/га ТНК (п/д)	59,4	71,8	162,9	70,4	82,5	183,7
200 т/га ТНК (п/д)	59,4	90,4	182,4	71,2	103,3	203,3
400 т/га ТНК (п/д)	62,0	90,4	147,0	77,3	92,0	163,9
100 т/га ТНК (п/д) + 1NPK	68,2	73,5	151,4	87,7	87,7	177,1
200 т/га ТНК (п/д) + 1NPK	99,2	85,9	177,1	120,8	102,2	204,2
100 т/га ТНК (п/д) + 2NPK	93,9	95,7	165,6	117,8	107,6	192,8
200 т/га ТНК (п/д) + 2NPK	109,8	91,2	175,3	130,1	102,6	205,0
100 т/га ТНК (п/д) + 3NPK	119,6	101,4	164,7	146,9	114,0	189,7
200 т/га ТНК (п/д) + 3NPK	127,5	94,8	187,7	150,6	110,3	207,6

Примечание. СВ – сухое вещество, к. ед. – кормовые единицы.

компосте основных элементов питания (действие и последствие не рассматривали) равномерно распределили на каждый год ротации севооборота. На 1 кг д. в. NPK в этих вариантах пришлось по 19,8–76,1 кг зерновых единиц, что обусловлено отсутствием затрат элементов из минеральных удобрений. В комплексах компост + минеральные удобрения при таком расчете получено 6,7–15,9 кг на 1 кг NPK с минимумом при применении системы 200 т/га ТНК (п/д) + 3NPK и показателе, близком к нижней границе, – систем 100–200 т/га ТНК (п/д) + 2NPK.

Заключение

Влияние разных по интенсивности систем удобрения на урожайность культур зернопропашного звена, несмотря на отсутствие математического подтверждения, имело место. Максимальная продуктивность озимой ржи получена при применении 3NPK, кормовых корнеплодов – при применении 2NPK (п/д 3NPK) на минеральном фоне. Урожайность обеих культур при использовании под их посадки систем с одинарными и двойными дозами минеральных удобрений, а под корнеплоды – и ½ NPK по фону последствия высокой дозы соответствовала оптимально возможной при сложившемся уровне плодородия почвы.

Применение бесфосфорных систем удобрения при очень высоком содержании подвижных форм фосфора в почве не сопровождалось негативными проявлениями при формировании урожая культур. Из органоминеральных комплексов наиболее эффективно влияет на урожайность культур звена внесение 1–2 доз NPK по фону последствия 100 т/га торфонавозного компоста. Наименее эффективно по влиянию на продуктивность растений последствие собственно органических фонов.

Близость результатов влияния минеральных и органоминеральных систем удобрения, установленная при определении продуктивности культур зернопропашного звена, могла быть обусловлена снижением эффективности компоста и наличием высоких качественных показателей органического вещества почвы.

Сбор основных компонентов, определяющих кормовую ценность культур зернопропашного звена, их суммарный выход с двумя урожаями были пропорциональны урожайности ржи и корнеплодов. Все минеральные системы характеризовались высокими показателями получения зерновых единиц на затраченные удобрения. Максимум отмечен в варианте с системой 1НК. В высокозатратных комплексах 100–200 т/га ТНК (п/д) + 2НПК количество зерновых единиц, приходящихся на 1 кг НПК, соответствовало необходимым показателям. Приведенные сведения позволяют сделать выбор из охарактеризованных систем удобрения в соответствии с почвенным и материальным обеспечением сельскохозяйственного производителя разных форм собственности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимические методы исследования почв / под ред. А.В. Соколова. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1962. 490 с.
3. Горюшин Ю.И. Выращивание кукурузы. – [http:// agro-gid.com](http://agro-gid.com) (дата обращения: 13.02.2018).
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
5. Жуков Ю.П., Чухина О.В., Токарева Н.В., Куликова Е.И. Влияние различных доз удобрений на урожайность культур севооборота и агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы // Плодородие. 2015. № 2. С. 14–20.
6. Киреев В.Н., Попков В.В., Кузнецов Н.И. Снижение затрат при выращивании кормовой свеклы // Интенсивные технологии возделывания кормовых культур: теория и практика / под ред. чл.-корр. ВАСХНИЛ Ю.К. Новоселова. М.: Агропромиздат, 1990. 240 с.
7. Коваленко А.А., Забугина Т.М. Влияние комплекса средств химизации на урожайность озимой пшеницы на дерново-подзолистой почве разной степени окультуренности // Плодородие. 2018. № 4 (103). С. 25–29.
8. Коренев В.Б., Белоус И.Н., Воробьева Л.А., Яговенко Г.Л. Действие системы удобрений и погодных условий на урожайность озимой ржи в севообороте в условиях юго-запада Нечерноземной зоны // Земледелие. 2015. № 7. С. 34–36.
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. Мёрзлая Г. Е., Зябкина Г.А., Фомкина Т.П. и др. Эффективность длительного применения органических и минеральных удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Агрохимия. 2012. № 2. С. 37–46.
12. Неринг К., Люддеке Ф. Полевые кормовые культуры (Агротехника – затраты труда – кормовая ценность – сбор питательных веществ) / пер. с нем. И.М. Спичкина; предисл. канд. с.-х. наук И.П. Мининой. М.: Колос, 1974. 528 с.
13. Никитин В.В., Соловиченко В.Д., Карабутов А.П., Навальнев В.В. Оценка факторов продуктивности севооборотов // Земледелие. 2013. № 1. С. 12–14.
14. Разумов В.А. Справочник лаборанта-химика по анализу кормов. М.: Россельхозиздат, 1986. 302 с.
15. Савич В.И., Мёрзлая Г.Е., Седых В.А., Гукалов В.В. Процессы, протекающие в почве при внесении органоминеральных удобрений // Плодородие. 2017. № 4. С. 29–32.
16. Система земледелия Сахалинской области: рекомендации / ВАСХНИЛ, Сиб. отд-ние; Сах. фил. ДальНИИСХ. Новосибирск, 1989. 252 с.
17. Система земледелия Сахалинской области. Южно-Сахалинск, 2017. 395 с.
18. Скрипник А.В. Действие удобрений на урожайность, качество и лежкость корнеплодов брюквы и репы: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 2012. 21 с.
19. Химизация в отраслях АПК. Ч. 1. Растениеводство: справочник / И.Н. Богданов, Р.С. Бондарь, В.А. Васильев и др.; сост. А.В. Постников. М.: Росагропромиздат, 1989. 320 с.
20. Чеботарев Н.Т., Хомченко А.А., Булатова Н.В. Длительное применение удобрений и продуктивность дерново-подзолистой почвы // Земледелие. 2012. № 8. С. 13–15.
21. Шебалина М.А. Репа, турнепс и брюква. Л.: Колос, 1974. С. 352.