

Л.В. САМУТЕНКО

Зависимость продуктивности однолетних кормовых культур от степени интенсивности систем удобрения и уровня плодородия лугово-дерновой почвы острова Сахалин

Продуктивность кормовых культур в целом и эффективность действия экстенсивных, малоинтенсивных и интенсивных систем удобрения оказались зависимы от насыщения почвы органическим веществом, вероятно, его лабильной частью, от наличия разных форм азота, величины кислотности. Более выраженным положительным влиянием на продуктивность бобово-злаковых смесей в течение трех ротаций севооборота на всех исходных фонах характеризовались 1 и 3NK, 2–3NPK, 100–200 т/га компоста (последствие) + 2–3NPK. Снижение содержания азотного компонента в составе минеральных комплексов и размещение бобово-злаковых культур по последствию мелиоранта привело к потерям продуктивности кормовых смесей.

Ключевые слова: исходное плодородие, системы удобрения, известкование, бобово-злаковые смеси, продуктивность.

Dependence of efficiency of annual fodder crops on the degree of intensity of fertilizing systems and fertility level of meadow-soddy soil of the Sakhalin Island. L.V. SAMUTENKO (Sakhalin Research Institute of Agriculture, Yuzhno-Sakhalinsk).

The productivity of forage crops as a whole and the effectiveness of the extensive, low-intensity and intensive fertilizer systems depend on the saturation of the soil with organic matter; probably its labile part, on the presence of different forms of nitrogen, and the amount of acidity. 1 and 3NK, 2–3NPK, 100–200 t/ha of compost (aftereffect) + 2–3NPK were characterized by a more pronounced positive effect on the productivity of legume-grass mixtures during 3 rotations of crop rotation on all initial backgrounds. The decrease in the content of the nitrogen component in the mineral complexes and the placement of legume-cereal crops as a result of the ameliorant aftereffect led to a loss in the productivity of feed mixtures.

Key words: primary fertility, fertilizer systems, liming, legume-grass mixtures, productivity.

Введение

Резкое уменьшение объема применяемых органических и минеральных удобрений в российском земледелии стало причиной снижения уровня плодородия почвы и падения урожайности кормовых культур [7, 8]. Эта тенденция не миновала и сахалинское растениеводство. Возобновленное в областном земледелии применение органических удобрений не имеет масштабного характера и практически не вписывается в технологию получения травяных кормов. Важным фактором повышения продуктивности сельскохозяйственных культур в условиях снижения плодородия почв и сложных климатических

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

условий разных регионов является улучшение минерального питания растений [2, 3]. Особую актуальность приобретает поиск эффективных и экономически оправданных способов использования удобрений [7].

Экономический вклад сельскохозяйственных предприятий в собственное производство кормов при определенном ограничении средств обуславливает поиск более экономичных растительных источников. Основным из них становятся многолетние травосмеси. В связи с этим доля кормов из однолетних культур из-за высокой себестоимости в общих объемах кормопроизводства ограничена, в то же время за их счет восполняется недостаток зеленых кормов в летний пастбищный период [15].

Наиболее распространенной и важной зернофуражной культурой считается овес. В кормовых смесях с бобовыми (горохом и викой) он служит основной культурой. Ценными кормовыми достоинствами обладают не только зерно, но и солома, и зеленая масса овса [5]. Овес достаточно пластичен в отношении к почвенно-климатическим условиям. Бобовые культуры более требовательны к уровню кислотности почвы и обеспечению ее элементами питания, прежде всего фосфором и калием [11, 13]. Овес является более сильным конкурентом в усвоении удобрений, поэтому, чтобы не допустить угнетения бобового компонента при посеве в комплексе, использование удобрений, особенно азотных, должно быть сбалансированным. Примерные рекомендованные дозы удобрений при выращивании бобово-овсяных смесей: 90–120 кг/га фосфора и калия и не более 60–90 кг/га азота. Отмечено, что внесение 150–200 т/га навоза или компоста повышает урожай кормовых комплексов в 1,5–1,7 раза [15].

Использованию в кормопроизводстве бобово-злаковых смесей посвящено значительное количество исследований. Казалось бы, изучены все подробности их возделывания, однако возникают неожиданные детали, возможно, регионального характера. При этом, несмотря на высокую степень изученности и сокращение площадей под посевы, тема реакции кормовых бобово-злаковых комплексов на разный уровень агрохимического воздействия на почву при снижении ее плодородия, на использование мелиоранта, разницу в плодородии почвы, определение причин и размеров падения продуктивности не теряет своей актуальности.

Одна из целей исследования – определение степени зависимости продуктивности однолетних кормовых культур от общего уровня плодородия почвы, действия мелиоранта и разных по интенсивности систем удобрения, установление наиболее оптимальных из них.

В задачи долготелетнего стационарного опыта СахНИИСХ входило изучение действия и последствия на продуктивность горохо-овсяной и вико-овсяной кормовых смесей мелиоранта и разноинтенсивных систем удобрения, а также определение влияния уровня плодородия почвы на их действие.

В ходе стационарных исследований вносились коррективы в соответствии с материальной и технической обеспеченностью опытов.

Материал и методы определения

Стационар имеет три повторения в пространстве (по 3 га) и во времени (закладки 1989, 1990 и 1991 гг.), что позволяет учесть почвенные и погодные различия и определить математические зависимости не только внутри каждой закладки, но и при объединении полученных в закладках результатов. Чередование культур в травяно-пропашном севообороте – во времени. Несмотря на то, что стационар занимает единый полевой массив, старопашотная лугово-дерновая почва (агрозем) в нем характеризуется неоднородным гранулометрическим составом (средний суглинок – легкая глина) и неравнозначными агрохимическими свойствами.

Исходные агрохимические параметры почвы перед закладкой стационара составляли: рН 3,9–5,9 (потенциометрическое определение); содержание гумуса 2,9–5,1 %

(по И.В. Тюрину – В.Н. Симакову), общего азота – 0,27–0,33 % (по И.В. Тюрину), легкогидролизуемого азота – 149–184 мг (по И.В. Тюрину – М.М. Кононовой). Количество минеральных форм азота было низким – 16,1–36,4 мг (N-NO₃ – потенциметрическое определение, N-NH₄ – колориметрическое определение с индофенольной зеленью), подвижных форм фосфора – очень высоким – 270,0–597,0 мг (по А.Г. Кирсанову), обменного калия – среднеповышенным – 85,0–165,0 мг (определяли пламенно-фотометрически в вытяжке А.Г. Кирсанова) в расчете на 1 кг почвы [1, 4].

Системы удобрения включали нулевой (0NPK), органические (100, 200 и 400 т/га торфо-навозного компоста (ТНК) при закладке стационара), минеральные (1NK и 3NK, 1–3NPK) и органоминеральные (100–200 т/га ТНК + 1–3NPK) фоны. Базовые одинарные дозы удобрений (кг/га д.в.) под однолетние культуры – 90N120P180K в 1-й и 60N108P108K – в 3-й ротациях севооборота. Для внесения органических удобрений того же вида (ТНК) и в тех же объемах в 3-й ротации не было возможности. Во 2-й и 3-й ротациях отслеживалось отдаленное и значительно отдаленное последствие ТНК. При подготовке полей под закладку стационара было проведено известкование почвы в расчете на 1 ГК. Из однолетних кормовых культур в схему севооборота включены горохо-овсяная, вико-овсяная смеси, рапс яровой, озимые тритикале и рожь. В соответствии со схемой севооборота бобово-злаковые (мятликовые) смеси высевали после картофеля третьей культурой в 1-й ротации и второй–третьей культурой – в 3-й ротации.

В растительных образцах определяли содержание NPKCa, золы, клетчатки, сахаров, нитратов по общепринятым в кормопроизводстве методикам [12]. На основании аналитических данных рассчитывали выход кормовых единиц, сырого и переваримого протеина, валовой и обменной энергии [9, 10]. Математическую обработку материалов проводили по Б.А. Доспехову [6].

Результаты и обсуждение

Различия в урожайности трех полевых закладок стационара (табл. 1) при равном внешнем агрохимическом воздействии стали предпосылкой вывода о том, что в целом объем получаемой растительной продукции, в нашем случае зеленой массы бобово-зерновых культур, зависит от уровня плодородия, сложившегося за несколько десятилетий эксплуатации почвы. Определение корреляционных зависимостей показало очень плотную связь урожайности смесей в 1-й ротации севооборота с наличием в почве гумуса, легкогидролизуемого и нитратного азота, кислотностью ($K_{кор}$ 0,99–0,84).

Свидетельством наиболее благоприятной почвенной обстановки для продукционного процесса растений стала урожайность горохо-овсяной смеси в 1-й закладке, где содержание гумуса превышало 5 %, а средний показатель pH в период возделывания культур был равен 4,9–5,0. В среднем в этой закладке выход растительной массы составлял 48,4 т/га; во второй закладке он понизился до 26,2 (в 1,8 раза), в третьей – до 31,9 т/га (в 1,2 раза). Приведенные значения позволяют судить о том, что почвенные условия 2-й закладки в наименьшей степени обеспечивали процесс формирования урожая кормовой смеси, хотя урожайность в обсуждаемой закладке нельзя отнести к низкому уровню. Здесь обеспеченность почвы гумусом находилась в пределах 3 %, а pH почвенного раствора был равен 4,3. В 3-й закладке значения этих показателей плодородия составляли 4,2 и 4,6 % соответственно.

Рассматривая действие разных по интенсивности систем удобрения, можно отметить его однонаправленность в одних вариантах и различия в других внутри закладок и между ними. Так, одинаково результативным оказалось влияние на урожайность бобово-злаковой смеси дозы 3NPK в 1-й и 3-й закладках (+ 12,0 т/га и 4,5 т/га) как на минеральном фоне, так и на фоне последствия 100–200 т/га ТНК (+ 11,0 т/га и 8,5 т/га). Доза 2NPK более действенной оказалась в составе органо-минерального комплекса в этих

Таблица 1

**Урожайность горохо-овсяной смеси в зависимости от систем удобрения
разной степени интенсивности в 1-й ротации травяно-пропашного
севооборота**

| Система удобрения | Выход зеленой массы, т/га | | |
|---------------------------|---------------------------|---------------------|--------------|
| | 1-я закладка | 2-я закладка | 3-я закладка |
| 0NPK | 47,9 | 25,8 | 29,9 |
| 1NK | 53,4 | 29,3 | 23,0 |
| 3NK | 51,6 | 26,5 | 27,6 |
| 1NPK | 45,7 | 28,8 | 31,3 |
| 2NPK | 47,9 | 25,2 | 32,2 |
| 3NPK | 59,9 | 23,5 | 34,4 |
| 100 т/га ТНК (п/д) | 40,2 | 24,0 | 32,0 |
| 200 т/га ТНК (п/д) | 38,0 | 23,7 | 32,8 |
| 400 т/га ТНК (п/д) | 40,6 | 29,8 | 30,9 |
| 100 т/га ТНК (п/д) + 1NPK | 47,1 | 28,5 | 31,5 |
| 200 т/га ТНК (п/д) + 1NPK | 45,7 | 26,6 | 30,1 |
| 100 т/га ТНК (п/д) + 2NPK | 52,5 | 25,3 | 32,4 |
| 200 т/га ТНК (п/д) + 2NPK | 52,8 | 26,8 | 32,4 |
| 100 т/га ТНК (п/д) + 3NPK | 58,9 | 24,9 | 34,2 |
| 200 т/га ТНК (п/д) + 3NPK | 57,3 | 24,6 | 38,4 |
| НСП ₀₅ | 9,3 | $F_{\phi} < F_{05}$ | 9,5 |

же закладках, 1NPK – во 2-й и 3-й. Исключение из состава удобрения фосфорного компонента, с учетом высокой обеспеченности почвы этим питательным элементом, в 1-й и 2-й закладках привело к получению дополнительных 3,5–5,5 т/га (13,6–11,5 %) кормовой массы. В этих же закладках наименее эффективным оказалось последствие органических систем. В эксперимент были включены дозы минеральных удобрений, рассчитанные на определенную величину урожая и на прибавку к урожаю. Их действие не имело положительных последствий. Вероятно, использование расчетных доз в условиях островных почв должно сочетаться с оптимально выровненными физико-химическими свойствами последних.

Продуктивность не ограничивается только уровнем урожайности культур. В нее включают также выход питательных компонентов, наиболее значимых в кормопроизводстве. Так, в 1-й ротации в среднем с 1 га с урожаем горохо-овсяной смеси было получено около 6,0 т сухой массы, 3,3 т кормовых и 5,3 т зерновых единиц, 0,82 т сырого протеина, 0,25 т сахаров, 49,53 ГДж обменной энергии.

Бобово-злаковые смеси были возвращены в схему в 3-й ротации севооборота после 14-летнего перерыва. В силу различий в обеспечении удобрительными средствами в первом поле с бобово-зерновыми культурами (2-е поле севооборота), как сказано выше, базовая одинарная доза азота – N60, во втором кормовом поле с теми же культурами – N30 кг/га д.в. Результаты их действия отражены в табл. 2.

Сразу обращает на себя внимание значительное снижение урожайности вико-овсяной смеси в первой закладке по сравнению с урожайностью горохо-овсяной смеси в 1-й ротации: в среднем она составила 24,7 т/га при включении N60 вместо N90 (а также 2–3N60) в системы удобрения и 21,6 т/га – при включении N30. Поскольку за достаточно длительный период отсутствия какого-либо агрохимического вмешательства плодородие почвы контрольных вариантов претерпело негативные изменения, урожайность в них оказалась одной из самых низких. Таким образом, рост урожайности относительно контрольных показателей в вариантах с действием разноинтенсивных систем удобрения составил

**Урожайность вико-овсяной смеси в зависимости от содержания азота
в разноинтенсивных системах удобрения**

| Система удобрения | Выход зеленой массы, т/га | | | | | |
|---------------------------|----------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | Базовая доза азота в системе удобрения, кг/га д.в. | | | | | |
| | N60 | | | N30 | | |
| | 1-я закладка | 2-я закладка | 3-я закладка | 1-я закладка | 2-я закладка | 3-я закладка |
| 0NPK | 21,4 | 16,0 | 13,1 | 18,0 | 13,8 | 15,6 |
| 1NK | 25,8 | 20,3 | 18,2 | 23,2 | 17,8 | 21,5 |
| 3NK | 26,3 | 28,1 | 21,8 | 24,9 | 21,2 | 28,5 |
| 1NPK | 23,1 | 22,0 | 20,6 | 18,0 | 13,8 | 21,3 |
| 2NPK | 27,1 | 25,6 | 20,8 | 24,5 | 18,0 | 25,2 |
| 3NPK | 26,6 | 25,6 | 26,6 | 25,4 | 18,8 | 23,6 |
| 100 т/га ТНК (п/д) | 20,7 | 16,1 | 14,7 | 14,9 | 12,0 | 14,8 |
| 200 т/га ТНК (п/д) | 22,2 | 19,0 | 16,6 | 15,9 | 13,5 | 14,8 |
| 400 т/га ТНК (п/д) | 25,3 | 20,2 | 19,3 | 20,4 | 15,6 | 18,4 |
| 100 т/га ТНК (п/д) + 1NPK | 22,1 | 18,4 | 19,5 | 17,8 | 14,2 | 19,0 |
| 200 т/га ТНК (п/д) + 1NPK | 23,7 | 19,1 | 18,9 | 19,5 | 13,9 | 20,8 |
| 100 т/га ТНК (п/д) + 2NPK | 27,1 | 24,8 | 22,7 | 24,6 | 18,1 | 24,9 |
| 200 т/га ТНК (п/д) + 2NPK | 28,3 | 24,8 | 22,7 | 26,1 | 19,2 | 24,6 |
| 100 т/га ТНК (п/д) + 3NPK | 28,8 | 25,2 | 24,9 | 25,0 | 19,7 | 25,7 |
| 200 т/га ТНК (п/д) + 3NPK | 27,4 | 23,4 | 22,8 | 25,2 | 18,8 | 27,7 |

+ 0,7–13,5 т/га (3,3–103,0 %), однако в целом просматривался явный недобор (примерно в 1,5 раза) в получении кормовой массы по всем закладкам стационара относительно результатов, имевших место в 1-й закладке. Здесь выход сухой массы составил 4,1, кормовых единиц – 2,8, зерновых единиц – 2,4, сырого протеина – 0,48, сахаров – 0,16 т/га, обменной энергии – 37,94 ГДж/га.

Смена бобового компонента не могла повлиять на уменьшение урожайности, поскольку основную долю в смеси занимал овес; соотношение бобовых и злаковых (40 : 60 %) было выдержано в соответствии с рекомендациями. Определение содержания гумуса не выявило существенных изменений его показателей, поэтому вряд ли можно объяснить полученные результаты и этим фактором. Одной из возможных причин могли стать изменения качественного состава органического вещества, в частности, уменьшение его лабильной части. Во 2-й и 3-й ротациях севооборота было отмечено очень низкое обеспечение почвы минеральным азотом, особенно его нитратной формой. Кроме вероятных разнонаправленных перемещений N–NO₃ в снижении его содержания в почве могло отразиться и то, что три поля севооборота из пяти во 2-й ротации занимали рапс (2 поля) и тритикале. После их скашивания осталось определенное количество растительного материала (соломистой части), на минерализацию которого микроорганизмами были затрачены почвенные запасы азота, в том числе продуцируемого, как известно, гумусом.

Тенденция в действии разных систем удобрения практически сохранилась: большей эффективностью во влиянии на рост урожайности вико-овсяной смеси по-прежнему характеризовались 2–3NPK на обычном фоне и фоне отдаленного последствия 100–200 т/га ТНК, 1NK и 3NK. Эти результаты соответствовали выводам других исследователей [3]. Применение моноазотных удобрений вне комплекса с фосфорными и калийными компонентами позволяло получать урожаи на уровне средних величин в закладке,

но обуславливало накопление нитратов (697–2026 мг/кг), существенно превышавшее ПДК, равное 500 мг/кг.

За время прохождения ротаций в связи с отсутствием известкования неблагоприятным образом изменилась ситуация с кислотностью, по уровню которой почва всех закладок попадала в категорию кислых и сильно кислых.

Мелиорант в расчете на 1ГК в 3-й ротации был применен перед посадкой первой культуры (картофеля). Результат совместного действия разных систем удобрения и известки проиллюстрирован данными табл. 3.

Таблица 3

Урожайность вико-овсяной смеси в зависимости от содержания азота в разноинтенсивных системах удобрения и мелиоранта

| Система удобрения | Выход зеленой массы (среднее), т/га | | | |
|---------------------------|-------------------------------------|----------|------|----------|
| | N60 | N60 + Ca | N30 | N30 + Ca |
| 0NPK | 16,8 | 16,7 | 15,8 | 16,2 |
| 1NPK | 21,9 | 18,6 | 17,7 | 14,5 |
| 2NPK | 24,5 | 21,3 | 22,6 | 17,7 |
| 3NPK | 26,3 | 23,3 | 22,6 | 19,3 |
| 400 т/га ТНК (п/д) | 21,6 | 21,0 | 18,1 | 20,0 |
| 100 т/га ТНК (п/д) + 1NPK | 20,0 | 17,5 | 17,0 | 13,9 |
| 200 т/га ТНК (п/д) + 1NPK | 20,6 | 19,1 | 18,1 | 15,5 |
| 100 т/га ТНК (п/д) + 2NPK | 24,9 | 22,3 | 22,5 | 18,0 |
| 200 т/га ТНК (п/д) + 2NPK | 25,3 | 22,8 | 23,3 | 17,9 |

Малоождаемое снижение урожайности при применении известки вначале было получено в посадках картофеля. Далее тенденция снижения урожайности на известкованном фоне сохранилась в посевах других культур, в том числе бобово-злаковых смесей. Потери кормовой массы при применении более высокой минеральной нагрузки (N60 и 2–3N60) в сочетании с мелиорантом составляли 1,9–2,5 т/га. Снижение азотной дозы на фоне последствия известки сопровождалось потерями в 1,2–4,5 т/га.

Установлению условий получения более высоких и стабильных урожаев кормовых культур, снижения и сохранения оптимального уровня кислотности почвы и других физико-химических свойств были посвящены дальнейшие стационарные исследования, результаты которых и соответствующие выводы приведены в работе [14].

Заключение

Итак, величины урожайности бобово-злаковых смесей при их посеве на почве с разными исходными обеспеченностью гумусом, основными элементами питания и уровнем кислотности имели весьма значительные различия. Наиболее высокая продуктивность кормовых культур в целом и эффективность действия как интенсивных, так и малоинтенсивных систем удобрения зависимы, прежде всего, от насыщения почвы органическим веществом и, вероятнее всего, его лабильной частью, а также от наличия разных форм азота. Тенденция в действии систем удобрения разной интенсивности сохранялась в течение трех ротаций севооборота на всех исходных фонах: более выраженным положительным влиянием на продуктивность бобово-злаковых смесей характеризовались 1 и 3НК, 2–3NPK на минеральном фоне и фоне последствия 100–200 т/га ТНК. Снижение содержания азотного компонента в составе минеральных комплексов обуславливало уменьшение выхода кормовой продукции. Отрицательно сказалось на урожайности размещение кормовых культур по последствию мелиоранта: потери зеленой массы составляли 1,2–4,5 т/га.

Сокращение использования органических удобрений для поддержания плодородия островных почв обуславливает недобор кормовой продукции в 1,2–1,8 раза. Доказанное в стационаре длительное продуктивное последствие торфонавозного компоста (15–17 лет) при эффективной минеральной поддержке и правильное применение мелиоранта обеспечивают достаточно высокую продуктивность однолетних кормовых культур без привлечения дополнительных площадей и экономико-технических затрат, что дает возможность сокращать период окупаемости вложений в применение органических удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимические методы исследования почв / под ред. А.В. Соколова. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г. Продуктивность горохо-овсяной смеси при разном уровне минерального питания на лугово-черноземной почве Восточного Забайкалья // Кормопроизводство. 2017. № 10. С. 16–20.
3. Анисимова Т.Ю. Влияние применения органических удобрений на основе торфа на продуктивность однолетних трав в зернопропашном севообороте // Кормопроизводство. 2017. № 4. С. 6–10.
4. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1962. 490 с.
5. Баталова Г.А., Кротова Н.В. О кормовой продуктивности овса // Кормопроизводство. 2011. № 11. С. 28–29.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 467 с.
7. Елькина Г.Я. Продуктивность кормовых трав и их качество в зависимости от сбалансированности минерального питания // Кормопроизводство. 2011. № 3. С. 19–20.
8. Капустин Н.И., Коричева Ю.В. Продуктивность различных видов многолетних злаковых трав и бобово-злаковых смесей в Северо-Западной зоне // Кормопроизводство. 2011. № 6. С. 8–10.
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. 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.
12. Разумов В.А. Справочник лаборанта-химика по анализу кормов. М.: Россельхозиздат, 1986. 302 с.
13. Растениеводство / П.П. Вавилов, В.В. Гриценко, В.С. Кузнецов и др.; под ред. П.П. Вавилова. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1986. 512 с.
14. Самутенко Л.В., Славкина В.П. Динамика агрохимических и микробиологических показателей плодородия лугово-дерновой почвы Сахалина при использовании систем удобрения разной степени интенсивности и мелиоранта // Вестн. ДВО РАН. 2017. № 3. С. 29–37.
15. Система земледелия Сахалинской области: рекомендации / ВАСХНИЛ, Сиб. отд.-ние. Сах. фил. ДальНИИСХ. Новосибирск, 1989. 252 с.