Питание растений

Вестник Международного института питания растений

IPNI

Восточная Европа и Центральная Азия **№1, 2018**

СОДЕРЖАНИЕ

Применение 4R-Стратегии для интенсификации лугового кормопроизводства в Вологодской области.....2

Формирование кормовой базы на перспективу: обоснование пастбищно-полевых севооборотов.....6

Применение удобрений при выращивании высокоурожайной люцерны в штатах Калифорния и Аризона.....9

Признаки дефицита элементов питания у люцерны.....13

Признаки дефицита элементов питания у других кормовых трав.....16

Международный Институт Питания Растений

Иванова С.Е., вице-президент программы в Восточной Европе и Центральной Азии
e-mail: sivanova@ipni.net

Носов В.В., директор программы на Юге и Востоке России
e-mail: vnosov@ipni.net

Бесплатная подписка: *ipni-eeca@ipni.net*

125466 Россия, Москва,
ул. Ландышевая, д. 12, пом. 17а

тел./факс: +7 (495) 580 64 14

сайт: http://www.ipni.net
http://eeca-ru.ipni.net
e-mail: ipni-eeca@ipni.net

Перепечатка и любое воспроизведение материалов, опубликованных в Вестнике, возможны только с письменного разрешения Международного института питания растений
© Международный институт питания растений 2014

IPNI
International Plant Nutrition Institute

Уважаемый читатель, этот специализированный выпуск вестника полностью посвящен кормовым культурам – многолетним травам и люцерне, которые являются основой кормопроизводства, а также ключевым компонентом для сохранения природных ресурсов в агроценозах.

В России многолетные травы занимают огромные площади, однако их продуктивность остается на относительно низком уровне. В 2016 г. Международный институт питания растений (IPNI) совместно с Вологодской государственной молочнохозяйственной академией им. Н.В. Верещагина и ФГБУ ГЦАС «Вологодский» начали реализацию научно-практического проекта «Интенсификация лугового кормопроизводства в условиях Вологодской области», направленного на оптимизацию применения минеральных удобрений на высокопродуктивных травостоях с целью достижения среднегодовой урожайности 10 т/га сухого вещества для получения высококачественного сенажа. Результаты первых двух лет исследований опубликованны на страницах этого выпуска стр.2-5.

Эта тематика будет продолжена и в следующем выпуске вестника.

С уважением,
Светлана Иванова, вице-президент МИПР в Восточной Европе и Центральной Азии

Участники научно-практического проекта по «Интенсификация лугового кормопроизводства в условиях вологодской области» в СХПК «Племзавод «Майский». Слева направо - Налиухин А.Н., Власова О.А., Иванова С.Е., Силуянова О.В.

Приглашаем к сотрудничеству переводчиков (английский язык) для письменных переводов научно-популярных статей.

Обязательное условие - высшее образование по специальностям: почвоведение, агрохимия, агрономия, физиология растений, или любая другая специальность в области биологии.

Присылайте Ваше резюме на *ipni-eeca@ipni.net*.

IPNI

© Международный институт питания растений 2018

Применение 4R-Стратегии для интенсификации лугового кормопроизводства в Вологодской области

С.Е. Иванова, АН. Налиухин, Н.В. Веденеева, О.А. Власова, О.В. Силуянова

В Вологодской области под кормовыми культурами занято 62% пашни, при этом на многолетние травы приходится около 200.0 тыс. га, что обусловлено развитой отраслью молочного животноводства в регионе. Преобладающие почвы в регионе – дерново-подзолистые, характеризующиеся невысоким естественным плодородием, поэтому применение минеральных удобрений с учётом хорошей, а в отдельные годы избыточной увлажнённости даёт высокий эффект (Налиухин и др., 2017). В то же время количество минеральных удобрений, вносимых на 1 га пашни, в последние годы остается на сравнительно низком уровне – 30-38.5 кг д.в./га, поэтому, начиная с 1994-1996 гг., в области складывается отрицательный баланс по всем основным элементам питания (NPK). Особенно остро обстоит ситуация по калию, дефицит которого в последние годы превышает 20 кг/га (Налиухин, Веденеева, 2012; Веденеева и др., 2016).

Многолетние бобово-злаковые травы являются основой кормопроизводства Вологодской и других областей Северной части Нечерноземной зоны России. В качестве бобового компонента в составе многолетних травосмесей высевается практически одна культура – клевер луговой. Короткий период его хозяйственного использования (2-3 года) обуславливает преобладание злаковых компонентов в старосеянных травостоях, возраст которых превышает 3 года. Отсутствие бобовых компонентов существенно снижает протеиновую и энергетическую ценность кормов, заготавливаемых из этих видов трав (Андреев, 1989; Михалёв, 1998; Лепкович, 2005; Громов, 2005; Лазарев, Колокольцев, 2004; Савченко, 2006).

В связи с этим особое внимание приобретают новые подходы, направленные на интенсификацию лугового кормопроизводства. В 2016 г. Международный институт питания растений (IPNI) совместно с Вологодской государственной молочнохозяйственной академией им. Н.В. Верещагина и ФГБУ ГЦАС «Вологодский» начали реализацию научно-практического проекта «Интенсификация лугового кормопроизводства в условиях Вологодской области», направленного на оптимизацию применения минеральных удобрений на высокопродуктивных травостоях с целью достижения среднегодовой урожайности 10 т/га сухого вещества для получения высококачественного сенажа. Основные задачи проекта: 1) определить реальные коэффициенты выноса основных элементов питания (NPKS) и микроэлементов (Na, Mg, Ca, Cl, Mn, Zn, Fe, Cu), 2) разработать сбалансированную систему применения минеральных удобрений для достижения высокой урожайности (10 т/га сухого вещества), 3) определение оптимального количества и сроков укоса. Кроме того, в проекте отслеживается качество сенажа, анализ которого выполняет лаборатория «*Еврофинс Агро Тестинг Вагенинген Би Ви*» (*BLGG Eurofins Agro*).

Подбор травы при 1 укосе в 2016 году в варианте опыта «Оптимизированная система применения удобрений».

В рамках проекта с 2016 года проводится 3-х летний полевой производственный опыт в СХПК «Племзавод «Майский» Вологодского района. В опыте на площади 100 га изучается оптимизированная система удобрения в сравнении со сложившейся практикой применения минеральных удобрений в хозяйстве.

Для проекта была подобрана травосмесь *CutMax Digest*, состоящая на 15% из клевера лугового, 25% – фестулолиума (сортотипа райграса), 20% – райграса пастбищного (среднеспелого тетраплоидного), 15% – тимофеевки луговой и 25% – овсяницы тростниковой. Беспокровный посев травосмеси был проведён в мае 2016 года.

Почва опытного производственного участка была дерново-слабоподзолистая на покровных суглинках. Окультуренность – средняя. Для проведения учёта урожайности и диагностики химического состава трав на каждом варианте опыта были выделены учетные делянки с одинаковыми агрохимическими показателями почвы.

Для разработки оптимизированной системы применения удобрений использовалась 4R-Стратегия (4R Nutrient Stewardship), которая позволяет учитывать экономические, социальные и природоохранные аспекты регулирования питания растений и является важным элементом обеспечения устойчивости сельскохозяйственного производства (4R-Стратегия..., 2017). Основа 4R-Стратегии – выбор правильного **вида и формы удобрений (Right source)** и их внесение в правильных **дозах (Right rate)**, в правильно выбранные **сроки (Right time)**, правильным **способом (Right place)**. При реализа-

Таблица 1. Система применения удобрений на травосмеси *CutMax Digest* в СХПК «Племзавод «Майский»

Варианты опыта	N	P_2O_5	K_2O
Основное удобрение, 2016г.			
1. Контроль (практика хозяйства)	12	40	60
2. Оптимизированная система удобрения	30	100	236
Подкормки, 2017 г.			
1. Контроль (практика хозяйства)			
– весной в начале отрастания трав	68	–	–
– после 1-го укоса	68	–	–
– сумма	136	–	–
2. Оптимизированная система удобрения			
– весной в начале отрастания трав	80	–	–
– после 1-го укоса	80	–	–
– после 2-го укоса	50	–	–
– после 3-го укоса	50	–	–
– после 4-го укоса (осенью)	–	–	План
– сумма	260	–	–

ции 4R-Стратегии все ее компоненты имеют равное значение, поэтому оптимизация системы применения удобрений происходит не только за счет доз удобрений, но и в равной степени благодаря подбору правильного вида и формы удобрения, времени и способа их внесения.

Далее рассмотрим, как происходила реализация принципов 4R-Стратегии для разработки системы применения удобрений в этом опыте.

Вид и форма удобрений, выбранные для опытов, позволяют оптимизировать затраты на минеральные удобрения и их внесение, а также логистику полевых работ.

В опыте использовали следующие виды и формы удобрений:

- сложное NPK удобрение марки 6-20-30 производства ПАО «ФосАгро»;
- Гранулированный хлористый калий;
- Аммиачная селитра.

Расчет **доз удобрений** корректируется ежегодно по фактическому выносу питательных веществ с урожаем.

В 1-й год (сезон 2016 года) азот, вся доза фосфора в расчете на 3 года, а также часть калия была внесена в составе NPK марки 6-20-30: N18P60K90 под культивацию до посева и N12P40K60 при посеве. Осенью калий вносился дополнительно в виде гранулированного хлористого калия для обеспечения хорошей перезимовки травостоя и успешного начала вегетации весной 2017.

Во 2-й год (сезон 2017 года) вносились только азотные удобрения с распределением всей дозы на 4 подкормки: весной в период возобновления весенней вегетации трав и после 1-го скашивания – по 80 кг N/га, после 2-го и 3-го скашивания – по 50 кг N/га.

Во 2-й год также планировалось осеннее внесение гранулированного хлористого калия для возмещения выноса калия с урожаем и с целью создания благоприятных условий для перезимовки. Однако, из-за неблагоприятных погодных условий (переувлажнения почвы) эта подкормка была перенесена на весну 2018.

Сочетание основного внесения NPK до и во время посева, дробных подкормок азотными удобрениями после укосов и осеннее внесение хлористого калия – реализация принципа **правильного времени** внесения удобрений.

Выбор **правильного способа** внесения удобрений определялся необходимостью создания слоя почвы (0-20 см) с достаточным уровнем содержания доступных для растений основных элементов питания, необходимым для формирования плотного травостоя. Поэтому основное NPK удобрение заделывалось в почву. Внесение азотных и калийных удобрений в подкормки осуществлялось вразброс.

Такая система применения удобрений позволила получить планируемую урожайность с равномерным выходом зелёной массы по срокам скашивания. Полная система применения удобрений представлена в **табл. 1**.

В сезоне 2016 года через 3 месяца после посева был проведён первый укос. При этом сбор сухого вещества в варианте «Оптимизированная система применения удобрений» составил 2.24 т/га, что на 1 т с.в./га больше, чем в контрольном варианте (1.24 т/га). После укоса трава быстро отрастала, что позволило получить на учетных делянках второй укос. Суммарная продуктивность травостоя в год посева (сезон 2016) составила в варианте «Практика хозяйства» 3.08 т с.в./га, в варианте опыта «Оптимизированная система удобрений» - 4.07 т с.в./га (**рис. 1**).

Метеорологические условия 2017 года характеризовались неустойчивой погодой с пониженным температурным фоном и избыточным количеством осадков. С июня по сентябрь почва находилась в переувлажнённом состоянии, что несколько снижало эффективность удобрений, удлиняло периоды между укосами. Из-за медленных темпов накопле-

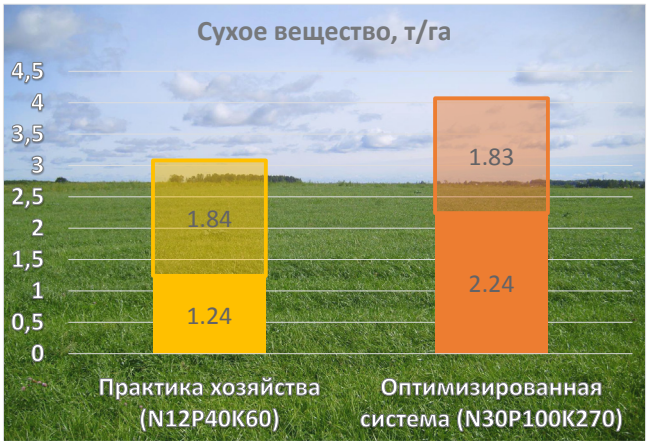


Рис.1. Продуктивность травостоя по укосам в 2016 году

Высота валков при 1-м укосе в 2016 году (слева - вариант опыта «Практика хозяйства», справа - вариант опыта «Оптимизированная система применения удобрений»

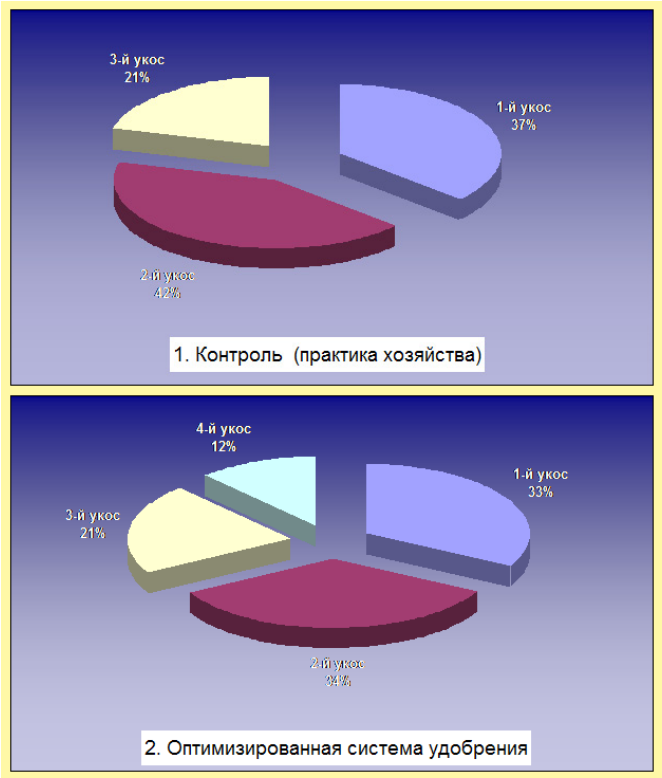


Рис.2. Распределение урожая зелёной массы по укосам в 2017 году, % от общего сбора (3 укоса – практика хозяйства, 4 укоса – оптимизированная система удобрения)

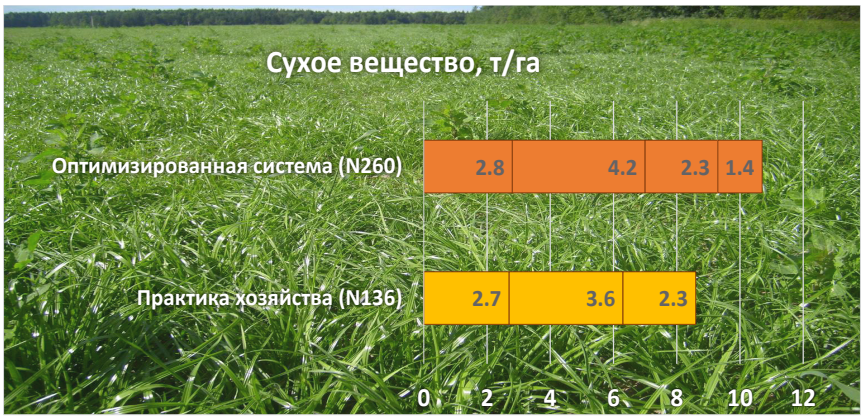


Рис.3. Продуктивность травостоя по укосам в 2017 г.

ния эффективных температур дата первого укоса сдвинулась в сравнении со среднемноголетними наблюдениями примерно на 3 недели.

В 2017 году было проведено 3 укоса в варианте «Практика хозяйства» и 4 укоса – в варианте опыта «Оптимизированная система удобрения».

Выход зелёной массы в варианте опыта «Практика хозяйства» складывался следующим образом: происходит нарастание урожайности от 1-го укоса ко 2-му и резкое её снижение (в 2 раза) в 3-м. Наибольшая доля урожая приходится на 2-й укос – 42% (**рис. 2**).

В варианте «Оптимизированная система удобрения» отмечается более равномерное поступление зелёной массы по укосам. В 1-м и 2-м получено по 33-34% от общего урожая. В третьем укосе происходит снижение урожайности на 35-38% по отношению к первому-второму укосам. В четвёртом доля урожая от суммарного сбора зелёной массы за сезон самая низкая – 12%.

Благодаря дробному внесению азотных удобрений и проведению калийных подкормок осенью в варианте «Оптимизированная система удобрения» удалось достичь планового сбора сухого вещества – 10.7 т с.в./га. В варианте «Практика хозяйства» сбор сухого вещества был на 20% ниже и составил 8.6 т/га (**рис.3**).

Используя методику оценки кормовой ценности грубых кормов, принятых в Германии (Kirchgessner, 1997), нами на основе протоколов «Еврофинс Агро Тестинг Вагенинген Би Ви» (BLGG Eurofins Agro) (Протоколы испытаний лаборатории..., 2017) рассчитано содержание обменной энергии (ОЭ, МДж) в 1 кг зеленой массы (**табл. 2**).

Как следует из расчётов, при оптимизации системы удобрения повышается содержание сырого протеина (особенно в последнем укосе) и увеличивается содержание ОЭ на 0.2-0.3 МДж/кг сухого вещества.

Проведение 4-х укосов в сезо-

Таблица 2. Содержание обменной энергии в зависимости от системы удобрения и укоса в 2017 году

Укос	Содержание питательных веществ и ОЭ в 1 кг СВ							
	Практика хозяйства				Оптимизированная система удобрения			
	г/кг			МДж	г/кг			МДж
	СВ*	СП	СЗ	ОЭ	СВ	СП	СЗ	ОЭ
1	142	180	94	12.1	121	208	103	12.4
2	175	150	108	10.4	164	131	97	10.6
3	228	111	78	10.3	129	182	133	10.5
4	–	–	–	–	147	191	125	10.5

** СВ – сухое вещество, СП – сырой протеин, СЗ – сырая зола (г/кг СВ), ОЭ – обменная энергия МДж/кг СВ.*

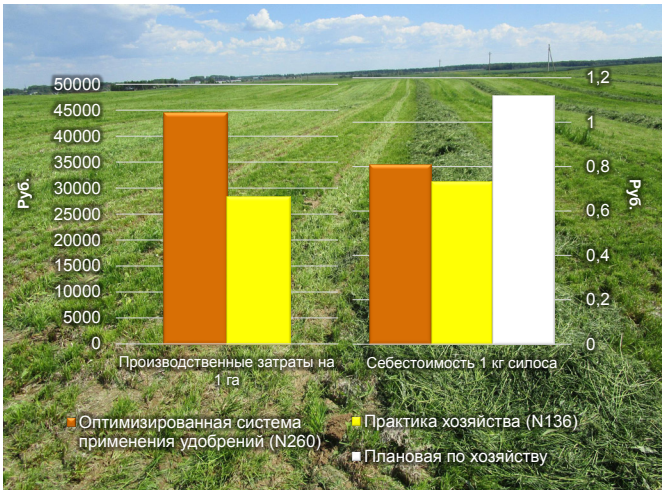


Рис.4. Производственные затраты и себестоимость продукции в 2017 г.

не 2017 года повысило производственные затраты (увеличились затраты на ГСМ, удобрения, зарплату и амортизацию). Однако себестоимость 1 кг силоса была меньше плановой для хозяйства (**рис. 4**). Расчёт экономической эффективности показывает, что интенсификация полевого кормопроизводства позволяет повысить рентабельность производства грубых кормов для молочного животноводства в Вологодской области.

Иванова С.Е. – кандидат биологических наук, вице-президент Международного Института Питания Растений в Восточной Европе и Центральной Азии. e-mail: sivanova@ipni.net

Налиухин А.Н. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства, земледелия и агрохимии Вологодской государственной молочнохозяйственной академии им.Н.В.Верещагина.

Веденеева Н.В. – директор ФГБУ Центра агрохимической службы «Вологодский». e-mail: agrohim_35@mail.ru

Власова О.А. – кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора ФГБУ Центра агрохимической службы «Вологодский».

Силуянова О.В. - аспирант Вологодской государственной молочнохозяйственной академии им.Н.В.Верещагина.

Литература

«4R-Стратегия. Практическое руководство по применению удобрений и оптимизации питания растений», IPNI, 2017.

Андреев Н.Г. 1989. Луговое и полевое кормопроизводство. М.: Агропромиздат. 540 с.

Веденеева Н.В., Рогов В.А., Наклейщикова Л.В., Налиухин А.Н. 2016. Почвенный покров и агрохимическая характеристика пахотных почв Вологодской области. Динамика почвенного плодородия по циклам обследования. Достижения науки и техники АПК. 8 (30). С. 22-27.

Лазарев Н.Н., Колокольцев А.В. 2004. Протеиновая и энергетическая питательность бобово-злаковых травосмесей с участием сорта люцерны изменчивой Пастбищная 88. Кормопроизводство. 1. С. 7-9.

Лепкович И.П. 2005. Современное луговодство. СПб.: «Профинформ». 424 с.

Михалёв С.С. 1998. Технология производства кормов / Под ред. В.А. Тюльдюкова. М.: Колос. 432 с.

Налиухин А.Н., Веденеева Н.В. 2012. Калийный режим дерново-подзолистых почв льноводческих районов Вологодской области и эффективность калийных удобрений в посевах льна-долгунца. Агрохимия. 12. С. 24-30.

Налиухин А.Н., Завалин А.А., Силуянова О.В., Белозеров Д.А. 2017. Влияние биоудобрений и известкования на продуктивность вико-овсяной смеси и изменение микробоценоза дерново-подзолистой почвы. Российская сельскохозяйственная наука. 6. С. 21-26.

Протоколы испытаний лаборатории BLGG AgroXpertus от 17.06.2017; 20.07.2017; BLGG eurofins Agro от 21.08.2017; 27.09.2017 (с любезного предоставления IPNI).

Савченко И.В. 2006. Проблемы кормопроизводства и пути их решения в срединном регионе Нечерноземной зоны России. Проблемы и перспективы развития отрасли кормопроизводства в Северо-восточном регионе Европейской части России: матер. конференции. Кострома. С. 9-16.

Kirchgessner M. 1997.Tierernährung. Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 10. Aufl. DLG - Verlag Frankfurt / Main. 589 S.

Формирование кормовой базы на перспективу: обоснование пастбищно-полевых севооборотов

А.Дж. Францлюберс

Кормовые культуры – ключевой компонент *сохранения природных ресурсов в агроценозах.*
Интеграция систем растениеводства и животноводства *способствует росту сельскохозяйственного производства и сохранению качества окружающей среды.*
Выращивание ***аборигенных теплолюбивых злаковых трав*** *обеспечивает гибкость производства кормов и биотоплива.*

Кормовые культуры включают в себя злаковые, бобовые и другие крупнолистные травянистые растения с большим разнообразием экологических признаков, необходимых для поддержания устойчивых экосистем – ненарушенных степей, посевов окультуренных трав и других полевых культур, ландшафтных посевов или газонов. Кормовые культуры дают ценную биомассу для производства кормов, волокон и биотоплива и эффективно участвуют в круговороте воды и элементов питания, накоплении энергии и обмене CO_2 с атмосферой. Мы не всегда принимаем во внимание эти функции экосистемы, однако при планировании почвозащитных систем сельскохозяйственного производства жизненно важная роль кормовых культур, связанная с поддержанием рек и ручьев чистыми и свободными от поллютантов – удобрений и пестицидов, становится полностью очевидной.

Кормовые культуры продолжают приносить огромную пользу, заключающуюся в сохранении природных ресурсов в агроценозах, однако имеются широкие возможности для расширения перечня данных преимуществ за счет учета воздействий, более прямо связанных с производством и экономическими результатами.

Интегрированные системы растениеводства и животноводства

В ответ на политические и экономические вызовы сельское хозяйство промышленно развитых стран становилось все более и более специализированным, чтобы соответствовать рыночным требованиям разрастающегося сектора пищевой и текстильной промышленности. Например, в США специализация сопровождалась резким сокращением численности фермерских хозяйств – примерно с 6.5 млн в 1920 г. до почти 2 млн в 2016 г., но при этом происходил поразительный рост продуктивности. Современная продовольственная система промышленно развитых стран свыклась с дешевой энергией, предположительно стабильным климатом и деловой средой, формирующей экологические и социальные затраты. К сожалению, специализированные сельскохозяйственные системы, которые упрощают понимание экосистем и происходящих в них процессов, могут приводить к кумулятивному отрицательному воздействию на окружающую среду.

Почвозащитные системы сельскохозяйственного производства, в которых интегрированы и растениеводство, и животноводство, дают возможность использовать естественные экологические взаимодействия, делая агроэкосистемы более эффективными в плане круговорота элементов питания. Данные системы производства в бóльшей степени основываются на возобновляемых природных ресурсах, улучшают природное функционирование почв и в тоже время позволяют фермерам достичь приемлемого или повышенного уровня экономической отдачи. Хотя потребление калорий и белков из растений экологически более эффективно, чем из мяса, сельскохозяйственные животные чрезвычайно важны для устойчивости агроэкосистем, потому что они потребляют корма и растительные остатки, непригодные в качестве пищи для людей и для получения волокон. При прохождении кормов через рубец жвачных животных связанные растениями элементы питания преобразуются в легкоминерализуемые субстраты, что способствует повышению плодородия почв.

Использование пастбищно-полевых севооборотов – одна из наиболее заслуживающих внимания, но недостаточно используемых стратегий повышения плодородия почвы и увеличения запасов органического углерода в почве на площадях, где традиционно возделываются сельскохозяйственные культуры. В пастбищные периоды содержание органического углерода в почве часто увеличивается благодаря развитию корневых систем многолетних растений, глубже и шире осваивающих почву по сравнению с корневыми системами многих однолетних культур и способствующих накоплению органического углерода за счет отмирания. С другой стороны, при выращивании полевых культур в последующие годы содержание органического углерода в почве часто снижается (García-Prechác и др., 2004). Положительное влияние пастбищного периода на почвенные свойства и продуктивность полевых культур было более сильным и сохранялось более продолжительное время, если при возделывании последующих сельскохозяйственных культур применялась нулевая обработка почвы. Предполагается, что использование системы нулевой обработки почвы при выращивании многолетних кормовых трав в севообороте с однолетними культурами способствует повышению содержания органического углерода и азота в почве, то есть поддерживает плодородие почвы и улучшает качество окружающей среды. Изменение почвенных свойств, происходящее за счет использования пастбищно-полевого севооборота, может помочь в

решении проблем, связанных с увеличением количества и повышением качества производимого продовольствия, поддержанием здоровья людей, сохранением разнообразия дикой природы и баланса между воздействием человека и возможностями природы удовлетворять наши потребности.

Почвозащитные пастбищно-полевые севообороты могут быть жизненно важным шагом в трансформировании сельского хозяйства из оказывающего нагрузку на окружающую среду в такую систему, которая продуцирует разнообразие и изобилие продовольственных культур и в тоже время обогащает один из самых драгоценных природных ресурсов – почву. Для решения существующей дилеммы, связанной с продуктивностью продовольственного сектора и качеством окружающей среды, мы должны рассмотреть все возможные пути создания более здоровой почвы. Практическая осуществимость данных севооборотов, конечно, зависит от таких факторов, как форма землевладения и доступ к рынкам животноводческой продукции.

На примере многолетнего опыта – «Делянок Моррох» (Morrow Plots), проводимого в штате Иллинойс (США), можно проиллюстрировать поддержание продуктивности и улучшение здоровья почвы (Nafziger и Dunker, 2011). В данном исследовании урожайность зерна кукурузы в двух- и трехпольных севооборотах с однолетними и многолетними кормовыми травами была выше, чем в монокультуре. Севообороты с кормовыми травами способствовали увеличению содержания органического углерода в почве и урожайности кукурузы, что может объясняться изменением физических, химических и биологических свойств почвы. Изменение содержания органического углерода в почве на одну единицу(г С/кг почвы) повысило урожайность зерна кукурузы на 0.25 т/га в течение 1905-1967 гг., на 0.31 т/га – в течение 1968-1997 гг. и на 0.69 т/га – в течение 1998-2009 гг. Таким образом, вероятный рост урожайности зерна, связанный с улучшением почвенных свойств, может помочь компенсировать неполучение зерна в годы выращивания кормовых трав в пастбищно-полевом севообороте. Получаемые при этом травы используются для выпаса, кормления скота или производства биотоплива, однако они также жизненно необходимы для формирования более здоровой почвы. Дополнительные преимущества от введения почвозащитного пастбищно-полевого севооборота потенциально значимы, поскольку кормовые травы могут быть скормлены животным или проданы, что обеспечивает экономическую выгоду, а также снижает потребности производственной системы во внешней энергии.

Прогнозируется, что почвозащитные пастбищно-полевые севообороты снизят потребность во внесении азота по сравнению с традиционными высокоинтенсивными системами земледелия, поскольку: а) накопление углерода в почве обычно сопровождается сохранением содержания азота, входящего в состав органического вещества почвы; б) в пастбищную травосмесь могут включаться бобовые культуры, обладающие способностью к биологической фиксации N_2; в) за счет биологически активного органического вещества поверхностного слоя почвы потери азота должны минимизироваться, так как при этом ограничиваются потери с поверхностным стоком и вымыванием и эмиссия газообразных веществ. Пастбища с бобовыми кормовыми травами (например, люцерной, клевером, горохом и викой) высокоэффективны для повышения питательной ценности кормов для выпасаемых животных, и при этом сокращаются энергетические и финансовые затраты на применение азотных удобрений. Ключевая область научных исследований, требующая дальнейшего изучения, – количественная оценка минерализации органического азота почвы при чередовании пастбищных и полевых культур в севообороте. В настоящее время апробируется способ определения здоровья почвы исходя из оценки биологической активности почвы и ее влияния на минерализацию азота (Franzluebbers, 2016). Метод почвенного анализа с применением модифицированного подхода теперь коммерчески доступен (см. https://solvita.com/soil). Если кормовая культура убрана и вывезена с поля, возникает необходимость в возмещении отчуждения фосфора, калия и других элементов питания с урожаем. Необходимы дополнительные исследования для уточнения рекомендаций при анализе почв, отобранных с сельскохозяйственных угодий с разной историей пользования. Это особенно актуально для тех угодий, где исторически произошел переход от выращивания кормовых трав к возделыванию однолетних культур, а также для деградированных земель, где за счет использования пастбищно-полевых севооборотов и выращивания почвопокровных культур стало достигаться большее растительное разнообразие и стал применяться навоз.

Производство биотоплива из многолетних культур

Биотопливо – возобновляемый источник энергии. При этом солнечная энергия преобразуется в энергию, запасаемую в углеводах растений, образование которых идет с поглощением CO_2 из атмосферы, а обратное выделение CO_2 в атмосферу происходит во время сгорания. С учетом относительно низких энергозатрат при производстве многолетних кормовых трав (тракторное топливо, энергозатраты на внесение удобрений и т.д.) биотопливо, полученное из такого лигноцеллюлозного сырья, по уровню энергоэффективности представляет собой перспективную альтернативу другим видам биотоплива. Действительно, при производстве этанола из проса прутьевидного по сравнению с зерном кукурузы выделялось меньшее количество парниковых газов (0.02 против 0.09 г CO_2/кДж) и производилось большее количество энергии (128 против 36 МДж/га/год) (Hoefnagels и др., 2010).

Многие виды многолетних кормовых трав могут быть пригодны для производства биотоплива. Ключевые виды, которые следует принимать во внимание во многих регионах США, особенно на юге, – это

растения с С4-типом фотосинтеза. Потенциальная продуктивность сформированного травостоя при этом высокая, а потребность в элементах питания – сравнительно низкая. Годовая урожайность биомассы четырех сортов проса прутьевидного, выращиваемых в восьми районах на юго-востоке США, составила 12.8 ± 3.6 т/га (Fike и др., 2006). После формирования травостоя производство длилось в течение 3-5 лет при ежегодном внесении 100 кг N/га, 18-46 кг P_2O_5/га и 0-76 кг K_2O/га. В восточной части штата Северная Каролина (США) на обогащенных элементами питания полях, орошаемых из отстойников свиноводческих комплексов, годовая урожайность свинороя пальчатого составила 6.1 т/га при отчуждении с урожаем 95 кг N/га, 31 кг P_2O_5/га и 157 кг K_2O/га (Wang, 2016). В связи с высокой продуктивностью и кормовой ценностью для животных, а также высоким выносом элементов питания свинорой пальчатый традиционно выращивался на корм на орошаемых сточными водами полях. Однако некоторые альтернативные кормовые растения могут быть еще более ценными, как, например, просо прутьевидное, дававшее в среднем 14.3 т/га при отчуждении с урожаем 125 кг N/га, 40 кг P_2O_5/га и 260 кг K_2O/га. Соответствующие величины для мискантуса гигантского составили 16.1 т/га, 151 кг N/га, 48 кг P_2O_5/га и 225 кг K_2O/га.

Хотя формирование травостоя аборигенных теплолюбивых злаковых трав считается трудным, существует множество успешных примеров создания продуктивных травостоев ко второму году пользования (Keyser и др., 2016). Как показали исследования, за счет внесения бóльшего количества азотных удобрений и проведения частых укосов в начале вегетационного периода получаются корма с достаточно высокой питательной ценностью. Аборигенные теплолюбивые злаковые травы могут быть особенно ценными для повышения потенциальной продуктивности малопродуктивных сельскохозяйственных земель, а также для выпаса жвачных животных в лесопастбищных комплексах в сочетании с древесными породами и (или) для производства биотоплива.

Не надо забывать, что кормовые травы – ключевая составляющая почвозащитных мероприятий

Кормовые травы обладают множеством преимуществ, связанных с качеством окружающей среды и защитой почв и способствующих улучшению их здоровья. Глубокопроникающие корневые системы травяных угодий, включая многолетние кормовые травы, и связанные с ними биологические формы жизни (особенно дождевые черви как визуальный индикатор) улучшают структуру и воздухопроницаемость почвы, облегчают инфильтрацию влаги и, таким образом, способствуют поддержанию аэробных условий в почве. Одно из ключевых преимуществ почвы, в течение десятилетий находившейся под многолетними кормовыми травами, – высокое содержание органического вещества вблизи по-

Выпас коров на аборигенных теплолюбивых злаковых травах в лесопастбищном (комбинирующем на одном угодье деревья или кустарники и совместимые кормовые травы) эксперименте вблизи г. Голдсборо, штат Северная Каролина (США).

верхности, а также его потенциально более высокое содержание в нижележащих слоях по сравнению с обрабатываемыми полевыми угодьями. Ряд исследований показал, что кормовые травы, высаженные как по всему полю, так и просто полосами, могут значительно уменьшить поверхностный сток воды и, соответственно, смыв почвы. Другие исследования продемонстрировали, что почва под многолетними кормовыми травами обогащается органическим углеродом и азотом, имеет стабильную структуру и бóльшее содержание элементов питания за счет накапливаемого органического вещества. Нитраты, вымытые в дренажную систему при возделывании люцерны или на почвозащитных травяных угодьях, зачастую составляют лишь часть от того количества нитратов, которое теряется с полей, занятых однолетними культурами – кукурузой и соей. Диверсификация севооборотов путем введения видов с разным строением корневых систем, использование почвопокровных культур и сокращение нарушений поверхностного слоя почвы за счет использования минимизированной или нулевой обработки могут снизить интенсивность образования нитратов при разложении органического вещества почвы.

Заключительные соображения

При проектировании сельскохозяйственных систем многолетние кормовые травы должны рассматриваться в качестве важного инструмента, направленного не только на защиту почв в агроландшафтах, но и на расширение производства за счет оздоровления почвы и развития более сильной интеграции растениеводства и животноводства для улучшения экологии системы, а также за счет уменьшения зависимости от программ субсидирования, поддерживающих системы монокультур.

Д-р Францлюберс – эколог-исследователь Службы сельскохозяйственных исследований Министерства сельского хозяйства США (USDA), профессор кафедры растениеводства и почвоведения Университета штата Северная Каролина;
e-mail: alan.franzluebbers@ars.usda.gov.

Литература

Fike, J.H. et al. 2006. Biomass Bioenergy 30:198-206.
Franzluebbers, A.J. 2016. Agric. Environ. Lett. 1:150009 doi:10.2134/ael2015.11.0009.
García-Prechac, F. et al. 2004. Soil Tillage Res. 77:1-13.
Hoefnages, R. et al. 2010. Renewable Sustain. Energy Rev. 14:1661-1694.
Keyser, P.D. et al. 2016. Crop Sci. 56:1-10.
Nafziger, E.D., and R.E. Dunker. 2011. Agron. J. 103:261-267.
Wang, Z. 2016. Dissertation at NC State Univ.

Редактирование перевода с английского и адаптация: В.В. Носов.

Применение удобрений при выращивании высокоурожайной люцерны в штатах Калифорния и Аризона

Н. Кларк, С. Орлофф и М. Оттман

*В штатах Калифорния и Аризона (США) получают **одни из самых высоких урожаев люцерны в мире** с зафиксированным максимумом в 53.8 т сена/га за год.*
*На примере **трех выращивающих люцерну агроэкологических регионов** представлены системы применения удобрений, необходимые для получения высоких урожаев.*

В штатах Калифорния и Аризона (США) находятся одни из самых высокоурожайных полей люцерны в мире. Средняя урожайность сена, получаемая на площадях в 0.4-0.5 млн га, составляет 12.3-20.2 т/га за год. Здесь сосредоточено 6% посевов данной культуры в США и обеспечивается 10% производства. Надлежащее управление плодородием почвы – ключ к получению высоких урожаев в этих двух штатах. В настоящей статье рассматриваются три заслуживающих внимания региона, выращивающих люцерну: межгорье (штат Калифорния), Центральная долина (штат Калифорния) и пустыня (штаты Калифорния и Аризона).

Хотя природные условия и практикуемые агротехнологии в указанных регионах сильно различаются, для выявления и корректировки недостатка элементов питания используется общий базовый подход. Данная общность объясняется возделыванием одной культуры – люцерны. Для выполнения основных жизненных функций и продуцирования биомассы нормально функционирующим растениям люцерны необходимо одно и то же соотношение элементов питания независимо от места произрастания.

При планировании системы применения удобрений прежде всего необходимо принимать во внимание потенциальную урожайность для каждого поля. Данную величину можно использовать для расчета ожидаемого выноса элементов питания с урожаем и для уточнения рекомендаций по дозам удобрений (**табл. 1-2**). Проведение по-

Таблица 1. Вынос элементов питания с урожаем сена люцерны.

Элемент питания	Годовая урожайность люцерны, т/га				
	13.5	17.9	22.4	26.9	33.6
	Вынос элементов питания, кг/га				
N	403	538	672	806	1008
P (P_2O_5)	35 (80)	47 (106)	58 (133)	69 (160)	87 (200)
K (K_2O)	269 (323)	358 (430)	448 (538)	538 (645)	672 (806)
Ca	215	287	358	430	538
Mg	45	59	74	88	111
S	27	36	45	54	67
Fe	2.6	3.4	4.3	5.2	6.4
Mn	1.7	2.2	2.8	3.4	4.3
Cl	1.7	2.2	2.8	3.4	4.3
B	0.4	0.6	0.7	0.8	1.0
Zn	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8
Cu	0.13	0.18	0.22	0.27	0.34
Mo	0.027	0.036	0.045	0.054	0.067

Адаптировано из: Summers и Putnam (2008).

Таблица 2. Рекомендации по применению удобрений для люцерны.

Элемент питания	Урожайность, т/га	Классы обеспеченности по данным почвенной или растительной диагностики		
		Недостаточный	Пограничный	Достаточный
		Дозы внесения удобрений, кг/га		
P_2O_5	9.0	67-101	34-50	0-22
	17.9	134-202	67-101	0-50
	26.9	202-302	101-146	0-67
K_2O	9.0	112-224	56-112	0-56
	17.9	336-448	168-224	0-112
	26.9	448-672	224-336	0-168

Адаптировано из: Summers и Putnam (2008); Orloff (1997).

Таблица 3. Пригодность методов для оценки условий минерального питания люцерны.

Элемент питания	Почвенная диагностика	Растительная диагностика
Фосфор	Хорошая	Отличная
Калий	Хорошая	Отличная
Сера	Очень плохая	Отличная
Бор	Плохая	Отличная
Молибден	Не рекомендуется	Отличная

Адаптировано из: Summers и Putnam (2008).

чвенной и растительной диагностики, а также анализ поливной воды – лучший подход, позволяющий определить необходимость корректировки минерального питания люцерны (**табл. 3-4**). Использование реперных участков для отбора почвенных и растительных образцов (проводится ежегодно с фиксированных участков поля) способствует выявлению тенденций в изменении уровня минерального питания – обогащения или истощения.

Производство люцерны в штатах Калифорния и Аризона в основном лимитируется такими макроэлементами, как фосфор, калий и сера. В межгорье штата Калифорния также возможет недостаток молибдена и бора.

Межгорье штата Калифорния

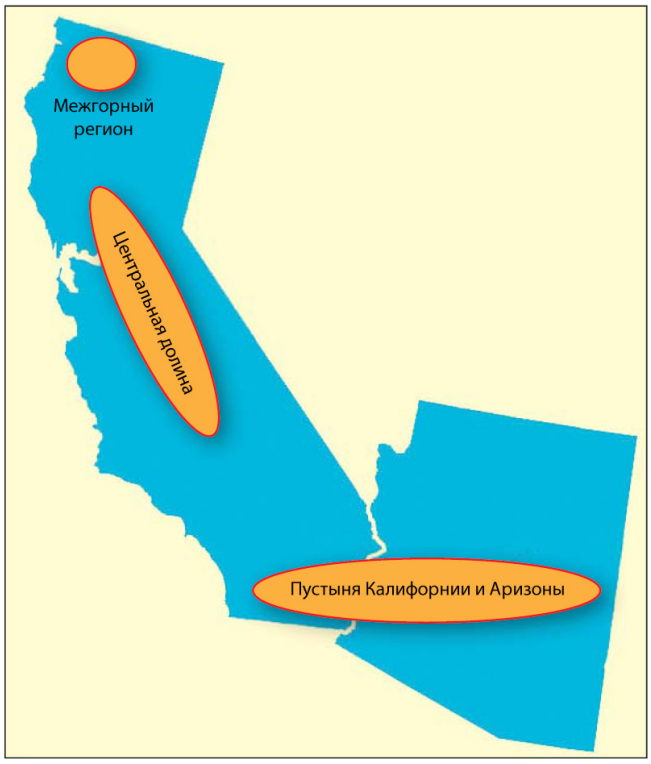
Люцерна – основная орошаемая культура в межгорной зоне на севере штата Калифорния исходя из занимаемых площадей. Она возделывается в высоко расположенных долинах (762-1524 м), разбросанных по всему региону. Из-за широты и высоты эти долины отличаются более коротким и прохладным вегетационным периодом по сравнению с другими регионами возделывания люцерны в штате Калифорния. Годовое производство, как правило, составляет 10.1-17.9 т/га (чаще всего – 11.2-14.6 т/га) при 3-4-х укосах в год. Удобрение люцерны в межгорной зоне связано с бóльшими сложностями, чем в большинстве других регионов ее возделывания в штате Калифорния по нескольким причинам:

1. Для бóльшей части полей нет возможности использовать последействие элементов питания, внесенных под такие интенсивно удобряемые предшественники, как томат, хлопчатник или дыня, поскольку люцерна – доминиру-

Таблица 4. Интерпретация результатов почвенной и растительной диагностики при возделывании люцерны.

Элемент питания	Часть растения	Единицы измерения	Содержание в растениях			
			Недостаточное	Пограничное	Достаточное	Высокое
P ($P-PO_4$)	Средняя треть, стебли	мг/кг	300-500	500-800	800-1500	> 1500
K	Средняя треть, стебли	%	0.40-0.65	0.65-0.80	0.80-1.50	> 1,50
S ($S-SO_4$)	Средняя треть, стебли	мг/кг	0-400	400-800	800-1000	> 1000
B	Верхняя треть	мг/кг	< 15	15-20	20-40	> 200
Mo	Верхняя треть	мг/кг	< 0.3	0.3-1.0	1.0-5.0	5.0-10.0
P	Гидрокарбонат натрия	мг/кг	< 5	5-10	10-20	> 20
K	Ацетат аммония	мг/кг	< 40	40-80	80-125	> 125
	Серная кислота	мг/кг	< 300	300-500	500-800	> 800
B	Насыщенная водой паста	мг/кг	< 0.1	0.1-0.2	0.2-0.4	> 0.4

Адаптировано из: Summers и Putnam (2008).



Регионы выращивания люцерны в штатах Калифорния и Аризона (США).

ющая культура.

2. Первый укос обычно составляет 4.5-6.7 т/га, что свидетельствует о сравнительно высокой потребности в элементах питания.

3. Низкая температура почвы весной, что влияет на доступность элементов питания в критический период роста.

4. Многие почвы обладают более низким естественным плодородием по сравнению с другими регионами.

Недостаток фосфора встречается чаще всего, и обеспеченность фосфором имеет первостепенную важность для получения высокого урожая. Внесение фосфорного удобрения по крайней мере за 60-90 дней до первого укоса дает лучший эффект. Максимальная отзывчивость на внесение фосфорного удобрения, как правило, наблюдается при первом укосе, так как он обычно более урожайный, и при этом доступность фосфора ниже из-за низкой температуры почвы. Поэтому внесение фосфорных удобрений осенью или зимой более эффективно, чем в середине вегетационного периода.

Следующий элемент по распространенности недостатка – сера. Форма применяемых серосодержащих удобрений зависит от доступности почвенной серы и величины pH почвы. При сильном дефиците данного элемента питания рекомендуется внесение тонкодисперсной элементарной серы для обеспечения ее быстрого окисления до сульфатной формы, усваеваемой растениями. Гипс – альтернативный продукт для почв с $pH_{H2O} < 7$, поскольку в гипсе сера уже находится в сульфатной форме, и он не изменяет pH почв, тогда как внесение элементарной серы – снижает. На нейтральных или щелочных почвах при умеренном дефиците серы элементарная сера – самая экономически выгодная форма удобрения. Эффективно вносить 224-336 кг S/га, и действие серосодержащих удобрений будет сохраняться в течение нескольких лет.

В отдельных частях межгорной зоны наблюдается недостаток калия. Признаки недостатка калия легко различимы (пятнистость и пожелтение краев листовых пластин).

В межгорье штата Калифорния, особенно на почвах с $pH_{H2O} < 7$, регистрируется недостаток бора и молибдена. Между дефицитом и токсичностью некоторых микроэлементов (особенно бора) существует довольно тонкая грань, поэтому важно применять надлежащие дозы микроудобрений. Их можно вносить разово на несколько лет. Часто их применяют в жидком виде и распыляют в течение периода покоя.

Центральная долина штата Калифорния

Приблизительно 70% люцерны в штате Калифорния производится в Центральной долине, включающую долину р. Сакраменто на севере и долину р. Сан-Хоакин на юге. Поля простираются от дельт р. Сан-Хоакин и р. Сакраменто, расположенных на уровне моря, до северных и южных границ долины, где высота составляет 152 м. Распространены как перегнойные почвы с высоким содержанием органического вещества – вблизи

Недостаток **калия** у люцерны.

Недостаток **серы** у люцерны.

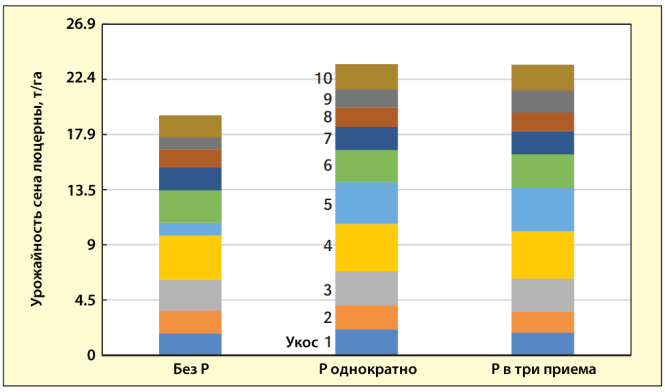


Рис. 1. Урожайность сена люцерны за 10 укосов без внесения фосфорных удобрений, при однократном (131 кг P_2O_5/га) и трехкратном (по 44 кг P_2O_5/га) применении аммофоса: г. Бакай, штат Аризона (США), 2015 г. Исходное содержание подвижного фосфора в почве (метод Олсена) – 4 мг P/кг почвы (Ottman, неопубликованные данные).

Недостаток **бора** у люцерны.

дельты рек, так и аллювиальные почвы с высоким содержанием минеральной части, залегающие у подножия горных хребтов и на дне древнего моря. Продолжительный вегетационный период позволяет получать 7-9 укосов за год. Средняя урожайность составляет 17.9 т/га за год, а некоторые производители сообщают о получении до 33.6 т/га. У большинства сортов, выращиваемых в данном регионе, индекс наступления состояния покоя (fall dormancy rating, FDR) составляет 4-9, а в долине р. Сакраменто возделываются сорта с более ранним наступлением состояния покоя.

Наиболее распространен недостаток таких элементов питания, как фосфор, калий и сера. Недостаток фосфора менее характерен для регулярно удобряемых навозом полей в севооборотах с кормовыми культурами, выращиваемыми для молочного скота, поскольку фосфор имеет тенденцию к накоплению в почве, если потребности растений в азоте покрываются за счет использования навоза крупного рогатого скота. Однако при низком содержании фосфора в почве необходимо применение фосфорных удобрений. При переходе в севообороте к люцерне ленточное внесение фосфорных удобрений одновременно с посевом повышает эффективность использования фосфора из удобрений растениями. В сформированных травостоях люцерны гранулированные фосфорные удобрения обычно вносят вразброс в конце зимы перед первым укосом.

Может также наблюдаться и недостаток калия, хотя значительно реже, чем недостаток фосфора. Дефицит калия чаще всего встречается на опесчаненных почвах в восточной части долины р. Сакраменто и северной части долины р. Сан-Хоакин. Для большей части Центральной долины калийные удобрения не требуются. На полях, где плодородие почвы повышается за счет регулярного внесения навоза крупного рогатого скота, недостаток калия маловероятен, но может наблюдаться избыток калия, который отрицательно сказывается на качестве люцернового корма.

Недостаток серы вызывает задержку роста и общее пожелтение растений, но с помощью визуальной диагностики недостаток серы бывает трудно распознать. Он чаще встречается на полях с орошением талыми водами, которые обычно имеют низкое содержание солей. Растительная диагностика – единственный надежный способ выявления недостатка серы. К тому же при подозрении на дефицит серы растительная диагностика должна проводиться в конце зимы после первого укоса, когда пониженная температура почвы замедляет процесс окисления серы до сульфатной формы. При наличии недостатка серы это как раз то самое время года, когда он вероятнее всего выявляется.

Пустыни штатов Калифорния и Аризона

Пустыни штатов Калифорния и Аризона характеризуются жарким сухим климатом, щелочными (pH_{H2O} > 7) и карбонатными (содержащими свободный карбонат кальция – известняк) почвами. В данном регионе чаще всего наблюдается недостаток фосфора из-за высокой фосфатфиксирующей способности почв, в которых водорастворимый фосфор легко переходит в нерастворимые минеральные соединения. Дефицит фосфора наиболее вероятен в течение более прохладных периодов года. Недостаток других элементов питания, например, калия, также возможен в этом регионе, но наблюдается редко.

Была показана неэффективность дробного внесения фосфорных удобрений (**рис. 1**). Лучший срок для их применения – конец зимы или начало весны, когда растения выходят из состояния покоя, поскольку фосфор вероятнее всего потребуется при относительно низкой температуре почвы весной. При дробном внесении дозы удобрений за каждый прием должны быть настолько высокими, чтобы достигался достаточный уровень обеспеченности почвы подвижным фосфором.

В пустынях штатов Калифорния и Аризона люцерна может по-разному отзываться на разные формы фосфорных удобрений. Фосфор может быть более доступен из подкисляющих почву удобрений, например, из фосфорной кислоты, поскольку при этом меньшее количество фосфора быстро фиксируется почвой. Кроме того, фосфор, внесенный в органической форме, такой как на-

воз, не фиксируется минеральной частью почвы, как это происходит с неорганическими фосфорными удобрениями. Было показано, что для питания люцерны гранулированный аммофос несколько более эффективен, чем внесение полифосфатов аммония с поливной водой (Ottman и др., 2006). При использовании аммофоса наблюдалась тенденция к миграции фосфора в почве на бóльшую глубину, хотя удобство применения полифосфатов аммония с поливной водой также следует принимать во внимание.

В штатах Калифорния и Аризона обеспеченность пустынных почв калием обычно высокая. Однако недостаток калия у люцерны может наблюдаться на песчаных почвах и на почвах, где прежде выращивались культуры, отчуждающие с урожаем большое количество калия, включая саму люцерну и хлопчатник. Недостаток калия легко корректируется за счет применения гранулированных калийных удобрений.

Выводы

Различия в плодородии почв и климате, наблюдаемые при переходе от северной границы штата Калифорния к пустынным долинам штата Аризона, подразумевают использование разных систем применения удобрений, адаптированных к условиям каждого региона. Однако, определение потребности растений в элементах питания на основе потенциальной урожайности и почвенно-растительной диагностики, позволяющей выявить их недостаток, остается неизменным. Знание и использование потенциальной урожайности для каждого поля в качестве ориентира для установления потребности растений в элементах питания представляет собой универсальный подход. Анализ почвы и растений на содержание фосфора и калия и анализ растений на содержание серы, молибдена и бора – лучшие способы выявления недостатка элементов питания и выработки мер по его коррекции. Это испытанные и действенные методы, способствующие поддержанию высокой урожайности травостоев люцерны в данном регионе.

Г-н Кларк (e-mail: neclark@ucanr.edu) и г-н Орлофф – сельскохозяйственные консультанты Кооперативной консультационной службы Университета штата Калифорния (США).

Д-р Оттман – консультирующий агроном Университета штата Аризона (США) (e-mail: mottman@ag.arizona.edu).

Литература

Orloff, S. 1997. Intermountain Alfalfa Management. UCANR Publ 3366.

Ottman, M.J. et al. 2006. Agron. J. 98:899-906.

Summers, C. and D. Putnam. 2008. Irrigated Alfalfa Management for Mediterranean and Desert Zones. UCANR Publ. 3512.

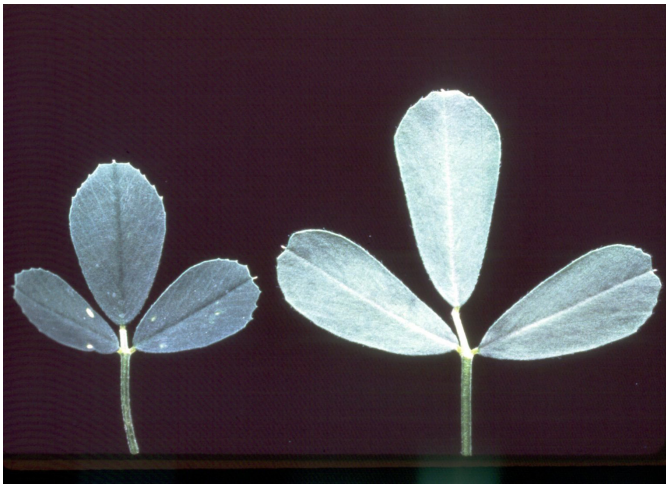
Редактирование перевода с английского и адаптация: В.В. Носов.

Признаки дефицита элементов питания у люцерны*

Азот

Недостаток азота у люцерны.
Автор: M. Bagavathiannan, University of Manitoba

Фосфор



Мелкий лист растения при дефиците фосфора и лист здорового растения (справа).

* Фотографии из коллекции Международного института питания растений (IPNI)

Калий

Недостаток калия у люцерны.

Недостаток калия у люцерны.
Автор: T.L.Roberts

Недостаток калия у люцерны.
Автор: A. E. Ludwick

Недостаток калия у люцерны.

Недостаток калия у люцерны.
Автор: A. E. Ludwick

Недостаток калия у люцерны.
Автор: A. E. Ludwick

Кальций

Лист растения при дефиците кальция и лист здорового растения (справа).

Железо

Внешние признаки недостатка железа у люцерны в фазу цветения (непосредственно перед последующим укосом). У растений ярко выражен сильный хлороз молодых листьев, что связано с очень низкой подвижностью железа в растениях. Жилки листьев остаются зелеными. Почва характеризовалась высоким pH (pH_{H2O} = 8.2) и не получала Fe-содержащих удобрений в течение долгого времени. Содержание водорастворимого Fe в почве было низким (4.1 мг/кг). Содержание Fe в молодых листьях составило 82 мг/кг.

Авторы: Dr. S. Srinivasan

Бор

Содержание бора в растениях составило 6 мг B/кг (при критическом содержании 25 мг B/кг).

Автор: N. Miles

Недостаток бора у люцерны.

Автор: T.L.Roberts

Сера

Недостаток серы у люцерны.

Молибден

Недостаток молибдена у люцерны.

Автор: T.L.Roberts

Магний

Недостаток магния у люцерны.
Автор: J. Stewart

Недостаток магния у люцерны.
Автор: T.L.Roberts

Признаки дефицита элементов питания у других кормовых трав

Клевер, дефицит калия

Недостаток калия у клевера белого.
Автор: M. Hasegawa

Недостаток калия у клевера.
Автор: L. S. Murphy

Клевер, дефицит бора

Недостаток бора у клевера инкарнатного
Угнетение образования цветков. Может наблюдаться пожелтение и покраснение верхних листьев.
Автор: J. L. Sanders

Недостаток бора у клевера инкарнатного. Угнетение образования цветков.
Автор: J. L. Sanders

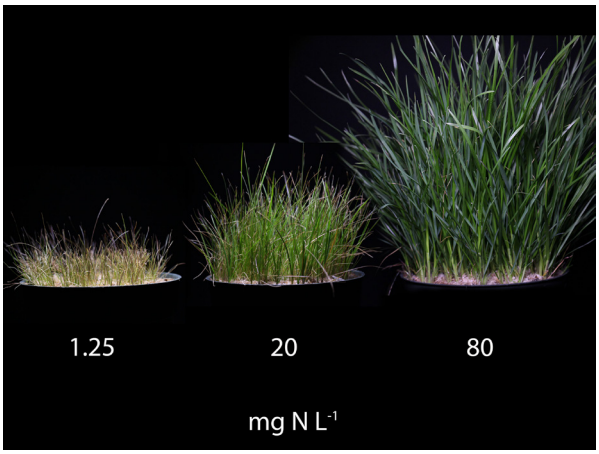
Клевер, дефицит магния

Недостаток магния у клевера.в травосмеси
Автор: L. S. Murphy

Клевер, дефицит марганца

Лист растения, получившего марганец в виде некорневой подкормки (слева) и растение с контрольного участка (справа)

Мятлик, дефицит азота



Мятлик выращивали в вегетационном опыте на кварцевом песке, используя питательные растворы для полноценного минерального питания с разными концентрациями азота.
Автор: Ms. Andi Tyler

Райграс, дефицит железа

Симптомы дефицита железа у райграса на карбонатной почве (pH = 8.2)
Автор: S. Tu

Суданская трава, дефицит железа

Симптомы дефицита железа у суданской травы на карбонатной почве (pH = 8.2)
Автор: S. Tu

Свинорой (бермудская трава) дефицит калия

Травостой в течение 2-х лет не удобрялся калием. Среднее содержание обменного калия в почве в 2007 г. – 82 мг K/кг почвы. Содержание калия (K) в 4-х укосах в 2007 г. изменялось от 0.57 до 1.03%. В среднем для всех укосов общая биомасса растений в варианте без применения калийных удобрений была на 41% ниже по сравнению с вариантом, где за сезон (4 укоса) в общей сложности было внесено 560 кг K_2O/га.
Автор: C. Massey

Все выпуски вестника «Питание растений»:

http://www.ipni.net/publication/pnt-eeca.nsf

Подписка на электронную рассылку вестника «Питание растений»:

https://media.ipni.net/publication/newsletter/eecasubscribe.nsf/subscribe

IPNI

Международный
Питания Растений
Институт

Восточная Европа и Центральная Азия

125466 Российская Федерация, Москва, ул. Ландышевая, д.12, вл. 17а
Тел./Факс: 8 (495) 580 64 14
http://eeca-ru.ipni.net
http://www.ipni.net
ipni-eeca@ipni.net

Выше урожай и качество, сохраняя окружающую среду...
С помощью науки