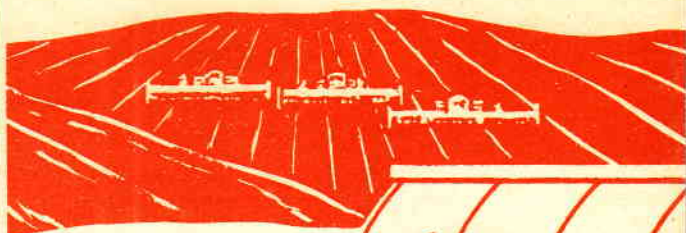




ВНИИТЭИСХ



обзор литературы

МИНЕРАЛЬНЫЕ
ПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА
В ТРАВАХ ЛУГОВ
И ПАСТБИЩ

МОСКВА 1970

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТА СССР

Всесоюзный научно—исследовательский институт
информации и технико—экономических исследований
по сельскому хозяйству

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

МИНЕРАЛЬНЫЕ
ПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА
В ТРАВАХ ЛУГОВ
И ПАСТБИЩ

МОСКВА - 1970

Роль лугов и пастбищ как устойчивой полноценной и относительно дешевой кормовой базы для животноводства с ростом продуктивности значительно повысится. При длительном пастбищном содержании животные почти не получают других кормов, кроме травы с ограниченного участка, поэтому большое значение приобретают кормовые качества трав.

Обзор содержит сведения о потребности сельскохозяйственных животных в минеральных веществах, поступающих с кормами, и их содержании в травах при использовании под выпас и при уборке на сено или силос. Особое внимание уделено химическому составу трав и возможности регулирования его с помощью удобрений.

Книга представляет большой научный и практический интерес для широкого круга научных работников и специалистов.

Перевод обзора, составленного Д.С.УАЙТХЕДОМ (Англия), выполнен кандидатом сельскохозяйственных наук Г.Г.ЧЕРЕПАНОВЫМ. Отзывы и пожелания просьба направлять по адресу: Москва, И-139, Орликов пер., дом 3, корпус "А" ВНИИТЭИсельхоз.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы уделяется много внимания вопросам получения максимального урожая сухого вещества трав, используемых как для скашивания, так и для выпаса. Трава — продукт для получения мяса, молока и шерсти, поэтому ее кормовые достоинства имеют жизненно важное значение.

Для удовлетворения потребностей животных требуется не менее 40 компонентов, из которых 15 — минеральные элементы (фосфор, калий, кальций, магний, сера, натрий, хлор, железо, марганец, цинк, медь, кобальт, йод, селен, молибден). Некоторые из этих элементов, а также элементы, которые не считаются питательными веществами, могут содержаться в травах в количествах, токсичных для животных.

Менее требовательно жвачное животное к набору аминокислот и витаминов в рационе. В таблице 1 приведена примерная потребность в минеральных веществах коров весом 500 кг и с суточным удоем 15 кг (эта потребность взята из текущих рекомендаций Совета по исследованиям сельского хозяйства АРК).

У некоторых групп скота потребность в отдельных минеральных веществах довольно постоянна, а у коров — зависит от удоя.

Состав элементов, необходимых для животных и растений, различен. Так, кобальт требуется только некоторым растениям, например бобовым, так как он способствует фиксации азота; натрий нужен растениям-галофитам, но его необходимость для высших растений в целом не доказана (87); молибден необходим всем растениям.

Содержание каждого элемента в травянистых растениях колеблется в широких пределах (табл. 2) и в большинстве случаев не обеспечивает минимальную потребность животных. Поэтому очень важно установить факторы, влияющие на минеральный состав, и уточнить, не приводит ли технология, предлагаемая для получения самых высоких урожаев, к сни-

жению содержания минеральных веществ. Так, если при внесении минеральных удобрений урожай удваивается и одновременно сохраняется минеральный состав растений, то почва должна обеспечить двойной расход минеральных элементов, которые не входили в состав удобрений. С ростом производства чистых концентрированных азотных, фосфорных, калийных удобрений и сокращением применения органических удобрений, с ростом урожайности вероятность недостатка вторичных элементов и микроэлементов будет возрастать.

Таблица 1

Рекомендации по сбалансированному содержанию минеральных веществ в корме

Элемент	Содержание элементов, % или мг/кг сухого вещества корма	Источник
N	1,4%	АРК (1966)
P	0,36%	- " -
K	0,31-0,44%	- " -
Ca	0,43%	- " -
Mg	0,12%	- " -
Mg	0,2%	(223)
S	0,1%	(34)
Na	0,13%	АРК (1966)
Cl	0,21%	- " -
Fe	30 мг/кг	- " -
Mn	40 мк/кг	- " -
Zn	50 мг/кг	- " -
Cu	10 мг/кг	- " -
Cu	4-6 мг/кг	(206)
Co	0,1 мг/кг	АРК (1966)
J	0,8 мг/кг	- " -
Se	0,05 мг/кг	(65)

Содержание минеральных элементов в травянистых растениях

Элемент	Содержание элементов	Название	Источник
N	0,90%	Райграс итальянский	(38)
	6,39%	Клевер белый	Ин-т луговодства (1966)
P	0,03%	Южно-африканское степное пастбище	(160)
	0,68%	Клевер белый	(14)
K	0,29%	Клевер белый	(14)
	7,51%	- " -	(14)
	0,04%	Тимофеевка	(14)
Ca	6,00%	Люцерна	(14)
	0,03%	Клевер белый	(54)
Mg	0,75%	Клевер красный	(14)
	2,11%	Люцерна	(14)
S	0,015%	Смешанное пастбище	(81)
	2,05%	Райграс многолетний	Ин-т луговодства (1966)
Cl	0,02%	Смешанное пастбище	(81)
	2,12%	Райграс итальянский	(38)
Na	21 мг/кг	Райграс	(144)
	1000 мг/кг	Люцерна	(14)
Fe	9 мг/кг	Луговые травы	(44)
	2400 мг/кг	Люцерна	(118)
Mn	1 мг/кг	Злаковые	(64)
	112 мг/кг	Люцерна	(14)

Элемент	Содержание элемента	Название	Источник
Cu	1,1 мг/кг	Смешанное пастбище	(36)
Cu	29,0 мг/кг	Клевер красный	(167)
Co	0,016 мг/кг	Клевер средиземно-морский	(163)
	4,7 мг/кг	- " -	(2)
	0,069 мг/кг	Люцерна	(14)
J	5 мг/кг	Пастбище	(192)
Se	0,01 мг/кг	Некоторые злаковые и клевер	Почвенная опытная станция в Рукуйя (1961-62)
Se	4000 мг/кг	Сорняки	(192)
	1 мг/кг	Злаковые травы	(142)
B	95 мг/кг	Люцерна	(165)
Mo	0,01 мг/кг	Клевер красный	(167)
	156 мг/кг	Клевер	(117)

Современная литература о минеральном составе трав довольно обширна, но, как правило, отрывочна, и ее трудно интерпретировать. Минеральный состав отдельных видов растений зависит от многих факторов окружающей среды. На поступление питательных веществ в растения оказывают влияние тип почвы, фаза роста, время года и климатические факторы. В значительной степени доступность питательных элементов зависит от взаимодействия ионов. Данные о влиянии метаболических факторов на минеральный состав различных культур приведены **Smith** (186). Более ранние литературные данные о минеральном составе пастбищных растений обобщены **Orr** (160), более поздние, содержащие ценную информацию, **Fleming** (62), **Reith, Mitchell** (175), **Mitchell** (142), **Underwood** (206), **Thompson** (200), **Russell, Duncan** (180).

Часть I

ОТДЕЛЬНЫЕ ПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА

АЗОТ

Определяющую роль в содержании азота в растениях играет доступный азот почвы. Считают, что растения обеспечены азотом нормально, если содержание органического вещества в фазу роста более 3,5% (221). При низкой обеспеченности почв азотом бобовые содержат его больше, чем злаковые, а при высокой обеспеченности различий нет. По данным **Henderson et al.** (85), при выращивании в идентичных условиях клеверо-злаковая смесь на основе полевицы содержала больше азота, чем на основе смеси райграса многолетнего, овсяницы луговой, тимopheевки и ежи.

Fleming, Coulter (63) установили, что райграсс многолетний, тимopheевка и грубостебельные луговые травы в определенной фазе роста имеют одинаковое содержание азота. Имеют место и сортовые различия, что показано **Hunt, Alexander** (92) на примере райграса английского.

С возрастом трав содержание азота в них снижается (63). При частом скашивании сезонные изменения содержания азота не так заметны, но содержание его, как правило, летом ниже, чем весной и осенью.

При внесении азотных удобрений содержание азота в злаковых травах обычно повышается, а в бобовых — не изменяется. По данным **Rahman et al.** (170), содержание азота в райграссе на сено при внесении аммиачной селитры заметно возрастает, но преимущественно в небелковой форме. Результаты работ Научно-исследовательского института луговодства в Харли (1966) показали, что при ежегодном внесении 315 кг/га азота в форме известково-аммиачной селитры среднее содержание азота в травах при выпасе повышалось с 2,55% до 3,36%, а при скашивании содержание азота почти не изменялось. **Nielsen, Cunningham** (154) сообщают, что содержание азота повышается преимущественно в нитратной форме, а не в аммонийной.

По данным Reith et al. (174), фосфор не оказывает влияния на содержание азота, а другие авторы (77) отмечают, что в зависимости от обеспеченности почвы азотом фосфор повышает или снижает содержание азота в растениях.

Влияние калия на содержание азота зависит от обеспеченности почв азотом. Reith et al. (174) установили, что при отсутствии азотных удобрений калий не оказывает влияния на содержание азота даже при повышенной доле клевера в травосмеси, а при внесении их часто снижает содержание азота. О незначительном снижении содержания азота сообщили также Stewart, Holmes (187).

Нитратный азот. Если основным источником азота являются нитратные удобрения, то содержание нитратного азота в растении может быть использовано в качестве показателя обеспеченности азотом. Считают, что для злаковых критическое содержание его - около 100 мэкв/кг, или 0,14% нитратного азота (221).

Обзор по токсическому влиянию нитратов на животных и накоплению их в растениях составлен Wright, Davison. (226). Они установили, что сам по себе нитрат-ион для животных относительно безопасен; токсическое влияние оказывают преимущественно нитриты, образующиеся в пищеварительном тракте жвачных. Тот факт, что имеются противоречивые данные по токсическому влиянию незначительного количества нитратов на животных, объясняется наличием других токсичных продуктов.

Wright, Davison (226) считают, что корма с содержанием нитратного азота более 0,34-0,45% следует относить к потенциально токсичным. Другие авторы считают критическим 0,07% нитратного азота, так как корма, содержащие этот уровень нитратов, часто вызывают абортирование и снижение удоя крупного рогатого скота (149).

Высокое содержание нитратов в травах наблюдается чаще всего при внесении больших доз азотных удобрений, а также под влиянием других факторов (205). Разные виды растений значительно отличаются по способности накапливать нитраты. Наибольшее количество нитратов обычно содержится в растениях перед цветением. Поглощение нитратов усиливается на кислых почвах и при относительно низкой обеспеченности их фосфором. Сера также способствует накоплению нитратов и переводу их в другие соединения. Сравнительно низкая температура и интенсивность освещения оказывают влияние на аккумуляцию нитратов. По данным MacLeod (124), применение калия снижает содержание нитратов в травах.

Данные о содержании нитратного азота в семи видах злаковых, в том числе в двух разновидностях райграса много-

летнего и тимофеевки, приведены Griffith, Johnston (72).

Большое влияние оказывают дозы удобрений. В опытах Ferguson и Terry (59) при внесении на укос по 7,5 ц/га известково-аммиачной селитры под злаково-клеверную смесь содержание нитратного азота в злаках в пятом укосе составило 0,525%, или 12% от общего азота.

Различные виды азотных удобрений неодинаково влияют на содержание нитратов в злаковых. Так, по данным Nowakowski (158), при внесении под райграс итальянский 125 кг/га азота в виде кальциевой селитры, аммиачной селитры, сульфата аммония и мочевины содержание нитратного азота составило соответственно 0,138, 0,142, 0,039 и 0,072%. Kershaw (104) сообщает, что часто при замене сульфата аммония на кальциевую селитру злаковые травы содержат нитратного азота более 0,07%.

В опытах, проведенных Griffith (71), через шесть недель после внесения сульфата аммония в дозе 5 ц/га содержание нитратного азота в злаково-клеверной смеси составляло лишь 0,04%, а в дозах 10 и 15 ц/га - соответственно около 0,15 и 0,27%.

ФОСФОР

При нормальных условиях содержание фосфора в травах колеблется меньше, чем содержание других элементов. Оно редко выходит за пределы 0,2-0,5%, и лишь на очень бедных почвах содержание фосфора может быть ниже. На пастбищах в южноафриканской вельде (160) в травах и на холмистых пастбищах Новой Зеландии в овсянице новозеландской содержится лишь 0,03% P (31).

По данным de Wit et al. (221), злаковые травы в вегетационный период нормально обеспечены фосфором, если общее содержание H_3PO_4 более 70 мэкв/кг (0,22% P). Но Lunt et al. (120) в условиях вегетационных опытов установили, что критический уровень содержания фосфора в растениях через неделю после укоса для получения максимального урожая должен составлять 0,35%.

Злаковые и бобовые содержат примерно одинаковое количество фосфора (192), сезонные изменения которого мало заметны (174, 187).

Правда, Melville, Sears (134) и Saunders (184) сообщают о более высоком содержании фосфора зимой и весной. Lampeter (112) установил, что бобовые повышают содержание фосфора в травах, особенно в смеси люцерны и

овсяница луговой. Так как с возрастом содержание фосфора в растениях снижается, то меньше всего его в сене.

По данным Alderman (4), за период 1958-1962 гг. в Южном Уэльсе в среднем 5% образцов сена содержало менее 0,15% P и 40% образцов - менее 0,26% P. Последние показатели находились в пределах, отвечающих существовавшим требованиям, но в настоящее время АРК (1966) рекомендует более высокое содержание P в сене (0,30%), особенно при скармливании его молочному скоту.

Фосфорные удобрения часто не оказывают значительного влияния на содержание фосфора в растениях, за исключением участков с очень плохой обеспеченностью почв этим элементом.

Stewart, Holmes (187) установили, что NPK в разных соотношениях почти не влияют на содержание фосфора в травах. Отсутствие влияния азота на содержание фосфора подтвердили Reith et al (174).

Rahmen et al. (170) показали, что влияние азота и калия зависит в значительной степени от сроков уборки. Другие же исследователи отмечают снижение содержания фосфора в травах при внесении азотных удобрений. Mortensen et al. (148) сообщают о незначительном снижении. MacLeod (124) приводит данные о снижении содержания фосфора с 0,32 до 0,18% в трех видах злаковых трав при внесении 670 кг/га азота в виде аммиачной селитры. В опытах Научно-исследовательского института луговодства (1966) содержание фосфора по мере повышения дозы азота снижалось в травах при сенокосном использовании с 0,42 до 0,30% и не изменялось при использовании трав на выпас.

В опытах, проведенных в шести пунктах Шотландии (174), суперфосфат несколько повышал содержание фосфора в травосмесях. Такие же результаты получили Gardiner et al. (66). В исследованиях Melville, Sears (134) при сенокосном использовании травосмесей содержание фосфора в растениях заметно повышалось при внесении суперфосфата и очень незначительно при внесении навоза. Sounders et al (184) отмечали значительное повышение содержания фосфора в растениях райграсо-клеверной смеси после внесения 180 кг/га фосфора в форме двойного суперфосфата при условии скашивания и удобрения навозом.

На бедных фосфором почвах Norman (157) получил повышение содержания фосфора в травах на постоянном пастбище с 0,23 до 0,43% при внесении 11,3 ц/га суперфосфата. Низкие же дозы повышали урожай трав, а содержание фосфора изменяли незначительно. На третий год при ежегодном внесении 3,8 ц/га суперфосфата среднее содержание фосфора достигло 0,35%.

У люцерны и клевера красного по сравнению с большинством видов злаковых трав при внесении фосфорных удобрений содержание фосфора повышается сильнее. В опытах Gervais et al. (68) при внесении фосфора в дозе 118 кг/га содержание его в люцерне повысилось с 0,24 до 0,38%.

При внесении фосфора в дозе 78 кг/га под каждый из двух предшественников среднее содержание фосфора в красном клевере повысилось с 0,098 до 0,162% (53).

Reith et al. (174) указывают на общую тенденцию хлористого калия несколько снижать содержание фосфора. С повышением доз калия (68) содержание фосфора в люцерне уменьшается. Другие исследователи не установили устойчивого влияния калия на содержание фосфора в травах (170, 107).

Известкование кислых почв (рН 5,5) увеличивало содержание фосфора в люцерне (94), а повышение рН выше 6,2 не влияло на содержание фосфора в клевере красном (53).

КАЛИИ

Содержание калия в травах находится обычно в пределах 1-4% и зависит главным образом от содержания доступного калия в почве. Низкое содержание калия в почве часто ограничивает рост урожаев полевых культур, однако животные редко страдают от недостатка калия в травах. Вместе с тем, несбалансированность катионов вследствие избытка калия, явление очень распространенное. Взаимодействие калия с другими катионами в злаковых и других культурах рассмотрено Cuthbertson (39).

Разница в содержании калия у различных видов пастбищных растений сравнительно невелика; на бедных калием почвах злаковые содержат его больше, чем клевера в травосмеси (126). Но Griffith et al. (73) установили, что хотя разница между средним содержанием калия в четырех видах злаковых трав небольшая, у трех видов разница между сортами достигала двукратной величины.

В опытах Melville, Sears (134) отмечено, что содержание калия в злаковых травах, выращиваемых в смеси с клевером, было почти на 50% выше, чем в чисто злаковой смеси (соответственно 3,74 и 2,56%).

Различия между сортами могут внести большую погрешность в оценку критического уровня. Согласно de Wit et al. (221), в фазы вегетативного роста критический уровень содержания калия составляет 250 мэкв/кг, или 1%; в этом случае баланс катионов и анионов правильный. По данным MacLeod (124) в изучаемых им трех видах злаковых трав без

бобовых критический уровень был выше 2%. На абсолютную величину оказывает большое влияние обеспеченность азотом, который в свою очередь влияет на соотношение катионов и анионов. Для райграсса, ежи и бухарника шерстистого, пригодных для скармливания, McNaught (126) получил промежуточный критический уровень - 1,6%. Меньшие требования предъявляет душистый колосок. При содержании калия в райграссе итальянском более 1,2-1,5% прибавка урожая от калийных удобрений незначительна (218).

McNaught (126), изучая оптимальное для роста растений содержание калия, установил, что для клеверов белого и красного оно составляет около 1,8%. Люцерна даже при содержании калия менее 1,0% не снижала урожая, хотя другие исследователи утверждают, что содержание калия в люцерне не должно быть ниже 1,25-1,75% (124).

При частых уборках и нормальном обеспечении питательными веществами сезонные различия в содержании калия сравнительно невелики. По данным Fleming, Coulter (63), по мере созревания в райграссе многолетнем, еже и мятлике содержание калия изменяется сильно, а в тимopheевке, клеверах белом и красном - незначительно. Весной, даже при скашивании, содержание калия в травах обычно выше, чем летом (126).

Применение удобрений оказывает большое влияние на сезонное изменение содержания калия. Так, Hemingway (84) показал, что на делянках, получавших только азот (15 ц/га сульфата аммония в год) содержание калия в травосмеси первого года от первого укоса к четвертому снизилось с 1,51 до 1,39%, к концу второго года - до 1,0% и к концу третьего года - уже до 0,40%. На делянках, не получавших удобрений или только калийные удобрения, содержание калия повышалось с каждым укосом в течение трех лет. На делянках же, получавших азот и калий, не было определенной тенденции в первые два года, а в третьем году содержание калия постепенно снижалось.

Многочисленные исследования показали, что удобрения, особенно азотные и калийные, могут оказывать большое влияние на содержание калия в травах.

Stewart, Holmes (187) в полевых опытах установили, что в большинстве случаев известково-аммиачная селитра заметно снижает содержание калия в травах как при внесении фосфорных и калийных удобрений, так и без них. По данным McConaghy et al. (123), при внесении 390 кг/га азота в год в форме известково-аммиачной селитры содержание калия снизилось с 2,25 до 1,85%. В опытах же Reith et al. (174) известково-аммиачная селитра очень сильно повы-

шала урожай, но мало влияла на содержание в растениях калия.

В опытах Научно-исследовательского института луговодства (1966) при высоких дозах известково-аммиачной селитры (1100 кг/га N) содержание калия в райграссовой смеси на выпас немного повысилось. Незначительное влияние известково-аммиачной селитры можно объяснить совместным действием нитрата аммония и карбоната кальция.

Mortensen et al. (148) показали, что аммиачная селитра при годовой дозе азота 560 кг/га снижала содержание калия в еже с 3,2% до 2,7%. McLeod (124) установил значительное снижение содержания калия в трех видах злаковых трав и люцерне при внесении аммиачной селитры.

Очень заметное снижение содержания калия отмечал Hemingway (82) при внесении сульфата аммония. Но Rahman et al. (170) сообщает, что аммиачная селитра (337 кг/га азота в год) повышает содержание калия в райграссе многолетнем, особенно при внесении калийных удобрений.

Согласно Wolton (223), азотные удобрения увеличивают содержание калия в травах на почвах, обеспеченных им, и снижают при недостатке его в почве. Kemp (102) установил, что если содержание калия в травах превышает 2%, применение азота увеличивает содержание калия, а при содержании калия ниже 2% - снижает. В вегетационных опытах Nielsen, Cunningham (154) форма и доза азотных удобрений мало влияли на содержание калия в райграссе итальянском.

Обычно фосфор почти не оказывает действия на содержание калия в травах (174, 82, 66, 68, 107), хотя Gervais et al. (68) в люцерне, а Doll et al. (53) - в клевере красном установили снижение содержания калия под влиянием фосфора.

Имеются данные о повышении содержания калия в растениях от внесения калийных удобрений (131), причем у клевера оно значительно выше, чем у злаковых (82). В опытах Rahman et al. (170) внесение калийных удобрений не повысило содержание калия в райграссе в ожидаемых пределах.

На величину содержания калия в травах влияют сроки внесения калийных удобрений. При осеннем внесении содержание калия в растениях повышается меньше, чем при весеннем. Поэтому там, где весной наблюдается избыточное содержание калия в растениях, предпочтительно осеннее внесение (223).

Hutchinson et al. (94) не установили устойчивого влияния известкования на содержание калия в клевере красном и тимopheевке, а Stewart, McConaghy (189) сообщают, что при повышении кислотности почвы увеличивается содержание калия в райграссе.

По данным McNaught, Karlovsky (131), NaCl повлиял на содержание калия в клеверо-злаковой травосмеси при незначительном недостатке калия (т.е. при содержании К в траве выше 1,2%), а при острой калийной недостаточности влияние NaCl отсутствовало.

КАЛЬЦИИ

Содержание кальция у злаковых колеблется в пределах 0,4-1,0%, а у бобовых нередко составляет более 3%. В травосмесях содержание кальция в значительной мере зависит от соотношения злаковых и бобовых компонентов. В Норвегии большинство образцов трав, отобранных в июне-июле, содержало кальция в среднем 0,85% с колебанием от 0,17 до 1,80% (81). Из злаковых трав более высоким содержанием кальция обладает райграс многолетний (181). Согласно Wit et al. (221), критический уровень кальция для злаковых трав - около 50 мэкв/кг, или 0,1%.

По данным Salonen et al. (182), содержание кальция в сене тимopheевки увеличивается при повышении pH с 4,0 до 5,5; дальнейшее повышение pH не оказывает заметного влияния на количество кальция.

По мере созревания происходит снижение содержания кальция в злаковых травах (63). Некоторые исследователи (82, 212) установили, что при частой уборке содержание кальция в злаковых травах увеличивается и достигает максимума в конце лета. Однако Melville, Sears (134) сообщили о значительном увеличении кальция в клевере по сравнению со злаковыми. Повышение содержания кальция может быть связано с изменением температуры. Так, Nielsen, Cunningham (154) при повышении температуры почвы с 11 до 28° отмечали значительное увеличение содержания кальция в райграсе итальянском.

В 6-летних опытах, проведенных Herriott, Wells (89) с бобово-злаковой травосмесью, наибольшее снижение кальция имело место на третий год жизни трав.

Влияние азотных удобрений во многих опытах было трудно проследить из-за использования известково-аммиачной селитры, содержащей около 50% карбоната кальция. По данным Stewart, Holmes (187), при высоких дозах известково-аммиачной селитры (700 кг азота в год) содержание кальция в травосмесях обычно повышается. McConaghy et al. (123) в опытах с травосмесями показали, что при ежегодном внесении известково-аммиачной селитры в дозе 157 кг/га содержание кальция снижается, а при дальнейшем повышении

доз до 392 кг/га отмечается некоторое увеличение его в растениях.

Reith et al. (173) сообщают, что действие известково-аммиачной селитры зависит от обеспеченности почвы калием: если содержание калия в почве высокое, то содержание кальция в растениях снижается, если низкое - повышается.

При использовании одной аммиачной селитры злаковые без внесения азотных удобрений и получавшие азот в дозе 302 кг/га содержали кальция соответственно 0,67 и 0,35%, а злаково-клеверная смесь - 1,40 и 0,88% (66).

В вегетационных опытах содержание кальция в райграсе итальянском значительно повышалось при внесении нитратного азота и несколько снижалось при внесении аммиачного (154).

Влияние фосфора на содержание кальция в травах невелико (175, 66, 184).

По данным Gardner et al. (66) и Kemp (102), при внесении хлористого калия под злаковую травосмесь содержание кальция в растениях снижается. Аналогичные результаты получены Gervais et al. (68) на люцерне. McNaught (127) наблюдал при весеннем внесении 5 ц/га KCl снижение кальция в райграсе с 0,69 до 0,39% и в еже - с 0,52 до 0,33%. В злаково-клеверной смеси влияние калия на содержание кальция было слабым, так как калий способствовал лучшему развитию клевера и повышению его роли в травосмеси (66, 174).

По данным Doll et al. (53), несмотря на повышение содержания обменного кальция в почве после известкования, заметного изменения в содержании кальция в клевере красном, кукурузе и пшенице не отмечалось.

МАГНИЙ

Недостаток магния отражается как на состоянии растений, так и животных. Установлено, что критический уровень содержания магния в злаковых травах в вегетативные фазы - 0,08% (22). Для клеверов красного и белого этот уровень составляет соответственно 0,14 и 0,12% (130).

При учете магния в злаковых травах имеется в виду его связь с гипомагниемией скота при выпасе. Хотя не отмечено прямой зависимости между содержанием магния в злаковых травах и заболеванием скота гипомагниемией, некоторые исследователи считают, что критический уровень содержания магния в растениях 0,2% (223).

При содержании магния менее 0,2% возможно проявление гипомагниемии, особенно при высоком содержании азота и калия (146). Большую роль играет соотношение катионов

Ca+Mg К (22, 103). Образование хелатов может ограничить доступность животным магния в траве (12).

В рекомендациях АРК (1966) для коровы весом 500 кг с надоем 15 кг указано критическое содержание Mg-0,12%. Злаковые травы содержат магния обычно в пределах 0,08-0,30%.

Недостаток магния в большинстве случаев характерен для кислых, легких песчаных почв и почв с высоким содержанием калия. Ноорер (91) указывает, что содержание магния в травах обычно несколько выше на почвах с низким pH, очевидно, из-за снижения антагонистического действия кальция (189).

Бобовые содержат магния больше, чем злаковые (203, 197). Содержание магния в различных видах злаковых неодинаково. Thomas et al. обнаружили в тимофеевке магния меньше, чем в райграсе и еже, а Todd - наоборот. К осени содержание магния в злаковых заметно повышается, а в бобовых - изменения незначительны (203, 171, 82). В апреле и мае в злаковых содержание магния часто намного ниже 0,2%. В клевере весной нередко содержится 0,2% магния, но в это время доля клевера в травосмеси обычно сравнительно мала (171, 203).

По данным Herriott, Wells (89), в бобово-злаковой травосмеси со второго года и до запашки количество магния постепенно снижалось. Применение азотных и калийных удобрений оказывает заметное влияние на содержание магния в травах. Известково-аммиачная селитра обычно повышает магний в бобово-злаковых травосмесях (20, 174, 187, 82). Hemingway (82) сообщает о повышении содержания магния при внесении сульфата аммония, особенно в более поздние периоды вегетации. Однако Mortensen et al. (148) при внесении аммиачной селитры (до 560 кг/га азота) не получили изменения содержания магния в еже. О подобных результатах сообщает и Gardner et al. (66). Reith (171) установил, что повышение содержания магния в злаково-бобовых травосмесях при внесении только аммиачной селитры происходит благодаря недобору урожая вследствие недостатка калия.

Определенное влияние оказывает форма азотных удобрений. Mulder (150) отмечал усиление магниевой недостаточности зерновых при внесении аммиачного азота и ослабление при внесении нитратного азота. В райграсе итальянском содержание магния повышалось при внесении нитратного азота и не изменялось при использовании аммиачного (154).

Влияние же аммиачных удобрений зависит в значительной мере от интенсивности нитрификации (183). Высокие дозы азота, особенно в комбинации с высокими дозами калийных удоб-

рений, нередко вызывают пастбищную тетанию животных (146, 223, 86).

Фосфор часто не оказывает заметного влияния на содержание магния (175, 184, 82, 66). Правда, на почвенной исследовательской станции в Рукуйя (1961-1962 гг.) суперфосфат иногда снижал содержание магния, систематическое же внесение только монокальцийфосфата повышало содержание его в клевере белом и злаковых травах, причем при дозе 1,8 ц/га это увеличение составило около 25%.

Применение калийных удобрений, как правило, приводит к заметному снижению магния в травах (175, 93, 19, 82, 66, 102, 187). Но Reith (171, 172) установил, что если вносить калийные удобрения в дозах, необходимых для получения заданного урожая, то они практически не оказывают влияния на содержание магния. Он считает, что калий снижает содержание магния только при внесении в избыточных дозах или при использовании его на почвах с достаточной или высокой обеспеченностью калием.

В Ротамстеде (1962) калийные удобрения приводили к увеличению отношения К : Mg на легких супесях по сравнению с суглинками.

Хлористый натрий вызывает снижение содержания магния в травах в меньшей степени, чем хлористый калий (82). Повысить содержание магния в растениях можно при внесении магниевых удобрений в дозах, превышающих 33-35 кг/га (171, 98, 222, 82, 74). По данным Berryman, Caldwell (19), на супесчаных почвах при внесении 112 кг/га магния содержание его в травах повысилось только на 20%. Welte, Werner (216) обнаружили отрицательную корреляцию между обеспеченностью почвы магнием и содержанием его в травах при использовании кизерита и доломита.

Более сильное влияние магниевых удобрений отмечено на песчаных почвах. На средних суглинках Северной Ирландии (122) при внесении 450 кг/га магния в форме доломита или кальцинированного магнезита не удалось поддержать необходимый уровень - 0,2%. Для того чтобы повысить содержание магния в травах на 50%, обычно достаточно (171) внести 330-1120 кг/га магния (меньшая цифра относится к песчаным почвам, большая - к глинистым). Стоимость этого количества магния очень велика, если применять его не в форме доломитизированного известняка. Не доломитизированный известняк малоэффективен на карбонатных и нейтральных почвах. Правда, Allcroft (5) сообщает о предотвращении гипомagneмии и при внесении кальцинированного магнезита и доломитизированного известняка. При внесении 6,2 ц/га кальцинированного магнезита (доза действовала в течение нескольких лет) удава-

лось очень экономично вести интенсивное использование пастбища. Результаты исследований Опытной животноводческой фермы в Trawscoed (Уэльс) показали также возрастающую эффективность доломитизированного известняка. Так, при внесении магния в дозе 502 кг/га в первый год содержание его в злаково-клеверной смеси повысилось на 13%, а в последующие 4 года — соответственно на 26, 35, 42 и 40%. В том же опыте при известковании материалами без примесей магния (5 т/га), содержание магния злаково-клеверной смеси в те же годы снизилось на 6, 11, 12, 11 и 5% соответственно.

Как видно из приложения 1, с высоким урожаем трав при сенокосном использовании выносятся до 93 кг/га магния, то есть такое количество, без возмещения которого запасы почвенного магния могут быть быстро истощены. Reith (171) подчеркивает важность обеспечения почвы магнием, особенно при выращивании чисто злаковых смесей, в условиях применения высоких доз азота, а также при недостатке магния в почвах. Содержание магния весной в злаковых травах часто лишь ненамного выше критического уровня — 0,06%.

СЕРА

Хотя содержание серы в травах может колебаться в пределах 0,02–2,11% (табл. 2), в среднем ее содержится 0,20–0,45%. Злаковые и бобовые содержат примерно одинаковое количество серы (211, 58).

Содержание серы в райграсе многолетнем, по данным Rahmen et al. (170), находится в пределах 0,27–0,47%, а в 101 образце райграса итальянского (38) из различных районов Англии — 0,13–0,75%. Среднее содержание серы в злаковых травах южной Норвегии составило 0,22% при колебаниях от 0,15 до 0,32% (81). В Австралии на почвах с недостатком серы (8) содержание ее в клевере составляло 0,05%, а в Новой Зеландии (210) в злаковых травах и клевере — 0,06 и 0,08%.

Критический уровень содержания серы в растениях зависит от фазы роста (169). Для взрослых растений люцерны критический уровень серы составляет 0,22% (79). В травосмесях злаковые используют серу более интенсивно, чем бобовые, что приводит при недостатке серы к снижению фиксации азота бобовыми (209). В этих условиях они содержат сравнительно мало общего азота. При сильном серном голодании (129) растения клевера белого содержали общей серы менее 0,13%, что вызвало снижение содержания азота до 2% вместо нормального 4,5–5,0%.

Недостаток серы, сдерживающий рост растений, наблюдает-

ся часто в Австралии, Новой Зеландии и некоторых районах Африки и Америки. Вблизи от индустриальных центров, благодаря содержанию в атмосфере сернистого газа, растения обеспечены серой. Серное голодание не встречается, если вносят удобрения, содержащие серу, — сульфат аммония и суперфосфат (217).

Изучая эффективность ежегодного внесения сульфата аммония в дозах 0–15 ц/га на различных травосмесях, Jones (97) получил максимальное содержание серы при внесении 7,5–10 ц/га сульфата аммония. Кумулятивный эффект четырехлетнего внесения привел к повышению содержания как общей, так и сульфатной серы примерно на 50%. В первый год среднее содержание общей серы без удобрения составило 0,20%, а при внесении 7,5 ц/га сульфата аммония — 0,45%.

При дозе сульфата аммония около 20 ц/га (29) содержание серы в злаково-клеверной смеси повысилось с 0,38 до 0,57%. При внесении известково-аммиачной селитры содержание серы не изменялось. Conroy (29) показал, что при использовании высоких доз сульфата аммония в растениях может накапливаться много серы, около 60% которой находится в минеральной форме, что делает растения непригодными для использования на корм.

Rahmen et al. (171) не получили устойчивых изменений содержания серы при внесении аммиачной селитры и сульфата калия. Kamp (103) не обнаружил изменения содержания серы при внесении 112 кг/га фосфора в форме аммофоса. В вегетационных опытах Dijkshoorn (52) применение $MgCl_2$ из расчета 304 кг/га Cl на песчаных почвах снизило содержание серы в райграсе многолетнем с 0,54 до 33%, а при 608 кг/га Cl — до 0,29%.

Установлено, что если растения получают из атмосферы с осадками 10 кг/га серы в год, то серная недостаточность их маловероятна (95). Однако злаковые травы страдают от недостатка серы сильнее других культур. Так, на лугах краткосрочного пользования содержание органического вещества в почве увеличивается ежегодно примерно на 0,05% С (около 1000 кг/га в 15-сантиметровом слое) (27). Принимая во внимание, что соотношение С : S = 100 : 1 (209), иммобилизации серы составит около 10 кг/га. Кроме того, азотно-фосфорно-калийные удобрения без примесей серы могут задерживать поступление ее из-за противодействия хлора и, возможно, нитратов.

Сульфатная сера. Низкое содержание сульфатной серы в растениях может служить показателем ее недостатка и ее легче определить, чем общую. Высокое содержание серы может быть вредным для животных.

Dijkshoorn et al. (52) считают, что недостаток серы для райграсса многолетнего наступает при концентрации сульфатной серы 0,032%, а критический уровень для клевера составляет 0,017% (98).

Walker et al. (211) в Новой Зеландии в районах с дефицитом серы наблюдали конкуренцию между злаковыми и клевером, которая влияла на содержание минеральной серы в растениях. Так, без внесения серы и на фоне 225 кг/га гипса в злаковых содержалось минеральной серы соответственно 0,025 и 0,084%, а в клевере - 0,001 и 0,003%.

Содержание сульфатной серы в травах пастбищ Западной Австралии, по данным Beck (13), составляет 0,03-0,3%. В Англии в 34 образцах пастбищных трав содержание сульфатной серы было в пределах 0,10-0,32%. Содержание сульфатной серы в 64 образцах в Норвегии (81) составляло 0,04-0,16%, в среднем 0,09%. Разницы в содержании сульфатной серы в бобовых и злаковых травах почти нет.

Влияние минеральной серы на метаболизм молибдена и меди у овец рассмотрен Allcroft (6), Beck (13) и Dick (46).

НАТРИЙ

Необходимость натрия для высших растений доказать не удалось, но если он и требуется, то не более 2-3 мг/кг (69). Однако при слабой или умеренной калиевой недостаточности некоторые растения положительно отзываются на внесение натрия.

Содержание натрия в травах может колебаться более чем в 1000 раз - от 0,002 до 2,12%, но чаще всего в пределах 0,05-1%. Содержание натрия в райграссе итальянском из различных районов Англии (38) колебалось от следов до 2,12%. В Норвегии содержание натрия в многочисленных образцах трав, отобранных в июне-июле, составляло 0,002-0,42% (81).

Потребность животных в натрии зависит от удоя. В рекомендациях АРК (1966) для коровы весом 500 кг и удоем 15 кг в кормах должно содержаться 0,13% Na, но при надое 30 кг - 0,20% Na.

Факторы, влияющие на содержание натрия в травах, обобщены Henkens (87). Он отмечает, что количество натрия в травах определяется в основном обеспеченностью почв натрием и калием, при этом влияние натрия усиливается при низком содержании K в почве. Oostenorp (159), Henkens, Van Zuit (159) сообщают о положительной корреляции между содержанием K и Na в траве (выражаемое отношением $K_2O : Na_2O$ в вытяжке 0,1 н. HCl). Oostendorp, Harm-

sen (159) считают, что при отношении, равном 4 или меньше, поддерживается необходимое для растений содержание натрия >0,2%.

Отчетливо заметна разница в содержании натрия в зависимости от вида растений. По данным Corpenet, Calvez (32) и Griffith et al. (73), растения располагаются в следующем порядке по содержанию в них натрия: райграсс многолетний, клевер белый, ежа, райграсс итальянский, овсяница высокая, овсяница луговая, тимофеевка.

Davies et al. (41) установили, что клевер белый содержит натрия вдвое больше, чем люцерна, а люцерна - примерно вдвое больше, чем клевер красный. Griffith et al. (73) обнаружили также различное накопление натрия разновидностями одного и того же вида (особенно у ежи) и обратную зависимость между содержанием натрия и калия.

Сезонные изменения в содержании натрия при регулярном скашивании или стравливании трав незначительны. Stewart, Holmes (187) не обнаружили устойчивых сезонных изменений, а Hemingway (82) и Reith et al. (174) сообщают, что к концу сезона содержание натрия обычно повышается.

Содержание натрия во многих видах растений сильно возрастает при внесении азотных и отсутствии калийных удобрений (187, 174). В последних работах отмечено, что среднее содержание натрия в злаково-бобовых смесях повышалось с 0,39 (без N) до 0,83% при годовой дозе азота 195 кг/га и до 0,89% при 390 кг/га азота. В опытах McConaghy (123) при низкой годовой дозе азота (157 кг/га) в форме аммиачной селитры содержание натрия изменялось мало, а при более высоких дозах азота заметно увеличивалось. По данным Hemingway (82), сульфат аммония повышал содержание натрия в злаковых травах в больших размерах, чем в клевере. При внесении азотных удобрений содержание натрия в тимофеевке и овсянице луговой меньше, чем в других злаковых травах (73).

Фосфор почти не влияет на содержание натрия. Однако Stewart, Holmes (187) показали, что без внесения азотных удобрений фосфор обычно снижал содержание натрия, а в присутствии азота - повышал. О некоторой тенденции суперфосфата повышать содержание натрия в травах сообщают Reith et al. (174). Kemp (102) не наблюдал заметного изменения содержания натрия при внесении 112 кг/га фосфора (аммофос).

Калийное удобрение может привести к значительному снижению содержания натрия как в злаковых травах, так и в клевере (131). По данным Hemingway (82), при внесении 2,5 ц/га KCl снижение содержания натрия эквивалентно повышению, вызываемому внесением 5 ц/га NaCl.

Reith (173) отмечает, что если азот заметно повышает содержание в растениях натрия, а калий заметно снижает, то совместное их внесение почти не оказывает влияния. Кемп (102) сообщает об антагонизме азота и калия по отношению к содержанию натрия в травах. Но Rahmen et al. (170) показали, что калий снижает содержание натрия в райграсе только при одновременном внесении азота.

Внесение натриевых удобрений, безусловно, повышает содержание натрия в травах. Lehr (114) рекомендует с этой целью вносить натриевую селитру. Повысить содержание натрия можно и при внесении низкопроцентных калийных солей.

В опытах Hemingway (82) при внесении 5 ц/га хлористого натрия весной содержание натрия в злаковых повысилось на 50%, а в клевере – на 30%. Установлена положительная корреляция между натрием и азотом.

Хотя можно давать соль-лизунец и растворы соли животного, питающимся травой с низким содержанием натрия, de Groot (75) считает, что дефицит натрия при этом не будет в достаточной мере компенсирован.

ХЛОР

Хотя в большинстве сельскохозяйственных районов нет условий для хлорного голодания растений, в Калифорнии и Австралии обнаружены участки песчаных почв, удаленные от моря, с недостатком хлора (161, 162).

В пастбищных растениях содержание хлора колеблется в широких пределах. В 200 образцах, проанализированных в научно-исследовательском институте в Rowett (160), содержание хлора колебалось в пределах 0,015–1,71%. В райграсе итальянском (101 образец из 13 точек Англии) содержание хлора составило 0,41–1,89% (38). При внесении хлористого калия по 2,5 ц/га в конце февраля содержание хлора в начале выбрасывания метелок составило в шести видах злаковых трав: *Holcus lunatus* – 1%, *Cynosorus cristatus* – 0,71%, *Poa ssp.* – 0,73%, *Agrostis ssp.* – 0,45%, *Lolium perenne* – 0,35% и *Festuca rubra* – 0,32% (82). По данным Научно-исследовательского института луговодства (1966), содержание хлора в тимофеевке и овсянице луговой ниже, чем в райграсе многолетнем или еже.

С возрастом трав содержание хлора почти не изменяется, но при многократном скашивании имеется тенденция к снижению, особенно летом и осенью. Это можно объяснить большим промежутком времени после внесения хлористого калия.

В вегетационном опыте Dijkshoorn (49) аммиачная селитра снижала поступление хлора в райграс, особенно при одновременном внесении хлорсодержащих удобрений. В опытах Rahmen et al. (170) аммиачная селитра при годовой дозе азота 975 кг/га снижала содержание хлора в райграсе на 25% и еще больше при одновременном внесении калийных удобрений. Содержание хлора в этом опыте находилось в пределах 0,38–0,63%. В опыте Кемп (102) при внесении 112 кг/га фосфора (в форме аммофоса) заметного изменения в содержании хлора не было.

Калийные удобрения, особенно в форме хлористых солей, являются доминирующим фактором, определяющим содержание хлора в растениях. В райграсе при внесении хлора в дозе 0, 60, 120 и 240 кг/га в форме хлористого калия среднее содержание его составляло соответственно 0,39; 0,75; 1,04; и 1,30% (Научно-исследовательский институт луговодства, 1966). При внесении калия в дозе 380 кг/га в форме калийной соли содержание Cl повысилось с 1,28 до 1,86% (102). Аналогичные данные получили и другие авторы (37, 195, 170).

Необходимое для животных содержание Cl в кормах составляет около 0,19%, однако de Groot (75) утверждает, что обмен веществ в животном организме может быть улучшен при более высоком содержании хлора. Содержание хлора менее 0,5% явление довольно обычное, но, по его мнению, нежелательное.

ЖЕЛЕЗО

На поступление железа в растения большое влияние оказывают почвенные условия (140). Анализы показали, что в почве содержится более 500 мг/кг Fe.

В нормальных условиях в кормах содержится достаточное количество железа, поэтому минимальное содержание установлено недостаточно четко и зависит от обеспеченности почвы Fe (90).

Coup, Campbell (33) сообщают об ухудшении здоровья молочного скота при пастбищном содержании вследствие поступления $Fe(OH)_3$ с богатой железом поливной водой. По их данным, минимальная вредная доза железа – < 30 г/день.

Реакции почвы – основной фактор, регулирующий поступление железа в растения. Недостаток железа в растениях вызывается слабой доступностью нерастворимых окислов и фосфатов, и поэтому в большинстве случаев встречается на карбонатных почвах.

Растения сильно отличаются по содержанию железа и спо-

способности усваивать его из почвы. Согласно Underwood (206), трава злаковых пастбищ содержит Fe обычно 100-200 мг/кг, бобовые - 200-300 мг/кг, а люцерна - до 800 мг/кг. В злаковых травах (райграс) Шотландии (144) содержится 21-57 мг/кг Fe, а в клевере красном - 49-81 мг/кг.

В штате Невада (США) содержание железа в люцерне колебалось в пределах 32-274 мг/кг (56).

Hemingway установил, что при 4 укосах в люцерне содержание железа с конца мая до середины сентября повышается, и азотно-фосфорно-калийные удобрения не оказывают заметного влияния на его содержание.

МАРГАНЕЦ

Содержание марганца в травах составляет обычно 25-200 мг/кг. В Южном Уэльсе травы на выпас и сено содержат в среднем около 100 мг/кг Mn и редко менее 50 мг/кг (4). Среднее содержание марганца в луговых травах, по данным анализа свыше 2000 образцов из различных районов Бельгии (44), составляет 98,3 мг/кг с колебаниями от 9 до 666 мг/кг. При этом 15% образцов содержало менее 40 мг/кг железа.

Потребность животных в марганце установлена недостаточно. АРК (1966) рекомендует для жвачных 40 мг/кг Mn. Животные могут переносить довольно высокое содержание марганца без признаков отравления (206). Случаи марганцевого голодания отмечены в Нидерландах (90) и в США (17). В Англии случаи марганцевого голодания наблюдаются редко (142, 220).

На поступление марганца в растения большое влияние оказывают почвенные условия, особенно pH и дренирование. Недостаток Mn часто наблюдается на хорошо дренированных карбонатных почвах, где он образует нерастворимые окислы.

Марганцевое отравление растений (более 1000 мг/кг) имеет место обычно на сильноокислых почвах и может быть устранено после известкования (143).

Данные о содержании марганца в различных видах растений противоречивы (62). В ряде случаев клевер содержит марганца больше, чем злаковые травы, а иногда наоборот. По данным Mitchell (142), ежа нередко содержит марганца в 2-3 раза больше, чем райграс, а Fleming (61) не обнаружил такой большой разницы.

По данным Stewart, Holmes (187), различные дозы азотно-фосфорно-калийных удобрений не оказывали заметного

влияния на содержание марганца; правда, азотных удобрений в сочетании с фосфорными несколько снижали его.

По данным же Hemingway (83), при внесении в течение трех лет по 3,8 ц/га сульфата аммония содержание марганца повысилось в злаковых травах с 31 до 63 мг/кг.

McConaghy et al. (123) наблюдали значительное снижение содержания марганца в травосмесях с преобладанием райграса или овсяницы при возрастающих дозах известково-аммиачной селитры. Они считают, что это происходит под влиянием карбоната кальция, который оказал большее действие, чем аммиачная селитра.

Известкование может привести к заметному снижению содержания марганца в травах. В опытах Reith, Mitchell (175) при повышении pH с 5,2 до 6,2 после известкования содержание марганца в райграсе снизилось в среднем с 291 до 133 мг/кг, а у Stewart, McConaghy (189) при изменении pH с 4,1 до 7,4 - со 158 до 25 мг/кг.

Влажность почвы также влияет на содержание марганца в травах. Так, без дренирования в райграсе содержалось 116 мг/кг марганца, а после дренирования - 88 мг/кг; в клевере красном - соответственно 51 и 39 мг/кг (145).

ЦИНК

Содержание цинка в злаковых и бобовых травах обычно составляет 15-60 мг/кг. Согласно Hodgson et al. (90), содержание цинка в растениях, страдающих цинковой недостаточностью, редко бывает ниже 10 мг/кг. В опытах с клевером в условиях водной культуры Millikan (137) установил, что критическая концентрация находится в пределах 21-49 мг/кг Zn в зависимости от возраста растения и обеспеченности фосфором.

Потребность в цинке, по Underwood (206), составляет для крупного рогатого скота 30 мг/кг корма. Naaranen (76) рекомендует 45 мг/кг Zn при содержании кальция 0,3%. На каждые 0,1% дополнительного кальция дозу Zn следует увеличивать на 16 мг/кг. Для жвачных животных АРК (1966) рекомендует 50 мг цинка на 1 кг корма.

Цинковая недостаточность при пастбищном содержании животных - явление редкое, т.к. содержание цинка в пастбищных травах почти не бывает ниже 30 мг/кг (138). Симптомы цинкового голодания крупного рогатого скота отмечены в Нидерландах (57), молодняка крупного рогатого скота - в Норвегии (69), молочных коров - в Финляндии (76). Трава и сено в некоторых районах Норвегии содержат цинка менее

40 мг/кг; трава, сено и силос, по данным анализа образцов со 150 ферм Нидерландов с недостатком цинка в почве, содержали его 20-80 мг/кг при среднем содержании кальция около 0,6%.

В отличие от данных Grashuis (89), Van Koetsveld и Lehr (108) сообщают, что содержание цинка в травах обычно выше потребности животных и иногда достигает опасного уровня, вероятно, из-за недостатка меди. На семи фермах, в которых были отмечены случаи заболевания животных, бесплодие или низкое содержание меди в крови, цинка в траве содержалось 77-143 мг/кг. Underwood относит цинк к сравнительно нетоксичным элементам для животных (206).

Удобрения влияют на содержание цинка в травах. В Научно-исследовательском институте луговодства (1966) при внесении азота в дозе около 1050 кг/га в год в форме известково-аммиачной селитры содержание цинка повышалось на 15-50% по сравнению с дозами азота 200 кг/га.

Фосфорные удобрения снижают доступность цинка для растений (202). Однако Karlsson (101) сообщает о слабом влиянии высоких доз фосфора и калия, а также марганца, меди, кобальта и молибдена на содержание цинка в пастбищных растениях.

При известковании наблюдается некоторое снижение содержания цинка в травах. Reith, Mitchell (175) отмечают, что при внесении 7,5 т/га известия в почву с pH 5,9 содержание цинка в злаково-бобовой смеси снизилось с 32 до 28 мг/кг; обратную зависимость между содержанием цинка в злаковых травах и pH почвы обнаружили Miller et al. (136).

МЕДЬ

Содержание меди в травянистых растениях обычно составляет 2-15 мг/кг. Медное голодание растений и животных встречается довольно часто, особенно на почвах торфянистых, очень легких песчаных и известковых (43).

По данным Andrew, Thorne (10), содержание меди более 5 мг/кг в пастбищных бобовых растениях, в том числе клевере белом и люцерне, можно считать удовлетворительным, 4-5 мг/кг - допустимым и менее 4 мг/кг - недостаточным.

Медное голодание животных усиливается под влиянием других элементов, в частности молибдена. Количество молибдена, которое может вызвать медную недостаточность, зависит от содержания меди в корме. Согласно Cunningham (35), при содержании меди 10 мг/кг для проявления медного голодания требуется молибдена не менее 20 мг/кг, при содержа-

нии меди 5 мг/кг - 7 мг/кг, а при 3 мг/кг меди - 3 мг/кг. К молибденовому отравлению более чувствителен крупный рогатый скот (36).

Токсичность молибдена могут усиливать минеральные сульфаты (46, 47, 48). На основе данных Ветеринарной лаборатории в Waybridge, Alleroff (6) считает, что на медное голодание скота оказывают влияние кроме меди, молибдена и минеральной серы и другие факторы. В связи с этим трудно определить минимальную потребность животных в меди. Критический уровень меди для овец или крупного рогатого скота, по мнению Cunningham et al. (38), - 3-4 мг/кг, APK (1966) - 10 мг/кг меди для крупного рогатого скота, а для овец - 5 мг/кг.

На содержание меди в растениях оказывают влияние вид растения и количество доступной меди. У бобовых разница в содержании меди по видам больше, чем у злаковых трав. По данным Mitchell et al. (144), содержание меди в клевере колеблется в пределах 1,7-12,3 мг/кг, а в райграсе - от 2,0 до 4,3 мг/кг.

Beck (13) приводит данные, которые показывают, что при низкой обеспеченности медью содержание ее в злаках травосмеси выше, чем в клевере. Эти данные хорошо согласуются с результатами исследований других авторов (1, 83). Клевер красный и подземный содержат меди больше, чем клевер белый. Среднее содержание меди, по Hemingway, в клеверо-райграсо-тимофеечно-ежовой смеси составляет: для клевера - 13,5 мг/кг, для злаковых трав - 7,5 мг/кг.

Влияние возраста трав на содержание меди исследовал Fleming (82). Он установил, что в злаковых содержание меди с возрастом снижается, причем в еже и райграсе многолетнем больше, чем в мятлике и тимофеевке. В клевере красном и белом значительного снижения не наблюдалось.

При регулярном скашивании сезонное изменение содержания меди направлено в сторону увеличения (82). Сезонные изменения, отмеченные Adams, Elphich (1), подтверждают, что скорость и фаза роста оказывают значительное влияние на содержание меди.

Противоречивые результаты получены о влиянии азота на содержание меди в травах. По данным Stewart, Holmes (187), имеется тенденция повышения меди в травосмесях при больших дозах азота. Hemingway (83) наблюдал устойчивое увеличение меди в злаковых травах и отсутствие этого явления в клевере при внесении сульфата аммония. Havre и Deshington (80) показали, что высокие дозы азота в форме сульфата аммония и аммиачной селитры повышают содержание меди в клеверо-злаковых смесях. С другой стороны,

Knabe et al. (106) и Bosh (21) наблюдали, что при внесении азота в дозах 670 и 220 кг/га содержание меди в пастбищных травах снижалось. В Научно-исследовательском институте луговодства (1966), известково-аммиачная селитра уменьшала количество меди в травах на сено. При использовании трав на выпас высокие дозы азота (около 1100 кг/га) повышали почти вдвое содержание меди по сравнению с дозой азота 200 кг/га.

Другие удобрения оказывают небольшое влияние на содержание меди в травах (83, 187). Правда, некоторые исследователи (144, 175), отмечают, что иногда известкование приводит к снижению меди в травах, если одновременно не вносятся медьсодержащие удобрения.

КОБАЛЬТ

В зависимости от почвенных условий содержание кобальта в травах может колебаться в широких пределах (140). Обычно же в пастбищном корме содержится 0,05–0,3 мг/кг Co.

Кобальт не является необходимым элементом для высших растений, но он требуется для симбиотических бактерий *Rhizobium*, которые фиксируют азот в клубеньках бобовых растений. Потребность в Co очень мала. По данным Hadgson et al. (40), многие бобовые нормального растут и фиксируют азот даже при содержании кобальта в почве менее 0,08 мг/кг.

Кобальт необходим для животных, главным образом жвачных, в форме витамина B₁₂. Жвачные могут получать его из других соединений кобальта за счет бактериального синтеза. Потребность последних в кобальте определена в размере около 0,1 мг/кг (АРК, 1966). Заболевание овец (pining) вследствие кобальтового голодания – явление довольно обычное в некоторых районах, особенно весной и летом. Alderman (4) приводит несколько примеров повышения плодovitости животных в результате использования кобальта как при внесении на пастбище, так и при непосредственном скармливании.

При высоком содержании молибдена (200–400 мг/кг) в рационе потребность жвачных животных в кобальте повышается, так как в этом случае молибден препятствует образованию витамина B₁₂ (40).

В Англии недостаток кобальта типичен для почв, образованных на древнем красном песчанике, девонских породах, некоторых известняках и гранитах (138).

Обратная зависимость между содержанием кобальта в тра-

ве и pH почвы продемонстрирована Wehrmann (214) и Mikragnatz Filipovic (147).

Wright, Lawton (225) не обнаружили корреляции между содержанием кобальта в почве и в тимофеевке и овсе.

Хотя потребность растений в кобальте очень мала, при недостаточном содержании подвижного кобальта в почве происходит большее его накопление в бобовых, чем в злаковых травах. Среднее содержание этого элемента в семи видах пастбищных растений приводит Andrews (мг/кг): клевер белый и красный – 0,24, райграсс многолетний – 0,16, райграсс гибридный – 0,13, овсяница луговая – 0,12, ежа – 0,11, тимофеевка – 0,09 (11).

О том, что райграсс содержит кобальта, обычно, больше чем ежа, сообщают Reith, Mitchell (175). По данным Latteur (113), клевер и люцерна содержат его 0,3–0,4 мг/кг, а злаковые – в среднем лишь около 0,08 мг/кг. В штате Вирджиния (США) содержание кобальта в среднем за 3 года колебалось в злаковых травах от 0,02 до 0,24 мг/кг, а в бобовых травах – от 0,06 до 0,48 мг/кг (166).

В Норвегии в бобово-злаковых травосмесях (80) содержание кобальта составляет 0,07–0,32 мг/кг. В Новой Зеландии на пастбищах, занятых кустарником, в травах содержится менее 0,04 мг/кг Co, а на пастбищах в здоровых районах – в среднем около 0,11 мг/кг (125).

Данные сезонного колебания содержания кобальта, полученные Andrews (11), показывают, что в пастбищных растениях имеется тенденция повышения содержания кобальта поздней осенью и зимой и понижения – весной и летом. Повышение содержания кобальта в райграссе в осенний период наблюдали также Reith, Mitchell (175).

Wright, Lawton (225) не обнаружили влияния азотных, фосфорных и калийных удобрений на содержание кобальта в тимофеевке. Известкование приводит к снижению поступления в растения кобальта как почвенного, так и внесенного с удобрениями (225). Торф снижает доступность кобальта. Исследования Kretschmer et al. (110) показали, что многие кормовые культуры, выращиваемые на органических почвах, содержат его сравнительно мало.

Доступность кобальта и поступление его в растения, повышаются при затоплении почвы (2). Adams, Honeysett (2) отмечают очень высокое его содержание – до 4,7 мг/кг – в клевере, выращиваемом на почвах, которые были затоплены до посева в течение двух месяцев.

Reith и Mitchell (175) считают, что на слабкокислых почвах с недостатком кобальта для поддержания его в травах в количестве 0,08 мг/кг в течение 3 лет можно огра-

ничиться внесением 2,2 кг/га сернистого кобальта, а на карбонатных почвах - 4,5 кг/га.

ИОД

Содержание йода в растениях различно. Имеются данные о 5 мг/кг (192). Но обычно его содержится 0,2-0,5 мг/кг (180, 206). Йод в пастбищной траве Южного Уэльса составляет 0,2 мг/кг, в сене - 0,37 мг/кг, а в почвах отдельных ферм - 0,08 мг/кг.

Для жвачных животных АРК (1966) считает достаточным 0,12 мг/кг йода, а в период лактации и беременности - 0,8 мг/кг. При наличии базедовой болезни, вызываемой бобовыми, особенно клеверами белым и подземным, следует повысить содержание йода до 1,2 мг/кг.

Некоторые исследователи считают, что содержание йода в растении зависит прежде всего от обеспеченности им почвы (90, 98), а другие - от вида и сорта пастбищных растений (24). Например, райграсс многолетний содержит йода в 6-10 раз больше, чем клевер белый, а ежа - лишь немного больше, чем райграсс гибридный. Последующие исследования показали, что содержание йода строго соответствует биологическим особенностям растений (24).

Calderbank (26) указывает, что почвы и пастбищные растения вблизи моря не всегда содержат больше йода, чем более удаленные. Недостаток йода в большинстве случаев характерен для легких песчаных почв.

Данные о колебании йода в травах в течение сезона в литературе противоречивы (26). Использование чилийской селитры вместо других азотных удобрений часто повышает содержание йода в пастбищных растениях более чем на 10%.

СЕЛЕН

Потребность животных в ничтожных количествах селена была установлена в 1957 г. В настоящее время известно, что для предотвращения мускульной дистрофии агнят и телят нужно добавлять селен в пределах 0,05-0,1 мг/кг. Распространение этой болезни в географическом плане подтверждает взаимосвязь между составом почвы и растениями, но прямой зависимости еще не было установлено (90).

В ряде районов мира, в Ирландии, Австралии, Канаде, отмечено токсическое содержание селена.

Согласно Sullivan, Garber (192), критическое содержание селена для крупного рогатого скота и овец - 4 мг/кг.

Rosenfeld, Beath (177) установили, что нарушение щелочного равновесия организма животных вызывают травы и злаковые, содержащие 10-30 мг/кг селена. При высоком его содержании в почве некоторые растения могут накапливать до нескольких граммов селена на килограмм сухого вещества (9).

В Новой Зеландии содержание селена в пастбищных травах обычно низкое - 0,01-0,1 мг/кг (25).

На опытной почвенной станции в Рукуйа (1961-1962) установлено, что по содержанию селена растения располагаются в следующем порядке; клевер белый < клевер красный < ежа < райграсс < полевица. В Ирландии на почвах с высоким содержанием селена клевер белый содержит в 3-5 раз больше селена, чем ежа и райграсс (62). Поэтому на относительный вынос селена очень сильное влияние оказывает обеспеченность им почвы.

При изучении образцов пастбищных трав в Западной Австралии Gardiner, German (65) установили следующую зависимость между содержанием селена в растениях и количеством осадков:

Количество осадков (дюйм)	Среднее содержание селена (мг/кг)
10-15	0,26
15-20	0,08
20-30	0,056
> 30	0,036

Разница до некоторой степени объясняется видом и составом растений, т.к. при количестве осадков менее 380 мм преобладали злаковые, а при более высоком количестве осадков - клевер подземный.

Anderson et al. (9) установили также, что при избытке осадков (635 мм) происходит вымывание легкорастворимого и доступного селена из почв, содержащих опасное количество его.

По данным Fleming (60), в вегетационных опытах на почвах с опасным избытком селена, применение суперфосфата позволяло снизить его содержание в злаковых травах и клевере на 20-30%. Это свойство суперфосфата, возможно, обусловлено наличием в нем гипса (62).

БОР

Злаковые травы содержат в нормальных условиях 1-3 мг/кг бора, а некоторые бобовые - 0 мг/кг (142) В Швеции в клевере красном (162) содержится 14-40 мг/кг В.

Люцерна особенно чувствительна к недостатку бора, поэтому большая часть исследований по бору проведена с этим видом. Предложено несколько минимумов содержания бора в люцерне - от 7 до 23 мг/кг (45). Stewart, Axley (188) установили, что самое низкое содержание бора в люцерне бывает в июле-августе и колебания в течение сезона могут достигать 300%.

Факторы, влияющие на доступность бора, обобщены Berger (18) и Mitchell (143). Борное голодание растений в большинстве случаев типично для легких кислых почв во влажных районах вследствие потерь бора от вымывания. Избыточное известкование может снизить поступление бора в растение. При повышении влажности почвы доступность бора повышается. При ограниченном содержании влаги в опытах Dible, Berger (45) и Stinson (180) содержание бора в люцерне снижалось.

Токсическое воздействие может вызвать избыточное внесение борных удобрений. К высокому содержанию бора более чувствительны однодольные, чем двудольные (143).

МОЛИБДЕН

Содержание молибдена в пастбищных растениях колеблется в очень широких пределах - от 0,01 до 200 мг/кг, но обычно составляет около 0,1-4 мг/кг.

Согласно Underwood (206), злаковые, как правило, содержат молибдена больше, чем клевер. Это положение по подземному клеверу подтвердил, в частности, в условиях пастбищ Австралии Beck (13). Но Hemingway (83) получил другие результаты - в два года из трех клевер содержал молибдена заметно больше, чем злаковые травы. Аналогичные данные приводят Neeman, Walsh, O'More (152). Walker et al (210) считают, что без внесения молибденовых удобрений злаковые часто содержат молибдена несколько больше, чем клевер, но при внесении их эта разница уменьшается.

Beck (13) и другие исследователи показали, что бухарник шерстистый может накапливать много молибдена.

В течение сезона содержание молибдена колеблется. Содержание молибдена в травах без внесения азотных удобрений (83) повышалось с 1,3 до 2,3 мг/кг, а в клевере содержание его в течение года более постоянное. Kretschmer, Bearsley (109) указывают на увеличение молибдена в течение сезона в пастбищных растениях.

Факторы, влияющие на обеспеченность почвы доступным молибденом, обобщены Williams (219) и Davies (40).

Важнейшим из них считается pH почвы, т.к. путем известкования можно повысить содержание молибдена в несколько раз. Молибденовое голодание встречается преимущественно на подзолистых почвах, карбонатных, песчаных и серпентиновых, которые содержат мало общего молибдена, а также на почвах с большим содержанием железа, с высокой обменной способностью по отношению к анионам в сочетании с низким pH (40).

Высокое содержание молибдена в травах имеет место главным образом на почвах, сформировавшихся на сланцах с очень высоким содержанием молибдена (142). Щелочные и некоторые органические почвы также могут обуславливать высокое содержание молибдена в травах.

На органической почве в штате Флорида (США) Kretschmer, Bearsley (109) не обнаружили зависимости между содержанием молибдена в почве и растениях.

Молибден необходим цыплятам и, по данным APK (1966), жвачным. Но молибденовое голодание скота при пастбищном содержании не наблюдали. С другой стороны, избыточное содержание молибдена в траве приводит к медному голоданию животных. Заболевание животных, известное под названием "слезивость", является проявлением молибденового отравления и может встречаться на пастбищах, содержащих в траве 20-100 мг/кг молибдена. Это заболевание можно устранить путем внесения меди (142).

Влияние азотных, фосфорных и калийных удобрений изучено Hemingway (83). Сульфат аммония снижал содержание молибдена на 59%, влияние же суперфосфата и хлористого калия было небольшим и неустойчивым. Такое действие сульфата аммония объясняется, видимо, снижением pH и противодействием сульфат-ионов поступлению молибдена. При внесении известково-аммиачной селитры Reith, Mitchell не отмечали какого-либо направленного изменения содержания молибдена. Имеются, однако, данные, что фосфор повышает содержание молибдена в растениях (40).

Известкование повышает содержание молибдена в бобовых сильнее, чем в райграсе (176). Reith, Mitchell (175) сообщают, что на кислых почвах при однократном известковании содержание молибдена в бобово-злаковой смеси может повыситься в 2-3 раза, причем на некоторых почвах выше 5 мг/кг, что уже опасно для скота. Walker et al. (210) установили антагонизм между марганцем и молибденом.

Часть II

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ

ВЛИЯНИЕ ВИДА И СОРТА

Детальное исследование содержания минеральных элементов в 16 видах пастбищных трав по 5 срокам проведено **Thomas et al.** (197). В таблице 3 приведены данные по 6 важнейшим видам. Высокое содержание натрия в тимофеевке и овсянице луговой не согласуется с данными других исследователей.

Таблица 3

Минеральный состав 6 видов трав (среднее по 6 срокам)

Вид растения	%						мг/кг			
	P	K	Ca	Mg	Na	Cl	Fe	Mn	Cu	Co
Райграс многолетний	0,26	1,98	0,46	0,21	0,14	0,51	152	21,6	8,5	0,15
Ежа	0,26	2,32	0,42	0,22	0,13	0,31	200	45,5	10,0	0,14
Тимофеевка	0,23	2,17	0,41	0,25	0,23	0,58	374	30,4	7,5	0,15
Овсяница луговая	0,25	2,06	0,44	0,26	0,15	0,66	250	29,2	9,5	0,16
Овсяница высокая	0,24	2,00	0,30	0,33	0,10	0,47	283	23,1	4,1	0,1
Люцерна	0,40	2,61	2,15	0,46	0,08	0,50	291	36,9	9,1	0,15

Примерно такие же исследования провел **Fleming** (63), который проанализировал 5 видов пастбищных растений на

11 питательных элементов. Для анализа были взяты листья, стебли и соцветия. Фракции анализировали отдельно (приведенные в таблице 4 данные относятся по злаковым - к листьям, а по клеверу красному - к листьям и черешкам).

Таблица 4

Минеральный состав листьев 5 видов трав

Вид растения	%					мг/кг					
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo
Райграс многолетний	2,1	0,32	2,3	0,87	0,17	101	41	20	5,0	9	0,47
Ежа	2,8	0,32	2,6	0,57	0,15	67	105	23	7,1	10	0,77
Тимофеевка	2,5	0,13	1,7	0,88	0,27	42	38	19	4,6	17	0,58
Овсяница луговая	2,6	0,30	2,1	0,87	0,18	109	29	16	4,9	10	0,60
Клевер красный	4,5	0,29	1,7	2,1	0,34	134	136	42	17	26	0,28

Coppenet и **Calver** (32) также установили, что содержание фосфора в райграсе многолетнем и еже выше, чем в тимофеевке, овсянице луговой и высокой, количество калия примерно одинаковое, а кальция в овсянице луговой выше, чем в тимофеевке и овсянице высокой. Содержание натрия в еже, райграсе многолетнем и овсянице высокой оказалось выше, чем в овсянице луговой и тимофеевке. Меди в злаковых травах мало. **Said** (181) сообщает о более высоком содержании кальция, магния и натрия в райграсе по сравнению с ежой.

Miles et al. (135) изучали 6 сортов каждого вида трав. Среднее содержание калия в них уменьшалось в следующей последовательности: овсяница луговая > райграс многолетний > овсяница высокая > ежа; а натрия в такой: ежа > райграс многолетний > овсяница высокая > овсяница луговая.

Разница в содержании микроэлементов в травосмеси по видам иллюстрируется следующими данными **Mitchell** (табл. 5).

Таблица 5
Содержание микроэлементов
в трех видах трав травосмеси, мг/кг (141)

Вид растения	Mn	Zn	Cu	Co	Mo
Райграс	59	33	6,0	0,20	0,32
Ежа	101	25	5,8	0,14	0,53
Клевер красный	56	92	17,5	0,26	0,35

Как указывалось в части 1, разница в содержании меди и молибдена в отдельных видах растений зависит от количества их в доступной форме в почве.

Минеральный состав трех видов бобовых трав при раздельном посеве (табл. 6) определен Davies et al. (41).

Таблица 6
Минеральный состав трех видов бобовых трав
(среднее по 6 фазам)

Вид растения	P	K	Ca	Mg	Na
Клевер белый (среднее по 3 сортам)	0,245	3,11	1,36	0,19	0,28
Клевер красный (среднее по 4 сортам)	0,189	3,42	1,26	0,22	0,06
Люцерна	0,163	2,55	1,05	0,17	0,14

Травянистые растения, например, цикорий и подорожник, часто содержат минеральных веществ больше, чем наиболее распространенные злаковые и бобовые травы. Данные, иллюстрирующие состав различных видов, приведены Thomas, Thompson (197) и Thomas et al. (196).

Растения на торфянистых почвах, по сравнению с растениями на более высоких элементах рельефа, беднее кальцием, фосфором и микроэлементами. Минеральный состав 6 видов растений на торфянике, данный Tomas, Trinder (198), позволяет сделать вывод, что вереск, черника и пушица могут предотвратить минеральное голодание скота.

Согласно Vose (207), некоторые сорта райграса многолетнего содержат сравнительно много калия, а другие мало, и эта разница отражается на соотношении $K : (Ca + Mg)$.

Однако Butler et al. (25), проанализировав 7 клонов райграса многолетнего на содержание 11 элементов, обнаружил большую разницу в содержании всех элементов, за исключением калия. Самые большие различия были по нитратам сульфатам и натрию.

Miles et al. (195) обнаружили разницу между 6 сортами райграса многолетнего: по калию - примерно двукратную, а по натрию - примерно пятикратную. Приблизительно такая же разница получена между сортами ежи. Минеральный состав сортов овсяницы луговой и овсяницы высокой более однороден. Достоверные, но сравнительно небольшие сортовые различия по составу обнаружены у клеверов белого и красного (40).

Вопросы сортовых различий в питании растений в связи с прибавками урожая, выносом питательных веществ и токсичностью обобщены Vose (208).

ВОЗРАСТ ТРАВ

Изменения минерального состава трав с возрастом неизбежны, особенно под влиянием климатических факторов. Из питательных веществ наиболее сильно снижается содержание азота в злаковых травах. Так, Fleming, Coulter (63) отмечали уменьшение содержания азота, начиная с середины апреля до конца июня, на 70%. Количество азота в клевере снижается значительно меньше. Содержание фосфора в травах тесно связано с обеспечением почвы фосфором (63). Содержание серы тесно связано с количеством азота, как показано Moore на примере люцерны Pumphrey (169).

В злаковых травах с возрастом содержание калия, кальция, магния и натрия обычно снижается. У бобовых с возрастом содержание кальция незначительно уменьшается, а содержание натрия повышается (63, 215, 197). Установлено, что содержание хлора мало изменяется, но у некоторых видов трав с возрастом снижается (215, 197).

Данные о колебании содержания микроэлементов с возрастом растений противоречивы. Loper, Smith (119) сообщают, что в люцерне, клевере красном, клевере ладно и костре в большинстве случаев отмечается снижение содержания микроэлементов-металлов в самые ранние фазы, а в дальнейшем какой-либо определенной тенденции нет.

По данным Beesen, MacDonald (15), содержание железа в тимофеевке в трех видах бобовых с мая по август повысилось на 50-70%. Но Thomas et al. (197) указывают

на тенденцию к снижению содержания железа у бобовых по мере созревания.

Эти же авторы установили, что содержание меди достигает максимума в середине лета, а Thomas et al. сообщают о постепенном уменьшении в течение сезона.

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРА

Stewart, Holmes (187), Reith et al. (174) не отмечали постоянных или регулярных сезонных изменений в содержании азота, фосфора, калия, цинка и кобальта в травах.

Другие же элементы имеют, однако, более постоянные изменения. Так, наибольшее содержание кальция, а также магния наблюдается в конце лета (это проявляется часто, но не всегда и в большей степени в злаковых травах, чем в клевере). Reith et al. (174) сообщают об увеличении содержания натрия при применении удобрений, а также марганца. Содержание меди и молибдена в течение сезона колеблется, но общей тенденцией является повышение к концу вегетации.

Некоторые сезонные изменения коррелируют с условиями внешней среды, в частности, с температурой и влажностью почвы. Так, Nielsen, Cunnigham (154) в опытах с райграсом итальянским показали, что при повышении температуры с 11 до 28° сильно повышается содержание кальция и магния, а содержание азота, фосфора, калия, серы и натрия изменяется мало. Но Nielsen et al. (156) получили несколько другие результаты в опытах с люцерной. При изменении температуры с 5 до 26° содержание азота и фосфора повышалось, а кальция и магния — снижалось. Содержание калия в листьях перед началом цветения повышалось, но при полном цветении каких-либо устойчивых изменений не происходило.

Levesque, Ketcheson (116) установили, что при температуре почвы 26° люцерна содержит фосфора на 50-60% больше, чем при 10°.

Хотя Nielsen et al. (155) считают, что содержание фосфора в костре увеличивается при повышенной температуре почвы, однако их данные в целом не показали устойчивых тенденций в изменении минерального состава.

В вегетационных опытах Dijkshoorn, Hart (51) повышение температуры с 10 до 20° обычно приводило к увеличению содержания в райграсе многолетнем катионов, главным образом калия. При этом самое высокое содержание калия имело место через 10 дней после изменения температуры. Понижение температуры приводило к снижению содержания калия и соотношения $K:(Ca + Mg)$.

ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ВЛАГОЙ

Колебания влажности почвы по годам могут привести к изменению минерального состава трав. Данные опытов, обобщенные Ott (160), указывают на снижение содержания фосфора при засухе. Содержание калия в злаково-бобовой смеси ниже в сухие годы, чем во влажные (89).

Если рост сдерживается недостатком влаги, то содержание серы в пастбищных растениях снижается (16).

В исследованиях Научно-исследовательского института луговодства (1966) райграс, выращенный под укрытием, перехватывающим все осадки в период с 24 апреля по 8 июля, содержал фосфора и калия примерно на 30% меньше, а натрия — примерно на 80% больше. Изменения же в содержании азота, кальция, магния, марганца, цинка, меди и молибдена были невелики и недостоверны.

Данные Lutz et al. (121) показали, что влияние полива на химический состав двух злаковых трав и клевера ладно довольно различное. При поливе наблюдалось повышение содержания магния, что не согласуется с приведенными выше данными о влиянии засухи.

В полевых опытах Nehring, Borchmann (153) при хорошей обеспеченности влагой повышалось содержание в люцерне калия, азота и фосфора и снижалось содержание кальция. В кукурузе в молодом возрасте в этом случае повышалось содержание фосфора и снижалось содержание калия, кальция и азота.

У восьми видов трав, включая злаковые, клевер и люцерну, Kilmer et al. (105) при повышении влагообеспеченности наблюдали повышение содержания фосфора. Устойчивого влияния влажности почвы на содержание азота, калия, кальция, магния, серы, натрия, железа, марганца, меди и бора не обнаружено.

ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

Если данный элемент не является фактором, лимитирующим рост, добавление его способствует повышению содержания этого элемента в растительных тканях до определенного предела.

Если же урожай ограничивается недостатком того или иного питательного вещества, то применение удобрений может привести к росту урожая без заметного повышения этих элементов в травах. Тот факт, что содержание какого-либо питательного вещества в растениях со значительным или сла-

бым его недостатком может быть близким, является одной из причин ограниченного применения анализа растений как способа диагностики недостаточности.

Кроме того, при увеличении поглощения и, возможно, содержания этого элемента может быть и вторичное воздействие на состав растения. Так, при устранении недостатка какого-либо питательного вещества содержание других питательных веществ снижается вследствие "разбавления" в результате усиления роста растения.

Некоторые ионы имеют антагонистические или синергические свойства по отношению к поступлению других ионов. Антагонизмом обладают ионы с одинаковым зарядом, синергизмом — с противоположным.

Величина антагонистического или синергического действия зависит от состава почвы и вида растений, т.к. растения отличаются очень сильными селективными свойствами в отношении поглощения ионов (181, 221). В качестве примера антагонизма McNaugh (128) указывает, что при внесении удобрений на почвах с недостатком калия содержание натрия в злаковых травах может снизиться на 90%.

Антагонизм и синергизм изучал Cunningham (37) на тяжелых и легком суглинках на примере 10 ионов (NH_4 , NO_3 , H_2PO_4 , K, Ca, Mg, SO_4 , Na, Cl и Si), в трех дозах, на райграсе итальянском и капусте кормовой. Обнаружен антагонизм между калием и кальцием, калием и натрием, кальцием и магнием, аммонием и калием, хлоридами и сульфатами, а синергизм — между нитратами и натрием, калием и магнием, хлоридами и калием.

Для повышения эффективности удобрений в условиях сельскохозяйственного производства необходимо обращать внимание и на сопутствующие составные части удобрений и на их вторичное влияние на почву. Например, Havre, Dishington (80) сообщили о том, что травы, удобренные известково-аммиачной селитрой, содержат больше кальция и меньше серы, чем удобренные сульфатом аммония. Травы, удобренные известково-аммиачной селитрой, содержали больше молибдена и меньше марганца, что связано, видимо, с различным воздействием названных выше удобрений на реакцию почвы.

Степень влияния удобрений на состав растений зависит от промежутка времени между внесением удобрений и уборкой трав. Сложным моментом в луговодстве является то, что удобрения, особенно азотные, усиливают рост, и поэтому приходится скашивать или стрижать их в более ранние фазы, чем обычно.

Что касается микроэлементов, то следует учитывать, что pH почвы является важнейшим фактором, определяющим до-

ступность и поступление их в растения. Поэтому мероприятия, направленные на изменение pH, особенно известкование, могут оказать заметное влияние на содержание микроэлементов в растениях. Price, Moschler (168) сообщают, что спустя 7-9 лет после известкования содержание меди, кобальта, марганца, железа и цинка в елке было значительно ниже, а молибдена значительно выше, чем в травах на известкованных участках.

Если не считать влияния удобрения на pH почвы, то влияние питательных веществ удобрений на содержание микроэлементов в травах относительно небольшое. Как показано в части 1, азотные удобрения могут снижать или повышать содержание меди в травах. Суперфосфат и хлористый калий (88) не оказывали заметного влияния на содержание железа, марганца, меди и молибдена в злаковых травах и клевере, а по данным Reith et al. (174), суперфосфат снижал содержание марганца в злаково-бобовой травосмеси.

Опубликованные данные о содержании микроэлементов в удобрениях и известковых материалах недавно обобщены Swaine (193). Он пришел к выводу, что содержание микроэлементов, за исключением марганца, в некоторых фосфорных удобрениях, как правило, незначительно. О содержании марганца, цинка, меди, кобальта и бора в целом ряде минеральных удобрений и в навозе сообщили Stojkovska, Cooke (191). Они указывают, что минеральные удобрения содержат мало микроэлементов (до 10 мг) и при внесении в дозе около 500 кг/га в почву поступает меньше микроэлементов, чем ежегодно выносится с урожаем. При внесении же высоких доз навоза или известковых материалов в почву поступает достаточное количество микроэлементов (табл. 7).

Содержание микроэлементов (мг/кг)
в минеральных удобрениях и навозе (191)

Удобрение	Mn	Zn	Cu	Co	B
Сульфат аммония	6	0	2	0	6
Известково-аммиачная селитра	24	15	22	0	0
Суперфосфат	11	150	44	4	11

Удобрение	Mn	Zn	Cu	Co	B
Хлористый калий	8	3	3	1	14
Навоз	410	120	62	6	20

Опубликованных данных о содержании микроэлементов в концентрированных азотно-фосфорно-калийных удобрениях нет.

Reith, Mitchell (175) приводят следующие данные о среднем содержании микроэлементов в известковых материалах: 100-1000 мг/кг Mn, 25 мг/кг Zn, 1-10 мг/кг Cu, 5 мг/кг Co, 1-20 мг/кг B, 1 мг/кг Mo.

Данные многолетнего опыта о влиянии органических удобрений на минеральный состав трав приведены Lehr et al. (115). Применение навоза и жидких экскрементов животных совместно с небольшим количеством минеральных удобрений повышает содержание магния и натрия и снижает содержание хлора по сравнению с соответствующим количеством минеральных удобрений.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАВ

Различия в минеральном составе трав при скашивании и стравливании определяется двумя основными факторами:

1) возвратом элементов с экскрементами животных;

2) различием в фазах роста, в которые проводится уборка. Watkin (213) и Wolton (224) сообщают, что возврат элементов с экскрементами животных повышает содержание азота в злаковых травосмесях. Однако в злаково-бобовых травосмесях возврат экскрементов снижает содержание азота и мало влияет на содержание N в злаковых компонентах.

В условиях Англии экскременты животных не оказывают значительного влияния на содержание фосфора в травах (89, 224, 213). Однако в Новой Зеландии в высокопродуктивных злаково-клеверных травосмесях повышалось содержание фосфора и урожай при возврате фосфора с фекалиями (134). During, McNaught (55) установили, что моча снижает содержание фосфора в траве.

Некоторые исследователи (224, 55, 151, 213, 134) показали, что экскременты животных, особенно моча, заметно повышают содержание калия в траве. Coik (28) считает, что при использовании трав только на выпас 80-90% калия возвращается, но распределение его с экскрементами по площади неравномерное.

Bosch (21) показал, что при смешанном использовании трава содержит больше калия и натрия, чем при одном сенокосном использовании.

При поступлении экскрементов животных содержание кальция и магния в злаково-бобовых смесях понижается (89).

ТИП ПОЧВЫ

В практике сельскохозяйственного производства влияние типа почвы на содержание азота, фосфора и калия в травах обычно маскируется применением удобрений, хотя свойства почвы заметно влияют на доступность питательных веществ удобрений (30). Содержание кальция, магния, серы и натрия часто в большей степени зависит от удобрений, чем от типа почвы, хотя содержание и тип глинистой фракции почвы оказывает влияние на баланс ионов (133).

Графики, показывающие взаимосвязь между содержанием фосфора, калия, магния, натрия и меди в травах и в почве, приведены Sluijsmans (185).

Анализ образцов тимфеечного сена в Финляндии (182) показал, что с увеличением pH почвы с 4,0 до 5,5 содержание кальция повышалось, а фосфора, калия, магния и серы почти не изменялось. Mason et al. (132) на ряде почв Канады проследили, что при переходе от почв черноземных среднее содержание серы в люцерне снижается с 0,3 до 0,2%, а фосфора и калия повышается соответственно с 0,25 до 0,32% и с 2,6 до 3,0%.

Исключительно слабая обеспеченность почв кальцием, магнием и калием встречается в большинстве случаев на почвах с низкой емкостью поглощения, которые одновременно являются и кислыми. Содержание магния и калия в травах на кислых почвах нередко выше, чем на карбонатных. Это объясняется, видимо, меньшей конкуренцией кальция. Магниевая же недостаточность может быть усилена высоким содержанием калия.

Недостаток же или избыток микроэлементов в травах более тесно связан с почвенными условиями. Большое влияние на поступление микроэлементов в растения оказывает валовое их содержание, pH и избыточное увлажнение. В Новой Зеландии Taylor et al. (184) установил, что недостаток кобальта, меди и молибдена хорошо согласуется с типом почв.

Данные о корреляции между недостатком микроэлементов и типом почв в Англии и Уэльсе приведены Dermott (43).

При понижении pH почвы доступность большинства микроэлементов повышается, а молибдена — снижается. Известкова-

ние песчаных почв (от pH 5,6 до pH 7,0) может снизить содержание марганца и кобальта в пастбищных травах почти на половину (42). Содержание же цинка и меди уменьшается значительно слабее.

Stewart, McConaghy (189) в отношении последних элементов не обнаружили значительного влияния pH на их содержание. После известкования кислых почв содержание молибдена в злаково-бобовой травосмеси может повыситься в 2-3 раза (175).

Влияние дренажирования почвы изучено **Mitchell (145)**. Травы на слабодренажированных почвах содержат примерно в 7 раз больше кобальта, в 2,5 раза - никеля, клевер - на 15-20% больше марганца и меди (в райграсе содержание меди не изменилось). Вынос железа, цинка и молибдена почти не изменяется. **Adams, Honeysett (2)** также показали, что содержание кобальта в клевере подземном и райграсе при переувлажнении повышается сильно, а меди - слабо. О повышении поступления молибдена в клевер при сильном увлажнении сообщают **Kubota et al. (111)**.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Минеральный состав трав должен соответствовать потребностям как растений, так и животных.

Анализ трав не дает полного представления о минеральной недостаточности. Проблемы, связанные с интерпретацией результатов анализа растений, как отражения обеспеченности растений питательными веществами, рассмотрены **Smith (188)**, **McNaught (129)** и **Mitchell (144)**. Анализ трав может указать на количество питательных элементов, поступающих с кормом в организм животного.

В нормальных условиях содержание азота, фосфора и калия в травах отвечает требованиям животных, если применяются удобрения и если стравливают или скашивают молодые растения. Если же скот содержится целиком на консервированных травах, то количество азота и фосфора в корме может быть ниже нормы.

Aldermann (4) указывает, что фосфор может стать лимитирующим фактором в периоды лактации и репродуктивным, если в рационе повышена доля консервированных трав и снижена доля концентратов. Недостаток азота и фосфора наблюдается у крупного рогатого скота при содержании его на удобренных нагорных пастбищах.

Недостаточное содержание в травах элементов, за исключением азота, фосфора и калия, а также хлора, который практически всегда поступает с калийными удобрениями, в большинстве случаев обуславливается низким содержанием их в почве. Особенно это типично для магния. При высоких дозах азота под злаковые травы и преобладании в травосмеси клевера содержание магния может снижаться. При высоких урожаях трав истощение запасов магния в почве может ускориться. Содержание магния в растениях может снижаться и при внесении высоких доз калия.

Потребность растений в сере определяется размером сите-

за белков. Поэтому серное голодание чаще проявляется при высоких урожаях и при наличии в травосмеси клевера.

При внесении калийных удобрений содержание натрия в растениях снижается и повышаются потери натрия от выщелачивания.

В отношении микроэлементов имеется, хотя и незначительная, тенденция снижения содержания их при интенсивном использовании лугов и пастбищ и повышении урожаев. В большинстве типов почв общее содержание всех микроэлементов достаточно на сотни или тысячи лет (149). Но на почвах с низким содержанием доступных микроэлементов недостаток может усиливаться при высоких урожаях и сенокосном использовании. При сильном известковании может значительно снизиться доступность микроэлементов-металлов и повыситься доступность молибдена.

Элемент	Вынос с урожаем (56 ц/га сухого вещества) при сравнительно низком содержании питательных веществ		Вынос с урожаем (112 ц/га сухого вещества) при сравнительно высоком содержании питательных веществ	
	примерное содержание питательных веществ	вынос, кг/га	примерное содержание питательных веществ	вынос, кг/га
N	2,0%	112	4,0%	448
P	0,2%	11	0,5%	56
K	1,5%	84	4,0%	448
Ca	0,5%	28	1,5%	168
Mg	0,12%	7	0,28%	31
S	0,2%	11	0,5%	56
Na	0,05%	2,8	0,5%	56
Cl	0,4%	22	2,0%	224
Fe	100 мг/кг	0,56	300 мг/кг	3,3
Mn	20 мг/кг	0,112	200 мг/кг	2,2
Zn	15 мг/кг	0,084	50 мг/кг	0,56
Cu	5 мг/кг	0,028	15 мг/кг	0,168
Co	0,1 мг/кг	0,00056	0,2 мг/кг	0,00224
I	0,2 мг/кг	0,00112	1,2 мг/кг	0,0112
Se	0,1 мг/кг	0,00056	1,0 мг/кг	0,0112
B	1,0 мг/кг	0,0056	10 мг/кг	0,112
Mo	0,2 мг/кг	0,00112	3,0 мг/кг	0,0336

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Adams A.F.R., Elphick B.L. The copper content of some soils and pasture species in Canterbury. N.Z.J.Sci.Techno., 1956, Sect A38: 345-358.
2. Adams S.N., Honeysett J.L. Some effects of soil water-logging on the cobalt and copper status of pasture plants grown in pots. Aust. J. agric. Res., 1964, 15: 357-367.
3. Agricultural Research Council (London). The nutrient requirements of farm livestock 1965, No 2, Ruminants: Technical review.
4. Alderman G. Mineral nutrition and reproduction in cattle. Vet. Rec., 1963, 75: 1015-1018.
5. Allcroft R. Prevention of hypomagnesaemia. Proc. Br. Vet. Ass. Conf. on hypomagnesaemia, 1960: 102.
6. Allcroft R. Copper deficiency and molybdenum excess. In.: Animal health, production and pasture. Ed. A.N. Worden, K.C. Selters and D.E. Tribe. Longmans, Green and Co. Ltd. London, 1963: 632-661.
7. Allcroft R., Lewis G. Relationship of copper, molybdenum and inorganic sulphate contents of feeding stuffs to the occurrence of copper deficiency in sheeps and cattle. Landbouwk Tijdschr. Wageningen, 1956, 68: 711-723.
8. Anderson A.J., Spencer J. Sulphur in nitrogen metabolism of legumes and non-legumes. Aust. J. Scient. Res. ser. B3, 1950: 431-449.
9. Anderson M.S., Lakin H.W., Beeson K.C., Smith F.C., Thacker E. Selenium in agriculture. Agric. Hdbk 200 U.S. Dep. Agric. Res. Serv., 1961: 65.
10. Andrew C.S., Thorne P.M. Comparative responses to copper of some tropical and temperate pasture legumes. Austr. J. agric. Res., 1962, 13: 821-935.
11. Andrews E.D. Cobalt deficiency. N.Z.J. Agric., 1956, 92: 239-244.
12. Ashton W.M., Sinclair K.B. A study of the possible role of chelation in occurrence of hypomagnesaemia in sheep. J. Br. Grassld Soc., 1965, 20: 118-122.
13. Beck A.B. The levels of copper, molybdenum and inorganic sulphate in some Western Australian Pastures. Austr. J. exp. Agric. Anim. Husb., 1962, 2: 40-45.
14. Beeson K.C. The mineral composition of crops with particular reference to the soils in which they were grown Misc. Publ. 369, U.S. Dep. Agric., 1941: 164.
15. Beeson K.C., MacDonald H.A. Adsorption of mineral elements by forage plants. III. The relation of stage of growth to the microelement content of timothy and some legumes. Agron. J., 1951, 43: 581-593.
16. Begg J.E., Frency J.R. Chemical composition of some grazed native pasture species in the New England region of New South Wells. Rep. Div. Pl. Industry, C.S.I.R.O., 1960, 18: 10.
17. Bentley O.G., Phillips P.H. The effect of low manganese rations upon dairy cattle. J. Dairy Sci., 1951, 34: 396-403.
18. Berger K.C. Beron in soils and crops. Adv. Agron., 1949, 1, 321-351.
19. Berryman C., Caldwell T.H. Experiments on the influence of potassium and magnesium applications on the nutrient content of herbage. Proc. N.A.A.S. Open Conference of Advisory Soil Chemists, 1963.
20. Black W.J.M., Richards R.I.W.A. Grassland fertiliser practice and hypomagnesaemia. J. Br. Grassed Soc., 1965, 20: 110-117.
21. Bosch S. Grassland and nitrogen manuring. Tijdschr. Ned. Heidemaatsch., 1964, 75: 261-266.
22. Butler E.J. et al. The Mineral element content of spring pasture in relation to the occurrence of grass tetany

and hypomagnesaemia in dairy cows. *J. agric. Sci., Camb.*, 1963, 60: 329-340.

23. Butler G.W., Barclay P.C., Glenday A.C. Genetic and environmental differences in the mineral composition of ryegrass herbage. *Pl. Soil*, 1962, 16: 214-228.

24. Butler G.W., Glenday A.C. Iodine content of pasture plants. II. Inheritance of leaf iodine content of perennial ryegrass. *Aust. J. biol. Sci.*, 1962, 15: 183-187.

25. Butler G.W., Johns A.T. Some aspects of chemical composition of pasture herbage in relation to animal production in New Zealand. *J. Aust. Inst. agric. Sci.*, 1961, 27: 123-133.

26. Calderbank G. Iodine. In: *Animal health production and pasture*. Ed. A.N. Worden, K.C. Sellers and D.E. Tribe. Longmans, Green and Co. Ltd., London, 1963: 681-736.

27. Clement C.R., Williams T.E. Leys and soil organic matter. I. The accumulation of organic carbon in soils under different leys. *J. agric. Sci., Camb.*, 1964, 63: 377-383.

28. Coie G. The potassium requirements of mown and grazed grassland. *Proc. 4th int. Congr. Potash. Inst.*, 1957, Vienna, 151-162.

29. Conroy E. Effects of heavy applications of nitrogen on the composition of herbage. *Jr. J. agric. Res.*, 1961, 1: 61-71.

30. Cooke G.W. Chemical aspects of soil fertility. *Soils Fertil. Harpenden*, 1962, 25: 417-420.

31. Coop I.E., Darling M., Anderson C.M. Chemical composition of some tussock grassland pastures. *N.Z.J. Sci., Technol. Sect.*, A34: 507-520.

32. Coppenet M., Calvez J. Variation in the mineral composition of ten graminaceous grassland varieties during one year controlled grazing. *Ann. agron.*, 1962, 13: 203-219.

33. Coup M.R., Campbell A.P. The effect of excessive iron intake upon the health and production of dairy cows. *N.Z.J. agric. Res.*, 1964, 7: 624-638.

34. Cunningham I.J. Sulphur and animals. *N.Z. Soil News*, 1954, 4: 101-103.

35. Cunningham I.J., Molybdate topdressing and animal health. *N.Z.J. agric.*, 1960, 100: 419-428.

36. Cunningham I.J., Hogan K.G., Breen J.N. The copper and molybdenum contents of pastures grown on the different soils of New Zealand. *N.Z.J. Sci., Technol. Sect.* A38: 225-238.

37. Cunningham R.K. Cation-anion relationships in plants. Ph. D. thesis Univ. London, 1963.

38. Cunningham R.K. Cation-anion relationships in crop nutrition. I. Factors affecting cations in Italian ryegrass. *J. agric. Sci., Camb.*, 1964, 63: 97-101.

39. Cuthbertson D.P. Significance of potassium in the mineral composition of food and fodder. - *Proc. 6th. int. Congr. Potash. Inst.*, 1960: 491-563.

40. Davies E.B. Factors affecting molybdenum availability in soils. *Soil Sci.*, 1956, 81: 209-221.

41. Davies W.E., Griffith G., Ellington A. The in vitro digestibility, water soluble carbohydrate and mineral content of primary growth of clover and lucerne. *J. agric. Sci. Camb.*, 1966 (in press).

42. Davis G.K., Jack F.H., McCall J.T. Relation of levels of molybdenum to cobalt utilization in cattle. *J. Anim. Sci.*, 1956, 15: 1232.

43. Dermott W., Roberts E., Wilkinsen B. The use of soil maps in advisory work. *N.A.A.S.q. Rev.*, 1965, 69: 16-22.

44. Devuyt A., Vanbelle M., Arnould R., Moreels A., Ver-vack W. The manganese status of Belgian grassland and the manganese content of the hair of Belgian cattle breeds. *Agri-cultura, Louvain*, 1963, 11: 451-466.

45. Dible W.T., Berger K.C. Boron content of alfalfa as influenced by boron supply. *Proc. soil Sci. Soc. Am.*, 1952, 16: 60-62.

46. Dick A.T. The effects of inorganic sulphate of molybdenum and copper metabolism in sheep. *Proc. 7th int. Grassld. Congr. New Zealand*, 1956a: 368-375.

47. Dick A.T. Molybdenum in animal nutrition. *Soil Sci.*, 1956b, 81: 239-236.

48. Dick A.T. Molybdenum and copper relationships in animal nutrition. In: Inorganic Nitrogen Metabolism. Ed. McLeroy W.D. and Glass B. 1956c:445-473, John Hopkins Press, Baltimore.
49. Dijkshoorn W. Nitrogen, chlorine and potassium in perennial ryegrass and their relation to the mineral balance. *Neth. J. agric. Sci.*, 1958, 6: 131-138.
50. Dijkshoorn W. The rate of uptake of phosphate and sulphate in perennial ryegrass. *Neth. J. agric. Sci.*, 1959, 7: 194-201.
51. Dijkshoorn W., Hart M.L. The effect of alteration of temperature upon the cationic composition in perennial ryegrass. *Neth. J. agric. Sci.*, 1957, 5: 18-36.
52. Dijkshoorn W., Lampe J.E.M., van Burg P.F.J. A method of diagnosing the sulphur nutrition status of herbage. *Pl. Soil*, 1960, 13: 227-241.
53. Doll E.C., Muller H.F., Todd J.R. Effect of phosphorus-fertilization and liming on yield and chemical composition of corn, wheat and red clover. *Bull. 682. Ky agric. Exp. Sta.* 1963: 23.
54. Dorofaeff F.D., McNaught K.J. Magnesium deficiency in white clover on a pumice soil. *N.Z.J. agric. Res.*, 1962, 5: 310-317.
55. During C., McNaught K.J. Effect of cow urine on growth of pasture and uptake of nutrient. *N.Z.J. agric. Res.*, 1961, 4: 591-605.
56. Dye W.B. A micronutrient survey of Nevada forage. *Techn., Bull. 227, Nev. agric. Exp. Sta.*, 1962, p. 67.
57. Dynna O., Havre G.N. Interrelationship of zinc and copper in the nutrition of cattle. A complex zinc-copper deficiency. *Acta vet. scand.*, 1963, 4: 197-208.
58. Ensminger L.E., Sulphur in relation to soil fertility *Bull. 312, Ala. agric. Exp. sta.*, 1958: 19.
59. Ferguson W.S., Terry R.A. The effect of nitrogenous fertilizers on the non-protein nitrogenous fraction of grassland herbage. *J. agric. Sci., Camb.*, 1957, 48: 149-152.

60. Fleming G.A. Some factors, affecting the uptake of selenium by plants. *Ir. J. agric. Res.*, 1962, 1: 131-138.
61. Fleming G.A. Distribution of major and trace elements in some common pasture species. *J. Sci. Fd. Agric.*, 1963, 14: 203-208.
62. Fleming G.A. Trace elements in plants with particular reference to pasture species. *Outl., Agric.*, 1965, 4: 270-285.
63. Fleming G.A., Coutler B.S. Mineral elements in pasture plants. *Proc. 1st Reg. Conf. int. Potash. Inst. Wexford (Ireland)*, 1963: 63-70.
64. French C.E., Smith C.B., Fortmann H.R. Survey of ten micronutrient elements in Pennsylvania forage crops. *Bull. 624. P-a agric. Exp. Sta.*, 1957.
65. Gardiner M.R., Gorman R.C. Further observation on plant selenium levels in Western Australia. *Aust. J. exp. Agric. Anim. Husb.*, 1963, 3: 284-289.
66. Gardiner R.H., Jackson T.L., Webster G.R., Turley R.H. Some Effects of fertilisation on the yield, botanical and chemical composition of irrigated grass and grass-clover pasture swards. *Can. J. Pl. Sci.*, 1960, 40: 546-562.
67. Gerloff G.C. Comparative mineral nutrition of plants. *A. Rev. Pl. Physiol.*, 1963, 14: 107-124.
68. Gervais P., Diorme J.L., Richardson W.S. Productivity and chemical composition of alfalfa as influenced by varying levels of phosphorus and potassium applications. *Can. J. Pl. Sci.*, 1962, 42: 1-10.
69. Grashuis J. Symptoms indicating zinc deficiency in cattle in the Netherlands. *Landbouwk. Tijdschr., Wageningen*, 1963, 75: 1127-1148.
70. Grassland Research Institute Data on the mineral composition of grassland herbage from the Grassland Research Institute and the Welsh Plant Breeding Station, Aberystwyth. *Techn. Rep.*, 1966, 4 (in course of preparation).
71. Griffith G. Nitrate content of herbage at different manurial levels. *Nature, London*, 1960, 185: 627-628.
72. Griffith G., Johnston T.D. The nitrate nitrogen con-

tent of herbage. I. Observations on some herbage species. J. Sci. Fd Agric. 1960, 11: 622-626.

73. Griffith G., Jones D.I.H., Walters R.J.K. Specific and varietal differences in sodium and potassium in grasses. J. Sci. Fd Agric., 1965, 16: 94-98.

74. Griffith T.W. Studies on magnesium status of grassland herbage and its possible significance in animal health. J. Br. Grassld Soc., 1959, 14: 199-205.

75. Groot T. de Grass as a feed for cattle. Stikstof, 1964, 8: 33-40.

76. Haaranen S. Some observations on the zinc requirement of cattle for prevention of itch and hair licking at different calcium levels in the feed. Nord. Vet. Med., 1963, 15: 536-542.

77. Hanway J.J., Moldenhauer W.C. The influence of nitrogen and phosphorus fertilization on nutrient status and profitability of bromegrass on Ida soils. II. Effect of chemical composition of bromegrass. Res. Bull., 532. Iowa agric. Exp. Sta., 1965: 312-322.

78. Hartmans J. The zinc supply of dairy cattle in the Netherlands. Versl. landbouwk. Onderz., 664, 1965: 57.

79. Harward M.E., Chao T.T., Fang S.C. The status and sulphur supplying power of Oregon soils. Agron. J., 1962, 54: 101-106.

80. Havre G.N., Dishington I.E. The mineral composition of pasture as influenced by various types of heavy nitrogen dressing. Acta Agric. Scand., 1962, 12: 298-308.

81. Havre G.N., Dymna O. The occurrence of conditioned and simple copper deficiency in cattle and sheep in Setesdalen, a valley in the Southern part of Norway. Acta vet. scand., 1961, 2: 375-398.

82. Hemingway R.G. Magnesium, potassium, sodium and calcium contents of herbage as influenced by fertilizer treatments over a three year period. J. Br. Grassld Soc., 1961, 16: 106-116.

83. Hemingway R.G. Copper, molybdenum, manganese and iron contents of herbage as influenced by fertilizer treatments

over a three year period. J. Br. Grassld Soc., 1962, 17: 182-187.

84. Hemingway R.G. Soil and herbage potassium levels in relation in yield. J. Sci. Fd Agric., 1963, 14: 188-195.

85. Henderson J.L., Edwards R.S., Hammerton J.L. The productivity of five grass species at six levels of compound fertiliser application. II. Crude protein production. J. agric. Sci. Camb., 1962, 59: 199-206.

86. Henderson R. The application of potassic fertilizers to pasture and the incidence of hypomagnesaemia. Techn. Series Potash Ltd, London, 1960, 1: 23.

87. Henkens C.H. Factor influencing the sodium content of meadow grass. Neth. J. agric. Sci., 1965, 13: 21-47.

88. Henkens C.H., van Luit B. Determination of the sodium status of grassland with the help of soil analysis. Versl. landbouwk. Onderz., 1963, 69: 13, p. 52.

89. Herriott J.B.D., Wells D.A. The grazing animal and sward productivity. J. agric. Sci., Camb., 1963, 61: 88-99.

90. Hodgson J.F., Leach R.M., Allaway W.H. Micronutrients in soils and plants in relation to animal nutrition. J. agric. Fd. Chem., 1962, 10: 171-174.

91. Hooper L.J. The uptake of magnesium by herbage and its relationship with soil analysis data. Proc. N.A.A.S. Open conference of Advisory Soil Chemists, 1963.

92. Hunt I.V., Alexander R.H. The crude protein content of Italian ryegrass. J. Br. Grassld. Soc., 1961, 16: 226-229.

93. Hunt I.V., Alexander R.H., Rutherford A.A. The effect of various manuring practices on the magnesium status of spring herbage. J. Br. Grassld., Soc., 1964, 19: 224-230.

94. Hutchinson F.E., Murphy H.J., Lewis D.T. The effect of liming on yield quality and chemical composition of crops in dairy and potato rotation for seven years on Plaisted soils in Maine. Bull 617 Mc agric. Exp. Sta., 1964, p. 38.

95. Jensen J. Some investigations on plant uptake of sulphur. Soil Sci., 1963, 95: 63-68.

96. Johnson J.M., Butler G.W. Iodine content of pasture plants. Physiologia Pl, 1957, 10: 100-111.

97. Jones D.J.C. The effect of sulphate of ammonia applications on the sulphur content of various grass and clover mixtures. *J. agric. Sci., Camb.*, 1960, 54: 188-194.

98. Jones E. Studies on the magnesium content of mixed herbage and some individual grass and clover species. *J. Br. Grassld Soc.*, 1963, 18: 131-138.

99. Jones J.G.W., Drake-Brockman R.M., Holmes W. The feed intake of grazing cattle. III. The influence of level of milk yield. *Anim. Prod.*, 1965, 7: 141-151.

100. Jones M.B. Total sulfur and sulphate sulphur content of subclover as related to sulphur responses. *Agron J.*, 1963, 55: 251-254.

101. Karlsson N. Analytical work on zinc in the vegetation of Middle Sweden. *Acta Agric. Scand.*, 1952, 2: 173-182.

102. Kem A. Hypomagnesaemia in milking cows: the responses of serum to alterations in herbage composition resulting from potash and nitrogen applications on pasture. *Neth. J. agric. Sci.*, 1960, 8: 281-304.

103. Kemp A., Hart M.L. 't. Grass tetany in grazing milking cows. *Neth. J. agric. Sci.*, 1957, 5: 4-17.

104. Kershaw E.S. The crude protein and nitrate nitrogen relationship in S 22 in response to nitrogen and potash fertilizer treatment. *J. Br. Grassld. Soc.*, 1963, 18: 323-327.

105. Kilmer V.J., Bennett O.L., Stanly V.F., Timmons D.R. Yield and mineral composition of eight forage species grown at four levels of soil moisture. *Agron. J.*, 1960, 52: 282-285.

106. Knabe O., Knabe B., Kreil W. Effect of nitrogen application on the copper content of pasture grass. *Z. Landkult.*, 1964, 5: 245-258.

107. Kochler F.E., Moore A.W., Almaras R.R., Olson H. Influence of past soil treatment on yield, composition and fertilizer phosphorus utilization by alfalfa. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 1957, 21: 201-205.

108. Koetsveld E.E. van, Lehr J.J. The zinc content of soil and grass in the Netherlands and the significance of this for the feeding of cattle. *Landbouwk. Tydschr.*, 1961, 73: 371-382 (Wageningen).

109. Kretschmer A.E., Beardley D.W. The molybdenum problem in the Florida Everglades region. In: *Inorganic nitrogen metabolism*. Ed. McElroy W.D. and Glass B. Johns Hopkins press, Baltimore, 1956: 474-488.

110. Kretschmer A.E., Lazar V.A., Beeson K.C. A preliminary survey on the cobalt contents of south Florida forages. *Proc. Soil Sci. Soc. Fla.*, 1954, 14: 53-58.

111. Kubota J., Lemon E.R., Allaway W.H. The effect of soil moisture content upon the uptake of molybdenum copper and cobalt by Alsike clover. *Proc. Soil Sci., Soc. Am.*, 1963, 27: 679-683.

112. Lampeter W. Mutual influences of higher plants regarding growth of shoots and roots, mineral content and water consumption studies in some economically important forage plants. *Wiss. 2. Karl-Marx-Univ. Lpz.*, 1960, 9: 611-722.

113. Latteur J.P. Cobalt deficiencies and sub-deficiencies and in ruminants. *Centre d'Information du Cobalt*. Brussels, 1962, 48.

114. Lehr J.J. The sodium content of meadow grass in relation to species and fertilization. *Proc. 8th int. Grassld. Congress*, Reading, 1960: 101-103.

115. Lehr J.J., Grashuis J., Koetsveld E.E. van Effect of fertilization on mineral-element balance in grassland. *Neth. J. agric. Sci.*, 1963, 11: 23-37.

116. Levesque M., Ketcheson J.W. The influence of variety, soil temperature, and phosphorus fertilizer on yield and phosphorus uptake by alfalfa. *Can. J. Pl. Sci.*, 1963, 43: 355-360.

117. Lewis A.H. The teart pastures of Somerset. III. Reducing the teartness of pasture herbage. *J. agric. Sci., Camb.*, 1943, 33, 58-63.

118. Löhnis M.P. Manganese toxicity in field and market garden crops. *Pl. Soil*, 1951, 3: 193-222.

119. Loper G.M., Smith D. Changes in micronutrient composition of the herbage of alfalfa, medium red clover, ladino clover and bromegrass with advance in maturity. *Res. Rep. 8 agric. Exp. Sta. Univ., Wisc.*, 1961: 19.

120. Lunt O.R., Branson R.L., Clark S.B. Response of five grasses to phosphorus on six soils. Paper, presented at the 9th int. Grassld. Congr., Sao Paulo, Brazil, Jan 1965.

121. Lutz J.A., Obenshain S.S., Lillard J.H. The influence of fertilization and irrigation of the quantity and quality of pasture herbage. Bull 543, Va agric, Exp. Sta., 1962: 20.

122. McConaghy S., McAllister J.S.V., Todd J.R., Rankin J.E.F., Kerr J. The effects of magnesium compounds and of fertilizers on the mineral composition of herbage and on the incidence of hypomagnesaemia in dairy cows. J. agric. Sci., Camb., 1963, 60: 313-328.

123. McConaghy S., Stewart J.W.B., Lowe J. The effect on soil and herbage of a nitrogenous fertilizer containing ammonium nitrate, applied regularly at varying levels. Res. exp. Rec. Minist. Agric. N. Ire, 1962, 12, Part I: 71-92.

124. McLeod L.B. Effect of nitrogen and potassium on the yield and chemical composition of alfalfa, bromegrass, orchard grass and timothy grown as pure species. Agron. J., 1965, 57: 261-266.

125. McNaught K.J. The cobalt content of North Island pastures. N.Z.J. Sci. Technol. Sect A., 1938, 20: 14-30.

126. McNaught K.J. Potassium deficiency in pastures. I. Potassium content of legumes and grasses. N.Z.J. agric. Res., 1958, 1: 148-181.

127. McNaught K.J. Effect of potassium fertilizer on sodium, magnesium and calcium in plant tissues. N.Z.J. Agric., 1959, 99: 442.

128. McNaught K.J. Some problems in plant analysis as an index of nutrient status. J.N. 2, Inst. Chem., 1961, 25: 7-15.

129. McNaught K.J., Chrisstoffels P.J.E. Effect of sulphur deficiency on sulphur and nitrogen levels in pastures and lucerne. N.Z.J. agric. Res., 1961, 4: 177-196.

130. McNaught K.J., Doroffaeff F.D. Magnesium deficiency in pastures. N.Z.J. agric. Res., 1965, 8: 555-572.

131. McNaught K.J., Karlovsky J. Sodium chloride responses in pasture on a potassium deficient soils. N.Z.J. agric. Res., 1964, 7: 386-404.

132. Mason J.L., Ryswyk A.B., Millimore J.E. Changes in sulphur, phosphorus and potassium content of alfalfa with soil zone. Can. J. Pl. Sci., 1963, 43: 94-96.

133. Mehlich A., Coleman N.T. Type of soil colloid and the mineral nutrition of plants. Adv. Agron., 1952, 4: 67-69.

134. Melville J., Sears P.D. Pasture growth and soil fertility. II. The influence of red and white clovers, superphosphate, lime and dung, and urine on the chemical composition of pasture. N.Z.J. Sci. Technol. Sect. A.35 Suppl., 1953: 30-41.

135. Miles D.G., Griffith G., Walters R.J.K. Variation in chemical composition of four grasses. Rep. Welsh Pl-Breed. Sta., 1963, 1964: 110-114.

136. Miller W.J., Adams W.E., Nussbaumer R., McCreery R.A., Perkins H.F. Zinc content of coastal Bermudagrass as influenced by frequency and season of harvest, location and level of nitrogen and lime. Agron. J., 1964, 56: 198-201.

137. Millikan C.R. Effects of different levels of zinc and phosphorus on the growth of subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.). Aust. J. agric. Es., 1963, 14: 180-205.

138. Mills C.F. Trace elements nutrition of dairy herd. J.R. Ass. Br. Dairy Farmers, 1964, 68: 10.

139. Mitchell R.L. The trace element content of plants. Research, London, 1957, 10: 357-362.

140. Mitchell R.L. Contamination problems in soil and plant analysis. J. Sci. Ed. Agric., 1960a, 11: 353-360.

141. Mitchell R.L. Trace elements in Scottish soils. Proc. Nutr. Soc., 1960c, 19: 148-154.

142. Mitchell R.S. Soil aspects of trace element problems in plants and animals. J.R. agric. Soc., 1963, 124: 75-86.

143. Mitchell R.L. Trace elements in soils. In: Chemistry of the Soil Ed. Bear. F.E.R., New York, 1964: 320-368.

144. Mitchell R.L., Reith J.W.S., Johnston I.M. Soil

copper status and plant uptake. In: Plant analysis and Fertilizer Problems. I.R.H.O., Paris, 1957a: 249-259.

145. Mitchell R.L., Reith J.W.S., Johnston I.M. Trace element uptake in relation to soil content. J. Sci. Fd. Agric., 1957b, 8: 51-58.

146. Molen H. van der. Hypomagnesaemia and grass fertilization in the Netherlands. Outl. Agric., 1964, 4: 55-63.

147. Mikragnatz M., Filipovic Z. Further evidence of the influence of soil pH on cobalt content of grasses. Soil Sci., 1961, 92: 127-128.

148. Mortensen W.P., Baker A.S., Dermantis P. Effects of cutting frequency of orchard grass and nitrogen rate on yield, plant nutrient consumption and removal. Agron. J., 1964, 56: 316-320.

149. Muhrer M.E., Garner G.B., Pfander W.H., O'Dell B.L. The effect of nitrate on reproduction and lactation. J. Anim. Sci., 1956, 15: 1291-1292.

150. Mulder E.G. Nitrogen magnesium relationships in crop plants. Pl. Soil, 1956, 7: 341-376.

151. Mundy E.J. The effect of urine and its components on the botanical composition and production of a grass/clover sward. J. Br. Grassld Soc., 1961, 16: 100-105.

152. Neeman N., Walsh T., O'More L.B. Some soil and herbage factors associated with the incidence and treatment of molybdenum conditional hypocuprosis on Irish pastures. Proc. 7th int. Grassed Congr., New Zealand, 1956: 345-355.

153. Nohring K., Borchmann W. The influence of differences in water supply on the mineral content of green fodders. Z. landw. Vers.- u. Unters. Wes., 1955, 1: 178-186.

154. Nielsen K.F., Cunningham R.K. The effects of soil temperature and form and level of nitrogen on growth and chemical composition of Italian ryegrass. Proc. Soil Soc. Am., 1964, 28: 213-218.

155. Nielsen K.F., Halstead R.L., MacLean A.J., Bourget S.J., Holmes R.M. The influence of soil temperature on the growth and mineral composition of corn, bromegrass and potatoes. Proc. Soil Sci. Soc. Am., 1961, 25: 369-372.

156. Nielsen K.F., Halstead R.L., MacLean A.J., Holmes R.M., Bourget S.J. Effects of soil temperature on the growth and chemical composition of lucerne. Proc. 8th int. Grassld. Congr., 1960: 287-292.

157. Norman M.J.T. Intervals of superphosphate application to downland permanent pasture. J. agric. Sci., Camb., 1956, 47: 157-171.

158. Nowakowski T.Z. The effect of different nitrogenous fertilizers, applied as solids or solutions on the yield and nitra-N content of established grass and newly sown ryegrass. J. agric. Sci. Camb., 1961, 56: 287-292.

159. Oostendorp D., Harmsen H.E. The effect of potassium and sodium status of the soil on the sodium content of pasture grass.- Neded. 82. Proefstn Akker en Weideb., 1964, 25.

160. Orr J.B. Minerals in pastures and their relation to animal nutrition. H.K. Lewis and Co., London, 1969: 165.

161. Ozanne P.G. Chlorine deficiency in soils. Nature Lond., 1958, 182: 1172-1173.

162. Ozanne P.G. Some nutritional problems characteristic on sandy soils. Trans. Joint Meet. Comm. IV and V int. Soc. Soil Sci., New Zealand, 1962: 139-143.

163. Ozanne P.G., Greenwood E.A.N., Shaw T.C. The cobalt requirement of subterranean clover in the field. Aust. J. agric. Res., 1963, 14: 39-50.

164. Philipson T. Boron in plants, with special reference to Swedish agriculture. Acta Agric. Scand., 1953, 3: 121-242.

165. Pickett E.E. Mineral composition of Missouri feeds and forages. Res. Bull. 724 Mo. agric. Exp. Sta., 1960, 16.

166. Price N.O., Hardison W.A. Minor element content of forage plants from the central Piedmont region of Virginia. Techn. Bull 165. Va agric. Exp. Sta., 1963: 15.

167. Price N.O., Linkous W.N., Engel R.W. Minor element content of forage plants and soils. J. agric. Fd. Chem, 1955, 3: 226-229.

168. Price N.O., Moschler W.W. Effect of residual lime in soil on minor elements in plants. J. agric. Fd. Chem, 1965, 13: 163-165, 1965.

169. Pumphrey F.V., Moore D.P. Sulphur and nitrogen content of alfalfa herbage during growth. *Agron. J.*, 1965, 57: 237-239.

170. Rahman H., McDonald P., Simpson K. Effects of nitrogen and potassium fertilizers on the mineral status of perennial ryegrass. *J. Sci. Fd. Agric.*, 1960, 11: 422-428.

171. Reith J.W.S. The magnesium contents of soil and crops. *J. Sci. Fd. Agric.*, 1963a, 14: 417-426.

172. Reith J.W.S. Effects of soil magnesium levels and magnesium dressings on crop yield and composition. *Proc. N.A.A.S. Open conference of Advisory Soil Chemists*, 1963b.

173. Reith J.W.S. Effect of fertilizer application on the mineral composition of crops in Scotland. *Proc. 2nd. Reg. Colloquium int. Potash. Inst., Morat, Switzerland*, 1964: 55-62.

174. Reith J.W.S., Inkson R.H.E., Holmes W., McLusky D.A., Reid D., Heddle R.G., Copeman G.J.F. The effects of fertilizers on herbage production. II. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on botanical and chemical composition. *J. agric. Sci. Camb.*, 1964, 63: 209-219.

175. Reith J.W.S., Mitchell R.L. The effect of soil treatment on trace element uptake by plants. In: *Plant analysis and Fertilizer Problems, IV. American Society of Horticulture Science, College Park, Maryland*, 1964, 241-254.

176. Robinson W.D., Edgington G., Armiger W.H., Breen A.V. Availability of molybdenum as influence by liming. *Soil Sci.*, 1951, 72: 267-274.

177. Rosenfeld I., Beath O.A. Selenium geobotany, biochemistry, toxicity and nutrition. *Academic Press Inc., New York* 1964: 411.

178. Rothamsted Experimental Station. Report for 1961, 1962, 57-58.

179. Rukuhia Soil Research Station. Annual Report 1961-1962, N.Z. Dep. Agric.

180. Russell F.C., Duncan D.L. Minerals in pasture: deficiencies and excesses in relation to animal health. *Techn. Commun*, 15, Commonw. Bur. Anim. Nutr., 1956, Ind. edn. p. 170.

181. Said I.M. Cation selectivity and cation-anion balance as factors. Governing the mineral composition of pasture herbage. *Versl. landbouwk. Onderz.* 1959, 65, 16: 64.

182. Salonen M., Keranen T., Talvio A., Tähtinen H. Differences in mineral content of timothy hay as related to geographical region and soil type. *Annls Agric. fenn*, 1962, 1: 226-232.

183. Salmon R.C. Magnesium relationships in soils and plants. *J. Sci. Fd. Agric.*, 1963, 14: 605-610.

184. Saunders W.M.H., Tailor W.B., Gold B. Residual effect of phosphate top-dressing on a yellow-brown loam from andesitic ash. *N.Z.J. agric. Res.*, 1963, 6: 484-507.

185. Sluijsmans C.M.J. The use and evaluation of soil analysis on grassland. *Landw. Forsch. Soderh.*, 1963, 17: 83-91.

186. Smith P.F. Mineral analysis of plant tissues. *A Rev. Pl. Physiol.*, 1962, 13: 81-108.

187. Stewart A.B., Holmes W. Nitrogenous manuring of grassland I. Some effects of heavy dressing of nitrogen on the mineral composition. *J. Sci. Fd. Agric.*, 1953, 4: 401-408.

188. Stewart F.B., Axley J.H. Seasonal variation in the boron content of alfalfa. *Agron. J.*, 1956, 48: 259-262.

189. Stewart J.W.B., McConaghy S. Some effects of reaction (pH) changes in a basaltic soil on the mineral composition of growing crops. *J. Sci. Fd. Agric.*, 1963, 14: 613-621.

190. Stinson C.H. Relation of water-soluble boron in Illinois soils to boron content of alfalfa. *Soil Sci.*, 1953, 75: 31-36.

191. Stojkowska A., Cooke G.W. Micro-nutrients in fertilizer. *Chemy Ind.*, 1958, 42: 1368.

192. Sullivan J.T., Garber R.J. Chemical composition of pasture plants. *Bull. 489 Pa agric. Exp. Sta.*, 1947: 61.

193. Swain D.J. The trace-element content of fertilizers. *Techn. Commun* 52 Commonw. Bur. Soils, 1962: 306.

194. Tailor N.H., Cunningham I.J., Davies E.R. Soil type in relation to mineral deficiencies. *Proc. 7th int. Grassld. Congr.*, New Zealand, 1956: 357-366.

195. Thomas T.B., Holmes W.B., Clapperton J.L, A study of meadow hays from the Cockle Park Plots. Part II. Ash constituents Emp. J. exp. Agric. 1955, 23: 101-108.

196. Thomas B., Thompson A. The ash constituents of some grasses and herbs on the Palade Leas plots at Cockle Park. Emp. J. exp. Agric., 1948, 16: 221-230.

197. Thomas B., Thompson A., Oyenuga V.A., Armstrong R.H. The ash constituents of some herbage plants at different stages of maturity. Emp. J. exp. Agric., 1952, 20: 10-22.

198. Thomas B., Trinder N. The ash components of some moorland plants. Emp. J. exp. Agric., 1947, 15: 237-248.

199. Thomas M.D., Hendricks R.H., Hill G.R. Sulfur content of vegetation. Soil Sci., 1950, 70: 9-18.

200. Thompson A. Pasturage as a source of minerals. Agric. Prog. 1953, 28: 52-67.

201. Thompson A. The trace-element contents of herbage plants with some reference to their availability to the animal. J. Sci. Fd. Agric. 1957, 8: 72-80.

202. Thorne W. Zinc deficiency and its control. Adv. Agron., 1957, 9: 31-65.

203. Todd J.R., Magnesium in forage plants. I. Magnesium contents of different species and strains as affected by season and soil treatment. J. agric. Sci., Camb., 1961, 56: 411-415.

204. Trawscoed Experimental Husbandry Farm 1963. Annual Report, 1963: 26.

205. Ticker T.M., Cordy D.R., Berry L.T., Harvey W.A., Fuller T.C. Nitrate poisoning in livestock. Circ 506. Calif agric. Exp. Sta., 1961: 11.

206. Underwood E.J. Trace elements in human and animal nutrition. 2nd edn Academic Press Inc. New York, 1962: 429.

207. Vose P.B. The cation content of perennial ryegrass *Lolium perenne* L in relation to intraspecific variability and nitrogen/potassium interaction. Pol. Soil, 1963a, 19: 49-64.

208. Vose P.B. Varietal differences in plant nutrition. Herb. Abstr., 1963b, 33: 1-13.

209. Walker T.W. The sulphur cycle in grassland soils J. Br. Grassld Soc., 1957, 12: 10-18.

210. Walker T.W., Adams A.F.R., Orchiston H.D. The effects and interactions of sulphur phosphorus and molybdenum on the growth and composition of clovers. N.Z.J.Sci., Technol. Sect A 36, 1955: 470-482.

211. Walker T.W., Adams A.F.R., Orchiston H.D. The effect of levels of calcium sulphate on the yield and composition of a grass and clover pasture. Pl. Soil, 1956, 7: 290-300.

212. Walker T.W., Edwards G.H.A., Cavell A.J., Rose T.H. The use of fertilizers on herbage cut and time of application on the yield chemical and botanical composition of herbage cut for drying. J. Br. Grassld. Soc., 1953, 8: 45-70.

213. Watkin B.R. The effect of dung and urine and its interactions with applied nitrogen, phosphorus and potassium on chemical composition of pasture. J. Br. Grassld. Soc., 1957, 12: 264-277.

214. Wehrmann J. Manganese, copper and cobalt in plants and soils of pastureland in Schleswig-Holstein. Pl. Soil, 1955, 6: 61-83.

215. Wells N. Soul studies using sweet vernal to assess element availability. N.Z.J. Sci. Technol. Sect B 37, 1956: 473-482.

215. Wells N. Soul studies using sweet vernal to assess element availability N.Z.J. Sci. Technol. Sect B 37, 1956: 473-482.

216. Welte W., Werner W. Manganese enrichment of pasture grass. Landw. Forsch., 1964, 18: 112-118.

217. Whithead D.C. Soil and plant-nutrition aspects of the sulphur cycle. Soil Fertil. Harpenden, 1964, 27: 1-8.

218. Widdowson F.V., Penny A., Williams R.J.B. An experiment measuring effects of N, P, and K fertilizers on yield and N, P and K contents of grass. J. agric. Sci., Camb., 1965, 64: 93-100.

219. Williams R.D. Minor elements and their effects on

the growth and chemical composition of herbage plants. Commonw. Bur. Past, Fld. Crops, 1963: 89.

220. Wilson J.G. Bovine infertility-response to manganese therapy. Vet. Rec., 1965, 77: 489-490.

221. Wit C.T. de, Dijkshoorn W., Noggle J.C. Ionic balance and growth of plants. Versl. landbouwk. Onderz., 1963, 69, 15: 69.

222. Wolton K.M. Some factors affecting herbage magnesium levels. Proc. 8th int. Grassld Congr. 1960, 544: 548.

223. Wolton K.M. Fertilizers and hypomagnesaemia. N.A.A.S. q. Rev. 1963a, 14: 122-130.

224. Wolton K.M. An investigation into the simulation of nutrient returns by grazing animal in grassland experimentation. J. Br. Grassld. Soc., 1963b, 18: 213-219.

225. Wright J.R., Lawton K. Cobalt investigations on some Nova Scotia soils. Soil Sci., 1954, 77: 95-105.

226. Wright M.J., Davison K.L. Nitrate accumulation in crops and nitrate poisoning in animals. Adv. Agron., 1964: 197-248.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
ЧАСТЬ 1	
Отдельные питательные вещества	7
Азот	7
Фосфор	9
Калий	11
Кальций	14
Магний	15
Сера	18
Натрий	20
Хлор	22
Железо	23
Марганец	24
Цинк	25
Медь	26
Кобальт	28
Йод	30
Селен	30
Бор	31
Молибден	32

ЧАСТЬ II

Факторы, влияющие на минеральный состав	34
Влияние вида и сорта	34
Возраст трав	37
Сезонные изменения и температура	38
Обеспеченность влагой	39
Применение удобрений	39
Использование трав	42
Тип почвы	43
Заключение	45
Список литературы	48

Обзор литературы

МИНЕРАЛЬНЫЕ ПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА
В ТРАВАХ ЛУГОВ И ПАСТБИЩ

Ответственный за выпуск Н.И. Демушкин
Литературный редактор В.Б. Вировец
Корректор В.Т. Юдович
Технический редактор Е.А. Хазанова

ВНИИТЭИсельхоз МСХ СССР
Москва, И-139, Орликов пер., дом 3, корпус "А"

Подп. в печ. 16/II-70 г. Т-03489
Ф-т 80 х 90/16 Печ. л. 4,25 Уч.-изд. л. 3,18
Тираж 1000 экз. Цена 25 коп. Зак. 105

Печатно-множительная группа ВИМ
Москва, Ж-389, 2-я Институтская ул., д. 20