

СОДЕРЖАНИЕ СТРУКТУРНЫХ УГЛЕВОДОВ В ЗЕЛЕННОЙ МАССЕ РАСТЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФАЗЫ ВЕГЕТАЦИИ

А. А. КУРЕПИН

РВП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству»,
г. Жодино, Республика Беларусь, 222163

(Поступила в редакцию 05.02.2021)

Фаза вегетации растений оказывает существенное влияние на химический состав и питательность корма. В растениях в начальную фазу вегетации, по сравнению с более поздней, всегда содержится больше воды, протеина, безазотистых экстрактивных веществ и меньше клетчатки, сухое вещество такого корма лучше переваривается. В настоящее время в Республике Беларусь в справочниках и нормативных документах, используемых при зоотехническом анализе кормов, отсутствуют требования к кормам, предназначенным на кормовые цели, по содержанию фракционного состава сырой клетчатки (НДК, КДК). Поэтому целью настоящих исследований является изучение накопления структурных углеводов в зеленой массе кормовых растений по фазам вегетации. Нами проведены в период 2012–2019 гг. лабораторные опыты по определению общей питательности и количественного содержания НДК и КДК в зеленой массе кормовых растений в зависимости от фазы вегетации. В проведенных исследованиях изучено накопление структурных углеводов в злаковых и бобовых культурах по фазам вегетации, определены показатели нейтрально- и кислотно-детергентной клетчатки. Установлено, что за период роста и развития травостоев по фазам филогенетического цикла, происходит накопление структурных углеводов и снижение энергетической ценности и сырого протеина. Также на основании полученных данных были получены корреляционные зависимости накопления одних питательных веществ и снижения других в зависимости от роста и развития растения. Установлено, что с развитием растений имеется обратная связь между содержанием сырой клетчатки и обменной энергии $r=-1$. Обратная корреляционная зависимость ($r=0,99$) получена между показателями НДК и ОЭ, НДК и суммы легкопереваримых углеводов. То есть, при увеличении фазы развития растений, увеличивается содержания НДК, при этом происходит снижение содержания легкопереваримых углеводов.

Ключевые слова. злаковые травы, клевер, люцерна, фаза вегетации, НДК, КДК, питательность.

The vegetative stage of plants has a significant impact on the chemical composition and nutritional value of the feed. In plants in the early vegetative stage, in comparison with the later one, there is always more water, protein, nitrogen-free extractable substances and less fiber, the dry matter of such feed is better digested. Currently, in the Republic of Belarus, in reference books and regulatory documents used for purposes of zootechnical feed analysis there are not any requirements for feed according to the content of the fractional composition of raw fiber (NDF, ADF). Therefore, the aim of this research is to study the accumulation of structural carbohydrates in the herbage of forage plants during the growing season. In the period 2012–2019, we conducted laboratory experiments to determine the total nutritional

value and the quantitative content of NDF and ADF in the herbage of forage plants, depending on the vegetative stage. In the experiments, accumulation of structural carbohydrates in cereals and legumes was studied by the vegetative stages, neutral and acid detergent fiber indicators were determined. It is established that during the period of growth and development of grass stands according to the phases of the physiologic cycle, there takes place an accumulation of structural carbohydrates as well as a decrease in the energy value and crude protein. Also, on the basis of the data obtained, correlations between the accumulation of some nutrients and the reduction of others, depending on the growth and development of the plant were revealed. It is found that with the development of plants, there is an inverse relationship between the content of crude fiber and the metabolizable energy $r=-1$. An inverse correlation ($r=0.99$) is obtained between the indicators of NDF and ME, ADF and the amount of easily digestible carbohydrates, that is, with an increase in the phase of plant development, the NDF content increases, while the content of easily digestible carbohydrates decreases.

Key words: grasses, clover, alfalfa, vegetative stage, NDF, ADF, nutritional value.

Введение. Учитывая важный вклад клетчатки, современные подходы к определению качества корма и его питательности предлагается введение новых параметров для характеристики качества кормов. Согласно этим подходам стандартный анализ корма в настоящее время должен включать следующие критерии: сырой протеин, содержание сухого вещества (СВ) и вместо общепринятой «сырой клетчатки» нейтрально-детергентную клетчатку (или фракцию, не нерастворимую в нейтральном детергенте – НДК) и кислотно-детергентную клетчатку (или фракцию, не растворимую в кислотном детергенте – КДК).

В настоящее время в Республике Беларусь при зоотехническом анализе кормов используется показатель «сырая клетчатка», а существующие в нашей стране справочники и нормативные документы [1, 2, 3, 4] не имеют сведений и требований к кормам, предназначенным на кормовые цели, по содержанию фракционного состава сырой клетчатки (НДК, КДК) [5].

По мнению ряда ученых, фаза вегетации растений оказывает существенное влияние на химический состав и питательность корма. В растениях в начальную фазу вегетации, по сравнению с более поздней, всегда содержится больше воды, протеина, безазотистых экстрактивных веществ и меньше клетчатки, сухое вещество такого корма лучше переваривается.

Целью настоящих исследований является изучение накопления структурных углеводов в зеленой массе кормовых растений по фазам вегетации.

Основная часть. Для достижения поставленной цели и решения задач данных исследований нами проведены в период 2012–2019 годов лабораторные опыты по определению общей питательности и количе-

ственного содержания НДК и КДК в зеленой массе кормовых растений в зависимости от фазы вегетации.

Химический анализ кормов проводили по схеме зоотехнического анализа: Нейтрально-детергентную клетчатку (или фракцию, не растворимую в нейтральном детергенте – НДК) и кислотно-детергентную клетчатку (или фракцию, не растворимую в кислотном детергенте – КДК), определяли согласно методике Курилова Н. В. [6] и модифицированной методике Van-Soest [7] с применением полуавтоматического анализатора FIWE-6 [8].

Цифровые материалы обработаны методом вариационной статистики [9] на персональном компьютере с использованием пакета статистики Microsoft Excel. Статистическая обработка результатов анализа проведена по методу Стьюдента [10].

Фаза вегетации растений оказывает существенное влияние на химический состав и питательность корма. В растениях в начальную фазу вегетации, по сравнению с более поздней, всегда содержится больше воды, протеина, безазотистых экстрактивных веществ и меньше клетчатки, сухое вещество такого корма лучше переваривается. Получены данные в проведенных исследованиях химического состава зеленой массы злаковых трав по фазам вегетации приведены в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав зеленой массы многолетних злаковых трав по фазам вегетации

Фаза вегетации	СВ, %	К.ед	ОЭ, МДж	СП, %	СК, %	НДК, %	КДК, %
В сухом веществе корма							
Выход в трубку	14,02	0,97	10,96	18,52	22,44	38,77	27,96
Колошение	22,91	0,83	10,15	14,11	26,94	47,09	31,72
Начало цветения	25,7	0,67	9,13	10,42	32,62	57,11	40,06

В проведенных исследованиях установлено, что за период роста и развития травостоев по фазам филологического цикла, происходит накопление структурных углеводов и снижение энергетической ценности и сырого протеина. Так, содержания сырого протеина в фазу начала цветения снизилось на 8,8 п.п. по отношению к фазе выхода в трубку, содержание обменной энергии и кормовых единиц снизилось на 1,83 МДж и 0,3 ед. соответственно.

Следует отметить, что по мере вегетации зеленой массы злаковых культур на каждый процент увеличения сырой клетчатки содержания сырого протеина в растениях в среднем уменьшалось на 0,97 % – в

начале вегетации (выход в трубку до колошения), и на 0,64 % от фазы колошения до начала цветения, однако корреляционной зависимости не установлена, так как содержания вышеуказанных питательных веществ зависит от многих факторов и в первую очередь от погодных условий.

Из полученных данных по содержанию структурных углеводов в зеленой массе злаковых трав по фазам вегетации (рис. 1) следует, что с увеличением фазы развития растений, увеличивается и содержание структурных углеводов, так в фазу выхода в трубку содержания НДК находилось на уровне 38,77 %, в фазу колошения этот показатель увеличился на 8,32 п.п. и составил 47,09 %, в фазу начала цветения содержания НДК составило 57,11 %, что на 18,34 п.п. больше по отношению началу вегетации (фаза выхода в трубку). Это зависимость отмечается и по накоплению КДК, так если в фазу выход в трубку содержания КДК составляло 27,96 %, то уже в фазу начала цветения этот показатель увеличился на 12,1 п.п. и составил 40,06 %.

Также на основании полученных данных были получены корреляционные зависимости накопления одних питательных веществ и снижения других в зависимости от роста и развития растения.

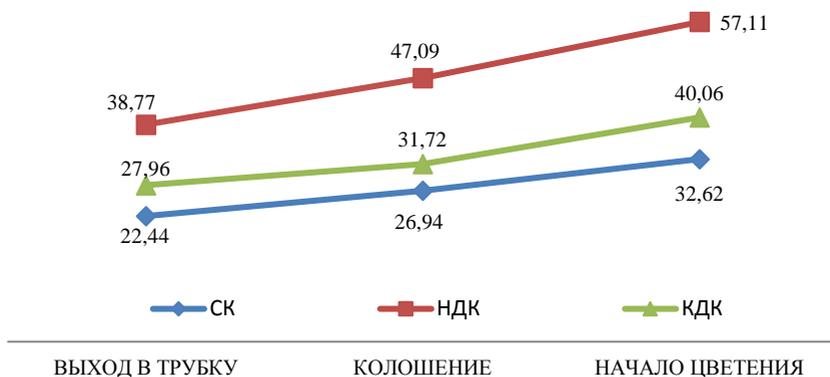


Рис. 1. Содержание структурных углеводов в зеленой массе злаковых трав по фазам вегетации

Установлено, что с развитием растений имеется обратная связь между содержанием сырой клетчатки и обменной энергии $r=-1$. Обратная корреляционная зависимость ($r=0,99$) получена между показателями НДК и ОЭ, НДК и суммы легкопереваримых углеводов, т. е. при увеличении фазы развития растений, увеличивается содержания

НДК, при этом происходит снижение содержания легкопереваримых углеводов с 18,27 % до 10,44 %.

В ходе исследований было изучено изменение содержания структурных углеводов и энергетической ценности по фазам вегетации в клевере красном в 1 и 2 укосах (табл. 2).

Таблица 2. Питательность зеленой массы клевера красного в зависимости от фазы развития и укоса

Фаза вегетации	ОЭ, МДж	К.ед.	СВ, %	СП, %	СК, %	КДК, %	НДК, %
Зеленая масса клевера красного 1 укос							
До бутонизации	11,59	1,09	12,98	22,30	18,94	24,01	38,01
Бутонизация	10,77	0,94	14,48	18,91	23,49	29,42	41,19
Начало цветения	10,29	0,86	18,69	16,09	26,14	31,94	44,20
Цветение	9,66	0,76	20,59	14,34	29,64	35,12	47,21
Конец цветения	9,31	0,70	22,49	13,71	31,62	36,54	47,90
Зеленая масса клевера красного 2 укос и послед.							
До бутонизации	11,54	1,08	16,68	21,94	19,21	29,38	41,11
Бутонизация	10,70	0,93	18,10	18,91	23,89	32,12	44,15
Начало цветения	10,13	0,83	20,48	18,05	27,08	35,01	47,41
Цветение	9,38	0,71	20,75	16,19	31,24	36,61	49,12
Конец цветения	9,40	0,72	22,92	15,11	31,10	37,31	50,30

Из полученных данных следует, что ходе роста и развития растений питательность от фазы до бутонизации к фазе конец цветения изменяется. Так, наибольшее содержание сырого протеина отмечено в фазу до бутонизации 22,3 %, обменной энергии – 11,59 МДж, кормовых единиц 1,09. К концу цветения отмечается снижение сырого протеина на 8,59 п.п., обменной энергии на 2,28 МДж или на 19,67 %.

В тоже время с ростом и развитием растений происходит накопление сухого вещества, сырой клетчатки, нейтрально-детергентной и кислотно-детергентной клетчатки, с одновременным снижением энергетической ценности зеленой массы клевера красного как при первом, так и втором укосах рис. 2–3.

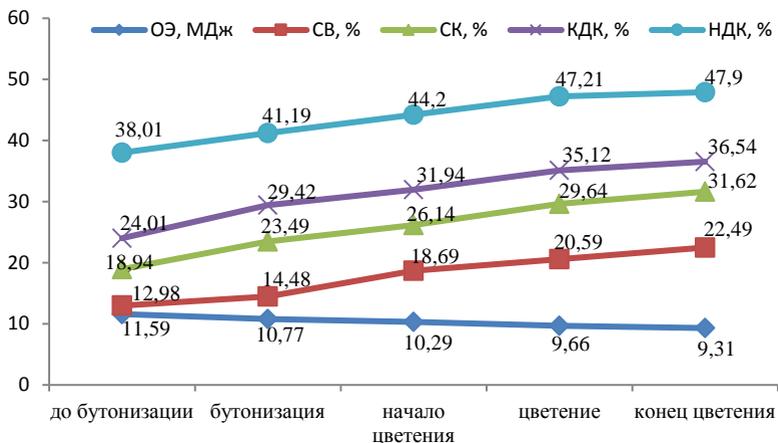


Рис. 2. Изменение энергетической ценности и структурных углеводов в клевере красном 1 укоса в зависимости от фазы вегетации

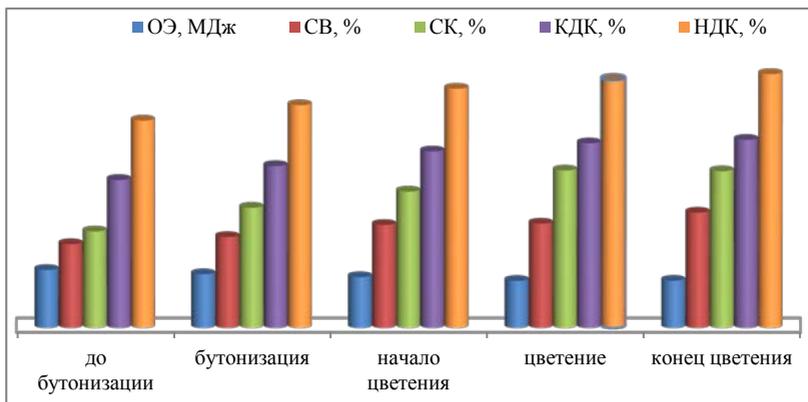


Рис. 3. Изменение энергетической ценности и структурных углеводов в клевере красном 2 укоса в зависимости от фазы вегетации

Как при первом, так и при втором укосах происходит увеличение содержания структурных углеводов, а именно сырой клетчатки и ее фракций нейтрально-детергентной и кислотно-детергентной клетчатки в динамике, это отображено на рисунках 3 и 4. Так в фазу до бутонизации (1 укос) содержание сырой клетчатки в зеленой массе клевера красного в среднем составило 18,94 %, к концу цветения ее содержа-

ние увеличилось на 12,68 п.п., НДК увеличилось на 9,89 п.п., КДК на 12,53 п.п.

Установлены высокие коррелируемые связи между питательными веществами в процессе роста и развития растений (табл. 3).

Таблица 3. Взаимосвязь питательных веществ в зеленой массе клевера красного в среднем по фазам вегетации

1 укос					
СВ, %	ОЭ, МДж	СП, %	СК, %	НДК, %	КДК, %
СВ, %	-0,98	-0,97	0,98	0,98	0,96
	ОЭ, МДж	0,99	-1,00	-0,99	-1,00
		СП, %	-0,99	-0,99	-0,99
			СК, %	0,99	1,00
				НДК, %	0,99
2 укос и послед.					
СВ, %	-0,94	-0,95	0,94	0,98	0,97
	ОЭ, МДж	0,98	-1,00	-0,99	-0,99
		СП, %	-0,98	-0,98	-0,98
			СК, %	0,99	0,99
				НДК, %	1,00

Так, сильные отрицательные связи получены между сухим веществом и обменной энергией $r = -0,98$, сырым протеином $r = -0,97$; обменной энергией и сырой клетчаткой $r = 1,00$, КДК $r = 1,00$, НДК $r = 0,99$. Отрицательная связь в $0,99$ получена между сырым протеином и структурными углеводами.

Накопление структурных углеводов имеет положительную связь в процессе роста и развития растений с сухим веществом, сырой клетчаткой, НДК и КДК, что в свою очередь отражается на снижении энергетической и кормовой ценности растений.

Обобщая полученные результаты, можно сделать вывод, что в процессе роста и развития растений при накоплении одного питательного вещества, другой снижается и наоборот, что подтверждается полученными коррелируемыми зависимостями.

Также было изучено накопление питательных веществ в процессе роста и развития люцерны (табл. 4).

Таблица 4. Питательность зеленой массы люцерны в зависимости от фазы развития и укоса

Фаза вегетации	ОЭ, МДж	К. ед.	СВ, %	СП, %	СК, %	КДК, %	НДК, %
Зеленая масса люцерны 1 укос							
До бутанизации	11,13	1,00	15,44	26,03	21,49	24,98	34,94
Бутанизация	10,48	0,89	15,91	22,53	25,13	30,59	42,03
Начало цветения	9,76	0,77	19,01	19,08	29,12	33,68	46,21
Цветение	9,23	0,69	21,06	17,41	32,05	35,82	48,34
Конец цветения	8,68	0,61	24,10	15,21	35,12	36,85	48,64
Зеленая масса люцерны 2 укос и послед.							
До бутонизации	11,05	0,99	16,91	27,05	21,94	31,18	41,95
Бутонизация	10,50	0,89	18,06	24,07	24,98	31,77	43,15
Начало цветения	9,61	0,75	19,54	20,91	29,94	33,54	45,11
Цветение	9,02	0,66	20,94	18,41	33,22	30,49	49,87
Конец цветения	8,70	0,61	22,61	16,54	34,98	38,06	42,78

Анализируя полученные данные по химическому составу люцерны, можно сделать вывод о том, что энергетическая и питательность ценность изменялось в процессе роста и развития и подчинялась общей биологической закономерности.

Также в процессе «старения трав» отмечалось снижение энергетической и протеиновой ценности, с одновременным накоплением сырой клетчатки и ее фракций НДК и КДК.

Так, к концу цветения содержания обменной энергии снизилось на 2,45 МДж, содержание сырой клетчатки увеличилось на 13,63 п.п., НДК на 13,7 п.п., КДК – 11,87 п.п. по отношению содержания питательных веществ до бутонизации.

Получены сильные коррелирующие связи между питательными веществами в ходе роста и развития растений.

Анализируя полученные результаты, следует, что при увеличении сухого вещества в процессе роста и развития люцерны имеется сильная отрицательная связь с содержанием обменной энергии ($r=0,97$), сырым протеином ($r=0,95$), также отрицательная связь получена и между обменной энергией, сырым протеином и накоплением структурных углеводов от $r=-1,00$ до $-0,95$.

Заключение. Изучено накопление структурных углеводов в злаковых и бобовых культурах по фазам вегетации, определены показатели нейтрально- и кислотно-детергентной клетчатки. Установлено, что в фазу предшествующую бутонизации зеленой массы клевера красного

отмечено наибольшее содержание сырого протеина (22,3 %), обменной энергии (11,59 МДж) кормовых единиц (1,09). В зеленой массе клевера красного установлено наличие связи между сырым протеином и структурными углеводами ($r=0,99$), уровнем сухого вещества и такими параметрами как обменная энергия ($r=-0,98$), сырой протеин ($r=-0,97$), а также между содержанием обменной энергии и такими критериями как сырая клетчатка ($r=1,00$), КДК ($r=1,00$), НДК ($r=0,99$).

Выявлено, что люцерна характеризовалась связью между обменной энергией, сырым протеином и структурными углеводами ($r=-1,00 - -0,95$) и накоплению обменной энергии ($r=0,97$), сырого протеина ($r=0,95$).

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 23637-90. Сенаж. Технические условия. – М., 1991. – 7 с.
2. СТБ 1223-2000. Силос из кормовых растений. Общие технические условия. – Минск, 2000. – 6 с.
3. Нормы кормления крупного рогатого скота: справочник / Н. А. Попков [и др.]. – Жодино : РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», 2001. – 260 с.
4. Организационно-технологические требования при производстве молока на молочных комплексах промышленного типа / И. В. Брыло [и др.] // Белорусское сельское хозяйство. – 2014. – 108 с.
5. Курепин, А. А. Использование современных методов оценки качества силоса кукурузного с учётом содержания нейтрально- и кислотнo-детергентной клетчатки / А. А. Курепин // Зоотехническая наука Беларуси: сб. науч. тр.– Жодино, 2020. – Т. 55, Ч. 2. – С. 21–29.
6. Изучение пищеварения у жвачных: методические указания / Н. В. Курилов [и др.]; Всерос. науч.-исслед. ин-т физиологии и биохимии питания с.-х. животных. – Боровск, 1987. – 96 с.
7. Van Soest, R. H. Wine // 4 Determination of plant cell-wall constituents. J. Assoc. Anal. Chem., 1968, 50:50-55.
8. ГОСТ 13496.2-91. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения сырой клетчатки. – 6 с.
9. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Изд. 3-е, исправл. – Минск: Высшэйшая школа, 1973. – 320 с.
10. Математические расчеты селекционных признаков в животноводстве: методические указания / С. Г. Менчукова [и др.]. – Горки, 1989. – 65 с.