

# ОПТИМАЛЬНОЕ КОЛИЧЕСТВО ВИТАМИНА А В РАЦИОНАХ ПТИЦЫ

**Е. ШАСТАК**, д-р аграр. наук, компания BASF SE, Германия

С практической точки зрения витамин А можно рассматривать как наиболее важный среди всех остальных витаминов (Макдауэлл, 2000). Собираемый термин «витамин А» включает следующие химические соединения: ретинол (спирт), ретиналь (альдегид) и ретиноевую кислоту, которая не накапливается в организме (Фурр, 2016). Эти различные формы витамина А называются ретиноидами. Данное название обусловлено их важностью для физиологии сетчатки (с лат. retina) (Энгелькинг, 2014).

Витамин А необходим для нормального роста, зрения, дифференцировки и пролиферации широкого спектра эпителиальных тканей, роста костей, воспроизводительной функции и эмбрионального развития (EFSA — Европейское агентство по безопасности продуктов питания, 2013). Основные функции этого витамина представлены в таблице 1.

**Таблица 1. Функции различных форм витамина А**  
(Энгелькинг, 2014)

<b>Ретинол и ретиналь</b>
Зрение (синтез родопсина и синтез порфиросина)
<b>Ретиноевая кислота</b>
Рост и дифференцировка эпителиальных клеток (синтез гликопротеинов, экспрессия/выделение гормонов роста, слизи)
Репродукция и эмбриональное развитие (формирование органов размножения, сперматогенез, выделение сурфактанта легких)
Ремоделирование костной ткани
Стимуляция дифференцировки миелоидных клеток в гранулоциты
Стимуляция трансглутаминазы (поперечное связывание белков, необходимое для функционирования макрофагов, свертывания крови и адгезии клеток)

Витамин А встречается только в продуктах животного происхождения, таких как жир печени рыб, цельное молоко, рыбная мука и др. Некоторые соединения класса полиизопреноидных растительных пигментов (каротиноиды) могут использоваться в организме птицы для синтеза ретиноидов (например, из  $\beta$ -каротина) и, следовательно, обладают активностью витамина А (Комбс и МакКлан, 2017). Однако превращение в метаболизме каротиноидов

в витамин А, помимо прочего, зависит от вида птицы, дозировки каротиноидов и количества витамина А в корме. Поэтому потребность птицы в витамине А покрывается добавлением в рацион синтетического ретинола (в основном в виде ретинилацетата).

Недостаток витамина А в рационах птицы может привести к серьезным нарушениям роста и формирования костной ткани, к патологическим изменениям кожи и слизистых оболочек, а также к нарушению зрительной способности (никталопия). В дополнение к повышенной восприимчивости к заболеваниям также могут возникать репродуктивные расстройства.

Потребность в витамине А зависит от широкого спектра экологических, генетических и питательных факторов (Чен с соавт., 2015). Поэтому точное количество ретинола и его метаболитов, необходимое для максимизации продуктивности и здоровья сельскохозяйственной птицы, зависит от множества факторов.

## ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ВИТАМИНА А В РАЦИОНЕ НА РАЗЛИЧНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Вклад кормовых каротиноидов в общую потребность птицы в витамине А минимален, поскольку в коммерческие комбикорма добавляют синтетический ретинилацетат (Сурай с соавт., 2003). Несмотря на то что витамин А впервые обнаружен в 1913 г., полный спектр его биологических активностей и функций до сих пор полностью не разъяснен (Чен с соавт., 2015).

Минимальные уровни витамина А в комбикормах, рекомендуемые научными организациями, например, Национальным исследовательским комитетом в США (NRC) или Обществом по физиологии кормления в Германии (GfE), основаны на потребностях здоровой птицы в идеальных условиях содержания (Тагхинеяд-Роудбанех, 2013). Однако, согласно Лисону и Саммерсу (2005), в практических условиях при расчете потребности в витамине А необходимо учитывать следующие особенности:

- генетические различия между кроссами могут влиять на потребность;

- возможно варьирование в передаче ретинола от кур-несушек к цыплятам (через яйцо);

- различия в биодоступности различных коммерческих продуктов витамина А;

потеря витамина А из-за окисления, каталитических эффектов микроэлементов, пероксилирующих эффектов окисления полиненасыщенных жиров и термической обработки корма;

разрушение витамина А в желудочно-кишечном тракте, вызываемое различными факторами;

снижение абсорбции в тонком кишечнике из-за паразитов в организме или недостаточного уровня жира для оптимизации абсорбции жирорастворимого витамина А, а также из-за любых других факторов, препятствующих процессу абсорбции витамина А (например, микотоксины в корме);

недостаточный уровень белка или липидов в рационе для оптимального образования β-липопротеинов и/или ретинолсвязывающего белка для транспорта витамина А через стенку кишечника;

высокая потребность в витамине А из-за болезни или любого другого вида стресса.

Кроме того, рекомендации научных организаций по уровню ввода витамина А в рационы сельскохозяйственной птицы устарели. Научные публикации, используемые для определения минимальной потребности в ретиноле, датируются 1937–1986 гг. Однако из-за экстраординарного улучшения показателей роста и продуктивности сельскохозяйственной птицы современных линий, а также из-за изменений в составе организма и показателей яйценоскости кур-несушек потребность в питательных веществах из расчета на килограмм комбикорма значительно изменилась в сравнении с той, которую птица может покрыть за счет увеличения потребления корма (Эпплгейт и Эйнджел, 2014). Поэтому реальная потребность в витамине А в практических условиях намного выше по сравнению с той, которая рекомендуется научными организациями для здоровой птицы в идеальных условиях содержания. Кроме того, крайне важно иметь запасы ретинола в печени, если возникает какое-либо заболевание или дефицит питательных веществ (Лисон и Саммерс, 2005).

### ВЛИЯНИЕ НА РАЗЛИЧНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ В УСЛОВИЯХ СТРЕССА

В целом стресс неблагоприятно воздействует на продуктивность сельскохозяйственной птицы и может ослабить ее устойчивость к заболеваниям. Данные опытов показывают, что витамин А способен устранять негативные последствия холодового, теплового стресса, а также стресса, вызванного вакцинацией (МакДоуэлл, 1989; Демир с соавт., 1995; Сахин с соавт., 2001; Лин с соавт., 2002; Кукук с соавт., 2003). Кукук с соавт. (2003) продемонстрировали, что добавление 15 000 МЕ витамина А на 1 кг комбикорма значительно улучшило показатели продуктивности бройлеров в течение 42 дней опыта в условиях теплового стресса (34°C) и снизило уровень малонового диальдегида (МДА), глюкозы и холестерина в сыворотке крови (табл. 2).

Интересно, что МДА является маркером перекисного окисления липидов, и из данных таблицы 2 можно было бы

**Таблица 2. Продуктивность и некоторые метаболиты сыворотки крови бройлеров в условиях теплового стресса**

Показатель	Рацион без добавки витамина А	Рацион с добавкой витамина А: 15 000 МЕ на 1 кг корма
Живая масса на 42 день, г	1683 <sup>b</sup>	1743 <sup>a</sup>
Потребление корма, г	3101 <sup>b</sup>	3162 <sup>a</sup>
Соотношение потребления корма к приросту живой массы	2,12 <sup>a</sup>	2,07 <sup>b</sup>
МДА, нмоль/мл	2,3 <sup>a</sup>	1,8 <sup>b</sup>
Глюкоза, мг/дл	224 <sup>a</sup>	196 <sup>b</sup>
Холестерин, мг/дл	265 <sup>a</sup>	238 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> Различия между значениями без общих верхних индексов статистически достоверны ( $P < 0,05$ ).

сделать вывод, что витамин А действует как антиоксидант. Тем не менее этот витамин вряд ли будет оказывать непосредственное влияние на системы организма, обеспечивающие защиту от неблагоприятных воздействий прооксидантов, поскольку ретинол и ретиналь не способны подавить синглетный кислород и обладают лишь слабой способностью устранять свободные радикалы (Комбс и МакКланг, 2017). Однако опыты на животных и птице показали прямое воздействие уровня витамина А в определенной ткани на уровень других антиоксидантов (например, витамина Е или селена) в той же ткани (Грасес с соавт., 1995; Комбс и МакКланг, 2017). Поэтому витамин А, вероятно, обеспечивает косвенную защиту от негативных воздействий прооксидантов и окислителей в организме животных и птицы.

Лин с соавт. (2002) доказали, что у кур-несушек при сильном тепловом стрессе (31,5°C) и стрессе, вызванном вакцинацией против вируса болезни Ньюкасла, увеличение уровня ввода витамина А в рацион (3000, 6000, 9000 и 12 000 МЕ/кг) положительно повлияло на вес яиц. Их вес увеличивался вместе с увеличением количества ввода ретинилацетата в комбикорм. Кроме того, уровень витамина А в рационе оказал положительное влияние на иммунную функцию после вакцинации против болезни Ньюкасла, даже если в печени был зафиксирован высокий уровень резервного витамина А (табл. 3).

**Таблица 3. Яйценоскость и количество Т-лимфоцитов периферической крови в условиях теплового стресса**

Показатель	Уровень ввода витамина А на 1 кг корма, МЕ			
	3000	6000	9000	12 000
Яйценоскость, %	74,5	78,9	76,6	78,1
Средний вес яиц, г	51,9 <sup>c</sup>	52,4 <sup>bc</sup>	53,4 <sup>b</sup>	55,0 <sup>a</sup>
Количество Т-лимфоцитов, %	44,8 <sup>d</sup>	46,6 <sup>c</sup>	48,4 <sup>b</sup>	51,6 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c,d</sup> Различия между значениями без общих верхних индексов статистически достоверны ( $P < 0,05$ ).

Механизм действия ретиноидов на иммунную систему связан с контролем экспрессии генов, а именно, при увеличении количества витамина А в рационе повышается гуморальная иммунная реакция (Фурр, 2016). Лин с соавт. (2002) пришли к выводу, что уровень ретинола для максимальной продуктивности или иммунной функции во время теплового стресса, а также стресса, связанного с вакцинацией, должен быть намного выше, чем указанный в рекомендациях научных организаций (например, Национальный исследовательский комитет в США). Кроме того, витамин А способен смягчать отрицательное воздействие стресса за счет снижения синтеза и секреции кортикостероидов (МакДауэлл, 1989; Кукук с соавт., 2003).

### ВЛИЯНИЕ НА ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ

Витамин А незаменим для репродуктивных функций как у самцов, так и у самок, а также необходим для многих этапов в развитии эмбриона (Клагетт-Дэйм и Кнатсон, 2011).

Недавние испытания на родительских стадах птицы подтверждают положительный эффект более высокого уровня витамина А на различные параметры воспроизводительной продуктивности (Юань с соавт., 2014; Чен с соавт., 2015).

Чен с соавт. (2015) продемонстрировали, что добавление витамина А в дозе до 21 600 МЕ/кг корма улучшает характеристики воспроизводительной продуктивности родительского стада бройлеров, а также положительно влияет на развитие органов размножения посредством регуляции экспрессии рецептора гормона яичника и подавления транскриптов гена апоптоза (табл. 4). Те же авторы пришли к выводу, что оптимальный уровень витамина А в рационе для родительского стада бройлеров составляет 10 800 МЕ/кг. В том же исследовании было показано, что более высокий уровень ввода витамина А в рацион кур родительского стада бройлеров в возрасте 46–54 недели положительно влиял на живую массу суточных цыплят (табл. 5). Это подтверждает влияние статуса обеспечения витамином А материнского стада кур на продуктивность потомства (Чен с соавт., 2015).

**Таблица 4. Продуктивность и развитие органов размножения у кур родительского стада бройлеров в возрасте 46–54 недели**

Показатель	Уровень ввода витамина А на 1 кг корма, МЕ			
	0	5400	10 800	21 600
Яйценоскость, %	40,7 <sup>c</sup>	43,7 <sup>b</sup>	44,6 <sup>ab</sup>	46,2 <sup>a</sup>
Средний вес яиц, г	25,6 <sup>b</sup>	27,2 <sup>a</sup>	28,4 <sup>a</sup>	28,7 <sup>a</sup>
Соотношение 1 кг массы яиц к 1 кг корма	0,21 <sup>b</sup>	0,23 <sup>a</sup>	0,24 <sup>a</sup>	0,24 <sup>a</sup>
Яйцевод	Длина, см	40,5 <sup>b</sup>	45,6 <sup>ab</sup>	49,6 <sup>a</sup>
	Вес, г	27,0 <sup>b</sup>	33,7 <sup>ab</sup>	39,9 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> Различия между значениями без общих верхних индексов статистически достоверны ( $P < 0,05$ ).

**Таблица 5. Выводимость и живая масса суточных цыплят**

Показатель	Уровень ввода витамина А на 1 кг корма для кур, МЕ			
	0	5400	10 800	21 600
Выводимость оплодотворенных яиц, %	80,2	82,5	80,5	81,5
Живая масса цыплят, г	41,5 <sup>b</sup>	41,7 <sup>ab</sup>	42,5 <sup>a</sup>	41,7 <sup>ab</sup>

<sup>a,b</sup> Различия между значениями без общих верхних индексов статистически достоверны ( $P < 0,05$ ).

**Таблица 6. Оплодотворенность яиц у кур родительского стада бройлеров, %**

Уровень ввода витамина А на 1 кг корма, МЕ	Возраст кур	
	43-я неделя	55-я неделя
5000	93,1	88,0 <sup>b</sup>
15 000	95,9	92,3 <sup>a</sup>
45 000	96,6	85,8 <sup>ab</sup>
135 000	92,8	79,1 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> Различия между значениями без общих верхних индексов статистически достоверны ( $P < 0,05$ ).

В исследовании, которое проводили Юань с соавт. (2014), добавка витамина А в количестве 15 000 МЕ на 1 кг корма значительно увеличила процент оплодотворенных яиц по сравнению с контролем (5000 МЕ/кг) на 55 неделе жизни кур (табл. 6). Однако очень высокий уровень витамина А отрицательно повлиял на данный показатель.

### ОБОГАЩЕНИЕ ЯИЦ ВИТАМИНОМ А

Согласно Лисону и Саммерсу (2005), рекомендуется обеспечить высокий уровень витамина А в рационе племенных кур, чтобы передать необходимое количество ретинола однодневным цыплятам (табл. 7). Используя аналогичный подход также можно достичь обогащения витамином А пищевых яиц.

По некоторым оценкам, у более 254 млн человек имеется недостаток ретинола в сыворотке крови ( $< 0,7$  мкм и/или связанные с ними заболевания глаз), а именно у 69% населения в Юго-Восточной Азии, 49% населения в Африке и у каждого четвертого-пятого человека в других регионах (Комбс и МакКланг, 2017). Ежедневное потребление яиц

**Таблица 7. Содержание витамина А в желтке**

Уровень ввода витамина А на 1 кг корма, МЕ	Количество витамина А в желтке, МЕ/г
1760	0,9
2640	3,7
3520	4,2
4400	6,3
11 000	12,7
22 000	16,3

обеспечивает до 30% потребности в витамине А (Сонг и Кервер, 2000). Обогащенные витамином А пищевые яйца могут внести значительный вклад в обеспечение человека ретинолом.

### ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ДВИГАТЕЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ

Испытания, проведенные на сельскохозяйственной птице, подтверждают важную роль витамина А и его метаболитов в модификациях обменного статуса костной ткани

(Ореффо с соавтор., 1998). Проблемы с ногами являются основными для коммерческого индейководства во всем мире (Феркет с соавтор., 2009).

Последнее совместное исследование научных институтов из Мансур, Ганновера и Клоппенбурга показывает, что гиперурикемия, которая была вызвана недостаточным уровнем витамина А в рационе, может быть основным фактором риска развития аномальной походки индейки (Абд-аль-Вахаб с соавт., 2018). В эксперименте птице кон-

Таблица 8. Показатели растущей индейки между 1 и 8 неделями жизни

Группа	Живая масса на 8 неделе, г	Витамин А в печени, мг/кг	Витамин А в сыворотке крови, мг/л	Мочевая кислота в сыворотке крови, мг/дл
Контрольная	3839	29,5 <sup>a</sup>	1,11 <sup>a</sup>	3,38 <sup>b</sup>
Опытная	3712	0,09 <sup>b</sup>	0,22 <sup>b</sup>	12,8 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup> Различия между значениями без общих верхних индексов статистически достоверны ( $P < 0,05$ ).

Таблица 9. Потребность в витамине А бройлеров некоторых коммерческих кроссов, МЕ/кг корма

Кросс	Стартерный корм	Ростовой корм	Финишный корм	Источник
Ross 308	12 000–13 000	10 000–11 000	9000–10 000	ROSS 308 Бройлер: рекомендации по кормлению, 2014
Ross 708	12 000–13 000	10 000–11 000	9000–10 000	ROSS 708 Бройлер: рекомендации по кормлению, 2014
Hubbard	10 000	8 000	6 000	Hubbard Технический бюллетень, 2006
Cobb 500	10 000–13 000	10 000	10 000	Cobb 500 Продуктивность и кормление, 2015
Indian River	12 000–13 000	10 000–11 000	9000–10 000	Бройлер Indian River Спецификации по кормлению, 2014
Arbor Acres	11 000–12 000	9000–10 000	9000–10 000	Бройлеры Arbor Acres Дополнение по кормлению, 2009

Таблица 10. Потребность в витамине А кур-несушек некоторых коммерческих кроссов, МЕ/кг корма

Кросс	Период выращивания	Период яйцекладки	Источник
Hy-Line W-36	10 000	8 000	Коммерческая несушка HY-LINE W-36, 2016
Babcock	10 000–13 000	10 000	Babcock: руководство по кормлению
Dekalb	10 000–13 000	10 000	Dekalb: руководство по кормлению
Hisex	10 000–13 000	10 000	Hisex: руководство по кормлению
H&N Nick	10 000	10 000–13 000	H&N Nick: руководство по содержанию
ISA	10 000–13 000	10 000–13 000	ISA: руководство по кормлению
Lohmann LSL-Lite	12 000	10 000	Lohmann LSL-Lite: руководство по содержанию
Lohmann Classic	10 000	10 000	Lohmann Classic: руководство по содержанию
Shaver	10 000–13 000	10 000	Shaver: руководство по содержанию
Tetra Brown	8 000	8 000	Tetra Brown: руководство по содержанию, 2012

Таблица 11. Потребность в витамине А индейки некоторых коммерческих кроссов, МЕ/кг корма

Кросс	Возраст птицы, недели					Источник
	0–3	4–6	7–12	13–16	Более 17	
Nicholas и В.У.Т. тяжелые линии	11 000–12 000	8000–10 000	7000–8000	6000–7000	5000–6000	Руководство по кормлению для тяжелых линий Nicholas и В.У.Т.
Nicholas и В.У.Т. средние линии	11 000–12 000	8000–10 000	7000–8000	6000–7000	5000–6000	Руководство по кормлению для средних линий Nicholas и В.У.Т.
Гибридная индейка (Hendrix)	12 500	12 500	11 500	9500	9500	Добавка витаминов и микроэлементов, Hybrid, 2016

трольной группы в стартерный и ростовой рационы вводили соответственно 7200 и 5200 МЕ витамина А на 1 кг корма, опытной группы — менее 1000 МЕ (табл. 8).

Дальнейшее исследование данной проблемы требует дополнительных опытов. Как заметил Чен с соавт. (2015), необходимо лучше понять весь спектр биологической активности и функций ретинола, а также его метаболитов в птицеводстве.

## РУКОВОДСТВО ПО ДОБАВЛЕНИЮ ВИТАМИНА А В РАЦИОНЫ ПТИЦЫ

Для оптимизации продуктивности и здоровья промышленных стад сельскохозяйственной птицы крайне важно

вводить оптимальное количество витамина А в комбикорма. Потребность в витаминах, установленную птицеводческими селекционными компаниями, можно рассматривать как основу для надлежащего практического кормления. Данные для таких рекомендаций базируются на множестве внутренних исследований, опубликованных научных работах, а также практическом опыте специалистов (Aviagen, 2014).

Рекомендуемые нормы ввода витамина А в корма для некоторых кроссов бройлеров, индейки и кур-несушек представлены в таблицах 9, 10 и 11.

*При написании статьи использовались и цитировались только независимые рецензируемые научные литературные источники ■*



## ИНФОРМАЦИЯ

**Согласно последнему** экономическому отчету Европейского союза по аквакультурному сектору европейские рыбоводческие компании удвоили свою прибыль в период 2014–2016 гг. Великобритания остается одним из крупнейших игроков в бизнесе.

В 2016 г. сектор аквакультуры ЕС произвел и продал 1,4 млн т продукции на сумму почти 5 млрд евро. Данные о занятости продемонстрировали, что компании, занимающиеся аквакультурой, предоставляют более стабильные возможности для трудоустройства, что свидетельствует о значительном восстановлении производства с 2013 г. в большинстве крупных стран-производителей аквакультуры.

В настоящее время в Европейском союзе зарегистрировано около 12 тыс. предприятий аквакультуры, в основном это микропредприятия, на которых занято менее 10 человек. Занятость осталась стабильной с точки зрения общей численности работников (73 тыс.), но значительно расширилась с точки зрения эквивалентов полной занятости: с 36 тыс. в 2013 г. до почти 44 тыс. в 2016 г.

В отчете говорится, что эта положительная тенденция, скорее всего, сохранится, а инвестиции будут значительно выше, чем любая амортизация, добавив, что сектор позитивно воспринимает свое будущее развитие.

Сектор аквакультуры в ЕС выделяет три подсектора: морское, ракообразное и пресноводное производство. С оборотом в 2731 млн евро морская аквакультура (в основном лосось и форель) является крупнейшим подсектором, за ней следуют производство моллюсков (1134 млн евро) и пресноводных (1028 млн евро).

В отчете также говорится, что в этом секторе доминируют пять стран: Великобритания, Франция, Греция, Италия и Испания. На них приходится примерно 75% общего объема производства. В морском подсекторе Великобритании — основной производитель лосося (91% от общей стоимости), тогда как Греция является основным производителем морского леща и морского окуня (47% от общей стоимости). В подсекторе моллюсков Франция производит 86% устриц, в то время как Испания лидирует по мидиям, покрывая 45% объема.

*По материалам fishretail.ru*

**Крупные производители** комбикормов на рынке США Green Plains Inc и Optimal Fish Food LLC создали совместное предприятие, целью которого разработка и производство нового вида комбикормов для отрасли аквакультуры. В своем заявлении обе компании отметили, что, по их мнению, новые исследования в этой сфере позволяют добиться некоторых улучшений основных параме-

тров комбикормов для рыб в первую очередь «благодаря использованию белковых компонентов нового поколения». При этом компании не предоставили дополнительных деталей, однако заявили, что конкретные продукты уже разрабатываются.

*По материалам feednavigator.com*

**Группа сенаторов США** подала петицию в минсельхоз страны с просьбой отказать производителям насекомых в выделении субсидий. По их мнению, отрасль не нуждается в дополнительном импульсе к развитию.

Предложение сенаторов вызвало бурные дискуссии в профессиональном сообществе. В частности, Североамериканская коалиция по использованию насекомых в сельском хозяйстве резко раскритиковала петицию. По мнению ее представителей, отказ в субсидиях может негативно отразиться на положении производителей.

Отмечается, что оборот индустрии насекомых в мире составляет 900 млн долл., и согласно некоторым прогнозам он вырастет до 1,5 млрд долл. к 2022 г. В США действуют 30 компаний, которые выращивают насекомых для их последующего использования в комбикормовой и продовольственной отраслях. Отказ в субсидиях может затруднить их рост, убеждены эксперты.

*По материалам allaboutfeed.net*