

<http://yadyra.ru>

**Российский Государственный Аграрный Университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева**

Агрономический факультет

Кафедра физиологии растений

Контрольная работа

**по дисциплине: «Биохимические основы качества урожая
сельскохозяйственных культур»**

**Тема работы: «Накопление белков в зерне злаковых
культур»**

**Работу выполнила
студентка группы ЗА-32
агрономического факультета
очно-заочной формы обучения
Касьянова Наталья**

**Работа проверена с оценкой –
преподаватель –**

Москва, МСХА, 2007 г.

Содержание

1. Проблема белка в питании человека и животных.....	3
2. Динамика накопления белков зерновками злаковых культур	5
3. Пищевая ценность белков злаков	8
4. Накопление белков зерновками пшеницы в связи с агротехникой ее возделывания.....	11
5. Растительный белок как важнейший компонент «зеленой революции»	14

1. Проблема белка в питании человека и животных

Недостаток белков в питании вызывает у детей замедление роста и развития, а у взрослых – глубокие изменения в печени, нарушение деятельности желез внутренней секреции, изменение гормонального фона, ухудшение усвоения питательных веществ, проблемы с сердечной мышцей, ухудшение памяти и работоспособности. У животных при недостаточном потреблении белка наблюдаются аналогичные изменения, снижается прирост массы. Все это связано с тем, что белки участвуют практически во всех процессах организма.

Дефицит белка уменьшает устойчивость организма к инфекциям, так как снижается уровень образования антител. Нарушается синтез и других защитных факторов – лизоцима и интерферона, из-за чего обостряется течение воспалительных процессов. Кроме того, белковая недостаточность часто сопровождается авитаминозом В₁₂, А, D, К и так далее, что также влияет на состояние здоровья.

Дефицит полноценного белка в организме может иметь пагубные последствия практически для всего организма. Нарушается выработка ферментов и соответственно усвоение важнейших питательных веществ. При нехватке белка ухудшается усвоение некоторых витаминов, полезных жиров, многих микроэлементов. Т.к. гормоны являются белковыми структурами, недостаток белка может привести к серьезным гормональным нарушениям. Любая физическая активность наносит вред клеткам мышц, и чем больше нагрузка, тем больший вред она наносит мышцам. Для «ремонта» поврежденных мышечных клеток требуется достаточное количество качественного белка. Благоприятное влияние физической активности на состояние здоровья может проявляться только при достаточном поступлении белка с пищей.

Растительные белки – источники незаменимых аминокислот для человека и сельскохозяйственных животных, так как являются основными компонентами пищи или корма. Под действием пищеварительных ферментов белки корма гидролизуются до аминокислот, которые затем поступают в кровь и используются для синтеза белков организма животных.

Потребность животного организма в незаменимых аминокислотах определяется средним аминокислотным составом синтезируемых белков и, кроме того, учитывается коэффициент использования каждой аминокислоты, зависящий от химического состава корма, а также особенностей пищеварительной системы и обмена веществ организма данного вида животных. Этот показатель обычно выражают в граммах в расчете на 100 г белка корма и он выражает необходимую пропорцию аминокислот в кормовом белке.

Если содержание незаменимых аминокислот в кормовом белке точно соответствует установленной пропорции (то есть потребности), то все они полностью используются для синтеза белков животного организма и такой кормовой белок называют полноценным. Если же в кормовом белке хотя бы

одной аминокислоты содержится недостаточно, то она будет лимитировать синтез белков в животном организме и для образования определенной массы животного белка потребуется восполнить недостаток этой аминокислоты добавлением дополнительного количества корма, что вызывает перерасход корма и увеличение затрат на создание одной единицы животноводческой продукции. Кроме того, другие аминокислоты в таких условиях оказываются в избытке и должны превращаться в организме в другие органические вещества. Кормовые белки с низким содержанием незаменимых аминокислот принято называть неполноценными белками.

По средним нормам питания человеку необходимо потреблять 8-10 г полноценного белка в расчете на 1 МДж обменной энергии, содержащейся в пище, коровам - 8-12 г, свиньям - 10-14 г, птице - 12-15 г. (Обменная энергия - часть общей энергии, доступная для использования в процессе обмена веществ).

Для каждого вида организмов с учетом их возраста и физиологического состояния определены оптимальные нормы содержания незаменимых аминокислот в кормовых белках. Наиболее часто в качестве эталона полноценных пищевых и кормовых белков используются нормативы, разработанные экспертами Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) и Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ).

Более высокую биологическую ценность имеют белки животного происхождения: белок яйца и казеин молока - 100%, белки мяса и рыбы - 95%. Из растительных белков наиболее полноценными являются альбумины, их биологическая ценность составляет 85-95%. В альбуминах имеется некоторый дефицит по содержанию метионина и изолейцина. Биологическая ценность глобулинов составляет 80-90%, в них имеется значительный дефицит по метионину и меньший - по лейцину и триптофану. Последнее не относится к глобулинам сои, в которых отмечается лишь некоторый недостаток метионина.

Биологическая ценность глютелинов - 70-80%, а оризенина - около 90%, в них понижена концентрация триптофана, метионина и лизина. К неполноценным белкам относятся проламины, имеющие биологическую ценность 40-50%. В этих белках очень мало содержится триптофана, лизина и метионина и понижена концентрация валина и изолейцина.

Проламины - специфические белки зерна злаковых растений, поэтому у них суммарный белок зерновок так же, как и проламины, имеет довольно низкую биологическую ценность: белок зерна кукурузы - 52-58%, пшеницы, ячменя и проса - 60-70%, ржи и овса - 70-75%. Суммарные белки зерна зернобобовых и семян масличных культур, клубней картофеля, корнеплодов, овощей, плодов и ягод, а также вегетативной массы кормовых трав и других растений вследствие повышенной концентрации глобулинов и альбуминов характеризуются довольно высокой биологической ценностью - 80-90%.

Если содержание белков в растительной массе, используемой для кормления животных, ниже, чем требуется по нормам кормления, то во избежание перерасхода корма и повышения себестоимости

животноводческой продукции количество белка в корме балансируют путем введения белковых добавок с оптимальным содержанием незаменимых аминокислот. По такому же принципу контролируется содержание в кормовом белке незаменимых аминокислот. Недостающее до нормы количество какой-либо аминокислоты балансируют добавлением в корм чистых препаратов дефицитных аминокислот или белковой массы с более высоким содержанием данной аминокислоты по сравнению с принятым эталоном. Промышленностью выпускаются высококонцентрированные белковые препараты с повышенным содержанием незаменимых аминокислот, называемые комбикормами. Для их приготовления используются мясокостная и рыбная мука, отходы мясной и молочной продукции, жмыхи после переработки семян масличных растений, отруби, шроты из зерна зернобобовых культур.

Высокой интенсивностью синтеза белков отличаются многие микроорганизмы, причем белки микробных клеток имеют повышенное содержание незаменимых аминокислот. Пищевая и токсикологическая оценка белков микробной массы показывает, что клетки некоторых микроорганизмов можно использовать в качестве концентрированных кормовых добавок, не уступающих по биологической ценности белков соевому шроту или рыбной муке. На их основе разработаны промышленные технологии получения кормовых белковых концентратов.

В связи с повышенным содержанием нуклеиновых кислот, продукты распада которых вызывают мочекаменные заболевания у животных, белковые концентраты микробного происхождения добавляют в корм в ограниченном количестве. При использовании белковых концентратов из бактерий допускается замена на белок концентрата 2,5-7,5% белка корма, кормовых дрожжей - не более 10-15% белка корма. Белки водорослей и микроскопических грибов, имеющие более низкое содержание нуклеиновых кислот, могут составлять до 50% белка корма.

2. Динамика накопления белков зерновками злаковых культур

Накопление белков и углеводов в зерне — основные процессы при созревании зерна злаков. В этот период происходит интенсивный отток растворимых углеводов и небелковых соединений — азота, главным образом аминокислот, из вегетативных органов растений в репродуктивные и синтез крахмала и белков в зерне. Наибольшее количество азотистых веществ поступает в формирующиеся зерновки из листьев, особенно верхнего яруса, меньше из колосковых чешуй и стеблей. После цветения в листьях, стеблях и колосковых чешуях активизируются процессы гидролиза высокомолекулярных веществ (полисахаридов, белков, липидов,

нуклеиновых кислот) и усиливается отток образующихся низкомолекулярных продуктов в зерно.

При переходе злаковых растений к репродуктивной стадии развития в формирующемся зерне инициируется синтез фитогормонов — ауксина, гиббереллина, цитокининов, являющихся регуляторами физиолого-биохимических процессов, в результате чего резко усиливается аттрагирующая способность зерновок, они становятся центрами притяжения ассимилятов, образующихся в листьях, в том числе и низкомолекулярных азотистых веществ, из которых в зерновках синтезируются компоненты белоксинтезирующей системы и весь набор белковых веществ (каталитические, регуляторные, структурные, запасные белки).

При нормальных условиях созревания в первый период налива зерна в нем синтезируются преимущественно белки, а синтез крахмала идет менее интенсивно, поэтому в зерне бывает много белков и растворимых сахаров и сравнительно мало крахмала (от веса сухой массы). В период молочной — начала восковой спелости приток углеводов в семена усиливается и резко повышается интенсивность синтеза крахмала в семенах. В это время в связи с тем, что интенсивность синтеза крахмала значительно превышает интенсивность синтеза белков, относительное содержание белков в фазе молочной и восковой спелости зерна может понижаться по сравнению с фазой начала молочной спелости. В последующие фазы развития зерна приток углеводов в него резко ослабевает или прекращается, а приток азота может продолжаться. Общий характер накопления белков и углеводов в зерне пшеницы при созревании показан на рисунке 1.

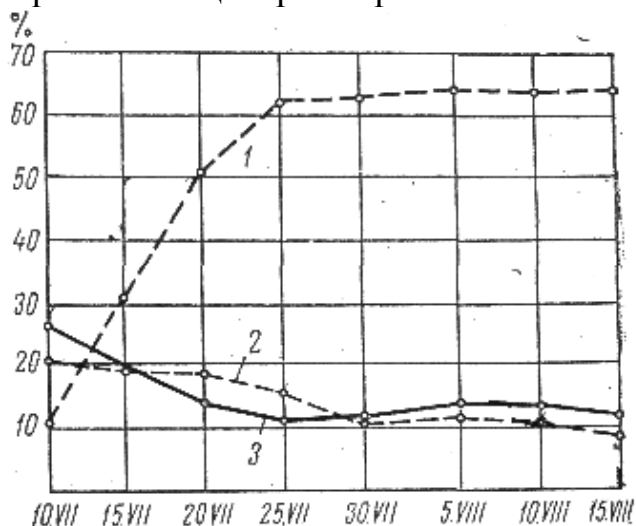


Рисунок 1. Содержание белков, и углеводов в зерне пшеницы сорта Белотурка (в процентах веса сухой массы): 1 — крахмал; 2 — сахара; 3 — белок.

Аналогичные данные получены и в опытах с другими культурами. Например, при созревании зерна кукурузы от начала его формирования до полной спелости содержание крахмала в зерне увеличилось от 23 до 70%, а белков уменьшилось от 18,5 до 12% (табл. 1). Одновременно наблюдалось уменьшение небелковых азотистых соединений в зерне.

Таблица 1. Химический состав зерна кукурузы сорта Спасовская в различные фазы спелости (в % сухой массы)

Фазы спелости	Белок	Небелковый азот	Крахмал	Жир	Зола
	N×6,25				
Начало формирования зерна	18,5	6,87	23,4	2,52	5,16
Молочная спелость	13,4	0,94	62,5	3,36	2,17
Восковая спелость	12,0	0,62	69,8	4,69	1,59
Полная спелость	12,0	0,74	69,7	4,69	1,66

Таким образом, в щуплом, недозревшем зерне обычно больше белков и меньше крахмала, чем при полной спелости зерна.

Однако такие закономерности наблюдались не во всех опытах. Иногда процесс интенсивного синтеза крахмала может начинаться не в фазе молочной спелости, а раньше — в период формирования зерну еще до наступления молочной спелости содержит много крахмала и сравнительно мало белков. Если в дальнейшем процессы синтеза крахмала и белков идут с одинаковой интенсивностью, то относительное содержание белков при созревании не изменяется. Если же синтез крахмала идет с меньшей интенсивностью или прекращается раньше, чем синтез белков, то относительное количество белков в процессе созревания увеличивается. Но такой характер накопления белков и крахмала в зерне бывает сравнительно редко.

Те или иные закономерности в синтезе белков и крахмала установлены на основании относительных расчетов, при определениях содержания этих веществ в процентах от веса сухого зерна. Но не следует забывать, что во время налива вес зерна резко увеличивается, и поэтому, несмотря на возможное уменьшение процентного содержания белков, абсолютное их количество в зерне, так же как и содержание крахмала, при созревании резко возрастает. Во время созревания кукурузы (как и других злаков) количество питательных веществ в зерне увеличивается до фазы полной спелости, причем интенсивность накопления крахмала в зерне значительно превышает накопление белков или жиров. После наступления полной спелости, как уже говорилось, может наблюдаться уменьшение содержания углеводов (а иногда и белков) в зерне.

При созревании зерна происходит абсолютное и относительное изменение не только содержания азотистых веществ, но и качества их. В первый период формирования зерна в нем много небелкового азота (главным образом свободных аминокислот и амидов) и синтезируются более подвижные, легко растворимые белки — альбумины и глобулины. Во время созревания резко снижается содержание небелковых форм азота, а также водорастворимых и солерастворимых белков и интенсивно синтезируются, проламины и глютелины. В таблице 2 показана изменчивость качественного состава белков зерна ячменя во время созревания.

Таблица 2. Фракционный состав белков зерна ячменя сорта Винер на различных фазах спелости (в % суммы белкового и небелкового азота)

Фазы спелости зерна	Небелковый азот	Альбумины	Глобулины	Проламины	Глютелины
Молочная	30,3	32,5	7,7	4,0	17,8
Начало восковой	19,6	19,6	11,5	23,3	18,8
Восковая	13,4	12,9	11,8	33,8	21,1
Полная	6,7	13,9	5,8	33,4	31,3

В результате изменчивости качественного состава белков при созревании зерна белки становятся более устойчивыми к действию протеолитических ферментов, а количество и качество клейковины в зерне заметно повышается.

В связи с тем что в процессе созревания зерна относительное содержание альбуминов и глобулинов снижается, а количество проламинов и глютелинов увеличивается, в суммарном белке зерна происходят соответствующие изменения концентрации аминокислот. Поскольку при созревании в зерновках увеличивается доля запасных белков с низким содержанием лизина, триптофана и метионина, то и в общем суммарном белке зерна также усиливается дефицит этих незаменимых аминокислот. Поэтому биологическая ценность суммарного белка в процессе созревания зерна снижается.

Такая закономерность в изменении аминокислотного состава суммарного белка особенно заметно проявляется в процессе созревания зерна пшеницы, кукурузы, ячменя, проса, сорго, у которых на долю проламинов приходится 30—50 % общего количества белка в зерне. В опытах с мягкой пшеницей А. Н. Павлов установил, что в ходе созревания зерна содержание лизина в суммарном белке эндосперма уменьшалось на 4,8 %, в то же время количество глутаминовой кислоты и пролина возрастало соответственно на 9,7 % и 2,8 %.

У пшеницы по мере накопления запасных белков происходит формирование клейковинного комплекса зерна, в процессе созревания зерновок содержание клейковины повышается, ее качество улучшается.

3. Пищевая ценность белков злаков

Аминокислотный состав белков злаков в настоящее время достаточно хорошо изучен. Установлено, что различные культуры отличаются по аминокислотному составу. Оказалось, что белки, выделенные из различных частей одного зерна, имеют разный аминокислотный состав. Особенно резко по аминокислотному составу отличаются от других частей зерна белки зародыша. Блок и Боллинг приводят следующие данные о содержании незаменимых аминокислот в белках целого зерна и зародыша кукурузы (в %):

	Гистидин	Лизин	Тирозин	Триптофан	Фенилаланин	Метионин	Треонин	Валин	Лейцины
Целое зерно	2,4	0,5	6,1	0,6	4,5	1,4	3,6	4,6	25,1
Зародыш	2,7	5,8	4,9	1,3	5,6	2,3	4,4	5,8	20,0

Эти данные, характерные также и для других зерновых злаков, показывают, что белки зародыша отличаются от белков целого зерна (а также от белков эндосперма) более сбалансированным аминокислотным составом. Особое внимание всегда должно быть обращено на две наиболее дефицитные аминокислоты — лизин и триптофан. В белках зародыша этих аминокислот содержится значительно больше, чем в белках целого зерна.

В таблице 3, составленной по данным ряда авторов, приведены результаты определений содержания аминокислот в некоторых белках, выделенных из семян. Эти данные показывают, что содержание почти всех аминокислот в отдельных белковых фракциях сильно различается. По своему аминокислотному составу особенно отличаются от других белковых фракций проламины. Эта группа белков характеризуется очень высоким содержанием глутаминовой кислоты и амидного азота. В глиадине пшеницы и гордеине ячменя, например, почти половина от общего содержания азота в белках приходится на долю глутаминовой кислоты и амидов. Амидные группы в белках связаны с глутаминовой кислотой, и, таким образом, в проламинах до половины общего количества азота содержится в виде этих комплексов. Проламины характеризуются также высоким содержанием пролина (до 15% в гордеине ячменя) и очень малым количеством аминокислот, содержащих серу, и основных аминокислот, особенно лизина.

Таблица 3. Аминокислотный состав некоторых белков семян злаков (азот аминокислот в % от азота белка)

Белки	Альбумины		Глобулины		Проламины			Глютеины	
	пшеницы	ячменя	пшеницы	ячменя	глиадин пшеницы	гордеин ячменя	зеин кукурузы	пшеницы	ячменя
Аминокислоты									
Аланин	5,7	6,1	6,6	5,9	4,3	4,5	6,2	5,5	6,4
Аргинин	14,0	12,5	15,3	17,0	6,6	6,0	3,4	10,2	11,5
Аспарагиновая кислота	5,6	7,0	5,1	5,6	2,5	1,5	3,4	3,0	4,3
Валин	5,3	5,8	4,8	4,7	4,8	3,5	2,6	5,5	5,2
Гистидин	4,4	4,5	3,7	5,6	3,0	2,4	2,7	4,3	4,3
Глицин	6,9	6,0	8,5	8,9	6,3	2,4	1,7	7,7	7,2
Глутаминовая кислота	14,5	12,8	14,4	14,3	23,1	25,5	26,8	19,1	13,9
Изолейцин	7,8	4,1	8,8	2,4	8,5	3,6	2,7	9,4	3,5
Лейцин		5,7		4,6		4,6	9,2		5,8
Лизин	6,9	6,8	6,3	5,9	2,4	2,6	0,4	3,2	3,4
Метионин	1,0	1,4	1,1	1,1	0,6	0,8	0,7	1,1	1,1
Пролин	4,3	4,5	3,7	3,1	9,5	12,6	10,1	6,5	6,4
Серин	4,1	4,9	3,9	3,9	3,4	3,2	4,1	2,9	4,0
Тирозин	2,8	2,3	2,7	1,8	2,6	1,6	2,8	2,7	1,9
Треонин	3,6	3,5	3,8	3,4	3,2	1,9	2,3	2,5	3,1
Триптофан	1,3	1,4	0,9	0,8	0,7	0,7	0,1	0,9	0,9
Фенилаланин	3,6	3,5	2,9	3,7	2,7	4,3	3,7	3,9	2,7
Цистеин	2,4	1,5	2,5	2,4	2,1	1,5	0,6	2,7	1,3
Амидный азот	5,8	5,7	5,0	5,1	13,7	17,8	16,5	8,9	12,1

В состав глобулинов обычно входит значительно меньше амидов, глутаминовой кислоты и пролина, но они могут содержать больше аспарагиновой кислоты по сравнению с проламинами. Другая характерная особенность глобулинов — высокая концентрация в них основных аминокислот, особенно аргинина (до 20% общего азота белков). В альбуминах обычно мало аспарагиновой кислоты и довольно много основных аминокислот. В глютелинах также много основных аминокислот, амидов и глутаминовой кислоты. Альбумины характеризуются более высоким содержанием большинства незаменимых аминокислот.

Как известно, аминокислотный состав белков определяется генетическими факторами, зависит от природы самого растения и постоянен для данного вида и сорта. На основании определений аминокислотного состава можно вычислить биологическую питательную ценность белков. Если принять за 100 ценность белков молока или яйца, то биологическая ценность белков семян злаков по Н. Н. Иванову может быть выражена следующими средними величинами: пшеница — 62—67, овес — 78, просо — 57, кукуруза — 52—58, рис — 83—86.

Различные сорта зерновых культур несколько различаются по аминокислотному составу белков главным образом в связи с тем, что у них изменяется соотношение между отдельными белковыми фракциями в зерне, которые, как показано в таблице 3, имеют разный аминокислотный состав. Поэтому при направленной селекции, проводимой со строгим наблюдением за фракционным и аминокислотным составом белков, можно создать сорта зерновых культур, характеризующиеся более сбалансированным аминокислотным составом. Следует подчеркнуть, что районированные в настоящее время сорта зерновых содержат, как правило, недостаточное количество лизина в белках.

Обращает на себя внимание крайне низкая биологическая ценность белков кукурузы. Это объясняется тем, что основной белок кукурузы зеин практически не содержит лизина и в нем очень мало триптофана.

Резкое улучшение состава белков зерна кукурузы на генетической основе началось в 60-х годах, когда американские ученые Мертц и Нельсон открыли мутанты кукурузы Опак-2 и Флаури-2, в зерне которых по сравнению с обычной кукурузой в три раза меньше зеина и в два раза больше глютелинов. Содержание альбуминов и глобулинов в зерне этих мутантов также более высокое, чем в обычной кукурузе. В результате такого перераспределения фракционного состава в зерне мутантов Опак-2 и Флаури-2 по сравнению с обычной кукурузой содержится в два раза больше лизина и триптофана, на 50% больше аргинина, аспарагиновой кислоты и глицина, а содержание аланина, глутаминовой кислоты, тирозина и фенилаланина снижено. В связи с этим мутанты имеют хорошо сбалансированный аминокислотный состав и биологическая питательная ценность их белков приближается к ценности белков молока. Это было

установлено в результате лабораторных исследований и в опытах на животных.

В настоящее время во многих странах проводятся работы по скрещиванию этих мутантов с обычной кукурузой и уже получены новые формы высоколизиновой кукурузы, которые внедряются в производство.

В конце 60-х годов был создан новый высоколизиновый ячмень Гипроли, который по сравнению с обычным ячменем имеет более сбалансированный аминокислотный состав. На базе высоколизинового ячменя Гипроли также проводятся работы по выведению новых сортов этой культуры, характеризующихся улучшенным аминокислотным составом.

4. Накопление белков зерновками пшеницы в связи с агротехникой ее возделывания

Почвенно-климатические условия являются важным фактором, определяющим качество зерна зерновых культур. Однако, несмотря на важную роль климата и типа почвы в определении качества зерна, изменение условий питания растений под влиянием внесения тех или иных удобрений также может оказывать резкое воздействие на химический состав растений и на качество урожая. Наиболее эффективным приемом повышения качества зерна является внесение удобрений.

Повышение качества урожая зерновых культур не может быть достигнуто без широкого применения органических и минеральных удобрений, особенно в зонах достаточного увлажнения и при орошении, т. е. в тех условиях, где применение удобрений дает максимальный эффект. Известно, что именно в районах достаточного увлажнения и при орошении зерно содержит меньше белка и отличается худшим качеством, чем в более сухих районах. Поэтому правильное применение удобрений в районах с достаточным количеством влаги дает возможность не только резко повысить урожайность, но и значительно улучшить качество урожая зерновых культур.

Влияние удобрений на качество зерна злаков показано в работах многих авторов, и к настоящему времени эти вопросы довольно хорошо изучены. При изучении действия удобрений на урожай и качество пшеницы Ф. К. Воробьев и И. В. Мосолов выращивали пшеницу при влажности 35, 60 или 100% полной влагоемкости почвы без удобрений или при внесении РК, NPK_2 или N_2PK . В этих опытах урожай при повышении влажности почвы заметно увеличился и было отмечено резкое возрастание эффективности удобрений, особенно азотных. Эти опыты показали также, что внесение удобрений неодинаково действует на накопление белка в зерне при различной влажности почвы. При 35%-ной влажности под действием РК содержание белка в зерне уменьшалось на 3,2%, при внесении NPK_2 увеличивалось на 2,9%, а при внесении NPK увеличивалось на 1,4%.

При 100%-ной влажности под действием РК наблюдалось уменьшение содержания белка на 0,8%, под действием NPK_2 содержание белка не изменялось, а при внесении N_2PK увеличивалось на 2,3%. Таким образом,

при более высокой влажности почвы наибольшее положительное действие на содержание белка в зерне (и на урожай) оказывают азотные удобрения.

В других опытах И. В. Мосолова и Ф. К. Воробьева при выращивании пшеницы на подзолистой почве при влажности 60% от полной влагоемкости содержание белка в зерне в зависимости от внесенных удобрений изменялось следующим образом (в %):

Варианты	Без удобрений	NP	NPK	N ₂ PK	NP ₂ K	NPK ₂	N ₂ PK ₂
% белка	13,1	17,2	18,4	20,0	18,8	12,5	18,7

Эти данные отчетливо показывают положительное действие азотных удобрений на накопление белка в зерне. Фосфорные удобрения почти не изменяют содержание белка, а калийные удобрения, внесенные в нормальной дозе на фоне азотных и фосфорных (варианты NP и NPK), вызывают некоторое повышение количества белка в зерне. С другой стороны, двойные дозы калийных удобрений резко снижали содержание белка. Аналогичные данные получены и в других опытах.

Эти опыты показали, что под действием удобрений наряду с повышением урожаев зерна почти в два раза резко улучшается качество зерна. Содержание белка в зерне повышается более чем в 1½ раза, клейковины на ¼, а стекловидность зерна доходит до 100% и заметно увеличивается выход муки. Экономическая эффективность удобрений в этих условиях оказалась очень высокой.

Для повышения качества урожая зерновых культур большое значение имеют сроки внесения азотных удобрений. Еще Д. Н. Прянишников показал, что в районах достаточного увлажнения азотные удобрения оказывают очень большое влияние на урожай и его качество, а для озимых культур особенно важное значение имеет весенняя подкормка посевов азотом.

В ряде опытов И. В. Мосолова, проведенных в 1958—1960 гг. с озимой пшеницей сорта Московская, было показано, что весенняя подкормка азотными удобрениями вызывает не только резкое повышение урожаев, но и улучшение качества зерна. В опыте 1958 г., например, при выращивании озимой пшеницы без азотной подкормки получен урожай зерна 10,9 ц с гектара с содержанием белка 11,5%, при внесении весной в качестве подкормки 30 кг азота на гектар урожай увеличился до 16,9 ц с содержанием белка 12,2%, а при внесении в подкормку 60 кг азота на гектар урожай составил 19,2 ц с содержанием белка 14,7, т. е. при внесении 60 кг азота общий сбор белка с гектара увеличился более чем в два раза. В опытах 1960 г. при внесении в подкормку 90 кг азота общий сбор белка с гектара увеличился более чем в три раза (с 93 до 328 кг). Под действием удобрений повышалось и содержание клейковины в зерне.

Для увеличения количества белка в зерне яровых зерновых культур большое значение имеет внесение азотных удобрений в более поздние фазы развития — выхода в трубку, колошения и цветения. Азот, внесенный в эти сроки, используется растениями в основном не для синтеза белков в вегетативных органах и усиления вегетативного роста, а поступает в

репродуктивные органы, в результате чего содержание азота в зерне повышается, и в период налива зерна синтез белков идет более интенсивно. В опытах И. В. Мосолова, проводившихся в Ставропольском крае, изучались эффективность поздних подкормок на урожай и основные показатели качества зерна озимой пшеницы сорта Безостая 1. Часть этих данных представлена в таблице 4.

Таблица 4. Влияние азотных подкормок на урожай и качество зерна пшеницы

Варианты	Урожай (в ц с 1 га)	Белок	Сырая клейковина
		в %	
Фон – контроль	39,6	16,4	23,6
Фон + N45 в фазу выхода в трубку	42,5	17,3	24,0
Фон + N45 в фазу колошения	41,2	18,2	30,0
Фон + N45 в начале цветения	39,0	19,2	33,8

Урожай зерна под действием поздних подкормок почти не изменялся, но чем позднее вносились азотные подкормки, тем большее влияние они оказывали на качество зерна. Наибольшее повышение содержания белка (на 2,8%) и клейковины (на 10%) происходило при внесении азотных удобрений в начале налива зерна. Однако следует учитывать, что такое положительное действие поздних азотных подкормок проявляется лишь при достаточной обеспеченности растений влагой.

Известно, что зерновые культуры при выращивании в условиях более влажного климата обычно содержат меньше белков и больше крахмала сравнительно с более сухими районами. Аналогичная изменчивость химического состава зерна наблюдается и при выращивании зерновых культур на поливных землях. Например, в зерне пшеницы сорта Новинка при возделывании в одних и тех же почвенно-климатических условиях содержание белка и крахмала изменялось следующим образом (в процентах):

	Белок	Крахмал
Без полива	19,2	58,4
При поливе	16,2	60,9

Как видно, качество зерна при поливе значительно ухудшалось. Однако большое количество работ, проведенных по применению удобрений под пшеницу и другие культуры в орошаемых районах, показало, что при правильном применении удобрений наряду со значительным повышением урожая при поливе можно получать зерно высокого качества.

Действие удобрений на качество урожая других зерновых культур в основном аналогично их действию на пшеницу.

Особый интерес представляет изменчивость качества зерна кукурузы под влиянием удобрений. Эта культура может давать очень высокие урожаи, однако содержание белков в зерне у нее недостаточное, что ухудшает кормовую и пищевую ценность зерна. Поэтому изучению влияния условий выращивания на химический состав зерна кукурузы уделяется очень большое внимание. Опыты показали, что характер изменения химического состава зерна под влиянием влажности и удобрений имеет в основном такую же направленность, как и у других культур.

5. Растительный белок как важнейший компонент «зеленой революции»

Население нашей планеты растёт. Это значит, что уже сейчас необходимо задуматься над тем, как обеспечить население Земли питанием в предвидимом будущем. Расчёты учёных приводят к выводу, что проблема будет решена, если за ближайшие 40 - 50 лет мировое производство продуктов питания возрастет в 3 - 4 раза. Подобный прирост может быть осуществлён только в том случае, если произойдёт «зелёная революция» - резкий подъём сельского хозяйства, прежде всего в развивающихся странах, на базе внедрения всех достижений современной науки, в том числе химии.

Есть ли основания верить в возможность такой «зелёной революции»? Учёные отвечают на этот вопрос определённо: да, можно. Модернизированное сельское хозяйство с помощью своих могучих союзниц - химии и биологии - без труда может прокормить более 6,5 млрд. человек.

В решении продовольственной проблемы в глобальном масштабе основной акцент делается на увеличение производства растительной и животной пищи естественного происхождения. Увеличение же объёма производства пищи естественного производства, по мнению специалистов, будет в ближайшем будущем достигаться за счёт создания благоприятных условий для размножения и роста растений и животных. Сюда относится в первую очередь применение удобрений, а затем стимуляторов роста, искусственных кормов для сельскохозяйственных животных, средств защиты растений и животных, введение в практику питания новых продуктов, добытых в океане, и т. д.

Одной из главных составных частей общей проблемы обеспечения пищей растущего населения земного шара является проблема полноценного белка в пище. Растительный белок, как правило, содержит лишь очень небольшое количество аминокислот, в том числе так называемых незаменимых (аргинин, валин, лизин и др.), т.е. таких, которые не синтезируются в организме человека или синтезируются со скоростью, недостаточной для потребностей жизнедеятельности организма. Значит, они должны поступать в достаточном количестве с пищей, содержащей все нужные аминокислоты. Такой пищей может быть животный белок.

В животноводстве приобретают всё большее значение искусственные, производимые на специальных заводах корма. Для увеличения массы домашний скот должен в достаточном количестве снабжаться сырьём. Это может быть растительный белок, рыбная мука и т. д. Однако при расширении масштабов животноводства и увеличении спроса на его продукцию этих источников белка может не хватать, поэтому химики совместно с биологами давно уже начали искать пути замены таких кормов. Одним из хороших заменителей оказалась мочевины $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$.

Самый реалистичный источник увеличения продуктивности сельского хозяйства – трансгенные растения, прежде всего - устойчивые к болезням и вредителям, засолению, засухе, жаре, холоду и т.д. Во вторую очередь - с измененным составом питательных веществ и повышенной урожайностью. В 2004 году на Земле трансгенными растениями было засеяно 81 млн га, более 6% мировой пашни. В основном это растения, устойчивые к насекомым-вредителям (общее количество насекомых на «трансгенных» полях больше, чем на обычных, протравленных инсектицидами) и к гербицидам (в результате чего общее количество «химии» на поле тоже снижается). Культуры с улучшенными потребительскими свойствами ждут разрешения на внедрение. В 2003 году индийские биотехнологи закончили работу над сортом картошки с почти вдвое увеличенным содержанием белка (целых 3,5%). Дополнительное количество растительного белка позволило бы населению бедных стран меньше страдать от недоедания, но внедрение *protato* (*protein + potato*), риса с каротином (гиповитаминоз А - большая проблема в странах, где горсточка риса составляет основу рациона) и многих других трансгенных сортов растений все откладывается. Борьба политиканов, непримиримых «зеленых», производителей пестицидов и т.п. против ГМО, несмотря на доказанную и передоказанную компетентными правительственными организациями безопасность разрешенных к применению сортов, - отдельная и печальная история. Победа второй «зеленой революции» неизбежна, какие бы аргументы ни выдвигали противники трансгенных растений.

В нашей стране и за рубежом разрабатываются и реализуются научные программы, связанные с созданием новых генотипов растений, отличающихся повышенным содержанием белков с улучшенным аминокислотным составом. Примером тому может служить создание селекционерами высоколизинных гибридов кукурузы, у которых уровень урожайности примерно такой же, как и у обычных гибридов, однако в их зерновках накапливается больше белков с повышенным содержанием лизина (на 50-80%) и триптофана (на 30-50%).

Высоколизинные гибриды кукурузы получены от скрещивания обычной кукурузы с генотипами, имеющими гены Опейк-2 и Флаури-2, которые вызывают изменение состава белков зерна: массовая доля спирторастворимых белков - зеинов, имеющих низкую биологическую ценность, снижается в 2,5-3 раза, а доля других белков (альбуминов, глобулинов и глютелинов) возрастает. В результате таких изменений белкового комплекса зерна биологическая ценность суммарного белка зерна значительно повышается. Использование зерна высоколизинной кукурузы для кормления животных позволяет существенно повысить их продуктивность и сократить затраты кормового белка на создание одной единицы животноводческой продукции на 20-25%.

Во многих лабораториях проводится селекционно-генетическая работа по улучшению аминокислотного состава белков зерна ячменя на основе скрещиваний с высоколизинными формами Хайпроли и Ризо 1508, а также

поиск генетических источников высокого содержания белков с улучшенным аминокислотным составом для пшеницы, тритикале и других злаковых культур.

Определенные надежды возлагаются на новые методы создания ценных генотипов растений, основанные на использовании достижений генетической и клеточной инженерии. Так, например, путем направленного мутагенеза в ген спирторастворимого белка зерна кукурузы α -зеина введены дополнительные кодоны лизина и в результате включения такого модифицированного гена в генотип кукурузы были получены линии с повышенным содержанием лизина в белках зерна.

В 1986 г. Дж. М. Джейнс с помощью ферментов синтезировал ген, кодирующий структуру белка с высокой концентрацией незаменимых аминокислот (80%). В настоящее время разрабатываются способы введения этого гена в генотипы злаковых растений.