

УДК 581:633.51:631.8

СВЯЗЬ МЕЖДУ СИНТЕЗОМ БЕЛКОВ И ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫМИ ПРОЦЕССАМИ, ПРОИСХОДЯЩИМИ В ЛИСТЯХ ХЛОПЧАТНИКА

Пирахунова Ф.Н.

*Филиал ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»
в Ташкентской области Республики Узбекистан, Ташкент, e-mail: Faridapirohunova@gmail.com*

Работа посвящена изучению динамики запасных и конституционных белков в листьях растений и установлению взаимосвязи между обменом белковых веществ и окислительно-восстановительными процессами, происходящими в листьях хлопчатника. Исследования показывают, что большая часть растворимых белков в основном на ранних этапах развития хлопчатника, составляют альбумины, т.е. водорастворимая фракция белков. Со старением листьев наблюдается дальнейшее увеличение в них альбуминов и глютелинов. В свою очередь, ослабление синтеза конституционных белков, в данном случае нуклеопротеидов, в листьях хлопчатника связано с изменением окислительно-восстановительных процессов в данной фазе развития. В конце онтогенеза конституционные белки в листьях хлопчатника в окислительно-восстановительный режим смещается в сторону окисления. Из-за однозначности зарядов белков и нуклеиновых кислот синтез нуклеопротеидов прекращается. Таким образом, в клетках листьев хлопчатника в конце онтогенеза количество конституционных белков и нуклеопротеидов заметно падает и выявляется корреляция между содержанием различных форм белковых веществ и окислительно-восстановительным потенциалом клеточного сока листьев, которые могут служить одним из критериев в создании новых сортов и линий растений, которые могут играть важную роль в снижении опадения плодоземелентов, соответственно, и в повышении урожайности хлопчатника на 3–4 ц/га.

Ключевые слова: белок, окисление, восстановление, онтогенез, сорт, растение, плодоземеленты

THE RELATIONSHIP BETWEEN PROTEIN SYNTHESIS AND OXIDATION-REDUCTION PROCESSES OCCURRING IN COTTON LEAVES

Pirakhunova F.N.

*Branch of Astrakhan State Technical University in the Tashkent region
of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, e-mail: faridapirohunova@gmail.com*

The work is devoted to the study of the dynamics of storage and constitutional proteins in plant leaves and the establishment of the relationship between the exchange of protein substances and redox processes in cotton leaves. Studies show that most of the soluble proteins, mainly in the early stages of cotton development, are albumin, i.e. water-soluble fraction of proteins. With aging of leaves, a further increase in albumins and glutelins is observed. In turn, the weakening of the synthesis of constitutional proteins, in this case nucleoproteins, in cotton leaves is associated with a change in redox processes in this phase of development. At the end of ontogeny, constitutional proteins in cotton leaves shift towards oxidation in the redox regime. Due to the uniqueness of the charges of proteins and nucleic acids, the synthesis of nucleoproteins becomes difficult, and possibly stops. Thus, in the cells of cotton leaves at the end of ontogeny, the amount of constitutional proteins and nucleoproteins decreases markedly, and a correlation is revealed between the content of various forms of protein substances and the redox potential of the cell sap of the leaves, which can serve as one of the criteria in the creation of new varieties and lines of plants that can play an important role in reducing the dropping of fruit elements, respectively, and in increasing the yield of cotton by 3-4 centners/ha.

Keywords: protein, oxidation, reduction, ontogeny, cultivar, plant, fruit elements

Известно, что основные органические вещества представлены в растениях белками и другими азотистыми соединениями, жирами, крахмалом, сахарами, клетчаткой, пектиновыми веществами [1, 2].

Накопление белка в листьях зависит также от многих других факторов: предшественника, срока сева и густоты стояния растений, влагообеспеченности кислотности и уровня плодородия почв. Применяются средства защиты растений, причем наибольшая эффективность последних проявляется при комплексном применении средств защиты растений и повышенных дозах азотных удобрений.

Наиболее важными условиями, которые оказывают значительное влияние на накопление белков в листьях хлопчатника, являются температура и влажность окружающей среды. Содержание основных запасных белков листьев в большей мере зависит от условий вегетационного периода. В связи с этим составная часть исследования заключалась в изучении динамики белковых веществ листьев хлопчатника в течение всей вегетации [3]. Высокобелковые сорта, как правило, обладают повышенной способностью к биосинтезу белковых веществ. Как более полный отток азота из вегетативных органов, пока не обнаружено

связи между способностью растений формировать урожай с повышенным содержанием белка и величиной реутилизации азота из вегетативных органов [4].

Исследователи выявили, что независимо от форм азотных удобрений с повышением обеспеченности почвы фосфором наблюдается усиление биосинтеза всех фракций как простых, так и сложных белковых веществ. Следует отметить, что под действием мочевины, по сравнению с другими формами азотных удобрений, происходит более интенсивный биосинтез белковых веществ [5].

Улучшением условий возделывания основным регулированием азотного питания растений можно существенно повысить белковый обмен тканей растений. Увеличение белковости плодоземельных растений зависит также и от разной сортовой отзывчивости сельскохозяйственных растений, в том числе и хлопчатника. В связи с этим целью нашего исследования является изучение динамики белковых веществ листьев хлопчатника в течение всей вегетации.

Материалы и методы исследования

В целях изучения белкового обмена в листьях хлопчатника были заложены полевые опыты на опытных участках научно-исследовательских институтов хлопководства и селекции семеноводства Министерства сельского хозяйства Республики Узбекистан. Почвы опытного участка – типичные сероземы с глубоким залеганием грунтовых вод. Содержание общего азота 0,117, фосфора 0,243%, калия 2,17% и гумуса 1,202%. Агротехника опыта общепринятая и соответствует методике полевых опытов научно-

исследовательского института хлопководства. Полив осуществляли по схеме: 1–3–1. В качестве азотного удобрения использовали аммиачную селитру, фосфор в форме суперфосфата, а калий в форме КСI в дозах $N_{200}P_{150}K_{100}$ кг/га. Фосфор полностью вносили осенью под зябь, азот – 30% перед посевом, 35% в фазе бутонизации и оставшейся 35% азота в фазе цветения. Половину дозы калия вносили в бутонизации, а оставшуюся половину в период цветения.

Результаты исследования и их обсуждение

Содержание белка хлопчатника, как и других культур, изучено многими исследователями [6].

Исследователями было установлено, что для хлопчатника наиболее высокие величины интенсивности фотосинтеза, содержания водорастворимых белков и активности ферментов карбоксилирующей фазы фотосинтеза – рибозофосфатизомеразы, фосфо-рибулокиназы характерны также для этих фаз развития растений [7].

Однако различия сортов хлопчатника по содержанию белка исследователями изучена еще недостаточно. Кроме того, в опытах исследованы лишь некоторые (2–3) сорта хлопчатника. В связи с этим нами были изучены сортовые особенности данной культуры по содержанию белка и его фракций. При рассмотрении этого вопроса нами учитывалось содержание водорастворимых (альбуминов), солерастворимых (глобулинов), спирторастворимых (проламинов) и щелочерастворимых (глутелинов) белков (табл. 1–4).

Таблица 1

Водорастворимые фракции белка (мг/г сухого вещества)

Сорта хлопчатника	Фазы развития					Среднее за вегетацию
	3–4 настоящих листьев	Бутонизация	Цветение	Формирование коробочек	Созревание	
Наманган-34	18,27 ± 0,62	28,76 ± 0,72	31,43 ± 0,60	19,28 ± 0,63	12,75 ± 0,65	15,81 ± 0,64
С-6524	14,82 ± 0,74	23,59 ± 0,68	24,87 ± 0,74	25,73 ± 0,79	9,22 ± 0,76	19,64 ± 0,74
Омад	16,54 ± 0,47	26,92 ± 0,77	28,44 ± 0,68	17,43 ± 0,58	10,65 ± 0,84	19,99 ± 0,71
Бухара-102	17,11 ± 0,64	29,66 ± 0,69	29,52 ± 0,84	18,19 ± 0,64	13,82 ± 0,65	21,66 ± 0,69

Таблица 2

Солерастворимые фракции белка (мг/г сухого вещества)

Сорта хлопчатника	Фазы развития					Среднее за вегетацию
	3–4 настоящих листьев	Бутонизация	Цветение	Формирование коробочек	Созревание	
Наманган-34	14,51 ± 0,86	26,56 ± 0,54	28,36 ± 0,77	18,96 ± 0,76	11,45 ± 0,54	19,96 ± 0,69
С-6524	10,14 ± 0,75	21,84 ± 0,61	19,59 ± 0,70	13,08 ± 0,67	8,34 ± 0,60	14,59 ± 0,66
Омад	12,40 ± 0,61	25,72 ± 0,81	26,16 ± 0,68	16,91 ± 0,71	13,63 ± 0,73	18,96 ± 0,70
Бухара-102	13,31 ± 0,51	28,27 ± 0,92	27,01 ± 0,54	17,04 ± 0,65	12,76 ± 0,68	19,67 ± 0,66

Таблица 3

Щелочерастворимые фракции белка (мг/г сухого вещества)

Сорта хлопчатника	Фазы развития					Среднее за вегетацию
	3–4 настоящих листьев	Бутонизация	Цветение	Формирование коробочек	Созревание	
Наманган-34	7,59 ± 0,72	12,23 ± 0,64	12,85 ± 0,56	16,79 ± 0,85	29,49 ± 0,28	15,79 ± 0,62
С-6524	5,32 ± 0,53	18,88 ± 0,72	23,91 ± 0,79	22,97 ± 0,67	29,35 ± 0,31	20,09 ± 0,87
Омад	4,44 ± 0,57	18,69 ± 0,67	32,11 ± 0,54	22,23 ± 0,72	26,59 ± 0,35	20,61 ± 0,67
Бухара-102	5,25 ± 0,61	15,88 ± 0,58	37,89 ± 0,57	19,37 ± 0,78	27,14 ± 0,42	20,91 ± 0,72

Таблица 4

Спирторастворимые фракции белка (мг/г сухого вещества)

Сорта хлопчатника	Фазы развития					Среднее за вегетацию
	3–4 настоящих листьев	Бутонизация	Цветение	Формирование коробочек	Созревание	
Наманган-34	1,54	1,63	0,84	1,98	2,58	1,41
С-6524	0,86	0,84	0,86	2,18	2,72	1,34
Омад	1,19	1,29	1,12	2,70	2,47	1,75
Бухара-102	1,45	1,52	1,02	1,51	3,04	1,71

Из приведенных табличных данных следует, что в листьях хлопчатника содержание как водорастворимых, солерастворимых, так и щелочерастворимых белков в фазе формирования коробочек по сравнению с периодом цветения уменьшается. Особенно водо- и щелочерастворимых белков, которые объясняются замедлением их синтеза и оттоком в другие органы в связи со старением листьев.

Установлено, что произрастание растений в различных условиях минерального питания оказывает значительное влияние на содержание пластидных пигментов в их листьях. Уменьшение обеспеченности почвы фосфором или исключение из питательной среды привело к наиболее сильному понижению содержания фотосинтетических пигментов в листьях *Artemisia leucoides* Schrenk. Было выявлено, что из азотных удобрений сульфат аммония и аммиачная селитра способствуют более сильному биосинтезу пластидных пигментов *Artemisia leucoides* Schrenk. При старении листьев различные вещества, содержащиеся в них, передвигаются в более молодые, растущие органы. В данном случае, по-видимому, имел место отток этих веществ из листьев в корень, а возможно, и в молодые, формирующиеся листья [8]. По мере старения листьев, в конце вегетации, в них увеличивается содержание альбуминов и глютелинов (табл. 5).

Следовательно, запасные белки являются относительно более стабильными, менее изменчивыми. Конституционные белки ме-

нее стабильны, поэтому легко вовлекаются в обмен веществ.

Конституционные белки, как липоиды и другие вещества, играют важную роль в строении протоплазмы и в процессах обмена веществ. Поэтому интересно было выяснить динамику этого компонента в зависимости от фазы развития хлопчатника. Содержание конституционных белков в листьях хлопчатника изменяется в зависимости от возраста. В листьях хлопчатника в конце вегетации, по мере старения листьев, содержание конституционных белков по сравнению с фазами развития цветения и формирования коробочек уменьшается, что, по всей вероятности, объясняется тем, что в конце вегетации растений ослаблен синтез нуклеопротеидов [9]. Ослабление синтеза конституционных белков (например, нуклеопротеидов) в клетках листьев хлопчатника связано с изменением окислительно-восстановительных процессов в этот период онтогенеза растений. В тканях листьев хлопчатника в конце вегетации растений окислительно-восстановительный режим смещается в сторону окисления (табл. 6). В этих условиях белки ведут себя как анионы, имеют (преобладает) отрицательный заряд.

Нуклеиновые кислоты также обладают отрицательным зарядом. Вследствие однозначности зарядов белков и нуклеиновых кислот, синтез нуклеопротеидов прекращается. По этой причине в клетках листьев хлопчатника в конце вегетации содержание нуклеопротеидов и конституционных белков, в целом падает.

Таблица 5

Содержание белка и его фракций (мг/г сухого вещества)

Показатели	Фазы развития					Среднее за вегетацию
	3–4 настоящих листьев	Бутонизация	Цветение	Формирование коробочек	Созревание	
Сумма	56,54	83,31	155,75	149,55	81,36	105,05
Растворимые	40,01	50,20	57,59	50,53	58,12	51,29
Нерастворимые	16,53	33,11	98,16	99,02	23,24	54,01
Водорастворимый	20,58	24,51	21,88	18,23	22,07	21,45
Солерастворимый	12,52	9,76	10,08	9,22	9,72	10,26
Спирторастворимый	0,70	1,28	1,01	2,07	2,68	1,55
Щелочерастворимый	6,20	14,65	24,62	21,11	24,10	18,13

Таблица 6

гН₂ клеточного сока листьев хлопчатника

Годы	Фазы развития				
	3-4 настоящих листьев	Бутонизация	Цветение	Формирование коробочек	Созревание
В абсолютных единицах					
2016	16,51 ± 1,3	17,11 ± 1,5	14,99 ± 1,7	14,99 ± 1,1	16,47 ± 1,7
2017	19,05 ± 1,4	20,13 ± 1,2	19,85 ± 1,1	19,52 ± 1,3	21,28 ± 1,8
В относительных единицах					
2016	96 ± 3,5	100 ± 4,7	88 ± 2,7	88 ± 3,1	96 ± 2,6
2017	90 ± 2,4	95 ± 2,8	93 ± 3,1	92 ± 2,8	100 ± 3,0

Как известно, содержание нуклеопротеидов в молодых растениях выше, чем в старых и прекративших свой рост. Отсюда следует, что ростовые процессы тесно связаны с наличием нуклеопротеидов.

По мнению некоторых ученых [3, 7], ритмичность роста растений зависит от периодического изменения содержания нуклеопротеидов. Перед началом интенсивного роста растений наблюдается накопление нуклеопротеидов, которые в процессах роста расходуются, в результате чего их содержание в растении уменьшается. Из данных табл. 5 видно, что содержание конституционных белков в листьях периодически изменяется: в период интенсивного роста хлопчатника оно возрастает, а в конце вегетации, в период отсутствия видимого роста растений, снижается. Изменение соотношений белковых компонентов в листьях хлопчатника, очевидно, связано с общей перестройкой протеинового комплекса, физиологический смысл которого состоит в образовании более подвижных и лабильных форм белковых соединений, способных в дальнейшем к ферментативному гидролизу.

Заключение

Таким образом, значительную часть общего количества растворимых белков,

особенно на ранних этапах развития растений, составляет водорастворимая фракция. По мере старения листьев в них увеличивается содержание альбуминов и глютелинов и происходит резкое уменьшение количества конституционных белков, а также содержание конституционных белков периодически изменяется: в период интенсивного роста хлопчатника оно возрастает, а в конце вегетации, в период отсутствия видимого роста, снижается. Наличие корреляционной связи между содержанием различных форм белковых веществ и окислительно-восстановительным потенциалом клеточного сока листьев, белковые вещества могут служить одним из критериев в создании новых сортов и линий растений и играть важную роль в снижении опадения плодоеlementов, а соответственно и в повышении урожайности хлопчатника на 3–4 ц/га. Однозначность зарядов белков и нуклеиновых кислот приводят к прекращению синтеза нуклеопротеидов. По этой причине в клетках листьев хлопчатника в конце вегетации содержание нуклеопротеидов и конституционных белков в целом снижается.

Список литературы

1. Гоман Н.В., Попова В.И., Бобренко И.А. Влияние микроудобрений на структуру урожая озимой пшеницы // Вестник Красноярского ГАУ. 2016. № 1. С. 114–117.

2. Ленточкин А.М. Биологические потребности – основа технологии выращивания яровой пшеницы. Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2011. С. 436.
3. Пирахунова Ф.Н., Абзалов А.А., Тешабаев Б.М. Влияние температуры на содержание белка в листьях хлопчатника // Журнал «Естественные и технические науки». Издательство «Спутник +». 2020. № 8 (146). С. 41–50.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 6-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 2011. 352 с.
5. Костин В.И., Исайчев В.А., Ошкин В.А., Фёдорова И.Л. Внекорневая подкормка сахарной свёклы и качества корнеплодов // Сахарная свёкла. 2015. № 2. С. 28–31.
6. Пасынкова Е.Н. Агрохимические приемы регулирования урожайности качества зерна пшеницы: дис. ... докт. наук. Киров, 2013. С. 20–22.
7. Пасынков А.В. Исследование зависимостей натуре зерна озимой ржи от содержания белка, крахмала и массы зерновки / Агрохимия и экология: история и современность: материалы международной научно-практической конференции. Н. Новгород: Изд. ВВАГС, 2008. Т. 3. С. 282–285.
8. Эргашев А.Э., Абзалов А., Ахмедов У.А., Белополов И.В., Исломов А. Влияние различных форм азотных удобрений и обеспеченности почвы фосфором на биосинтез фотосинтезирующих пигментов в листьях *Artemisim leucodes* Schrenk: материалы V съезда общества почвоведов и агрохимиков Узбекистана (16–17 сентября 2010 года). Ташкент, 2010. С. 55–59.
9. Абзалов А.А. Азотное питание хлопчатника и пути его улучшения. Рига: Изд. LAP LAMBERT, Academic Publishing, 2013. С. 219.