

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

И. А. Геворкян

Об изменении свободных аминокислот и растворимых углеводов
в семенах озимой пшеницы в процессе яровизации

(Представлено академиком АН Армянской ССР В. О. Гулканяном 22/1 1965)

Исследования внутренних особенностей индивидуального развития растений, при воздействии на них в определенные сроки пониженными температурами, показали, что, наряду с многочисленными изменениями в обмене веществ, происходят существенные сдвиги также в углеводном и аминокислотном обмене. Эти обменные реакции способствуют в некоторой степени изменению качества углеводов и белков клеток конуса нарастания и определяют направление их дифференциации в сторону формирования генеративных органов.

Исследования, проведенные по превращению растворимых углеводов и свободных аминокислот в процессе яровизации в тканях растений (¹⁻³) в основном велись с целью изучения качественного состава углеводов и аминокислот. Значительный интерес, на наш взгляд, представляет также динамика изменений количественных отношений указанных соединений в процессе яровизации, чему и посвящается наше сообщение. Экспериментальные данные получены в лаборатории физиологии растений Ботанического института АН Армянской ССР. Работа велась под руководством В. О. Казаряна, которому выражаю глубокую благодарность.

Для выяснения состава и содержания растворимых сахаров и свободных аминокислот в ходе яровизации нами подвергались исследованию эндосперм и зародыш семян сорта озимой пшеницы Украинка. С этой целью отобранные семена средней величины были помещены в марлевые мешочки и увлажнены в течение 48 часов, после чего они проращивались при комнатной температуре (20—22°) в течение 24 часов до образования проростков, длиной в 0,5—1 см. Затем проросшие семена помещались в эксикатор при определенной влажности (95 % H₂O + 5 % H₂SO₄) и переносились в холодильник с температурой 2—3°. Через определенные промежутки времени (10, 20, 37, 45, 50 дней) брались пробы семян для хроматографических анализов. Зародыш отделялся от эндосперма острой бритвой, но, невзи-

Варианты опыта	Моносахарозы							
	Глюкоза		Фруктоза		Ксилоза		Сумма	
	энд.	зарод.	энд.	зарод.	энд.	зарод.	энд.	зарод.
К-покоящееся семя	4,20	3,20	1,20	0,74	—	—	5,40	3,94
К-проросшее семя при повыш. тем.	9,89	4,00	2,87	1,30	2,53	—	15,29	5,30
10 дн. яровиз.	3,57	4,30	2,70	2,70	1,47	2,39	7,74	9,39
20 дн. яровиз.	27,33	18,05	1,40	2,83	3,57	6,77	32,30	27,65
37 дн. яровиз.	30,66	19,38	0,87	2,83	3,57	6,72	35,10	28,93
45 дн. яровиз.	9,40	51,55	0,60	3,22	1,67	12,16	11,67	66,93
50 дн. яровиз.	13,93	53,20	—	6,15	—	18,00	13,93	77,35

рая на тщательное проведение этой операции, все же некоторые следы эндосперма оставались на отрезанном зародыше. Контролем для данного опыта служили эндосперм и зародышевая часть покоящихся семян, а также эндосперм и зародыш семян, проросших в течение 24 часов при комнатной температуре 20—22°.

Исследуемый материал фиксировался в вакуум-сушилке при 70—75°. Дальнейшие анализы по выделению свободных аминокислот и растворимых сахаров проводились по методике, разработанной В. О. Казаряном и Э. С. Авунджяном (4). Количественные определения свободных аминокислот (за исключением пролина) проводились после хроматографического их разделения и перевода в нингидриново-кадмиевый комплекс (5), с использованием соответствующих стандартных кривых. Интенсивность окраски измерялась спектрофотометром (СФ-4) при длине волны 550 мμ.

Количественное определение растворимых углеводов проводилось двумя методами: анилинфталатным методом для определения альдосахаров (6), модифицированным Н. Г. Завадской, Г. И. Горбачевой, Н. С. Мамушиной (7), и резорциновым методом для определения кетосахаров в модификации Кулька (8). Определение количества сахаров проводилось по градуировочным кривым, построенным для каждого сахара отдельно. Интенсивность окраски измерялась спектрофотометром СФ-5 при длине волны 415 мμ. Разделение аминокислот проводилось при помощи одномерной восходящей, а сахаров—круговой хроматограммы. В качестве растворителя использовался раствор Войвуда (9).

Результаты полученных хроматографий (фиг. 1) свидетельствуют об идентичности состава растворимых сахаров зародыша и эндосперма покоящихся семян озимой пшеницы. В обоих случаях обнаружена сахароза и глюкоза. В дальнейшем в процессе прорастания и яровиза-

Таблица 1

молл пшеницы в процессе яровизации (в мг на 1 г сухого вещества)

Сахароза		Мальтоза		Сумма		Олигосахара		Рафиноза		Общая сумма	
энд.	зарод.	энд.	зарод.	энд.	зарод.	энд.	зарод.	энд.	зарод.	энд.	зарод.
4,00	2,00	—	0,63	4,00	2,63	—	—	—	—	9,40	6,57
6,67	3,70	2,83	0,74	9,50	4,44	8,07	—	6,09	—	38,95	9,74
7,33	5,00	1,07	1,17	8,40	6,18	3,53	2,10	6,30	2,00	25,97	19,67
35,67	3,40	4,47	4,10	40,14	7,50	6,13	3,00	16,40	2,93	94,97	41,08
36,33	4,88	7,60	5,54	43,90	10,42	3,55	5,67	14,20	4,00	97,98	49,02
7,33	16,66	2,82	7,82	10,15	24,48	—	4,55	5,47	3,02	27,29	99,00
20,67	20,20	3,73	29,32	23,82	29,52	—	6,21	—	1,90	37,73	115,08

нии семян состав сахаров в них значительно меняется: при прорастании семян в условиях повышенной температуры в результате гидролитического распада запасных углеводов эндосперма происходит соответственное увеличение в нем растворимых сахаров (олигосахара, рафиноза, сахароза, глюкоза и фруктоза). В зародыше в этот период идентифицировано меньшее число сахаров (сахароза, глюкоза и следы фруктозы). Однако в ходе яровизации наблюдается постепенное нарастание в зародыше числа растворимых сахаров и, наоборот, их убывание в эндосперме. Это, видимо, связано с переходом указанных сахаров из эндосперма в зародыш. В результате такого распределения сахаров уже на 50 день яровизации в эндосперме идентифицируются лишь рафиноза, мальтоза, сахароза и следы глюкозы, тогда как в зародыше уже обнаружены олигосахара, рафиноза, мальтоза, сахароза, глюкоза фруктоза и ксилоза.

Сумма растворимых сахаров в эндосперме и зародыше (табл. 1) увеличивается, хотя в содержании отдельных сахаров наблюдаются значительные различия: наименьшее их количество выявлено в покоящемся семени, где основная часть углеводов представлена в виде крахмала.

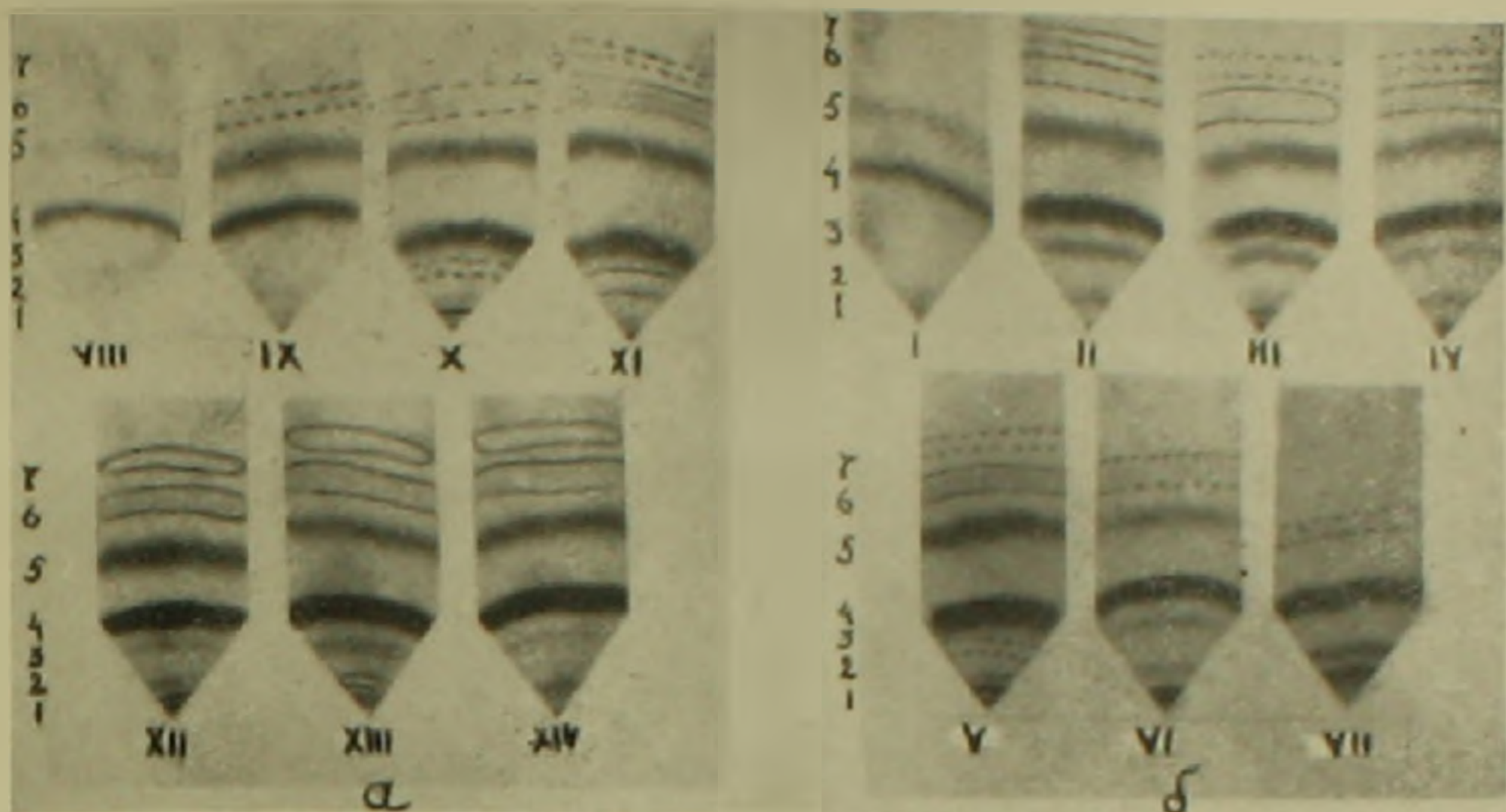
В ходе яровизации значительным изменениям подвергается содержание всех идентифицированных нами сахаров: содержание их увеличивается в зародыше, видимо, вследствие передвижения их из эндосперма в зародыш.

Результаты хроматографического анализа свободных аминокислот (фиг. 2) показали, что как в зародыше, так и эндосперме покоящихся семян имеются почти одни и те же аминокислоты (аспарагин, глицин, серин, треонин, аланин и глютаминовая кислота). Исключение составляют аспарагиновая кислота и лейцины, которые выявлены в зародыше, но отсутствуют в эндосперме. В процессе прорастания в условиях

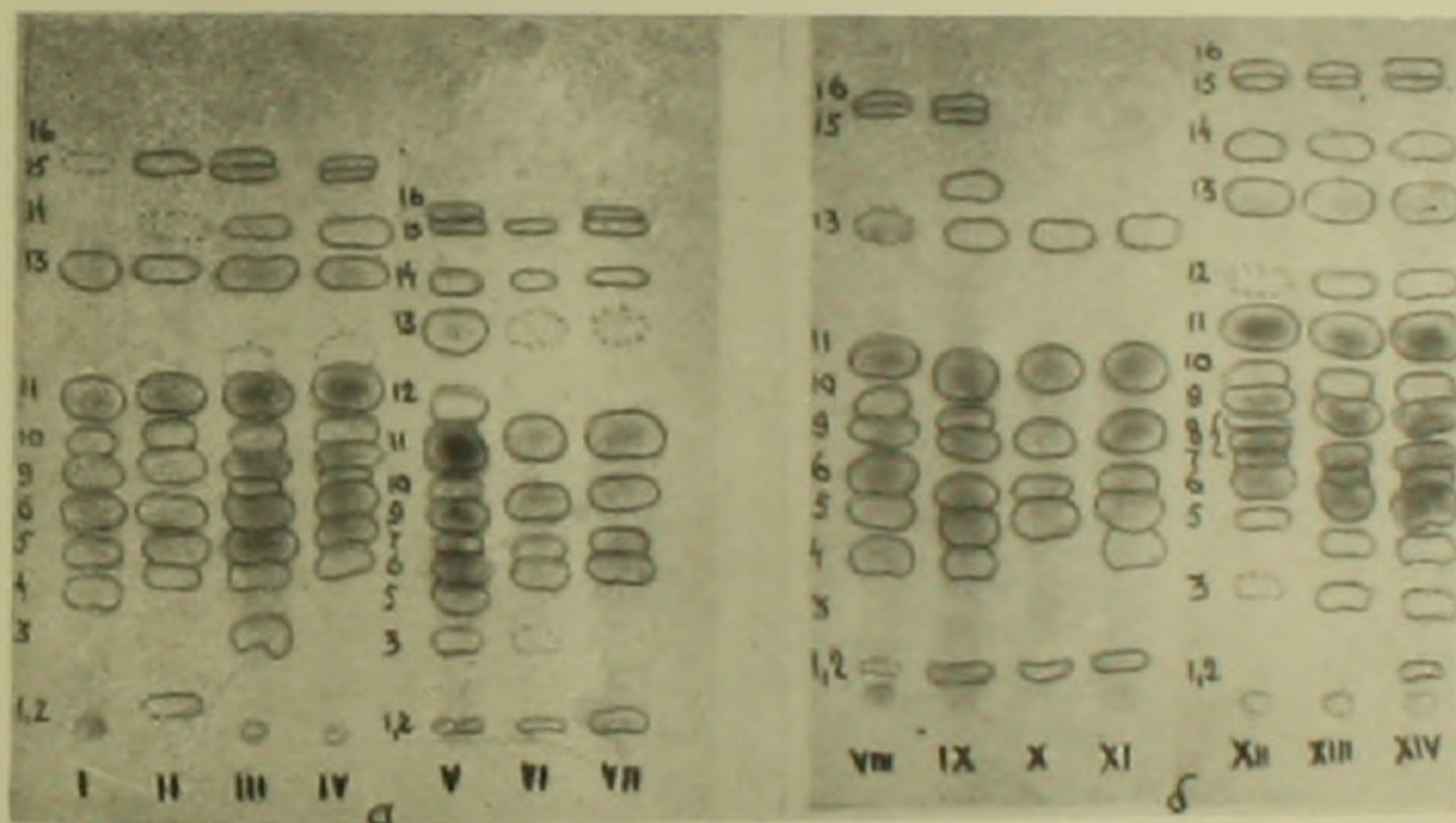
Таблица 2

Содержание свободных аминокислот в эндосперме и зародыше озимой пшеницы
в процессе яровизации (в мг на 1 г сухого вещества)

Аминокислоты	Контр. покоя- щееся семя		Контр. проросшее семя при повыш. темп		Я р о в и з а ц и я в д н я х									
					10 дней		20 дней		37 дней		45 дней		50 дней	
	эндос.	зарод.	эндос.	зарод.	эндос.	зарод.	эндос.	зарод.	эндос.	зарод.	эндос.	зарод.	эндос.	зарод.
Цистин + цистеин	—	—	2,23	4,21	1,97	3,61	1,97	3,41	1,67	7,29	1,26	1,11	1,52	5,10
Лизин	—	—	—	—	3,35	—	—	—	2,95	1,65	следы	1,49	—	1,20
Аспарагин	7,20	3,20	3,46	—	1,13	—	0,93	—	0,38	—	—	—	—	—
Аспарагин. к-та	—	7,60	5,46	1,80	5,25	5,46	4,20	6,36	3,60	1,80	1,19	2,10	2,10	1,28
Серин	0,28	0,45	0,29	0,79	0,37	0,60	0,40	0,34	0,40	0,47	1,16	0,91	0,90	0,69
Глицин	—	0,32	0,74	0,66	0,93	1,05	1,20	1,62	0,77	1,83	0,65	2,00	0,41	1,95
Глутаминов. к-та	0,42	0,48	0,34	0,39	0,56	0,73	0,85	0,75	0,26	0,75	0,51	0,79	0,56	0,79
Треонин	0,27	0,48	0,31	1,47	0,25	0,86	0,50	—	0,24	0,59	0,42	1,12	0,33	0,73
Аланин	0,18	0,21	0,20	1,18	0,32	0,75	0,24	0,33	0,20	1,41	0,28	0,77	0,32	0,87
Аминомасляная к-та	—	—	0,70	—	0,83	0,33	0,82	—	1,22	0,28	1,63	0,39	0,95	0,43
Валин	—	—	0,32	0,95	0,35	0,88	0,50	0,59	0,51	2,29	0,63	1,63	0,46	1,28
Фенилаланин	—	—	1,08	1,41	0,87	1,87	1,17	1,32	1,15	2,32	2,25	2,98	1,28	2,59
Лейцины	—	0,31	0,34	0,81	0,66	0,59	1,02	0,33	0,84	1,17	2,42	1,12	1,08	1,03
Сумма	8,35	13,08	15,47	14,67	16,84	16,73	13,80	14,85	14,19	21,85	12,40	16,31	9,91	16,94



Фиг. 1. Хроматограмма растворимых сахаров в эндосперме (а) и зародыше (б) семени озимой пшеницы сорта Украинка. I, VIII—покоящееся семя, II, IX—семя, проросшее при повышенной температуре, III, X—семя, яровизированное 10 дней, IV, XI—семя, яровизированное 20 дней, V, XII—семя, яровизированное 37 дней, VI, XIII—семя, яровизированное 45 дней, VII, XIV—семя, яровизированное 50 дней. 1—олигосахара; 2—рафиноза; 3—мальтоза; 4—сахароза; 5—глюкоза; 6—фруктоза; 7—ксилоза.



Фиг. 2. Хроматограмма свободных аминокислот в эндосперме (а) и зародыше (б) семени озимой пшеницы сорта Украинка. I, VIII—покоящееся семя, II, IX—семя, проросшее при повышенной температуре, III, X—семя, яровизированное 10 дней, IV, XI—семя, яровизированное 20 дней, V, XII—семя, яровизированное 37 дней, VI, XIV—семя, яровизированное 45 дней, VII, XIV—семя, яровизированное 50 дней. 1, 2—цистин с цистеином; 3—лизин; 4—аспарагин; 5—аспарагиновая кислота; 6—серин; 7—глицин; 8—неидентифицированная аминокислота; 9—глутаминовая кислота; 10—треонин; 11—аланин; 12—пролин; 13—аминомасляная кислота; 14—валин; 15—фенилаланин; 16—лейцин.

повышенной температуры как в зародыше, так и в эндосперме появляются цистин с цистеином, аминоясаяная кислота и валин. При воздействии пониженными температурами указанный характер распределения свободных аминокислот не остается постоянным, и происходит дальнейшее изменение их состава: в начале яровизации число аминокислот в эндосперме увеличивается по сравнению с зародышем. В дальнейшем в зародыше появляются некоторые новые аминокислоты, которые в эндосперме исчезают. В результате такого распределения в конце яровизации (50 дней яровизации) число их в зародыше преобладает над их числом в эндосперме.

Эти различия в составе аминокислот наглядно свидетельствуют о том, что в процессе яровизации семян происходит постепенное вовлечение в обмен одних и освобождение других аминокислот. Следовательно, в период яровизации в семенах происходит глубокое преобразование белковых веществ и их компонентов-аминокислот, что отмечено также Т. А. Кирилловой (10).

При сопоставлении результатов анализов по содержанию свободных аминокислот (табл. 2) в эндосперме и зародыше наблюдается следующая закономерность: в зародыше, в процессе яровизации, повышается содержание отдельных аминокислот, причем их максимальное количество обнаруживается при яровизации от 37 до 45 дней. В эндосперме же, наоборот, наибольшее количество аминокислот обнаружено в начале яровизации, затем наступает некоторое снижение, причем наименьшее количество их наблюдается с 37 по 45 день. Это дает нам основание полагать, что увеличение состава и содержания свободных аминокислот в зародыше в процессе яровизации происходит, главным образом, в результате перемещения их из эндосперма, хотя и не исключается возможность образования их при гидролизе белка в самом зародыше. В результате этого содержание как суммы, так и каждой аминокислоты в зародыше преобладает над содержанием последних в эндосперме.

На основании изложенных экспериментальных данных можно констатировать, что характер как углеводного, так и аминокислотного обмена в различных частях семени находится в тесной зависимости от его прорастания и воздействия на него пониженными температурами, вследствие чего увеличивается как состав, так и содержание растворимых углеводов и свободных аминокислот.

Ботанический институт Академии наук
Армянской ССР

Ի Ա ԿԵՎՈՐԴԱՆ

ԱՆԿԱՆԱԴՐՈՒ ԳՈՐԵՆԻ ԱԵՐԱՐԻ ԱՄԻՆՈՐՐՈՒՆԵՐԻ Ե լուծելի ամրաների
փոփոխությունը լարոփրգացության բերացում

Բույսերի անհատական զարգացման ներքին առանձնահատկությունների առանձնահատկությունները որոշակի ժամկետներում ցածր ջերմաստիճանի ազդեցությամբ դեպ-

րում. ցույց են տվել, որ նյութափոխանակության լազմաթիվ փոփոխությունների շար-
քում տեղի է ունենում նկատելի տեղաշարժ նաև ածխաջրային և ամինոթթվային փոխ-
անակության մեջ: Վերջինս նպաստում է ածխաջրերի և ամինոթթուների որակի որ-
փոփոխությունների աճման կոնում և կոզմոնորոշում է նրանց զիջերենցիադիան գեներատիվ
օրգանների կազմավորման ուղղությամբ:

Ելնելով վերոհիշյալից, մեր կողմից ուսումնասիրվել է ազատ ամինոթթուների և
յուծելի շաքարների կազմը և քանակը աշնանացան ցորենի «Ուկրաինկա» սորտի սերմի
սազմում և էնզոսպերմում յարովիզացիայի ընթացքում:

Կատարված ուսումնասիրությունների արդյունքները ցույց տվեցին, որ յուծելի
շաքարների կազմը հանգստի շրջանում գտնվող սերմի էնզոսպերմում և սազմում միա-
նման է: Խարովիզացիայի ընթացքում, շաքարների կազմը նրանց մեջ զդալիորեն փոփո-
խում է՝ սազմի մեջ նկատվում է յուծելի շաքարների կազմի աուտիճանաբար ավելացում,
իսկ էնզոսպերմի մեջ ընդհակառակը, նրանց կազմը նվազում է: Ուսումնասիրվող շաքար-
ների պարունակությունը յարովիզացիայի ընթացքում նույնպես ենթարկվում է որոշակի
փոփոխությունների: Շաքարների քանակը սազմում ավելանում է, իսկ էնզոսպերմում
ընդհակառակը՝ նվազում է:

Աշնանացան ցորենի սազմի և էնզոսպերմի ազատ ամինոթթուների կազմի ուսում-
նասիրությունների արդյունքները ցույց են տալիս, որ ցածր ջերմաստիճանի ազդեցությամբ
պայմաններում նրանց կազմում տեղի են ունենում որոշակի փոփոխություններ: Ծառ-
վիզացիայի սկզբում ազատ ամինոթթուների թիվը էնզոսպերմում սազմի համեմատ ավել-
յանում է: Հետագայում սազմի բիոմերում հանգես են դալի մի քանի նոր ամինոթթու-
ներ, որոնք առհաստանում են էնզոսպերմում: Այսպիսի տեղաբաշխման հետևանքով յար-
ովիզացիայի վերջում (յարովիզացիայի 30-րդ) նրանց թիվը սազմում գերազանցում է էնզո-
սպերմում պարունակվող ամինոթթուների թվից:

Ազատ ամինոթթուների քանակը յարովիզացիայի ընթացքում փոխվում է հետևյալ
որինաչափությամբ՝ սազմում տեղի է ունենում ազատ ամինոթթուների պարունակության
աստիճանական աճ, ըստ որում նրանց առավելագույն քանակը ի հայտ է բերվում յար-
ովիզացիայի 37--43-րդ օրերում: Էնզոսպերմում, ընդհակառակը, ամինոթթուների առավել-
յագույն քանակը հայտնաբերվում է յարովիզացիայի սկզբում, այնուհետև նրանց քանակը
նվազում է, ըստ որում նվազագույն քանակը հայտնաբերվում է յարովիզացիայի 37--41
օրերում, սրա հետևանքով, ինչպես առանձին ամինոթթուների, այնպես էլ նրանց ընդ-
հանուր պարունակությունը սազմում գերազանցում է էնզոսպերմի համեմատությամբ:

Այս տվյալները իրավունք են տալիս նշելու, որ ինչպես ածխաջրային, այնպես էլ
ամինոթթվային նյութափոխանակությունը սերմերի տարրեր մասերում սերտ կերպով
կապված են ձվան և ցածր ջերմաստիճանի ազդեցությամբ հետ:

Л И Т Е Р А Т У Р А Գ Ր Ա Վ Ա Ն Ո Ւ Ք Յ Ո Ւ Ն

- А. В. Благовещенский, Г. А. Кириллова, ДАН СССР, т. 100, № 1 (1955).
Н. И. Проскурякова, Н. Б. Стрижевская, Углеводно-фосфатный обмен в зароды-
шках и эндоспермах озимой пшеницы в процессе яровизации, Биохимия зерна, сб. 2,
Из-во АН СССР, 1944. * С. Т. Грецуук, К. Кулька, Wolne aminokwasy w procesie
jaryzacji ziarna żyta ozimego (Secale cereale L.) Acta Soc. bot. polon., 32, № 2, 1953.
* В. С. Казарян, Э. С. Авунобян, ДАН Арм ССР, т. 27, 2 (1958). * С. Лисицки и Г.
Лауренти, Dosage de la leucine de l'isolucine et de phenylalanine des proteines par
chromatographie sur papier, Bull. Soc. chim. biol., v. 37, № 11, 1955. * С. Баар, Quan-
titative estimation of glucose by paper partition chromatography, Biochem. J., v. 56,
№ 1, 1957. * Н. Г. Завадская, Г. И. Горбачева, Н. С. Мамушица, Методика коли-
чественной бумажной хроматографии сахаров, органических кислот и аминокислот у
растений, Изд. АН СССР, 1962. * Р. Кулька, Colorimetric estimation of ketopentose
and ketohexoses, Biochem. J., v. 63, № 4, 1956. * А. С. Вонзюб, A method for the
estimation of micro amounts of amino nitrogen and its application to paper to frost
hardness, Arch. Biochem., 23, 1949. * Т. А. Кириллова, «Физиология растений», 5,
2, 1958.

