

Л. М. ДАНГЯН

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ АЗОТНОГО ОБМЕНА В ПРОРОСТКАХ КУКУРУЗЫ И ЯЧМЕНЯ ПРИ НИЗКОМ УРОВНЕ ОСВЕЩЕНИЯ*

В ИАПГ АН Армянской ССР разработаны установка для непрерывного производства зеленого корма [4,5], режим работы камеры, установлены необходимые условия для эффективного производства зеленого корма [1, 2, 3, 13].

В нашей работе рассматривается содержание различных форм азота и свободных аминокислот у зеленых проростков кукурузы и ячменя. Эти данные дополняют исследования обосновывающие питательную ценность зеленого корма, выращенного в гидропонических условиях. Объектами исследований служили зерно и проростки кукурузы «ВИР—156» и ячменя «Нутанс».

Густота зарядки на 1 кв. м составила 3 кг зерна. Поддерживались следующие условия выращивания: температура— $25 \pm 1^\circ\text{C}$; относительная влажность воздуха $88 \pm 4\%$; освещенность—400 люкс**.

Содержание общего и небелкового азота определяли микрометодом Кьельдаля. Содержание белкового азота по разности между содержанием общего и небелкового азота. Свободные аминокислоты выделяли спиртовой экстракцией. Их разделение проводили методом тонкослойной хроматографии. Величину оптической плотности регистрировали на спектрофотометре СФ—4А.

Полученные результаты. Биомассу проростков (в виде мата) убрали для кукурузы на седьмые сутки. Один кг исходного зерна дал 4,7 кг биомассы. Для ячменя уборка была произведена на шестые сутки, и урожай составил 4,6 кг биомассы с одного кг исходного зерна, или же 13,8 кг с 1 кв. м. В табл. 1 приведены данные о формах азота в семенах и проростках кукурузы и ячменя. Содержание общего азота в процессе прорастивания в зерне кукурузы снижается (табл. 1). Эта закономерность отмечается также у М. Е. Пронина, А. Н. Павлова [1962]. При этом содержание небелкового и белкового азота изменяется неодинаково. Количество небелкового азота, сравнительно небольшое в сухом зерне, в проросшем зерне резко увеличивается как в абсолютном (в % от сухого веса), так и относительном (в % от общего азота) выражении. Это можно объяснить интенсивным гидролитическим и окислительным распадом белков зерна [6, 9, 7, 12]. Вследствие этого содержание белкового азота в проросшем зерне уменьшается.

Количество небелкового азота в остатке зерна кукурузы после 60-часового прорастивания на седьмые сутки выращивания на свету ниже, чем после трехдневного выращивания на свету.

* Работа выполнена по поручению и под руководством профессора Г. С. Давтяна.

** Такие низкие нормы освещенности применяются в камерах американского типа, и, хотя в Институте обычно применяются нормы освещения в 5—10 раз выше, тем не менее мы сочли необходимым изучение азотного обмена и при столь низком уровне освещения.

Одновременно было определено содержание различных форм азота в корешках и листьях кукурузы и ячменя.

Как в корешках, так и в листьях содержание белкового азота превосходит содержание небелкового. У проростков кукурузы содержание белкового азота на седьмые сутки несколько снижается. Кукуруза является очень светолюбивым растением, а в камере, как указано выше, была низкая освещенность. Недостаток света, безусловно, отрицательно влияет на формирование фотосинтетического аппарата молодого растения, что отрицательно отражается на синтезе белка [11]. Это замечание объясняет тот факт, что у семидневных проростков кукурузы содержание белкового азота в абсолютном выражении (в % от сухого веса) более низкое, чем у трехдневных, что отражается также на содержании общего азота (табл. 1).

Таблица 1
Содержание различных форм азота в зерне, а также в корешках и листьях кукурузы и ячменя

и листья кукурузы и ячменя

Исследуемый объект	Формы азота	Дни выращивания						
		трехдневные				семидневные для кукурузы, шестидневные для ячменя		
		исходное зерно	листья	корешки	остаточное зерно	листья	корешки	остаточное зерно
Кукуруза „ВИР—156“	в %	от	сух. вещества					
	Общий	1.19	4.02	3.30	0.87	3.30	2.41	0.62
	Белковый	1.17	2.83	2.37	0.58	2.23	1.63	0.46
	Небелковый	0.12	1.09	0.93	0.29	1.07	0.78	0.16
	в %	от	общего азота					
	Общий	100	100	100	160	100	100	100
	Белковый	89.92	73.00	71.82	66.67	67.60	67.60	74.10
	Небелковый	10.08	27.00	28.18	33.33	32.40	32.30	25.90
	в %	от	сух. вещества					
Ячмень „Нутанс“	Общий	2.02	4.37	3.60	—	4.60	3.03	—
	Белковый	1.90	2.37	1.85	—	2.80	1.85	—
	Небелковый	0.12	2.00	1.75	—	1.80	1.18	—
		в %	от	общего азота				
	Общий	100	100	100	—	100	100	—
	Белковый	94.06	54.30	51.30	—	60.87	61.05	—
	Небелковый	5.94	45.70	48.70	—	39.13	38.95	—

Проростки ячменя более приспособлены к столь низкой освещенности и поэтому у шестидневных листьев мы отмечаем некоторое увеличение как общего, так и белкового азота. В то же время содержание небелкового азота заметно снижается (табл. 1), что лишний раз свидетельствует о более активном синтезе белка.

Проростки ячменя в сравнении с проростками кукурузы обладают более высоким содержанием азота. Эта закономерность проявляется также и в содержании свободных аминокислот (табл. 2,3), которые, как известно, представляют основную часть небелкового азота.

Таблица 2

Содержание свободных аминокислот в исходном и проросшем зерне, а также в корешках и листьях кукурузы «ВНР-156» (в мг на 1 г сух. вещества)

Аминокислоты	Исходное зерно	Дни выращивания					
		трехдневные			семидневные		
		остаточное зерно	листья	корешки	остаточное зерно	листья	корешки
Цистеин			слезы	слезы		слезы	
Цистин			0.86	1.07		0.96	
Лизин		0.71	0.33	0.78	0.22	0.33	0.16
Гистидин			2.63	2.55		2.06	0.94
Аргинин	0.35						
Аспарагин			11.60	8.63		15.82	6.27*
Аспарагин. к-та	0.38	3.07			0.67		
Серин	0.03		1.64	1.37		1.64	
Глицин							
Глутаминовая к-та	0.54	1.89	1.40	2.15	1.02	2.93	4.60
Треонин	0.17	0.62			0.40	7.04	0.74
α-аланин	0.37	0.97	3.92	3.10	0.82		0.87
Тирозин	0.15	0.90	0.55	1.60		0.67	
Триптофан			0.92		0.47	0.52	1.12
γ-аминомаслян. к-та	0.17	0.39	0.98	2.27	0.57	0.92	1.06
Валин	0.14	1.36	1.18	3.81	0.84	1.81	1.74
Фенилаланин	0.10	0.99	0.50	0.93	0.55	0.72	0.95
Лейцин	0.07	0.96	0.82	1.60	0.54	0.71	1.07
Пролин	+++	++	—	+	—	+	+
Сумма аминокислот и амидов	2.37	11.86	27.53	30.06	6.10	36.13	19.52

* Суммарное содержание амида и аминокислоты. В подобных случаях цифра располагается между двумя аминокислотами.

Таблица 3

Содержание свободных аминокислот в зерне, а также в корешках и листьях ячменя «Нутанс» (в мг на 1 г сух. вещества)

Аминокислоты	Исходное зерно	Дни выращивания			
		трехдневные		шестидневные	
		листья	корешки	листья	корешки
Цистеин	—	4.01	4.42		8.17
Цистин	—		3.94	13.71	2.12
Лизин	0.10	0.52	0.83	1.51	0.89
Гистидин	0.46	4.96	3.15	6.11	4.08
Аспарагин	2.00	4.90	18.95	25.20	10.93
Аспарагиновая к-та	0.55	6.82	7.68	7.15	7.41
Серин + Глицин	0.32	2.61	4.90	5.60	3.79
Глутаминовая к-та	0.37	4.00	5.53	5.00	3.50
Треонин	0.72	6.55	5.18	12.43	3.28
α-аланин					
Тирозин + триптофан	0.18	1.03	1.30	2.08	1.32
γ-аминомасляная к-та	0.97	2.62	3.25	2.85	2.37
Метионин	0.29	1.52	1.90	1.81	1.43
Валин	0.31	5.00	15.19	8.31	7.80
Фенилаланин	0.15	2.53	1.06	3.46	1.03
Лейцин	0.17	2.41	11.68	2.32	5.60
Пролин	+++	—	—	—	—
Сумма аминокислот	4.59	44.58	70.01	72.34	72.79
Амид	2.00	4.90	18.95	25.20	10.93
Всего	6.59	49.48	88.96	97.54	63.72

Небольшое снижение небелкового азота в листьях проростков ячменя на шестые и у кукурузы на седьмые сутки (табл. 1); однако, не отражается на содержании свободных аминокислот, количество которых увеличивается в период выращивания проростков в камере. В корнях мы отмечаем снижение небелкового азота. Эта же закономерность прослеживается в динамике свободных аминокислот.

Некоторое снижение небелкового азота у проростков кукурузы можно объяснить тем, что в проросшем зерне семисуточного растения его запас истощился. Если в остатке зерна трехсуточного растения содержится 0,29% небелкового азота, то на седьмые сутки оно снижается до 0,16%, т. е. почти в два раза. Это снижение содержания небелкового азота в проросшем зерне отражается на содержании небелкового азота в самом проростке, хотя его относительное содержание в растении (в % от общего азота) остается высоким, а у проростков кукурузы даже несколько возрастает. Однако, несмотря на некоторое снижение небелкового азота, мы наблюдаем хорошо выраженное увеличение содержания свободных аминокислот в листьях, что говорит об их активном синтезе. Так, если у трехдневных листьев проростков ячменя суммарное содержание аминокислот и амидов составляло 49,48 мг на 1 г сухого вещества, то у шестидневных листьев оно достигает 97,54 мг. Это кажущееся противоречие объясняется тем, что большое количество аммиака и других неорганических азотистых соединений, образующихся при регрессивном метаморфозе азотистых веществ зерна, поступают в проросток, где используются для образования аминокислот и амидов. А так как у столь молодого растения фотосинтетический аппарат развит еще слабо, синтез белков пока несколько подавлен, а следовательно, и реализация свободных аминокислот в белковые соединения будет невысокой.

Активный синтез свободных аминокислот в растении и их слабая реализация объясняет факт их накопления проростком, хотя при этом количество небелкового азота может несколько понизиться (что наблюдается н-р в листьях ячменя). Следовательно, это понижение происходит за счет других неорганических азотистых соединений.

В табл. 2,3 представлены данные о свободных аминокислотах в сухом зерне кукурузы и ячменя, а также в проросшем зерне кукурузы.

До проращивания в зернах кукурузы нами идентифицированы четыре незаменимые аминокислоты: треонин, валин, фенилаланин, лейцин (к сожалению, точное количество триптофана установить не удалось вследствие плохого деления тирозин—триптофан). У ячменя идентифицировано 6 незаменимых аминокислот: кроме перечисленных, также лизин и метионин. Если суммарное содержание валина, фенилаланина и лейцина у кукурузы составляет 0,31 мг на 1 г сух. вещ., то в зернах ячменя оно достигает 0,63 мг.

Таким образом, зерно ячменя значительно богаче свободными незаменимыми аминокислотами, чем зерно кукурузы.

На третьи сутки выращивания растений в камере в проросшем зерне кукурузы такие аминокислоты, как аргинин, серин исчезают. Содержание всех остальных аминокислот возрастает. Например, такая незаменимая аминокислота, как лейцин, в исходном зерне составляет 0,07 мг на 1 г сух. веса, а на третьи сутки выращивания на свету ее количество в остатке зерна составляет 0,96 мг (табл. 2, рис. 1). Увеличение содержания свободных аминокислот в проросшем зерне происходит вследствие распада белков. В результате этого процесса в числе свободных аминокислот появляется такая важная незаменимая аминокислота, как лизин. В остатке зерна проростка после семисуточного выращивания в камере содержание свободных аминокислот несколько

снижается (табл. 2), что, однако, не говорит о прекращении распада белков зерна. Это можно объяснить интенсивным использованием свободных аминокислот зерна проростком для синтеза органических соединений (10).

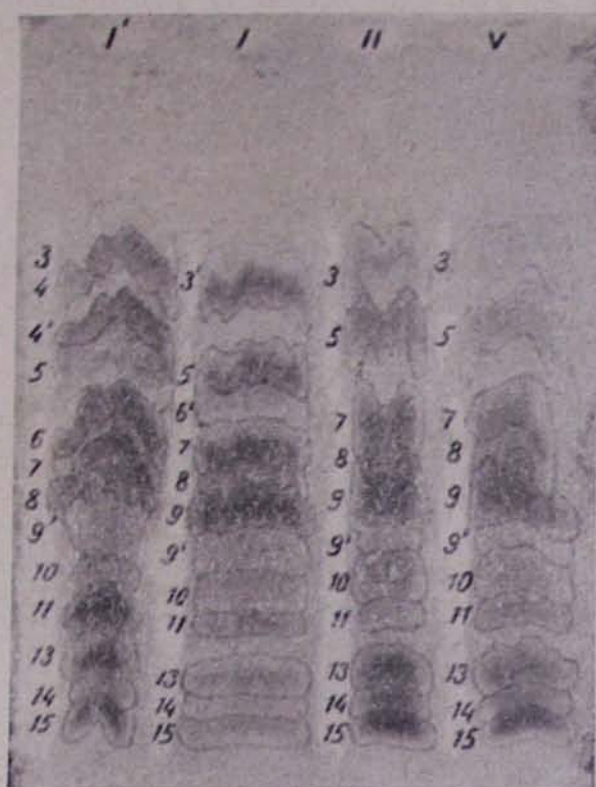


Рис. 1. Свободные аминокислоты сухого и проросшего зерна кукурузы и ячменя.

- I' — св. аминокислоты исходного зерна ячменя;
 I — св. аминокислоты исходного зерна кукурузы;
 II — св. аминокислоты проросшего зерна кукурузы после трехдневного выращивания проростков в камере;
 V — св. аминокислоты проросшего зерна кукурузы после семидневного выращивания проростков в камере;
 I' — 3—лизин; 4—гистидин; 4'—аспарагин; 5—аспарагиновая кислота; 6—серин+глицин; 7—глутаминовая кислота; 8—треонин+ α -аланин; 9'—пролин; 10—тирозин+триптофан; 11— γ -аминомасляная кислота; 13—валин+метионин; 14—фенилаланин; 15—лейцин.
 I II V 3'—аргинин; 6'—серин; 8—треонин; 9— α -аланин.

Остальные аминокислоты под той же нумерацией, что и в предыдущем варианте.

В табл. 2 представлено также содержание свободных аминокислот в листьях и корешках проростков кукурузы (рис. 1). В них идентифицированы следующие незаменимые аминокислоты: лизин, треонин, триптофан, валин, фенилаланин, лейцин.

Если суммарное содержание свободных аминокислот у трехднев-

ных растений кукурузы в корешках и в листьях почти одинаково, а в корнях оно даже несколько выше, то на седьмые сутки содержание свободных аминокислот в листьях повышается, а в корнях снижается почти вдвое. Что касается уменьшения содержания аминокислот в корешках, то большая часть органических азотистых соединений, которые синтезируются в корнях, переходит из корневой системы в листья, где принимает активное участие в синтетических процессах.

В табл. 3 представлено содержание свободных аминокислот в листьях и корешках проростков ячменя. Аминокислотный состав этой культуры как в качественном, так и в количественном отношении зна-

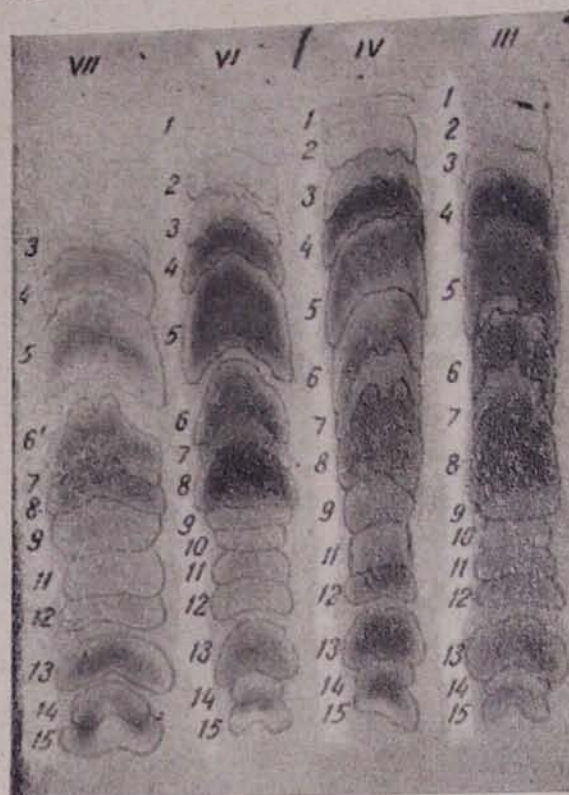


Рис. 2. Свободные аминокислоты проростков кукурузы.

III—трехдневные листья; IV—трехдневные корешки; VI—семидневные листья; VII—семидневные корешки.

1—цистеин; 2—цистин; 3—лизин; 4—гистидин; 5—аспарагиновая кислота; 6—глицин+серин; 7—глутаминовая кислота; 8—треонин+ α -аланин; 9—пролин+ β -аланин; 10—тирозин; 11—(у № IV, VII) тирозин+триптофан, у № (VI и III)—триптофан; 12— γ -аминомасляная кислота; 13—валин; 14—фенилаланин; 15—лейцин. Для № VII—6¹—глутаминовая к-та, 7—треонин, 8— α -аланин.

чительно богаче, чем у кукурузы (рис. 2,3). Мы отмечаем у нее наличие незаменимой серосодержащей аминокислоты метионина. Листья и корни проростков ячменя отличаются богатым содержанием аспарагина. Так, у шестисуточных листьев содержание аспарагина достигает

25,20 мг на 1 г сух. веса: процессы переаминирования, связанные с нейтрализацией аммиака, идут в молодом растении очень активно. Причем нейтрализация аммиака происходит благодаря аспарагину, который может накапливаться в больших количествах в растении, не причиняя ему при этом никакого вреда [8]. Сравнение табл. 2 и 3 показывает, что содержание свободных аминокислот у проростков ячменя выше, чем у проростков кукурузы. К моменту уборки урожая эта разница становится еще нагляднее. Например, содержание лизина в листьях проростков кукурузы в расчете на 1 г сух. веса у семидневных растений по сравнению с трехдневными почти не меняется, а в листьях шестидневных проростков ячменя, по сравнению с трехдневными растениями, содержание лизина возрастает почти в три раза.

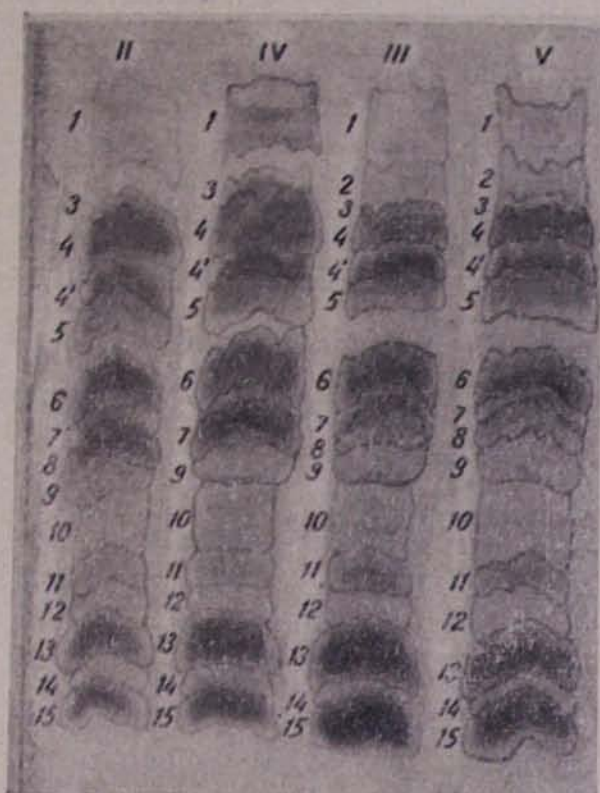


Рис. 3. Свободные аминокислоты проростков ячменя.

II—трехдневные листья проростков; III—трехдневные корешки проростков; IV—шестидневные листья проростков; V—шестидневные корешки проростков.

1, 2—цистеин+цистин; 3—лизин; 4—гистидин; 4¹—аспарагин; 5—аспарагиновая кислота; 6—серин+глицин; 7—глутаминовая кислота; 8—треонин; 9— α -аланин; 10—тирозин+триптофан; 11— γ -аминомасляная кислота; 12—метионин; 13—валин; 14—фенилаланин; 15—лейцин.

Динамика суммарного содержания свободных аминокислот в листьях и корешках проростков ячменя такая же, что и у растений кукурузы, т. е. их количество к сроку уборки урожая повышается в листьях и снижается в корешках.

Выводы

1. Сухое (исходное) зерно ячменя «Нутанс» значительно богаче зерна кукурузы по содержанию свободных аминокислот как в качественном, так и в количественном отношении.
2. После образования проростков в остаточном зерне содержание общего и белкового азота снижается.
3. Содержание небелкового азота, а также свободных аминокислот в проросшем (остаточном) зерне повышается, что объясняется распадом белков в процессе проращивания зерна.
4. Проростки ячменя значительно богаче проростков кукурузы по содержанию свободных аминокислот как в качественном, так и в количественном отношении и, что особенно важно, значительно превосходят проростки кукурузы по содержанию незаменимых аминокислот, что является очень важным показателем их кормовой ценности. Так, у проростков ячменя идентифицирована незаменимая аминокислота метионин, которая отсутствует у проростков кукурузы.
5. При низком уровне освещения режим работы гидропонической камеры обуславливает высокую продуктивность проростков ячменя, а для такой светолюбивой культуры, как кукуруза, он не является оптимальным.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Бабахаян. Сообщения лаборатории агрохимии АН Арм. ССР, № 6, 107—113, 1965.
2. М. А. Бабахаян. Сообщения лаборатории агрохимии АН Арм. ССР, № 6, 113—118, 1965.
3. М. А. Бабахаян, О. Б. Гаспарян, Р. А. Сарксян. Сообщения, № 7, «Исследования в области гидропонии», изд. АН Арм. ССР, 79—84, 1967.
4. Г. С. Давтян. Малогабаритная автоматическая установка непрерывного производства зеленого корма. Удостоверение о регистрации № 28397, Комитет по делам изобретений и открытий при СМ. СССР, 1962.
5. Г. С. Давтян, А. К. Минасян. Сообщения, № 7, «Исследования в области гидропонии», изд. АН Арм. ССР, 62—69, 1967.
6. А. Н. Павлова. Докл. АН СССР 143, № 1, 235—238, 1962.
7. Ю. В. Перуанский. Докл. ВАСХНИЛ, вып. 7, 11—15, 1957.
8. Б. П. Плешков. Известия ТСХА, вып. 5, 79—93, 1967.
9. Б. П. Плешков. Биохимия сельскохозяйственных растений, 1965.
10. М. Е. Пронин, А. Н. Павлова. Вестник с.-х. наук, № 1, 61—67, 1962.
11. К. М. Ситник, О. М. Винниченко. Укр. бот. журн., 30, № 1, 21—27, 1973.
12. П. А. Цуркан, Л. В. Котова. Известия АН Молд. ССР, сер. биол. и хим. наук, № 4, 100—103, 1965.
13. В. А. Шарифов. Сообщения лабор. агрохимии АН Арм. ССР, № 6, 118—120, 1965.

Ի. Մ. ԴԱՆՅԱՆ

ՀԻԳՐՈՊՈՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՏՈՒԿ ԽԶՐՈՒՄ ԵՎ ԼՈՒՅՄԻ ՅԱԾՐ ԻՆՏԵՆՍԻՎՈՒԹՅԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ ԱՃԵՑՎԱԾ ԵԳԻՊՏԱՅՈՐԵՆԻ ԵՎ ԳԱՐՈՒ ԾԻԼԵՐՈՒՄ ԱՋՈՏԱԿԱՆ ՓՈԽԱՆԱԿՈՒԹՅԱՆ ՄԻ ՔԱՆԻ ՀԱՐՑԵՐ

Ա. մ փ ո փ ու մ

Որոշվել է ազդանի տարրեր ձևերի և ազատ սովորությունների պարունակությունը եգիպտացորենի և գարու շոր հատիկներում, ծեցված սերմերում, ինչպես նաև կանաչ ծիլերում:

Ազատ ամինոթթուների բանական և որական որոշումները ցույց են տվել, որ դարու ծիլերը ավելի հարուստ են անփոխարինելի ամինոթթուներով, քնդհանուր և սպիտակուցային ազոտով, քան եզրպտացորենի ծիլերը: Կանաչ կերի արտադրության պայմաններում լույսի ցածր ինտենսիվությունը՝ որոշ սահմաններում, արգարացվում է ավելի պակաս լուսասեր կուլտուրաների դեպքում:

L. M. DANGHYAN

SOME QUESTIONS RELATING TO NITROGEN EXCHANGE IN THE SPROUTS OF MAIZE AND BARLEY GROWN UNDER CONDITIONS OF LOW LIGHT INTENSITY IN SPECIAL HYDROPONIC CHAMBERS.

Summary

Studies were made to determine the contents of the various forms of nitrogen and free aminoacids in the dry seeds, sprouted seeds and green shoots of maize and barley.

The quantitative and gualitative determinations of free aminoacids have shown that the barley shoots are richer in unreplaceable aminoacids, total and protein nitrogen, than those of the maize.