

УДК 633.11:631.811:581.19.04:547.96

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ ФОРМ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ФРАКЦИЙ ЛЕГКОРАСТВОРИМЫХ БЕЛКОВ У ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

В. П. КРИЩЕНКО, А. А. ПАНТЕЛЕЕВ

(Кафедра агрономической и биологической химии)

Изучалось действие амидной, аммиачной и нитратной форм азотных удобрений, применяемых в виде некорневых подкормок, на содержание фракций легкорастворимых белков в зерне, надземной вегетативной массе и корнях яровой пшеницы, выращиваемой без удобрений и при высоком уровне питания. Определялась скорость обновления легкорастворимых белков различных частей растений (использовался меченый азот) при разном уровне корневого питания и некорневых подкормок азотными удобрениями.

Все части растения участвуют в круговороте азотсодержащих веществ в нем [1, 9]. Так, около 60 % общего количества азота, поступившего в надземные органы 22-дневной пшеницы, возвращалось в корни и использовалось на их рост [12]. Неиспользованный азот вновь выделялся в сосуды ксилемы. Значительное количество поглощенного растениями элемента циркулировало по растению: корень→побег→корень→побег... В опытах с фасолью при корневом питании растений $^{15}\text{NO}_3$ в течение первых 8 ч содержание меченого азота было наибольшим в 1-м листе, меньше — во 2-м, наименьшим — в 3-м листе [13]. Через сутки больше всего азота содержалось в самом молодом листе, на 3-и сутки 3-й лист оказался наиболее обогащенной меченым азотом частью растения. При этом донорами меченого азота были корни и первичные листья. Аналогичная картина наблюдалась в другом опыте, где через трое суток питания первичных листьев $^{15}\text{NO}_3$ более половины ^{15}N перемещалось в молодые листья. Таким образом, в растениях существует сложная система перераспределения азота между органами, при этом соблюдается иерархическая последовательность вверх по вертикали. Такое перераспределение азота мы условно назовем «бегущей волной».

Между ростом растений, притоком азота и его ассимиляцией существует динамическое равновесие. Наиболее четко эта взаимосвязь прослеживается при невысоком уровне азотного питания. При высоких дозах азота скорость поступления его в растения опережает интенсивность их роста [2, 11], в результате нарушается сопряженность указанных процессов.

Волнообразная интенсивность включения меченого азота некорневых подкормок в белки яровой пшеницы наиболее четко проявляется при низком уровне корневого питания растений [5, 6]. Этот процесс характерен для растворимой и нерастворимой частей белкового комплекса зерна, надземной вегетативной массы и корней. Разделение растворимых белков на легко-, средне- и труднорастворимую группы и изучение включения в них меченого азота подтвердило это наблюдение.

В связи с тем что углубленное изучение волнообразной во времени интенсивности включения азота некорневых подкормок в разные белки пшеницы оказалось результативным, мы продолжили исследования, в которых использовали этот подход. Следующим этапом явились разделение легкорастворимой части растворимых белков, которая является совокупностью ферментных систем, на фракции и изучение включения в них азота.

Методика

Детальное описание опытов и методик, использованных при проведении исследований, дано в ранее опубликованных работах

[3—6]. Яровую пшеницу выращивали в сосудах Митчерлиха, заполненных дерново-подзолистой среднесуглинистой почвой. Ва-

рианты опыта: без удобрений — контроль (фон 1) и высокий уровень минерального питания (фон 2). Растения в период начала налива зерна в обоих вариантах опрыскивали растворами мочевины, сульфата аммония или азотнокислого натрия. 1-ю и 2-ю фракции легкорастворимых белков извлекали, суммарно экстрагируя их обессоленной водой; 2-ю фракцию отделяли от

1-й путем осаждения с помощью диализа против обессоленной воды; 3-ю экстрагировали 0,005 М фосфатным буфером. Содержание фракций белков выражено в процентах к общему количеству белков пробы.

Методика проведения опытов с мечеными азотными удобрениями общепринята [7, 8].

Результаты

В работах [5, 6] изучалось влияние некорневых подкормок яровой пшеницы разными формами азотных удобрений на общее содержание растворимых и нерастворимых белков в разных частях растений, а также на состав растворимой части белкового комплекса (количество легко-, средне- и труднорастворимых белков). В данной статье обсуждаются результаты исследований легкорастворимой группы белков, которая, в свою очередь, разделена на три фракции (табл. 1, рис. 1). Содержание 1-й фракции легкорастворимых белков в зерне, надземной вегетативной массе и корнях растений наибольшее. Общий уровень корневого питания оказывает значительное влияние на содержание именно этих белков. Некорневые подкормки азотными удобрениями больше всего влияют также на количество 1-й фракции легкорастворимых белков во всех частях растений. А поскольку в легкорастворимых белках большую часть составляет 1-я фракция, то и все изменения их содержания определяются динамикой содержания этой фракции белков. Обработка растений мочевиной в первом и втором вариантах опы-

Таблица 1

Содержание фракций легкорастворимых белков в разных частях пшеницы
(% к общему количеству белков)

Время отбора проб, дн. после подкормки	Номер фракции	Фон 1			Фон 2				
		контроль	некорневая подкормка		контроль	некорневая подкормка			
			NH ₂	NO ₃		NH ₄	NH ₂	NO ₃	NH ₄
Надземная вегетативная масса									
Начало налива зерна:									
1	1	30,5	34,9	32,2	33,0	38,9	34,5	31,5	31,8
	2	15,1	8,7	9,7	8,1	10,4	13,6	12,7	13,3
	3	5,6	7,9	5,6	4,8	16,2	5,6	4,4	4,8
4	1	29,0	32,9	30,9	35,0	36,4	37,7	25,3	33,8
	2	9,3	11,5	8,9	7,4	11,6	14,5	13,8	12,5
	3	10,9	3,0	7,3	5,1	14,5	6,6	9,5	4,0
Молочная спелость зерна — 15	1	22,0	25,1	27,4	37,7	36,1	30,3	25,0	31,0
	2	9,2	11,2	6,0	7,9	14,0	23,4	17,9	16,6
	3	12,8	6,0	12,4	4,4	5,4	9,1	6,1	3,1
Восковая спелость зерна — 31	1	18,8	30,4	20,6	33,0	37,3	32,5	20,2	30,9
	2	9,2	11,2	6,0	7,9	14,0	23,4	17,9	16,6
	3	17,1	7,7	16,9	7,9	6,3	3,4	12,6	3,7
Корни									
Начало налива зерна:									
1	1	8,5	16,6	20,0	16,1	26,1	20,8	20,6	20,8
	2	5,6	6,1	4,6	4,9	5,5	4,8	6,6	3,5
	3	4,6	5,4	5,1	26,7	5,2	5,2	4,4	4,9
4	1	5,4	15,3	18,8	19,8	27,5	20,0	27,5	20,4
	2	4,1	8,3	4,0	7,9	5,7	5,6	5,3	5,8
	3	5,0	3,7	5,3	16,2	5,1	4,5	4,2	3,8
Молочная спелость зерна — 15	1	8,9	13,0	17,7	13,0	9,7	15,3	28,0	16,5
	2	6,4	7,7	3,6	6,9	6,2	5,2	12,3	8,5
	3	5,1	4,8	6,2	14,0	6,2	5,3	3,6	4,4
Восковая спелость зерна — 31	1	11,7	5,5	22,0	9,7	7,7	7,9	27,6	12,8
	2	9,2	2,5	5,7	7,5	5,3	4,4	18,6	11,3
	3	7,7	12,0	3,2	8,7	6,7	4,7	3,3	4,2

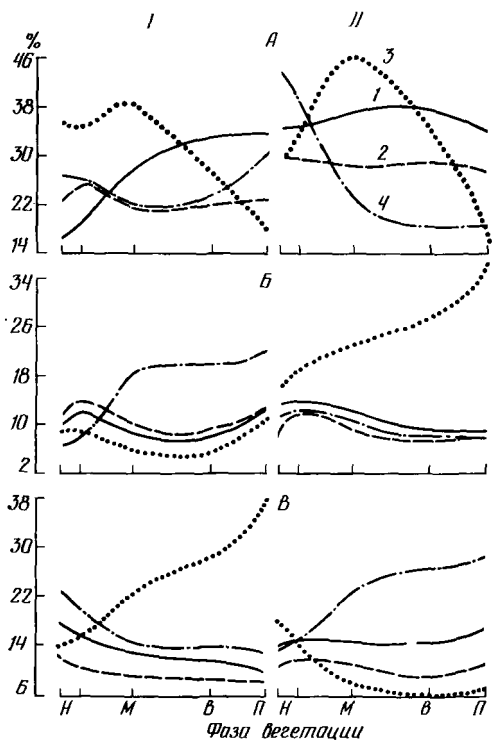


Рис. 1. Содержание легкорастворимых фракций белков в зерне яровой пшеницы (%) при низком (I) и высоком (II) уровнях корневого питания и некорневых подкормках азотными удобрениями.

A, Б, В — соответственно 1, 2 и 3-я фракции; 1 — контроль (без подкормки); 2 — некорневая подкормка NH_2 ; 3 — NH_4 ; 4 — NO_3 ; H — образование зерновок и начало налива зерна; M, B и Я — соответственно фазы молочной, восковой и полной спелости зерна.

та вызвала уменьшение в растворимых белках зерна количества легкорастворимой группы [6]. При дальнейшем разделении белков на фракции содержание легкорастворимых белков уменьшалось за счет 1-й и 3-й в первом и всех трех фракций во втором варианте. При использовании аммиачной формы удобрения во все контролируемые фазы вегетации доля легкорастворимой группы белков в зерне была стабильно больше, чем у контрольных растений. Фракционный анализ позволил установить, что не все фракции легкорастворимых белков одинаково реагируют на некорневые подкормки аммиачной формой азотного удобрения. В отличие от динамики содержания группы белков в целом при обоих режимах корневого питания количество ее 1-й фракции в последние фазы вегетации было меньше, чем у контрольных растений. Доля 1-й фракции на фоне 1 уменьшилась при существенном увеличении (в 2,7 раза) содержания 3-й фракции в белковом комплексе зерна, а на фоне 2 — 2-й фракции (в 2,3 раза). Кратность увеличения содержания фракций белков рассчитывали по отношению к их первоначальному содержанию, а не в сравнении с контролем.

Действие нитратных азотных удобрений было иным. В период созревания зерна в обоих вариантах нитратные азотные удобрения снижали в белковом комплексе количество 1-й фракции легкорастворимых белков. 2-я и 3-я фракции легкорастворимых белков по-разному реагировали на нитратную форму удобрений и не так, как на аммиачную форму. При низком уровне корневого питания и обработке растений нитратным азотным удобрением в белковом комплексе зерна наиболее значительно возросло содержание 2-й фракции легкорастворимых белков (в 3,4 раза), а при высоком уровне корневого питания — 3-й (в 2,2 раза).

Содержание 2-й фракции легкорастворимых белков в белковом комплексе зерна было больше, чем в надземной вегетативной массе, а в последней больше, чем в белках корней.

В предыдущих публикациях [5] указывалось, что некорневые азотные подкормки сглаживают различия в суммарном накоплении белков в вегетативной массе, обусловленные неодинаковым уровнем корневого питания. Это происходит за счет легко- и среднерастворимых групп белков [6]. В данных исследованиях, кроме подтверждения ранее установленной закономерности, было показано, что влияние различных форм азотных удобрений на содержание той или иной фракции белков неодинаковое. Кроме того, установлено, что сглаживание различий в накоплении белков предопределено в основном характерными изменениями содержания 1-й фракции легкорастворимых белков. Наконец, изменения содержания 2-й и 3-й фракций легкорастворимых белков в

белковом комплексе надземной вегетативной массы вызваны, очевидно, влиянием не только уровня корневого питания и некорневых подкормок азотными удобрениями, но и других факторов.

Содержание легкорастворимых белков в корнях небольшое. В среднем по вариантам содержание 1-й фракции этих белков больше, чем 2-й, а последней больше, чем 3-й. Количество легкорастворимых белков в белковом комплексе корней при дополнительном некорневом питании растений изменялось в основном за счет 1-й фракции. Следует отметить, что на фоне 1 при обработке растений азотным удобрением аммиачной формы сразу же резко возросло содержание 3-й фракции легкорастворимых белков в корнях—более чем в 5 раз. Затем по мере роста растений возникшие различия сглаживались. Такие резкие изменения в содержании фракций белков можно объяснить конформационными изменениями растворимой части белкового комплекса корней. Трудно ожидать, что в столь короткий промежуток времени и в такой значительной мере в анализируемой части растения может меняться биосинтез каких-то отдельных белков. Необходимо указать и на возрастающие различия по мере роста растений в содержании 2-й фракции легкорастворимых белков при опрыскивании пшеницы, возделываемой на фоне 2, нитратной формой азотного удобрения. В фазу восковой спелости зерна различия по данному показателю между контрольными и опытными растениями резко возросли. Аккумулятивный характер изменения содержания 2-й фракции легкорастворимых белков указывает на то, что это следствие устойчивого изменения обмена веществ.

Некорневые подкормки разными формами азотных удобрений оказывают влияние на компонентный состав легкорастворимых белков. Изменяется фракционный состав легкорастворимых белков не только зерна, надземной вегетативной массы, но и корней. Действие разных форм азотных удобрений на один и тот же признак неодинаковое. Лишь в отдельных случаях различия между вариантами несущественные.

Под влиянием изучаемых факторов наиболее значительно изменяется содержание фракций легкорастворимых белков, причем действие некорневых подкормок на этот показатель зависит в ряде случаев от уровня корневого питания растений и других факторов.

Прежде чем приступить к обсуждению результатов второй части исследований, напомним, что интенсивность включения меченого азота в белки непосредственно после начала эксперимента с меченым азотным удобрением мы отождествляем со скоростью обновления белков. Такой подход правомерен в течение первых 2—4 сут после начала работы с меткой. При более продолжительных интервалах погрешность такого метода резко возрастает, поскольку увеличивается количество повторно включаемого в белки меченого азота, т. е. часть вновь образованных белков начинает распадаться, а их аминокислоты вместе с аминокислотами, синтезированными *De-novo*, включаются во вновь синтезируемые белки. Кроме того, со временем начинает наслаиваться влияние изменений содержания изучаемых белков. Такой метод определения скорости обновления белков успешно применяли Ф. В. Турчин [10] и другие отечественные и зарубежные исследователи.

При изучении скорости обновления белков на уровне их групп (легко-, средне- и труднорастворимые) были установлены различия в скорости прохождения этого процесса и во времени включения меченого азота в разные группы белков [6].

Разделение легкорастворимых белков на три фракции и изучение интенсивности включения в них меченого азота показали, что они значительно различаются между собой. Динамический профиль изменения содержания 1-й фракции легкорастворимых белков повторяет в общих чертах таковой легкорастворимых белков в целом [6] (рис. 2). Но волны, обозначающие разную интенсивность включения азота в белки этой фракции при обработке растений азотным удобрением, более чет-

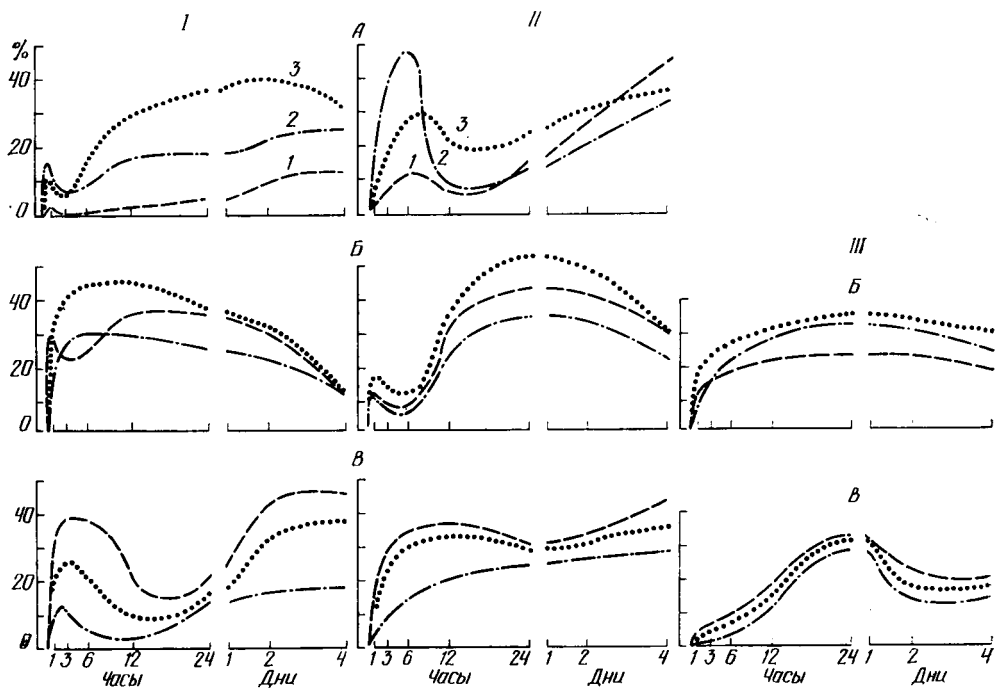


Рис. 2. Динамика включения азота некорневых подкормок, % (опыт с ^{15}N) в 1 (I), 2 (II) и 3-ю (III) фракции легкорастворимых белков зерна (Л), надземной вегетативной массы (Б) и корней (В) яровой пшеницы при низком уровне корневого питания.

1 — некорневая подкормка NH_2 ; 2 — NO_3 ; 3 — NH_4 .

кие, что обусловлено отделением 2-й и 3-й фракций белков, для каждой из которых характерен свой профиль. По этой же причине общее включение меченого азота в 1-ю фракцию легкорастворимых белков больше, чем в группу легкорастворимых белков в целом.

Продолжительность (по времени) 1-й волны включения меченого азота в 1-ю фракцию легкорастворимых белков различных частей растения была разной: 3—4 ч — для зерна, 96 ч — для надземных вегетативных органов, 18, 15 и 9 ч — для корней (соответственно варианты NH_2 , NH_4 и NO_3). Интенсивность нарастания волны во всех случаях в несколько раз больше, чем интенсивность ее спада после достижения пикового значения: 1 ч — для зерна, 6—8 ч — для надземных вегетативных органов, 3 ч — для корней. Для волны изменения интенсивности включения меченого азота в 1-ю фракцию легкорастворимых белков надземных вегетативных органов при обработке растений раствором мочевины свойствен характерный период при минимальном значении ~ 3—4 ч после начала эксперимента. То же можно сказать и о группе легкорастворимых белков в целом [6]. Следовательно, изменение количества последних предопределено изменениями содержания их 1-й фракции.

Мы по-прежнему склонны объяснять это возможным наличием причинно-следственной связи указанных изменений с существенным увеличением в аналогичном случае включения азота в 1-ю фракцию легкорастворимых белков корней. Вряд ли данный процесс можно аргументировать тем, что спад является переходом от первой ко второй волне. Маловероятны резкие различия в ассимиляции разных форм азотных удобрений, это касается и конечного результата — изменений фракционного состава белков.

Что касается 2-й волны изменения интенсивности включения азота в 1-ю фракцию легкорастворимых белков, то она не затрагивает надземной вегетативной массы, так как весь контролируемый промежуток

времени приходится на 1-ю волну. Для зерна и корней 2-я волна имеется, однако точную количественную характеристику ей дать трудно. К концу эксперимента она еще не достигла характерного положения. Ясно лишь, что в обоих случаях (зерно, корни) при использовании любой формы азотного удобрения интенсивность нарастания волны превышает 4 сут.

Анализ данных об интенсивности включения азота некорневых подкормок во 2-ю фракцию легкорастворимых белков показал, что в отношении зерна и надземной вегетативной массы этот показатель сильно отличается от такового 1-й фракции (рис. 2). Так, для зерна 1-я волна включения меченого азота очень четко обозначена во всех трех вариантах опыта, она имеет одинаковую продолжительность — 14—16 ч, симметрична по подъему и спаду (во всех экспериментах это первый случай симметричности такого пика). Что касается надземной вегетативной массы, то амплитуда 1-й волны намного меньше. Продолжительность этой волны 5—6 ч, а максимальной амплитуды она достигает за 1 ч, т. е. 1-я волна асимметрична. В случае корней 1-я волна продолжалась около 24 ч. Продолжительность 2-й волны интенсивности включения азота некорневых подкормок во 2-ю фракцию легкорастворимых белков надземной вегетативной массы составляет более 4 сут, а зерна и корней намного больше (в данном опыте невозможно определить окончательную ее продолжительность). Что касается надземной вегетативной массы, подъем и спад волны во всех трех вариантах плавный, можно сказать, что это второй случай четкой симметричности.

Интенсивность включения меченого азота некорневых подкормок в 3-ю фракцию легкорастворимых белков отличается от таковой в 1-ю и 2-ю фракции. Каких-либо закономерностей включения азота некорневых подкормок в эти белки не установлено (рис. 2, табл. 2). В надземной вегетативной массе меченый азот включался в эту фракцию в большем количестве, чем в зерне, но волны не наблюдались. Отмечена лишь тенденция к началу спада через 24 ч после начала эксперимента. Основное количество меченого азота, обнаруженное в этой фракции, поступило в первые 5—6 ч после обработки растений азотным удобрением. Для корней 1-я волна включения азота в 3-ю фракцию легкорастворимых белков хорошо выражена. Продолжительность ее 3 сут, максимального значения она достигла к концу 1-х суток.

При анализе данных об интенсивности включения азота некорневых подкормок во фракции легкорастворимых белков зерна, надземной вегетативной массы и корней пшеницы, выращиваемой на высоком уровне корневого питания всеми необходимыми элементами, не всегда были обнаружены те закономерности, которые установлены при относительно низком уровне питания растений (табл. 3). Речь идет не о том, что таких закономерностей нет, а о том, что они не всегда четко и не в полной мере обнаруживаются. Причину этого мы видим в том, что при высоком уровне корневого питания азотом в органах растений накапливается повышенное количество азотистых веществ [5]. Резервные запасы свободных аминокислот и промежуточных между аминокислотами и белками метаболитов в данном случае высокие. Вследствие этого для синтеза белков используются прежде всего «готовые полупродукты» — свободные аминокислоты, пептиды, количество которых достаточное. Лишь после этого в обмен веществ вовлекается дополнительный азот, предложенный растениям в виде некорневой под-

Таблица 2

Включение азота некорневых подкормок (% к количеству N белка) в 3-ю фракцию легкорастворимых белков в начале налива зерна пшеницы, выращиваемой на фоне 1, в опыте с ^{15}N

Время отбора проб после подкормки	Вариант некорневой подкормки		
	NH_2	NO_3	NH_4
1 ч	0,2	2,0	3,2
3 ч	0,8	3,8	8,0
6 ч	1,4	3,2	17,5
12 ч	1,6	4,3	17,2
1 сут	6,0	3,8	15,8
2 сут	9,1	7,4	14,9
4 сут	22,2	9,6	12,4

Включение азота некорневых подкормок
(% к количеству N белка)
во фракции легкорастворимых белков
в начале налива зерна пшеницы,
выращиваемой при высоком уровне
корневого питания, в опыте с ¹⁵N

Время отбора проб после подкормки	Фракция белков								
	1-я			2-я			3-я		
	NH ₂	NO ₂	NH ₄	NH ₂	NO ₂	NH ₄	NH ₂	NO ₂	NH ₄
Зерно									
1 ч	1,2	10,9	7,5	0,6	11,2	8,0	0,1	2,1	4,4
3 ч	0,2	4,6	1,4	2,1	13,2	11,0	0,2	3,5	5,3
6 ч	0,4	2,5	3,0	0,2	19,3	0,7	0,2	3,0	3,5
12 ч	1,0	3,1	8,3	3,8	4,8	2,2	1,0	2,4	8,0
1 сут	1,1	4,9	29,8	9,1	11,8	9,2	4,4	6,2	12,1
2 сут	0,9	6,8	35,3	17,6	12,5	11,6	7,1	9,3	16,3
4 сут	0,8	10,0	23,8	27,5	26,1	17,5	13,6	6,5	9,1
Надземная вегетативная масса									
1 ч	24,9	5,2	14,3	16,1	10,8	7,8	7,8	4,2	11,1
3 ч	18,1	10,8	17,7	13,5	8,4	6,0	8,1	5,6	12,8
6 ч	15,6	13,9	19,9	27,4	17,3	20,9	10,0	9,0	15,0
12 ч	19,0	18,5	19,7	21,3	15,3	23,8	12,2	13,9	17,5
1 сут	21,2	16,5	22,0	26,4	18,5	28,2	15,5	17,3	20,0
2 сут	31,2	15,8	25,2	27,1	24,7	30,9	17,1	20,0	22,2
4 сут	32,0	14,2	27,4	15,2	13,1	17,8	27,6	20,2	25,1
Корни									
3 ч	29,0	4,3	38,1	7,4	3,8	34,1	23,8	1,8	4,2
6 ч	32,1	10,4	40,8	14,3	5,9	38,2	27,0	4,0	16,0
12 ч	34,0	13,3	35,5	24,0	11,1	27,7	34,8	10,0	34,1
1 сут	38,6	15,2	19,8	30,4	16,1	12,7	38,5	35,1	37,2
2 сут	37,7	18,1	23,7	32,1	16,9	14,0	33,8	11,2	36,3
4 сут	45,2	20,0	28,9	36,0	23,3	17,0	3,4	2,8	3,0

кормки. В итоге в состав белков он включается чуть позже и несколько растянут во времени. Это наиболее вероятная причина того, что не все волны изменяющейся интенсивности включения азота в белки обнаруживаются или что они имеют другие количественные параметры — высоту, продолжительность, начало. Но по основным параметрам закономерности те же. Например, как и на фоне 1, имел место перепад 1-й волны включения меченого азота в 1-ю фракцию легкорастворимых белков надземной вегетативной массы при обработке растений раствором мочевины. Такая же закономерность включения азота во все три фракции легкорастворимых белков корней и т. д.

Ранее отмечалось, что в растениях существует иерархическое перераспределение вверх по вертикали азотистых веществ, поступающих через корневую систему — «бегущая волна». Думается, что результаты проведенных исследований с использованием некорневых подкормок растений азотными удобрениями свидетельствуют о том, что в такой же мере функционирует иерархическое перераспределение азота между органами растений вниз по вертикали. Вполне возможно, что эти два процесса не изолированы между собой и не лишены взаимодействия.

З а к л ю ч е н и е

Исследования показали, что фракции легкорастворимых белков яровой пшеницы значительно различаются по включению в них азота некорневых подкормок. Так, продолжительность (во времени) 1-й волны включения азота некорневых подкормок в 3-ю фракцию легкорастворимых белков корней больше, чем во 2-ю, а в последнюю больше,

чем в 1-ю (соответственно 52, 24 и 18 — 9 ч). Во все три фракции легкорастворимых белков корней пшеницы при некорневых подкормках разными формами азотных удобрений наиболее интенсивно включался азот мочевины, менее интенсивно — сульфата аммония и меньше всего — азотнокислого натрия ($\text{NH}_2\text{>HN}_4\text{>NO}_3$). Во все три фракции легкорастворимых белков надземной вегетативной массы наиболее интенсивно включался азот аммиачного удобрения. Продолжительность волн включения азота некорневых подкормок во фракции легкорастворимых белков зерна, надземной вегетативной массы и корней была различной. Значения максимальной интенсивности включения азота в 1-ю и 2-ю фракции легкорастворимых белков смещены во времени между зерном, надземной вегетативной массой и корнями, что, по-видимому, свидетельствует о циркуляционном характере обмена азота некорневых подкормок на уровне всего растения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Измайлов С. Ф., Арман Л. А., Смирнов А. М. Транспорт амидов дикарбоновых аминокислот из корня в лист и обновление белков в различных органах проростков кукурузы. — Физиол. растений, 1975, т. 22, вып. 5, с. 966—969. — 2. Измайлов С. Ф. Азотный обмен в растениях. — М.: Наука, 1986. — 3. Крищенко В. П. Методика определения аминокислотного состава растительных образцов и разделения белков на фракции буферными растворами. — Изв. АН СССР, сер. биол., 1978, № 3, с. 405—417. — 4. Крищенко В. П. Изменения содержания азотистых веществ и состава белкового комплекса яровой пшеницы, выращиваемой при разном питании. — Физиол. и биохим. культ. растений, 1984, т. 16, № 4, с. 360—368. — 5. Крищенко В. П., Пантелеев А. А. Содержание растворимых и нерастворимых белков у яровой пшеницы и использование растениями азота некорневых подкормок при разных уровнях питания. — Изв. ТСХА, 1986, вып. 6, с. 60—65. — 6. Крищенко В. П., Ушакова Т. Ф. Содержание легко-, средне- и труднорастворимых белков у яровой пшеницы и использование растениями азота некорневых подкормок. — Изв. ТСХА, 1987, вып. 1, с. 66—72. — 7. Методы применения изотопа азота ^{15}N в агрохимии / Под ред. Д. А. Коренькова. М.: Колос, 1977. — 8. Смирнов П. М. Вопросы агрохимии азота (в исследованиях с ^{15}N). — М.: ТСХА, 1982. — 9. Соболев А. М., Азаркович М. И. Роль различных источников азота в накоплении запасных белков и формировании алейроновых зерен в изолированном зародыше семени клешевины. — Физиол. растений, 1983, т. 30, с. 276—285. — 10. Турчин Ф. В., Гуминская М. А., Плышевская Е. Г. О скорости обновления белка и хлорофилла в высших растениях. — Изв. АН СССР, сер. биол., 1953, № 6, с. 66—78. — 11. Elliot G. C., Nelson P. V. — *Physiol. plant.*, 1983, vol. 57, fasc. 2, p. 250—259. — 12. Simpson R. F., Lambers H., Dalling M. T. — *Physiol. plant.*, 1982, vol. 56, fasc. 1, p. 11—17. — 13. Martin P. — *Ztschr. Pflanzenphysiol.*, 1982, Bd. 105, H. 5, S. 457—465.

Статья поступила 11 июня 1987 г.

SUMMARY

The effect of amid, ammonia and nitrate forms of nitrogenous fertilizers applied as top dressing on the amount of ready soluble protein fractions in kernel, above ground vegetative mass and roots of spring wheat grown without fertilizers and under high nutrient level was studied.

Top dressings with nitrogenous fertilizers affect fractional composition of ready soluble proteins in different parts of plants. The effect of different forms of nitrogenous fertilizers was not the same. The component composition of ready soluble proteins in kernel is especially subject to the effect of the factors studied. In some cases the specific effect of top dressings depended on the level of root nutrition.

It is found that the intensiveness of entering the top dressing nitrogen into fractions of ready soluble proteins of kernel, above ground vegetative mass and roots is undulatory as to time.