

УДК 633.11«321»:581.133.1:631.811.1'6

**АЗОТИСТЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ  
ПРИ КОРНЕВОМ И НЕКОРНЕВОМ ПИТАНИИ РАСТЕНИЙ  
АЗОТОМ И МАГНИЕМ**

**М. Н. КОНДРАТЬЕВ, Н. Р. БРОВКИНА**  
(Кафедра физиологии растений)

Обеспечение растений некоторыми питательными элементами через листья теоретически возможно, поскольку растворенные в

воде вещества могут быть транспортированы к другим органам растения с током ассимилятов. Значительная часть исследований

посвящена изучению поглощения надземной частью растений азотсодержащих солей и влияния последних на величину и качество урожая зерновых культур [10].

В настоящее время в экспериментальных условиях достаточно убедительно доказан положительный эффект некорневого внесения азота (в виде мочевины). Тем не менее в целом ряде случаев при увеличении в зерне хлебных злаков содержания общего азота вследствие применения некорневых подкормок доля небелковой фракции была сравнительно высокой [7]. Причины данного явления весьма разнообразны и могут быть выявлены экспериментально.

Активность систем растения, синтезирующих белок, приблизительно на 80 % обусловлена генетическими факторами и лишь на 20 % — факторами внешней среды, в том числе обеспеченностью элементами питания [2]. Следует отметить, что далеко не всегда эти 20 % реализуются даже на экспериментальном уровне. В наших исследованиях [3, 4] выявлено изменение активации биосинтеза аминокислот и белков при варьировании обеспеченности растений магнием и кальцием при разных уровнях обеспеченности азотом. Планируя данную работу, мы исходили из важной роли магния и кальция как кофакторов в реакциях синтеза аминокислот глутаматдегидрогеназой и глутаминсинтетазой [5], а также в реакциях биосинтеза белков [1].

Отмеченная выше роль магния и кальция установлена в системах *in vitro* и требует, естественно, подтверждения в длительных опытах с целыми растениями, что в определенной мере и было сделано нами.

Нам представлялось весьма логичным проследить активирующее действие магния на биосинтез и накопление белков в зерне пшеницы при корневом и некорневом внесении как азота, так и магния. Важно также выявить взаимосвязь в питании растений названными элементами в условиях одновременного получения растениями азота и магния или с разрывом во времени при корневом и некорневом питании.

### Методика

Яровую пшеницу сорта Краснозерная выращивали в вегетационном домике на почве, характеризующейся следующими агрохимическими свойствами:  $pH_{с_{0,1}}$  — 4,8;  $H_r$  — 3,8; Ca — 5,0 мэкв; Mg — 0,8 мэкв на 100 г; N — 6,0 мг;  $P_2O_5$  — 14;  $K_2O$  — 19 мг на 100 г. Данная почва без дополнительного внесения питательных элементов использовалась в качестве основного питательного субстрата (фона). Схема опыта предусматривала следующие варианты: 1 — фон +  $NaNO_3$  (140 мг N на 1 кг почвы); 2 — вариант 1 + опрыскивание 2 %-ным раствором  $MgCl_2$ ; 3 — фон + опрыскивание 1 %-ным раствором мочевины; 4 — вариант 3 + опрыскивание 2 %-ным раствором  $MgCl_2$ ; 5 — фон +  $MgCl_2$  (12 мг Mg на 1 кг почвы); 6 — вариант 5 + опрыскивание 1 %-ным раствором мочевины. Повторность 5-кратная. Растения опрыскивали растворами мочевины и (или)  $MgCl_2$  в начале фазы молочной спелости

зерна. Дополнительные количества элементов питания вносили при набивке сосудов. Растения выращивали в сосудах Митчерлиха (по 20 в каждом).

Общий азот и его фракции определяли сжиганием навесок размолотого зерна и отгонкой по Кьельдалю [8]. Фракционирование белков производили по методу Осборна с некоторыми модификациями [9], причем проламины и белки остатка объединяли в одну фракцию. Фракционирование суммарных белков состояло из следующих операций: взаимодействие навески размолотого зерна с соответствующим растворителем в течение 12 ч (при температуре 5°), взбалтывание навески с растворителем на ротаторе «Тисс» (30 мин), центрифугирование при 12 000 g (30 мин). Для выделения каждой фракции применяли 4-кратную обработку растворителем. Содержание азота во фракциях суммарного белка определяли методом Кьельдаля.

### Результаты исследований и обсуждение

Представленная выше схема опыта давала возможность сравнить эффекты корневого и некорневого внесения азота и магния, вычленив эффект некорневого питания азотом на фоне корневого обеспечения магнием и, наоборот, эффект некорневого питания магнием на фоне корневого обеспечения азотом. Контролем в данном случае служил вариант с некорневым обеспечением растений азотом и магнием (вариант 4).

Как известно, применяя некорневые азотные подкормки в период налива зерна пшеницы, исследователи стремились повысить содержание в нем белка, так как от начала формирования зерна до восковой спелости в растениях наряду с продолжающимся поглощением азота корневой системой происходит усиленный отток азотистых соединений из вегетативных органов (листа-флага, стебля, остей, колосковых и цветочных чешуй) в зерновку. Ожидаемый эффект, как отмечалось выше, действительно был обнаружен целым рядом исследователей [10], однако значительная часть усвоенного через надземные органы азота оставалась в небелковой форме. Отсюда возникает вопрос: можно ли «помочь» растению переработать весь усвоенный минеральный азот в органическую форму?

Магний, внесенный в корнеобитаемую среду и усвоенный растениями, может оказывать множественные эффекты [13], в том числе и увеличивать содержание белка как в вегетативных органах, так и в зерне пшеницы [3]. Магний же, усвоенный растением некорневым путем, в первую очередь оказывает дефолирующее действие [11]. Дефолиацию связывают со старением листьев [6], в то время как старение органов сопровождается резким спадом синтетических процессов (в том числе биосинтеза белка) и активацией деструктивных, а также оттоком метаболитов из стареющих органов [12].

Наибольшее действие на уровень и структуру урожая зерна пшеницы оказывает внесение азота в почву (рис. 1, табл. 1). Эффективность некорневой подкормки мочеви-

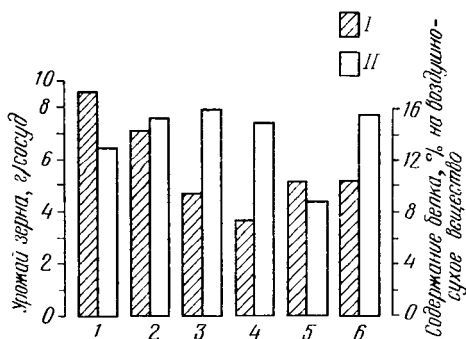


Рис. 1. Урожай зерна (I) и содержание белка (II) в зерне пшеницы. 1—6 варианты опыта.

ной в фазу молочной спелости зерна в 2 раза ниже, что говорит о невозможности восполнения наблюдавшегося в ранние фазы дефицита азота при последующем его внесении некорневым путем. Внесение в почву магния также положительно сказывалось на урожае зерна, что, очевидно, связано с лучшим использованием растениями питательных элементов, содержащихся в почве. Некорневая подкормка мочевиной в данном случае (вариант 6) также не влияла на урожай зерна (рис. 1). Некорневая подкормка магнием (дефолирующий эффект) снимала незначительное положительное действие на урожай некорневой подкормки мочевиной.

Выполненность колоса определялась обеспеченностью растений азотом в начале их роста и была наибольшей при корневом питании этим элементом (табл. 1). Масса 1000 зерен зависела от обеспеченности растений магнием и азотом при их внесении в почву. Некорневые подкормки мочевиной и магнием, особенно при их одновременном применении, не оказывали ярко выраженного положительного действия на налив зерновок. Наиболее выравненное зерно получено при некорневых подкормках мочевиной, а наибольший процент крупных зерен — при корневом питании.

Некорневые подкормки мочевиной способствовали увеличению содержания общего азота в зерне пшеницы (табл. 2). Магний во всех вариантах, особенно при предшествующем корневом питании азотом, усиливал этот эффект. При совместном применении азотных и магниевых подкормок содержание общего азота в зерне возрастало за счет белковой фракции.

Максимальное накопление белка в зерне отмечено при некорневых подкормках мочевиной независимо от внесения магния (рис. 1).

Эффективность того или иного приема, направленного на улучшение качества зерна, в полной мере можно выявить лишь с учетом полученного урожая и сбора белка с единицы площади. В нашем опыте сбор белка с единицы площади не увеличился при некорневых подкормках азотом (табл. 2). Видимо, поздние подкормки мочевиной, оказывая определенное влияние на количество накапливаемого зерном белка, не в состоянии сколько-нибудь значительно повлиять на его урожай.

Чтобы иметь наиболее полное представление о характере формирования белкового комплекса зерна пшеницы в зависимости от обеспечения растений магнием и азотом, был проведен анализ фракционного состава суммарных белков (рис. 2). Следует отметить, что для улучшения хлебопекарных качеств зерна на первом этапе важно повысить содержание в нем клейковинных белков (проламинов, глютенинов), а для улучшения биологического качества (содержание и соотношение незаменимых аминокислот) — альбуминов и глобулинов [4].

Условия обеспечения растений азотом в вариантах 1 и 3 практически не сказывались на характере формирования белкового комплекса. Если различия и наблюдались, то на ранних этапах формирования зерна (молочная, тестообразная, восковая спелость), а к моменту уборочной спелости они сглаживались. Значительное влияние на формирование белкового комплекса зерна пшеницы оказывали способы и сроки дополнительного обеспечения растений магнием, что отмеча-

Таблица 1

Масса 1000 зерен и структура урожая зерна яровой пшеницы

Вариант опыта	Масса 1000 зерен, г	число зерен в колосе, шт.	Структура урожая зерна		
			фракции зерна, % от общего числа		
			выполненные	средние	щуплые
Фон + NaNO <sub>3</sub>	28,5	14	24,6	56,1	19,3
» + NaNO <sub>3</sub> + 2% MgCl <sub>2</sub>	26,0	14	22,0	59,7	20,3
» + 1 % мочевины	26,1	8	16,9	72,2	10,9
» + 1 % мочевины + 2 % MgCl <sub>2</sub>	23,0	8	—	77,7	22,3
» + MgCl <sub>2</sub>	29,0	9	42,9	48,2	8,9
» + MgCl <sub>2</sub> + 1 % мочевины	29,6	9	22,0	74,0	4,0

Содержание общего азота и его фракций в зерне яровой пшеницы

Вариант опыта	Содержание азота в зерне, % на воздушно-сухую массу			Накопление белка зерном пшеницы, мг/сосуд
	N <sub>общ</sub>	Фракции N <sub>общ</sub>		
		N <sub>белк</sub>	N <sub>небелк</sub>	
Фон + NaNO <sub>3</sub>	2,65	2,30	0,35	1130
» + NaNO <sub>3</sub> + 2 % MgCl <sub>2</sub>	2,78	2,66	0,12	1100
» + 1 % мочевины	3,04	2,83	0,21	755
» + 1 % мочевины + 2 % MgCl <sub>2</sub>	2,94	2,64	0,30	570
» + MgCl <sub>2</sub>	1,91	1,55	0,36	460
» + MgCl <sub>2</sub> + 1 % мочевины	2,97	2,75	0,22	810

лось нами ранее [3, 4]. Так, некорневое дополнительное питание магнием на фоне азотных удобрений (вариант 2) приводило к уменьшению доли водорастворимых белков и увеличению процентного содержания спирторастворимых белков и белков остатка. При корневом питании магнием без применения азотных удобрений (вариант 5) в белковом комплексе зерна значительно возрастал процент соластворимых белков и белков, растворимых в боратном буфере, но уменьшалось процентное содержание белков спирторастворимых и остатка. При корневом питании магнием и некорневой подкормке мочевиной (вариант 6) в белковом комплексе зерна увеличивалось содержание водорастворимых, спирторастворимых белков и белков остатка, но уменьшался процент белков соластворимых и растворимых в боратном буфере по сравнению с аналогичными показателями в варианте 5.

### Выводы

1. Некорневое питание растений азотом в фазу молочной спелости зерна на фоне низкой общей обеспеченности элементами питания способствует увеличению количества белков в зерне пшеницы, но не ликвидирует отрицательного влияния недостатка азота на урожай зерна.

2. Сбор белка с урожаем при некорневом питании азотом ниже, чем при корневом. Состав белкового комплекса зерна пшеницы не зависит от способа обеспечения растений азотом.

3. Некорневое внесение магния оказывало положительное влияние на содержание белков в зерне и отрицательное на урожай и массу 1000 зерен.

4. Корневое питание магнием положительно влияло на белковость зерна и в от-

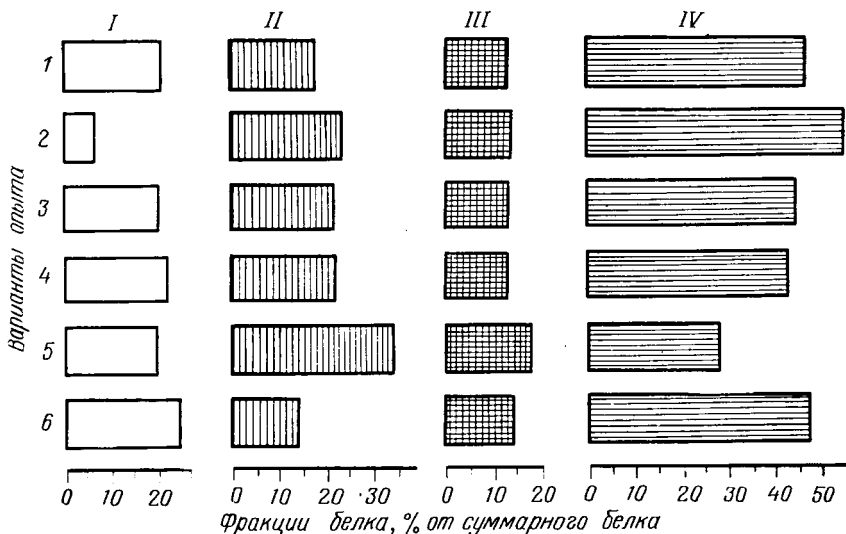


Рис. 2. Фракционный состав суммарных белков зерна пшеницы.

I — водорастворимые; II — соластворимые; III — растворимые в боратном буфере (pH 10); IV — спирторастворимые + белки остатка.

лично от некорневого питания им на урожай зерна и массу 1000 зерен.

5. При некорневом питании растений магнием на фоне корневого питания азотом урожай зерна был выше (за счет улучшения выполненности колоса), чем при некорневом питании азотом на фоне корневого питания магнием. В последнем случае на-

блюдалось увеличение массы 1000 зерен и содержания белков в зерне.

6. Поздние некорневые подкормки азотом на фоне низкой обеспеченности другими питательными элементами существенно влияют на величину и характер накопления белков в зерне пшеницы, но в целом они неэффективны.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Киселев Л. Л., Никифоров В. Г., Астаурова О. Б., Готтих Б. П., Краевский А. А. Молекулярные основы биосинтеза белков. М.: Наука, 1971. — 2. Конарев В. Г. Состояние проблемы белка в растениеводстве США и некоторые вопросы биохимической генетики. — С.-х. биология, 1970, т. 5, № 4, с. 624—632. — 3. Кондратьев М. Н., Плешков А. С., Плешков Б. П. Динамика накопления азотистых соединений и метаболизм аминокислот в процессе налива зерна яровой пшеницы при различном соотношении магния и кальция в питательной среде. — Физиол. растений, 1974, т. 21, № 4, с. 762—767. — 4. Кондратьев М. Н., Плешков Б. П. Динамика азотистых соединений и формирование качества белка зерна пшеницы в условиях преобладания в питательной среде магния и кальция. — Агрехимия, 1975, № 2, с. 3—11. — 5. Кретович В. Л. Обмен азота в растениях. М.: Наука, 1972. — 6. Либберт Э. Физиология растений. М.: Мир, 1976. — 7. Лясковский Г., Сергиен-

ко С. О внекорневых подкормках озимой пшеницы в фазе выхода в трубку и перед выколашиванием. — В кн.: Исследования по физиологии и биохимии растений. Киев: Наукова думка, 1972, с. 65—69. — 8. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. М.: Колос, 1976. — 9. Плешков Б. П., Кондратьев М. Н. Содержание и фракционный состав белков зерна фасоли в зависимости от соотношения между магнием и кальцием в питательной среде. — Докл. ТСХА, 1972, вып. 176, с. 135—139. — 10. Павлов А. Н. Накопление белка в зерне пшеницы и кукурузы. М.: Наука, 1967. — 11. Якубова М. М. Влияние некорневой подкормки сернокислым магнием на содержание пигментов в листьях хлопчатника. — Докл. АН ТаджССР, 1964, т. 7, № 6, с. 38—40. — 12. Drew M. C., Sisworo E. J. — New Phytol., 1977, vol. 79, N 3, p. 567—571. — 13. Kirkby E. A., Mengel K. — Z. Pflanzenern. Boden. K., 1976, N. 2, S. 209—222.

*Статья поступила 7 февраля 1979 г.*

## SUMMARY

In greenhouse trial, the composition of nitrogenous compounds in grain under conditions of root and extraroot plant feeding with nitrogen and magnesium was studied in soil culture on Krasnozernaja variety of spring wheat. It is found that extraroot feeding of plants with nitrogen under total low supply of nutrient elements during the growing season contributes to a considerable increase in the amount of proteins in wheat grain, the undesirable effect of the lack of nitrogen on the yield of grain being not eliminated in the case. The main factor which determines the grain yield and the amount of protein from the unit of area is the supply of available nitrogen from the beginning of seed germination up to picking maturity.