

УДК 633.11 «321»:631.81.033

СОДЕРЖАНИЕ НИТРАТОВ И АКТИВНОСТЬ НИТРАТРЕДУКТАЗЫ В ЛИСТЬЯХ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ПИТАНИЯ

Н. Н. НОВИКОВ, В. П. КРИЩЕНКО, Т. Ф. МИЛЯЕВА, Н. Л. КОКУРИН
(Кафедра агрономической и биологической химии)

Основное количество азота, поступающего в растения, является нитратным, так как в большинстве окультуренных почв происходит довольно интенсивный процесс нитрификации. При этом внесенный в почву аммонийный азот удобрений очень быстро превращается в нитратный [4, 10, 13, 17]. В тканях растений нитратный азот прежде чем включиться в обмен органических веществ восстанавливается до аммиака, который используется главным образом для биосинтеза аминокислот и белков. Накопление повышенного количества азотистых веществ в вегетативных органах пшеницы предполагает формирование зерна с высоким содержанием белков [1, 3, 6, 11].

Восстановление нитратов катализируют ферменты нитратвосстанавливающей системы и прежде всего нитратредуктаза. Активность этого фермента в значительной мере определяет интенсивность усвоения азота. Вместе с тем нитратредуктаза — индуцируемый нитратами фермент, поэтому его активность зависит от концентрации нитратов в растительных тканях [2, 5, 12, 15, 18].

Следовательно, накопление в растениях азотистых веществ обусловлено уровнем азотного питания, поступлением в них нитратов, активностью нитратредуктазы и других ферментов.

Нами изучалось влияние условий питания на содержание нитратов и активность нитратредуктазы в листьях яровой пшеницы, а также взаимосвязь этих показателей с урожаем зерна и его качеством.

Материал и методика

В опыты были включены три сорта яровой пшеницы, которые заметно различаются по качеству зерна: Московская 35, Саратовская 29 и Грекум 114. Растения выращивали в сосудах Митчерлиха — Вагнера, которые заполняли дерново-подзолистой среднесуглинистой почвой (6 кг). Используемая в опыте почва имела: pH_{KCl} — 5,1, N_r — 7,1, S — 8,6 мэкв/100 г, содержание гумуса — 2,4 %, P_2O_5 и K_2O (в вытяжке по Кирсанову) соответственно 1,2 и 7,0 мг/100 г. В сосуды вносили по 0,8 г P_2O_5 (1P) и K_2O (1K) в виде двойного суперфосфата и хлористого калия, азот — в виде аммиачной селитры по 0,7 г (1N) в 3, 4 и 5-м вариантах и 1,5 г (2N) в 6-м. Для нейтрализации почвенной кислотности вносили углекислый кальций по полной гидrolитической кислотности. В каждом сосуде выращивали по 15 растений. Повторность опыта 4-кратная. Опыты проводили в вегетационном домике кафедры агрономической и биологической химии ТСХА в 1982 г.

В процессе роста и развития растений отбирали пробы в фазы кошения, выхода в трубку, колошения, цветения и формирова-

ния зерна. В них включали отдельно боковые и главные побеги, верхние (первый и второй сверху) и нижние (третий и четвертый, функционирующие) листья. Растительные пробы отбирали одновременно у всех сортов при полном вступлении растений в биологическую фазу. Анализы выполнялись на свежем растительном материале.

Для определения активности нитратредуктазы пробы листьев массой 1 г гомогенизировали с 5 мл 0,05 M фосфатного буфера (pH 8,0). Полученную суспензию центрифугировали на центрифуге К-24 в течение 20 мин со скоростью 15 тыс. оборотов в 1 мин. После центрифугирования 1 мл ферментного раствора инкубировали 30 мин в пробирке с 1 мл 0,1 M KNO_3 при температуре 27°. Для проявления активности нитратредуктазы в пробирку вносили по 1 мл 0,028 M растворов НАДФ·Н и НАД⁺, приготовленных на фосфатном буфере. Реакцию прекращали путем внесения 1 мл 10 %-ной уксусной кислоты. Для осаждения белков в пробирку добавляли 3 мл насыщенного раствора сульфата аммония. Раствор от осадка отделяли фильтрованием,

после чего в фильтрате определяли содержание нитратов с сульфаниловой кислотой и α -нафтиламином [14]. Активность нитрат-редуктазы выражали в мкг NaNO_3 за 1 ч в расчете на 1 г сырой массы.

Нитратный азот определяли по Грису [7] с некоторыми модификациями, содержание белка в зрелом зерне — по методике, изложенной в работе [8]. Статистическую обработку результатов опыта проводили по Рокицкому [9].

Результаты исследований

Содержание нитратного азота в листьях и побегах трех сортов яровой пшеницы заметно варьирует в зависимости от уровня питания, фазы развития, а также от положения листьев на растении. У пшеницы Московской 35 этот показатель изменялся от следовых количеств до 0,5—0,8 % (табл. 1). Высокая концентрация нитратов характерна для молодых растений (фаза кущения). В последующие фазы повышенный уровень нитратного азота сохранялся лишь в нижних листьях растений

Т а б л и ц а 1

Содержание нитратов в верхних (числитель) и нижних (знаменатель) листьях пшеницы ($\text{N} - \text{NO}_3$, % от сухой массы)

Фаза вегетации	Без удоб- рений (конт- роль)	1Р1К	1Н1К	1Н1Р	1Н1Р1К	2Н1Р1К
Московская 35						
Кущение (пробы с главного побега)	0,37	Сл.	0,23	0,12	0,38	0,52
	Сл.	Сл.	0,09	0,10	0,02	0,13
Выход в трубку	0,05	Сл.	0,23	0,18	0,28	0,42
	Сл.	0,04	0,11	0,08	0,07	0,08
Колошение	0,05	0,04	0,19	0,19	0,30	0,39
	Сл.	0,03	0,08	0,03	0,05	0,01
Цветение	Сл.	0,07	0,31	0,34	0,35	0,82
	0,02	0,05	0,10	0,12	0,02	0,11
Формирование зерна	—	—	—	0,13	0,13	0,67
Саратовская 29						
Кущение (пробы с главного побега)	0,13	Сл.	0,28	0,34	0,41	0,43
	0,01	Сл.	0,20	0,06	0,09	0,13
Выход в трубку	0,01	Сл.	0,40	0,10	0,05	0,33
	0,01	0,01	0,02	0,10	0,04	0,07
Колошение	Сл.	0,02	0,05	0,29	0,07	0,34
	Сл.	0,01	0,01	0,03	0,03	0,12
Цветение	0,01	0,02	0,23	0,31	0,25	0,36
	Сл.	Сл.	0,05	0,03	0,01	0,03
Формирование зерна	—	—	—	—	—	—
Грекум 114						
Кущение (пробы с главного побега)	0,26	Сл.	0,14	0,30	0,34	0,47
	0,05	Сл.	0,11	0,12	0,07	0,17
Выход в трубку	0,13	0,08	0,22	0,15	0,38	0,35
	Сл.	Сл.	0,09	0,01	0,01	0,03
Колошение	Сл.	0,03	0,18	0,09	0,16	0,18
	Сл.	0,01	0,02	0,01	0,01	0,05
Цветение	0,01	0,02	0,02	0,05	0,02	0,29
	0,03	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03
Формирование зерна	—	—	—	0,03	0,04	0,20
Средняя ошибка $\pm 0,02-0,05$ %.						

в вариантах с азотом. К фазе формирования зерна содержание нитратов снижалось, кроме варианта 2N1P1K.

Различия по содержанию нитратного азота в листьях пшеницы в вариантах с удобрениями были наиболее четкими в фазу кущения. По мере повышения нормы азота концентрация нитратов в листьях пшеницы возрастала. Самый низкий уровень нитратов отмечен в варианте без азота, самый высокий — при повышенной его норме.

В фазу кущения довольно много нитратов обнаружено также в контроле. В этом варианте, как и в варианте 1P1K, растения использовали только почвенный азот. Однако в последнем случае внесение фосфора и калия в известной мере стимулировало рост растений, вследствие чего увеличивалась их потребность в азоте. В таких условиях нитраты, поступавшие в растения из почвы, быстро включались в обмен азотистых веществ и не накапливались в листьях. В контроле масса растений была значительно ниже, чем в варианте 1P1K. На ее формирование затрачивалось меньше азотистых веществ, поэтому часть поступивших из почвы нитратов не подвергалась восстановлению. Содержание их в листьях возрастало.

Усиление роста растений и снижение содержания в листьях нитратов в варианте 1P1K можно объяснить прежде всего тем, что лимитирующим в данной почве элементом является не азот, а фосфор, его содержание не превышало 1,2 мг на 100 г. При недостатке фосфора внесение двух других элементов (вариант 1N1K) не приводило к усилению роста растений, а содержание в листьях нитратов оставалось примерно таким же, как в контроле.

Внесение в почву азота и фосфора (1N1P) вызывало увеличение массы растений и снижение в листьях концентрации нитратов. Добавление к азоту и фосфору калия усиливало рост растений, при этом повышалось содержание нитратов.

Концентрация нитратного азота в листьях пшеницы Саратовской 29 при внесении азотных удобрений достигала 0,3—0,4 % (табл. 1). Более высокое содержание нитратов отмечено в фазу кущения, в последующие фазы их концентрация была наибольшей в нижних листьях во всех вариантах с азотом. При внесении удобрений у пшеницы Саратовской 29 и Московской 35 в фазу кущения различий в изменении содержания нитратов в листьях практически не отмечено, за исключением варианта 1N1P, в котором у первой концентрация нитратов оставалась на высоком уровне.

При изучении содержания нитратов в листьях пшеницы Грекум 114 получены примерно такие же результаты, как и у сорта Саратовская 29 (табл. 1). В фазу кущения повышенное содержание нитратов отмечено в вариантах с азотом и без удобрения. В дальнейшем их концентрация, как правило, постепенно снижалась: в верхних листьях — до фазы колошения, в нижних — до фазы цветения.

При повышенной норме азота (2N) уровень нитратного азота в нижних листьях оставался высоким вплоть до фазы формирования зерна.

Таким образом, при достаточном количестве азота в почве содержание нитратов в листьях пшеницы в фазу кущения резко возрастало. В последующие фазы их концентрация в верхних листьях, в которых интенсивно происходил биосинтез аминокислот и белков, резко снижалась. В нижних листьях высокий уровень нитратов сохранялся до фазы колошения или цветения, что зависело от сорта и условий питания, а при повышенной норме азота — до фазы формирования зерна.

Высокий уровень нитратов в листьях молодых растений обусловлен отсутствием интенсивного роста растений на первых этапах онтогенеза в отличие от последующих фаз. Поэтому поступающие из почвы нитраты в фазу кущения полностью не используются на биосинтез азотистых веществ и формирование вегетативных органов. Значительная часть их остается в невосстановленной форме.

Соотношение в листьях невосстановленной и восстановленной форм

азота зависит, с одной стороны, от уровня азотного питания, а с другой — от интенсивности роста растений. В свою очередь, рост растений и интенсивность биосинтеза азотистых веществ связаны не только с уровнем азотного питания, но и с обеспеченностью другими элементами, прежде всего фосфором и калием. Если в почве в первом минимуме находится азот, то в растениях, выращенных без удобрений, содержание всех форм азота, в том числе и нитратного, будет низкое. Если же в первом минимуме находится фосфор или калий, то рост растений будет ограничен, как правило, недостатком этих элементов, причем содержание азотистых веществ в растительных тканях может быть высоким.

В нашем опыте почва характеризовалась низким содержанием подвижного фосфора, вследствие чего рост растений лимитировался недостатком именно данного элемента, а не азота. Поэтому в контрольных растениях в фазу кущения концентрация нитратов была довольно высокой. При внесении фосфора и калия (1Р1К) в первом минимуме оказался азот, в результате в листьях снизилась концентрация нитратов.

Наибольшее влияние на содержание нитратов в листьях оказывают азотные удобрения. На фоне хорошей обеспеченности азотом внесение фосфора (1N1P) и калия (1N1K) в большей степени сказалось на росте растений и в меньшей — на накоплении нитратов в листьях. Реакция пшеницы на внесение фосфора и калия зависит от сорта. У Саратовской 29 и Грекум 114 более низкая концентрация нитратов в листьях в фазу кущения была при недостатке фосфора, у Московской 35 — при недостатке калия.

Как известно, повышение концентрации нитратов в листьях не всегда определяется уровнем азотного питания. Необходимо также учитывать интенсивность включения нитратов в обмен веществ растительного организма, которая зависит от интенсивности функционирования нитратвосстанавливающей системы, и прежде всего от активности нитратредуктазы, катализирующей первый этап восстановления нитратов.

Активность нитратредуктазы в нашем опыте определяли в верхних листьях в фазы кущения, выхода в трубку, колошения и цветения. У пшеницы Московской 35 более высокая активность нитратредуктазы отмечена в фазу выхода в трубку, а при повышенной норме азота — в фазу колошения (табл. 2). У Саратовской 29 и Грекум 114 высокий

Т а б л и ц а 2

Активность нитратредуктазы в листьях яровой пшеницы
(мкг NaNO_2 за 1 ч на 1 г сырой массы)

Вариант	Московская 35				Саратовская 29				Грекум 114		
	кущение	выход в трубку	колошение	цветение	кущение	выход в трубку	колошение	цветение	кущение	выход в трубку	колошение
Без удобрений (контроль)	17	19	14	8	25	17	9	9	56	10	8
1Р1К	11	15	6	8	13	17	13	9	11	22	9
1N1K	13	26	14	—	12	17	4	—	28	26	9
1N1P	14	26	16	9	13	20	15	14	45	37	14
1N1P1K	9	19	17	—	20	16	13	9	41	19	21
2N1P1K	14	27	33	14	30	20	17	—	62	40	23

Средняя ошибка $\pm 0,5-2,5$.

уровень нитратредуктазной активности приходится на фазу кущения и выхода в трубку. Влияние условий питания на активность нитратредуктазы выявить сложнее. Однако можно отметить, что в варианте 1Р1К, где резко проявлялся недостаток азота, активность нитратредуктазы также находилась на низком уровне. В то же время при повы-

шенной норме азота уровень нитратредуктазной активности был более высокий.

Поскольку нитратредуктаза — индуцируемый нитратами фермент, мы определяли взаимосвязь между ее активностью и содержанием в листьях нитратов. Коэффициент корреляции между этими показателями был равен 0,45 (при $n=18$ и $P=0,05$ нижний предел существенной корреляции $r > 0,4$). Низкий коэффициент корреляции во многом объясняется тем, что активность нитратредуктазы зависит не только от концентрации в листьях нитратов, но и от действия других факторов, которые в данном опыте не учитывались.

Условия питания оказали существенное влияние на урожай и качество зерна яровой пшеницы (табл. 3). Минимальные урожаи форми-

Т а б л и ц а 3

Урожайность яровой пшеницы (г на сосуд) и содержание белка в зерне (% от сухой массы)

Вариант	Московская 35		Саратовская 29		Грекум 114	
	урожай	белок	урожай	белок	урожай	белок
Без удобрений (контроль)	15,0	10,8	13,9	10,5	14,8	10,8
1P1K	17,1	10,0	16,8	10,3	16,2	8,8
1N1K	13,3	14,8	13,5	13,2	15,1	14,9
1N1P	24,8	12,9	27,9	12,5	24,8	12,7
1N1P1K	32,5	12,3	31,8	12,2	25,3	13,6
2N1P1K	32,7	14,0	33,4	13,2	25,1	16,7
НСР ₀₅	1,6		1,7		1,9	

ровались в варианте без удобрений и при недостатке фосфора. В варианте без азота (1P1K) получен больший урожай, чем в контроле. Следовательно, подтверждается вывод о том, что на данной почве рост и развитие растений лимитируются в первую очередь недостатком фосфора. Меньшее влияние на урожай оказывало внесение калия, хотя потребность растений в этом элементе за счет запасов его в почве у двух сортов — Московская 35 и Саратовская 29 — полностью не удовлетворялась. Поэтому при добавлении к калийному удобрению азотного и фосфорного урожая заметно повышался. Увеличение дозы азота до 1,5 г (2N) на сосуд в нашем опыте не вызывало существенно-го повышения урожая зерна.

Под влиянием удобрений заметно изменялась белковость зерна (табл. 3). Самое низкое содержание белков в зерне было в контроле и в варианте 1P1K — 8,8—10,8 %. В варианте 1N1K, где недостаток фосфора обусловил значительное снижение урожайности пшеницы, содержание белков в зерне составляло 13,2—14,9 %, что связано с внесением азота. В вариантах 1N1P и 1N1P1K резкое повышение урожая не сопровождалось существенным снижением белковости зерна. Содержание белков в зерне растений этих вариантов не превышало 12,2—13,6 %. Повышенная норма азота вызывала увеличение количества белков в зерне, особенно у сортов Московская 35 и Грекум 114.

Сопоставляя урожайность и содержание белков в зерне яровой пшеницы разных сортов, можно отметить, что в условиях Московской области сорта Московская 35 и Саратовская 29 по урожайности практически не различаются, а по белковости зерна при повышенной норме азота Саратовская 29 уступает Московской 35. Грекум 114 на фоне 1N1P1K уступает этим сортам по сбору зерна, но заметно превосходит их по содержанию белка. У данного сорта в отличие от двух других при дефиците азота белковость зерна снижается сильнее, а при внесении азота — более резко повышается.

Высокий уровень белковости зерна не всегда соответствует большому урожаю. Поэтому коэффициент корреляции между урожаем и

содержанием в зерне белка, рассчитанный для трех сортов, оказался небольшим — 0,48 (при $n=18$ и $P=0,05$ предел существенной корреляции $r > 0,44$). Действительно, как видно из данных табл. 3, в ряде случаев получены урожаи, различающиеся в 1,5—2,5 раза, но уровень белковости зерна при этом был примерно одинаковый (1N1K и 1N1P1K), а в других случаях при равных урожаях содержание белка различное (1N1P1K и 2N1P1K).

Для того чтобы разобраться в причинах, которые приводят к формированию разнокачественных урожаев зерна, нами рассчитывались коэффициенты парной корреляции между содержанием в листьях нитратного азота, урожаем и белковостью зерна (табл. 4). В таблицу

Т а б л и ц а 4

Взаимосвязь урожая и качества зерна яровой пшеницы с концентрацией в листьях нитратного азота

Листья	Московская 35	Саратовская 29	Грекум 114	Листья	Московская 35	Саратовская 29	Грекум 114
	Кущение				Цветение		
С главного побега	—	0,81	0,75	Верхние	—	0,79	—
	—	0,78	0,72		—	—	0,78
	Выход в трубку			Нижние	0,82	0,77	—
Верхние	—	0,95	—		—	0,92	—
	0,86	0,82	0,95	Формирование зерна			
Нижние	0,73	—	—	Верхние	—	0,96	—
	0,79	0,84	0,79		—	—	—
	Колошение			Примечание. В числителе — коэффициент корреляции между содержанием в листьях нитратного азота и урожаем зерна; в знаменателе — коэффициент корреляции между содержанием в листьях нитратного азота и белковостью зерна.			
Верхние	—	—	—				
	0,84	—	—				
Нижние	0,77	—	—				
	—	—	0,90				

включены коэффициенты корреляции со значениями ($r \geq 0,71$ (при $n=6$ и $P=0,05$ нижний предел существенной корреляции $r > 0,71$). У пшеницы Московской 35 существенная связь между содержанием в листьях нитратного азота и урожаем отмечена в фазы выхода в трубку, колошения и цветения (нижние листья), у Саратовской 29 — в фазы кущения, выхода в трубку, цветения и формирования зерна (верхние листья), у пшеницы Грекум 114 — в фазу кущения (нижние листья).

Тесная взаимосвязь между белковостью зерна и концентрацией в листьях нитратов у пшеницы Московской 35 отмечена в фазы выхода в трубку и колошения (верхние листья), у Саратовской 29 — в фазы кущения, выхода в трубку и цветения (нижние листья), у Грекум 114 — в фазы кущения, выхода в трубку, колошения (нижние листья) и цветения (верхние листья).

Из найденных коэффициентов корреляции практическую ценность представляют те, которые позволяют обнаружить тесную взаимосвязь между концентрацией в листьях нитратов одновременно и с величиной, и качеством урожая. Такие зависимости у пшеницы Московской 35 установлены в фазу выхода в трубку (нижние листья), у Саратовской 29 — в фазы кущения, выхода в трубку (верхние) и цветения (нижние листья), у Грекум 114 — в фазу кущения (нижние листья).

Определение коэффициентов корреляции между величиной и качеством урожая и активностью в листьях нитратредуктазы показало, что у всех трех сортов тесная взаимосвязь активности в листьях указанного фермента с урожаем зерна отмечена лишь в фазу колошения. Для Московской 35, Саратовской 29 и Грекум 114 коэффициент корреляции, характеризующий взаимосвязь между указанными показате-

лями, равнялся соответственно 0,72; 0,81 и 0,89. Тесной взаимосвязи между активностью в листьях нитратредуктазы и содержанием в зерне белков в нашем опыте не установлено.

Выводы

1. Концентрация нитратного азота в листьях яровой пшеницы изменяется в зависимости от условий питания в довольно широких пределах — от следовых количеств до 0,4—0,8 %.

2. Уровень нитратов в листьях растений в фазы кушения и выхода в трубку высокий. В последующие периоды в верхних листьях концентрация нитратов резко снижается, в нижних листьях высокое содержание нитратов в ряде случаев сохраняется до периода колошения — цветения, а при повышенной норме азота — и до формирования зерна.

3. Наиболее интенсивная ассимиляция нитратов наблюдается на ранних этапах развития пшеницы — в фазы кушения и выхода в трубку.

4. При несбалансированном питании высокий уровень белковости зерна не всегда соответствует более высокому урожаю, и наоборот.

5. Установлена тесная положительная связь между содержанием в листьях нитратов, белковостью зерна и урожаем на отдельных этапах роста и развития пшеницы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болдырев Н. К. Листовая диагностика питания и качество урожая сельскохозяйственных культур. — Успехи соврем. биол., 1962, т. 53, вып. 2, с. 246—264. — 2. Вахания Н. А., Нуцубидзе Н. Н. Регуляция активности нитратредуктазы фасоли нитратом в начале вегетации. — Собр. общ. АН Груз. ССР, 1976, т. 81, № 3, с. 705—708. — 3. Волюнкина О. В. Прогнозирование качества зерна и эффективность поздней подкормки пшеницы. — Резервы увеличения производства зерна в Курганской области. Уфа, 1979, с. 58—70. — 4. Кореньков Д. А. Азотные удобрения и пути их эффективного использования. — Агрохимия, 1977, № 10, с. 138—153. — 5. Кузнецова Т. А., Слухай С. И., Петренко Н. И. Редукция нитратов и водообмен у молодых растений кукурузы в условиях ингибирования хлорамфениколом. — Физиол. и биохим. культурных растений, 1976, т. 8, № 2, с. 159—165. — 6. Никитишен В. И., Никитишена И. А., Шаблев В. П. Накопление азота в зерне при разных условиях азотного питания озимой пшеницы. — Агрохимия, 1976, № 2, с. 7—13. — 7. Петербургский А. В. Практикум по агрономической химии. М.: Колос, 1968. — 8. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. М.: Колос, 1976. — 9. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Изд. 3-е испр. Минск: Высшая школа, 1973. — 10. Смирнов П. М. Вопросы агрохимии азота (в исследованиях с ^{15}N). М.: ТСХА, 1977. — 11. Созинов А. А., Попереля Ф. А., Хохлов А. Н. Зависимость между содержанием белка в листьях озимой пшеницы и белковостью зерна полной спелости. Науч.-техн. бюл. ВСГИ, 1972, вып. 18, с. 40—43. — 12. Beevers L. — Nitrogen metabolism in plants. London, Edward Arnold, 1976. — 13. Mengel K. — In: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. Stuttgart, 1972. S. 301—318. — 14. Mulder E. G., Boxma R., Veen W. L. van — Plant a. Soil, 1959, vol. 10, N 4, p. 335—355. — 15. Pate J. S. — In: Crop. Physiology. Some case histories / Ed. L. T. Ewans. Camb. Univ. Press, 1975, p. 191—224. — 16. Raven J. A., Smith F. A. — New Phytol., 1976, vol. 76, N 3, p. 415—431. — 17. Reuss J. O., Rao P. S. C. — J. Am. Soc. Sugar Beet Technologists, 1971, vol. 16, N 6, p. 461—470.

Статья поступила 7 марта 1984 г.

SUMMARY

Influence of nutrition conditions on nitrates content and nitratereductase activity in the leaves of spring wheat as well as the interrelation between these indices and grain yield and quality were studied.

Concentration of nitrate nitrogen in the leaves of spring wheat varied greatly with nutrient conditions, especially under nitrogen fertilization. Nitrate nitrogen assimilation was the most intensive at the stages of tillering and shooting. Comparing the level of nitrate nitrogen and nitratereductase activity in the leaves of spring wheat as well as the yield and protein content of grain proves that at certain stages of ontogenesis there is quite a close interdependence between these indices.