

ДИНАМИКА ФОРМ АЗОТА В ПШЕНИЦЕ ПОСЛЕ 5—6-ЛЕТНИХ ОБРАБОТОК ПРЕДШЕСТВУЮЩИХ РЕПРОДУКЦИЙ ГЕРБИЦИДАМИ

Н. Г. ИГНАТОВА, В. А. ЗИНЧЕНКО, Б. П. ПЛЕШКОВ

(Кафедра химических средств защиты растений
и кафедра агрономической и биологической химии)

В настоящее время в посевах зерновых культур значительно расширяется применение гербицидов. В связи с этим представляет интерес выяснить, одинаково ли будут реагировать зерновые, в частности пшеница, на гербицид при первичном воздействии на культуру и после систематических многолетних обработок.

Опубликованные нами данные [1] свидетельствуют о том, что под влиянием 2,4-Д, банвела Д и тордона 22к высота растений и урожай

зерна пшеницы после многолетних обработок изменялись сильнее, чем при однократной. Заметные изменения наблюдались в соотношении белковых и небелковых форм азота в зерне, а также уменьшение в нем содержания белка, причем в более значительной степени в растениях, предшествующие 5—6 репродукций которых обрабатывали теми же гербицидами.

В литературе не раз подчеркивалось, что многие гербициды оказывают существенное влияние на азотный обмен растений [5, 8, 9]. Л. А. Клеппер [11, 12] развивает гипотезу об особой роли нитратного и нитритного азота в обмене растений, обработанных гербицидами. Исследователь подробно изучал действие гербицидов на транспорт электронов при фотосинтезе и сопряженное с ним восстановление нитратов. Было показано, что под действием гербицидов происходят нарушения в транспорте электронов к ферредоксину и НАДФ и снижается скорость их фотовосстановления. Все это приводит к существенным сдвигам в активности ферментов нитрат- и нитритредуктазы. В результате тормозится или блокируется процесс редукции нитратов и нитритов, их восстановление до аммиака и в растениях накапливаются значительные количества нитритов, которые Клеппер считает вторичным фитотоксическим агентом, ответственным за повреждение или гибель растительного организма.

В задачу наших исследований входило изучение динамики белкового и небелкового азота (нитратов, аммиака, аминов и амидов) в пшенице, впервые обрабатываемой гербицидами, и после обработки ими 5—6 предшествующих репродукций растений.

Материалы и методы

Вегетационные опыты проводили в 1977 и 1978 гг. на кафедре агрономической и биологической химии Тимирязевской академии. Для их закладки использовали семена пшеницы сорта Саратовская 29, полученные в многолетнем полевом опыте на Карабалыкской опытной станции в контрольных вариантах (пшеница пересевалась 5—6 лет без обработок гербицидами) и в вариантах 5—6-летних ежегодных обработок гербицидами. Схема полевых опытов описана нами ранее [1].

Для опытов использовали сосуды Митчерлиха емкостью 5 кг почвы, повторность 10-кратная. Почва дерново-подзолистая тяжелосуглинистая. Схемы опытов представлены в таблицах. Варианты обозначены шифрами, в которых количество знаков соответствует числу лет проведения опытов: 0 — возделывание пшеницы без гербицидов, 1 — с применением гербицидов, 1* — обработка в вегетационном опыте оптимальной дозой гербицидов, 1** — обработка в вегетационном

опыте двойной дозой гербицидов. За оптимальную была принята доза гербицидов, применяемая в полевых опытах. В качестве гербицидов применяли: 33 %-ную эмульсию смеси эфиров (C₇—C₉) 2,4-Д из расчета 0,3 и 0,6 кг д. в. на 1 га; 48 %-ный раствор банвела Д — 0,15 и 0,30 кг/га; 25 %-ный концентрат тордона 22к — 0,05 и 0,10 кг/га. Обработку проводили в фазу кущения пшеницы.

Пробы зеленой массы отбирали в 1977 г. через 10, 20 и 40 дней, в 1978 г. — через 5, 10 и 20 дней после обработки пшеницы гербицидами.

В свежем материале определяли содержание небелкового азота, а также аммиачной, амидной, нитратной и аминной форм азота в одной навеске по методике Плешкова [6]. Остальной материал фиксировали жидким азотом, высушивали лиофильно и определяли содержание общего азота по Кьельдалю и белкового азота после осаждения сернокислой медью по Барнштейну.

Результаты и обсуждение

Известно, что большинство гербицидов существенно изменяет содержание азотистых соединений в растениях, в частности в белковом комплексе. Многими авторами [4, 10] подчеркивалось, что первичная реакция устойчивых растений на некоторые гербициды сопровождалась усиленным синтезом белков, а также и других азотистых соединений в листьях.

Полученные нами данные подтверждают указанные закономерности в тех случаях, когда пшеницу обрабатывали гербицидами первично (ва-

риант 0000001), но совершенно иные закономерности обнаружены в вариантах многолетних обработок (1111111).

Гербицид 2,4-Д в 1977 г. не оказывал существенного влияния на урожай пшеницы при первичных обработках и снижал его в вариантах многолетних обработок. Как видно из табл. 1, при первичном воздействии 2,4-Д в зеленой массе пшеницы через 10 дней возросло относительное содержание белковых форм азота и уменьшалось количество небелковых форм, особенно при оптимальной дозе гербицида. Отношение белкового азота к небелковому возрастало. Так, в контроле (000000) оно составило 5,7, а в пшенице, впервые обработанной 2,4-Д в дозе 0,3 кг/га (000001*) — 20,5. Подобные соотношения, но менее контрастные отмечались и через 20 и 40 дней после применения гербицида.

В вариантах многолетних обработок через 10 дней после применения гербицида содержание и соотношение форм азота заметно не изменялись, однако к фазе колошения и молочной спелости (через 20 и 40 дней) относительное содержание белковых форм азота снизилось, а его небел-

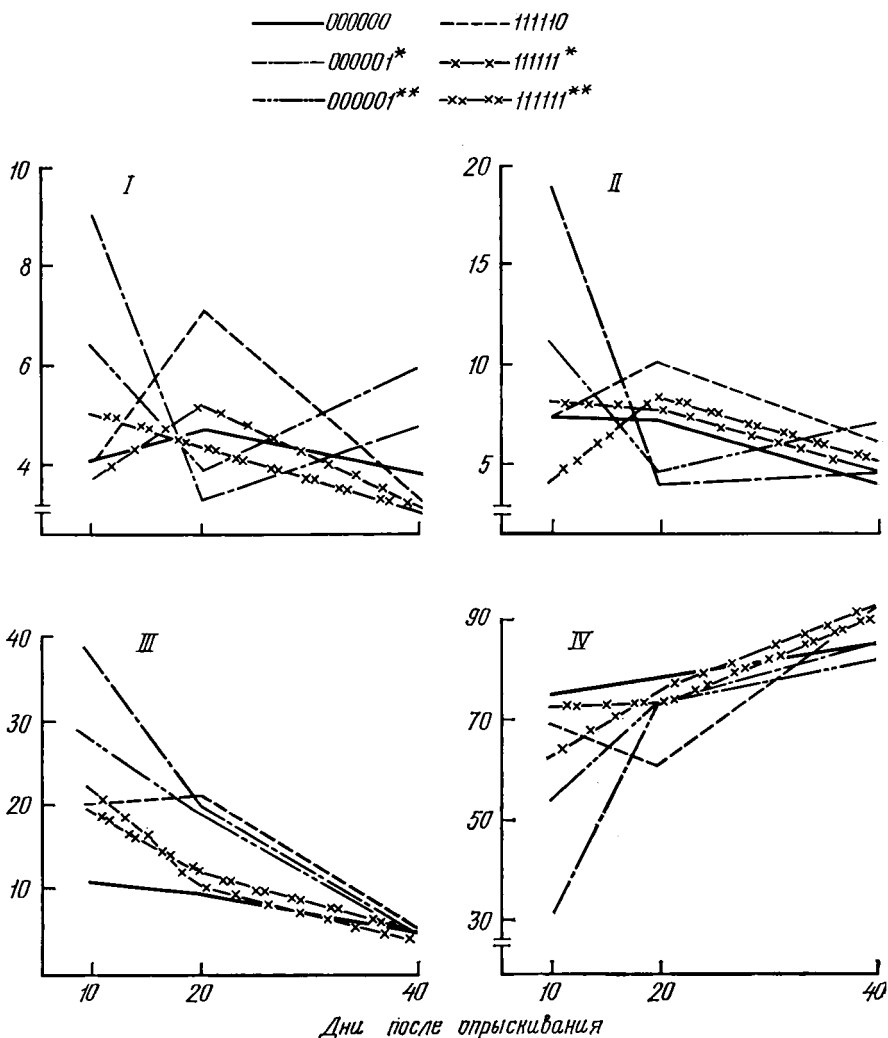


Рис. 1. Динамика содержания небелковых форм азота (% от общего содержания небелкового азота) в зеленой массе пшеницы после обработки 2,4-Д. Опыт 1977 г.

I — аммиачный азот; II — амидный; III — нитратный; IV — аминый.

ковых форм значительно увеличилось, особенно в пробах, отобранных через 20 дней после опрыскивания. В результате под влиянием 2,4-Д отношение белкового азота к небелковому в вариантах многолетних обработок уменьшилось.

Отмеченные выше изменения в соотношениях форм азота свидетельствуют о том, что при первичном воздействии на пшеницу 2,4-Д вскоре после обработки стимулирует синтез белка, тогда как в вариантах многолетних обработок влияние этого гербицида проявляется медленнее, при этом угнетается синтез белка и увеличивается относительное содержание его небелковых форм.

В опытах 1978 г., несмотря на снижение урожая зерна пшеницы как в вариантах первичного воздействия 2,4-Д, так и при многолетних обработках, в динамике форм азота и их соотношениях наблюдались те же изменения, что и в опыте 1977 г. (табл. 1).

Содержание нитратного азота в пшенице, впервые обрабатываемой 2,4-Д, резко возрастало. Например, в 1977 г. через 10 дней после применения оптимальной дозы 2,4-Д оно составляло 39,3 % общего содержания небелкового азота против 13,2 % в контроле. О повышении содержания нитратного азота в растениях, обработанных галоидфеноксикислотами, сообщают и другие исследователи [2, 4, 7].

Параллельно с увеличением содержания нитратов возрастало количество аммиачного азота в растениях после первичной обработки. Известно, что амидные группы глутамина и аспарагина играют чрезвычайно важную роль в процессе обезвреживания и резервирования избыточного аммиака в органической форме [3]. В нашем опыте содержание амидного азота увеличивалось параллельно с повышением аммиачного азота (рис. 1).

Наши исследования показали, что отмеченное ранее резкое снижение содержания небелкового азота в зеленой массе пшеницы после первичной обработки 2,4-Д является следствием значительного уменьшения количества аминного азота. Так, в 1977 г. содержание аминной формы азота через 10 дней после первичной обработки оптимальной дозой 2,4-Д составило 32,6 % общего содержания небелкового азота, а в контроле — 76,2 % (рис. 1). В 1978 г. через 5 дней после опрыскивания содержание аминной формы азота в контроле было равно 74,5 %, в варианте 0000001* — 32,6, в варианте 0000001** — 50,3 % (рис. 2). Снижение в зеленой массе содержания аминного азота можно объяснить усиленным синтезом белка, что подтверждается резким увеличением соотношения белкового и небелкового азота. Постепенно эти изменения сглаживались, и через 20 дней после опрыскивания в 1978 г. и 40 дней в 1977 г. указанные сдвиги в содержании небелковых форм азота не наблюдались (рис. 1 и 2).

При многолетней обработке 2,4-Д картина была совершенно иной. Содержание аммиачного и амидного азота находилось на уровне контроля или было ниже его, а содержание аминной его формы приближалось к контролю или превышало его. Это связано с угнетением биосинтеза белка, что, по-видимому, приводило к накоплению свободных аминокислот.

Банвел Д оказывал несколько иное действие на накопление азотистых веществ в растениях, хотя при его первичном воздействии на культуру отмечены те же закономерности, что и в опыте с 2,4-Д. Во все сроки после первичной обработки банвелом Д в растениях увеличилось содержание белкового азота и резко уменьшилось количество небелковых его форм, в результате возросло соотношение белкового и небелкового азота (табл. 2).

Интересно отметить, что после 6—7-летней обработки банвелом Д и после предыдущих 5—6-летних обработок (варианты последействия 11111110) уменьшилось содержание общего и белкового азота, а содер-

Содержание основных форм азота в зеленой массе пшеницы после обработки растений 2,4-Д

Шифр варианта	1977 г.				1978 г.			
	N _{общ} , % к абсолютно сухой массе	N _{бел}	N _{небел}	отношение N _{бел} к N _{небел}	N _{общ} , % к абсолютно сухой массе	N _{бел}	N _{небел}	отношение N _{бел} к N _{небел}
		% от N _{общ}	N _{общ}			% от N _{общ}	N _{общ}	
Через 5 дней после опрыскивания								
000000	—	—	—	—	3,60	75,3	24,7	3,03
000001*	—	—	—	—	3,80	90,8	9,2	9,85
000001**	—	—	—	—	3,34	82,6	17,4	4,75
111110	—	—	—	—	3,72	75,5	24,5	3,08
111111*	—	—	—	—	3,74	76,2	23,8	3,19
111111**	—	—	—	—	4,08	79,7	20,3	3,90
Через 10 дней								
000000	1,80	85,0	14,9	5,69	2,58	69,8	30,2	2,31
000001*	1,90	95,8	4,7	20,45	2,86	82,9	17,1	4,80
000001**	1,67	90,4	9,6	9,44	2,69	84,0	16,0	5,24
111110	1,86	87,6	12,4	7,09	3,09	84,1	15,9	5,26
111111*	1,87	89,3	10,7	8,35	2,77	74,0	26,0	2,85
111111**	1,89	88,9	11,1	8,04	2,65	68,8	31,3	2,18
Через 20 дней								
000000	1,39	80,6	19,5	4,13	1,41	60,3	39,7	1,51
000001*	1,43	88,8	11,3	7,89	1,49	63,8	36,2	1,78
000001**	1,35	90,4	9,6	9,38	1,39	74,8	25,2	2,93
111110	1,35	87,4	12,6	6,94	1,46	63,0	37,0	1,72
111111*	1,38	82,6	17,4	4,75	1,51	66,2	33,8	1,96
111111**	1,32	79,5	20,5	3,89	1,58	57,6	42,4	1,35
Через 40 дней								
000000	1,62	59,3	40,7	1,45	—	—	—	—
000001*	1,63	63,8	36,2	1,76	—	—	—	—
000001**	1,57	71,3	28,7	2,49	—	—	—	—
111110	1,45	62,1	37,9	1,64	—	—	—	—
111111*	1,54	63,6	36,4	1,75	—	—	—	—
111111**	1,64	58,5	41,5	1,41	—	—	—	—

жание небелкового азота было больше, чем при первичном воздействии, и даже больше, чем в контроле; в конечном итоге резко снижалось отношение белкового азота к небелковому. Это указывает на то, что многолетняя обработка банвелом угнетала синтез белка. Аналогичное явление неоднократно наблюдалось у чувствительных к гербициду растений [4, 8].

Таким образом, пшеница, которая считается относительно устойчивой к банвелу Д, после ежегодных многолетних обработок проявила себя как чувствительное к этому гербициду растение.

В действии тордона 22к на накопление пшеницей азотсодержащих веществ в период вегетации было много общего с остальными изучавшимися гербицидами и в то же время проявлялось нечто специфичное. В начальные периоды после обработки тордон 22к стимулировал накопление общего и белкового азота в растениях почти всех вариантов. Однако и в этих опытах содержание небелкового азота в растениях после одностороннего применения гербицида снижалось, тогда как после многолетних обработок оно приближалось к контролю или даже превышало его (табл. 3). В результате возрастало отношение белкового азота к небел-

Таблица 2

Содержание основных форм азота в зеленой массе пшеницы
после обработки банвелом Д

Шифр варианта	1977 г.				1978 г.			
	N _{общ} , % к абсо- лютно сухой массе	N _{бел}	N _{небел}	отноше- ние N _{бел} к N _{небел}	N _{общ} , % к абсо- лютно сухой массе	N _{бел}	N _{небел}	отноше- ние N _{бел} к N _{небел}
Через 5 дней после опрыскивания гербицидом								
000000	—	—	—	—	3,62	76,0	24,0	3,16
000001*	—	—	—	—	3,80	90,9	13,4	6,50
000001**	—	—	—	—	3,56	83,4	16,6	5,05
111110	—	—	—	—	2,82	67,0	34,0	1,95
111111*	—	—	—	—	3,82	70,2	29,8	2,34
111111**	--	—	—	—	3,14	79,9	20,1	4,02
Через 10 дней								
000000	1,81	91,7	13,8	6,64	2,44	66,4	33,6	1,97
000001*	1,90	87,9	11,8	7,42	2,50	86,8	13,2	6,62
000001**	1,78	91,0	8,9	10,19	2,18	89,0	11,0	8,02
111110	1,41	83,7	16,2	5,15	2,05	61,5	38,5	1,59
111111*	1,61	81,9	17,9	4,57	2,00	60,0	40,0	1,49
111111**	1,57	89,8	10,1	8,86	2,10	69,5	26,9	2,59
Через 20 дней								
000000	1,36	80,0	20,0	3,90	1,32	59,1	40,9	1,44
000001*	1,45	90,3	9,7	9,63	1,51	60,3	39,6	1,52
000001**	1,29	91,5	8,1	11,35	1,26	73,0	26,6	2,75
111110	1,22	72,1	27,9	2,54	1,18	54,2	45,7	1,19
111111*	1,20	70,8	29,3	2,42	1,28	52,3	47,3	1,10
111111**	1,25	79,2	21,2	3,73	1,21	50,4	49,5	1,02
Через 40 дней								
000000	1,67	59,3	40,7	1,46	—	—	—	—
000001*	1,78	63,5	36,5	1,74	—	—	—	—
000001**	1,49	74,5	25,5	2,92	—	—	—	—
111110	1,66	53,0	47,0	1,13	—	—	—	—
111111*	1,60	56,0	44,0	1,29	—	—	—	—
111111**	1,35	60,0	40,0	1,50	—	—	—	—

ковому, что свидетельствует об активации биосинтеза белка. После многолетних обработок этот показатель у растений был ниже, чем в вариантах первичной обработки, но выше, чем в контроле.

Следует подчеркнуть, что в отличие от 2,4-Д и банвела Д под воздействием тордона 22к первоначальные сдвиги в содержании азотистых веществ очень быстро сглаживались. Так, в 1977 г. уже через 20 дней, а в 1978 г. даже через 10 дней после опрыскивания в растениях увеличилось содержание небелкового азота и отношение белкового азота к небелковому было близким к контролю или даже ниже его. Однако тордон в указанный период сильно угнетал рост и развитие пшеницы. Возможно, растения в самом начале после обработки путем перестройки обмена веществ пытались противостоять гербицидному действию, но токсичность тордона 22к была настолько высокой, что это не помогло, и гербицид вызывал резкое снижение урожайности зерна, особенно при многолетних обработках двойной дозой.

Изменения в содержании небелковых форм азота под влиянием банвела Д были такими же, как и в опыте с 2,4-Д. Так, после первичной обработки банвелом резко возросло относительное содержание нитрат-

**Содержание основных форм азота в зеленой массе пшеницы
после обработки тордоном 22к**

Шифр варианта	1977 г.				1978 г.			
	N _{общ.} % к абсо- лютно сухой массе	N _{бел}	N _{небел}	отноше- ние N _{бел} к N _{небел}	N _{общ.} % к абсо- лютно сухой массе	N _{бел}	N _{небел}	отноше- ние N _{бел} к N _{небел}
Через 5 дней после опрыскивания гербицидом								
000000	—	—	—	—	3,69	78,5	21,6	3,69
000001*	—	—	—	—	3,84	89,8	10,2	8,89
000001**	—	—	—	—	3,78	81,8	15,7	5,20
111110	—	—	—	—	3,92	80,1	19,9	4,05
111111*	—	—	—	—	4,00	78,5	21,5	3,64
111111**	—	—	—	—	3,46	73,1	26,9	2,74
Через 10 дней								
000000	1,81	85,1	14,9	5,72	2,49	70,3	29,3	2,37
000001*	1,92	93,2	6,7	13,88	2,80	69,6	30,4	2,30
000001**	1,89	88,9	11,1	8,00	2,96	77,0	23,0	3,37
111110	1,96	90,3	9,7	9,32	2,46	73,6	26,4	2,78
111111*	2,00	89,0	11,0	8,09	2,52	76,6	23,4	3,28
111111**	1,73	86,7	13,6	6,38	2,90	70,0	30,0	2,33
Через 20 дней								
000000	1,39	80,6	21,4	4,06	1,40	60,7	39,3	1,54
000001*	1,59	81,1	18,7	4,33	1,56	55,1	38,5	1,43
000001**	1,38	73,1	26,8	2,72	1,84	55,4	44,5	3,06
111110	1,43	82,5	17,5	4,82	1,44	57,6	42,6	1,36
111111*	1,45	86,2	14,6	5,92	1,48	56,8	43,4	1,31
111111**	1,45	80,8	19,2	4,07	1,72	62,2	38,0	1,64
Через 40 дней								
000000	1,58	58,2	41,8	1,39	—	—	—	—
000001*	1,75	53,7	46,3	1,16	—	—	—	—
000001**	1,84	59,8	40,2	1,49	—	—	—	—
111110	1,72	51,7	48,3	1,07	—	—	—	—
111111*	1,44	59,7	40,3	1,48	—	—	—	—
111111**	1,78	66,9	33,1	2,02	—	—	—	—

ного, аммиачного и амидного азота и снизилось количество аминного. Причем эти изменения были наиболее значительными в первый период после обработки и при двойной дозе гербицида. В процессе вегетации отмеченные изменения сглаживались (рис. 2).

Направленность изменений относительного содержания форм азота в опыте с тордоном была аналогичной, но при использовании гербицида в оптимальной дозе (0,05 кг/га) они проявлялись сильнее, чем в варианте с двойной дозой. При многолетних обработках пшеницы эти изменения были менее значительными (рис. 3).

Таким образом, все применяемые гербициды оказывали заметное влияние на содержание азота в растениях в период вегетации. При первичном воздействии гербицидов в пшенице усиливался синтез белка, тогда как после многолетних обработок он был угнетен, при этом увеличивалось относительное содержание небелковых форм азота.

При более значительных изменениях содержания небелковых форм азота фитотоксическое действие гербицидов проявлялось в меньшей степени. Видимо, глубокая перестройка в обмене азотсодержащих веществ, направленная на усиление синтеза белков, способствовала проявлению

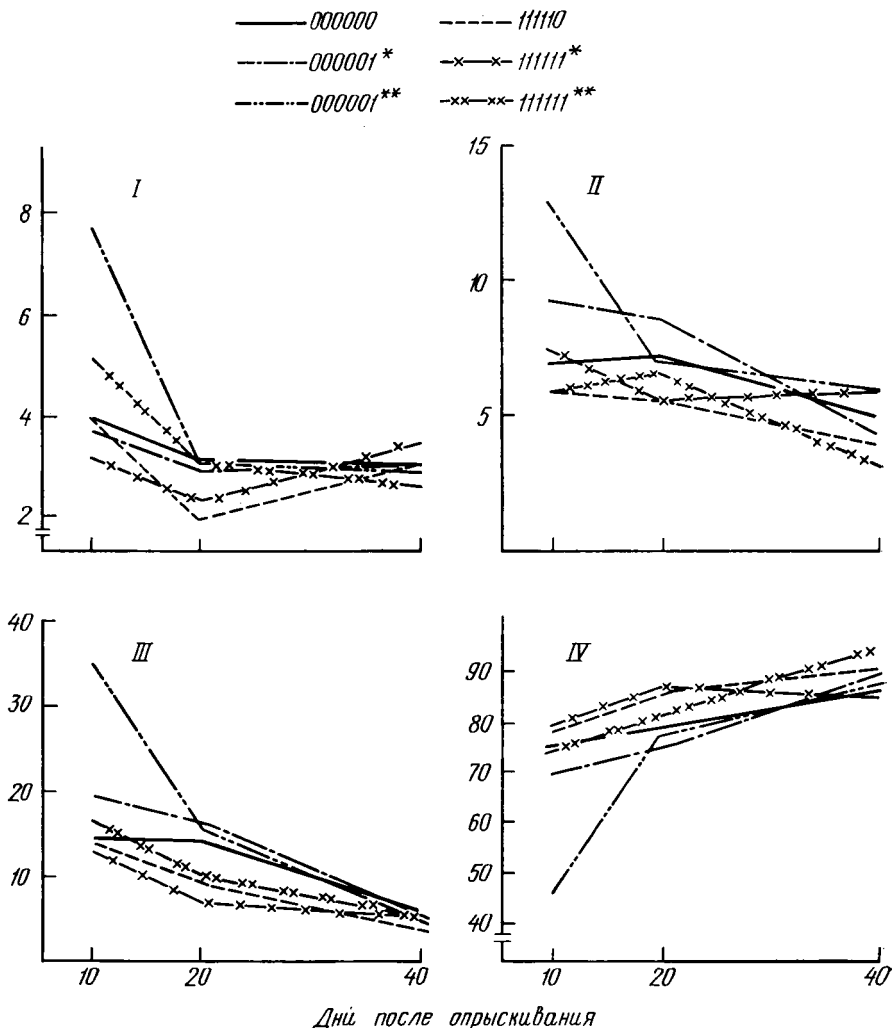


Рис. 2. Динамика содержания небелковых форм азота (% от общего содержания небелкового азота) в зеленой массе пшеницы после обработки банвелом Д. Опыт 1977 г.

Обозначения те же, что на рис. 1.

устойчивости культурных растений и преодолению ими фитотоксического действия гербицидов. Замедление синтеза белка и накопление небелковых форм азота, особенно после многолетних обработок банвелом, сопровождались усилением токсического действия гербицидов на растения.

Выводы

1. Установлены различия в содержании белка и соотношения небелковых форм азота в период вегетации пшеницы, впервые обрабатываемой гербицидами (С₇—С₉) 2,4-Д, банвелом Д, тордоном 22к и после ежегодной в течение 6—7 лет обработки ими.

2. Гербициды при первичном воздействии на пшеницу стимулировали биосинтез белка и увеличивали соотношение белковых и небелковых форм азота, а после многолетних обработок предшествующих репродукций растений замедляли биосинтез белка и вызывали накопление небелковых форм азота.

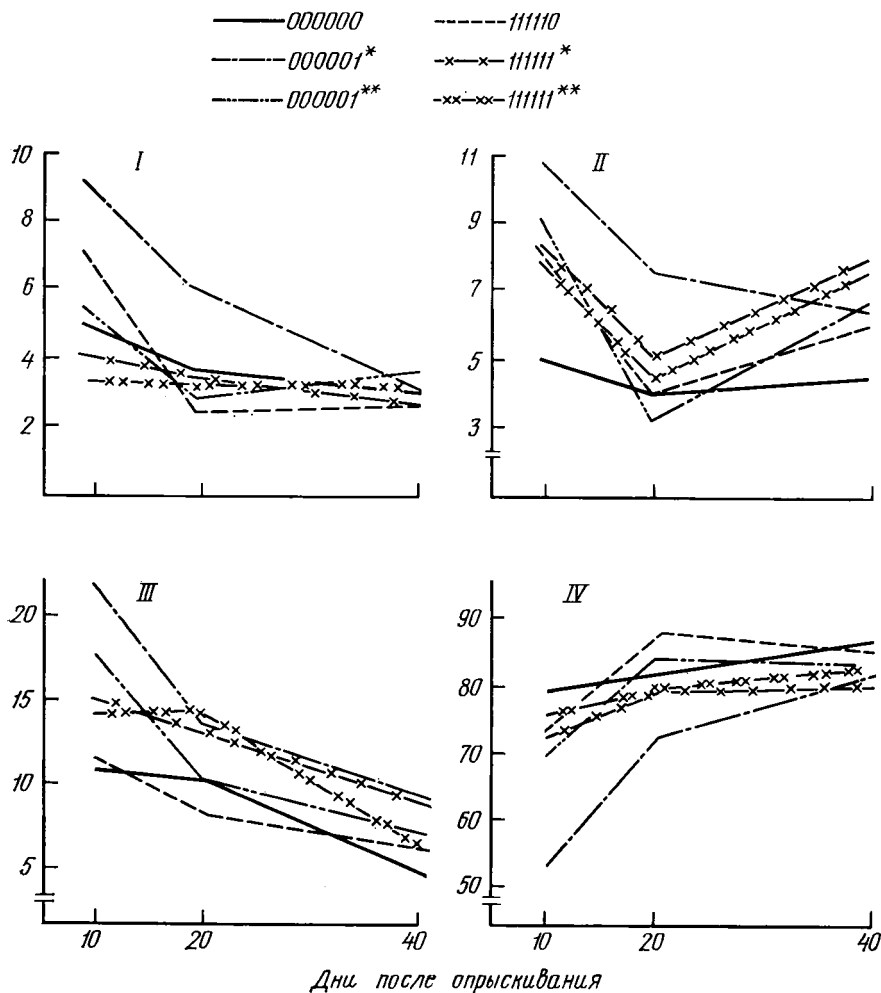


Рис. 3. Динамика содержания небелковых форм азота (% от общего содержания небелкового азота) в зеленой массе пшеницы после обработки тордоном 22к. Опыт 1977 г.

Обозначения те же, что на рис. 1.

3. Под влиянием гербицидов значительно изменялось содержание небелковых форм азота, причем при первичном воздействии их на пшеницу значительно увеличивалось содержание нитратного аммиачного и амидного азота и резко уменьшалось содержание аминного азота. В растениях после многолетних обработок содержание аминного азота возрастало, количество нитратного, аммиачного и амидного азота изменялось менее значительно.

4. Наиболее существенные, проявляющиеся в течение более длительного времени изменения в соотношении форм азота в растениях наблюдались после обработок 2,4-Д и банвелом Д, а наиболее сильное угнетение растений и снижение урожая — после обработки тордоном 22к.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зинченко В. А., Таболина Ю. П., Калитина Н. В. Об особенностях действия гербицидов при их систематическом многолетнем применении. — Изв. ТСХА, 1976, вып. 5, с. 157—169.
2. Жирмунская Н. М. Влияние гербицидов на химический состав растений. — Сельское хоз-во за рубежом, сер. растен., 1966, № 3, с. 14—18. — 3. Кротович В. Л. Обмен азота в растениях. —

- М., «Наука», 1972. — 4. Ладонин В. Ф. Физиологические и биохимические аспекты действия гербицидов на растения. — Автореф. докт. дис. Л., 1974. — 5. Ладонин В. Ф., Пронина Н. Б. Некоторые вопросы механизма действия гербицидов на растения. — М., ВНИИ ТЭИСХ, 1977. — 6. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. — М., «Колос», 1976. — 7. Тен Р. А., Дудков З. Г. Действие арезина и линурона на содержание небелковых форм азота в репродуктивных органах фасоли. — Сб. научн. тр. Белорусской с.-х. академии. Горки, 1976, вып. 23, с. 67—71. — 8. Чкаников Д. И., Соколов М. С. Гербицидное действие 2,4-Д и других галондфеноксикислот. — М., «Наука», 1973. — 9. Freiberg S. R., Clark H. F. — *Plant Physiol.*, 1955, vol. 30, N 1, p. 39—46. — 10. Key J. L. — *Plant Physiol.*, vol. 39, N 3, 1964, p. 366—379. — 11. Klepper L. A. — *Res. Bull.*, 1974, Febr., p. 259—269. — 12. Klepper L. A. — *Weed Sci.*, 1975, vol. 23, N 3, p. 188—190.

Статья поступила 6 апреля 1979 г.

SUMMARY

The differences in the direction of processes of protein biosynthesis and in the ratio of non-protein forms of nitrogen in wheat which is first treated with herbicides 2,4-D, banvel D and tordon 22k and that treated with them during 6—7 years were established in pot experiment. The first treatment with the herbicides stimulated protein biosynthesis in the crop, but after treatments on preceding reproductions that had been done for many years the herbicides retarded the biosynthesis of protein and caused the accumulation of non-protein forms of nitrogen. Under the effect of herbicides the amount of non-protein forms of nitrogen changed noticeably, the amount of nitrate nitrogen, ammonia nitrogen and amide nitrogen greatly increasing and that of amino nitrogen — sharply decreasing after the first treatment; after treatment for many years the amount of amino nitrogen increased while that of nitrate nitrogen, ammonia nitrogen and amide nitrogen did not change much. The most significant changes in the ratio of nitrogen forms were found after treatments with 2,4-D and banvel D, while great suppression of plants and decrease in yield were observed after treatment with tordon 22k.