

**ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ АЗОТА В ВЕГЕТАТИВНОЙ МАССЕ
ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ РАСТЕНИЙ ТРЕХ ПОКОЛЕНИЙ
АМИННОЙ СОЛЬЮ 2,4-Д**

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

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

Гербициды оказывают значительное влияние на содержание азота в растениях и соотношение его белковых и небелковых форм. Степень воздействия и направленность этих изменений зависят от биологической активности препаратов, сортовых особенностей культуры и условий ее выращивания [1—4, 14, 16, 17].

Под влиянием гербицидов происходят различные изменения в азотном обмене устойчивых и чувствительных к ним растений [8, 9, 14, 18].

Предполагают, что гербициды — производные галоидфеноксисуksусных кислот — действуют непосредственно на нуклеиновый и белковый обмен, выступая в качестве эффекторов, активизирующих ДНК [10, 13]. Под влиянием гербицидов нарушается митотическая активность клеток [11, 19]. Пиклорам и 2,4-Д вызывали значительные сдвиги в интенсивности биосинтеза различных молекулярных разновидностей гистоновых белков и степени их модификации, а также затрагивали метаболизм белков негистоновой природы, в результате изменялось структурное и функциональное состояние хроматина [18].

Таким образом, воздействие гербицидов, и в частности 2,4-Д, на растения приводит к нарушению жизненно важных процессов, что сказывается на обмене веществ, росте и развитии не одного поколения культурных растений [5—7].

В настоящем сообщении излагаются результаты изучения динамики содержания основных форм азота и фракционного состава его небелковых форм в период вегетации пшеницы Московской 21, обрабатываемой аминной солью 2,4-Д в течение трех (в поколениях) лет.

Материалы и методы

Полевой опыт проводили на Селекционно-генетической станции им. П. И. Лисицына в 1976—1978 гг. по оригинальной схеме [6], позволяющей сравнить действие гербицида на культуру при многолетнем и первичном воздействиях. Варианты опыта: 0—без обработки гербицидом; 1—с обработкой гербицидом; количество знаков соответствует числу лет проведения опыта (например, 101—опыт длился три года, причем в 1-й и 3-й годы проводилась обработка гербицидом, а на 2-й пшеница возделывалась без гербицида). Площадь делянок в 1977 г. 19,8 м², повторность 4-кратная, в 1978 г. — 8 м², повторность 6-

кратная. Урожайность пшеницы в эти годы была высокой и составляла 33—39 ц/га. Аминную соль 2,4-Д (40 % водный раствор) применяли в фазу кушения пшеницы в количествах 2 и 4 кг/га с использованием ранцевого опрыскивателя; норма расхода 800 л/га.

Пробы растений отбирали в 1977 г. через 10, 20 и 40 дней, а в 1978 г. — через 5, 10 и 20 дней после обработки гербицидом. Среднюю пробу составляли из 100—120 растений, убираемых со всех повторностей. Формы азота определяли в свежем растительном материале по методике Б. П. Плешкова [15].

Результаты и обсуждение

В 1977 г. в фазу выхода в трубку (через 12 дней после опрыскивания), когда еще не наблюдались существенные изменения в росте и накоплении сухого вещества (табл. 1), содержание общего азота в зеленой

Таблица 1

Рост пшеницы и накопление сухой органической массы 10 растениями по срокам обработки (в числителе — доза 2,4-Д 0,8 кг/га, в знаменателе — 1,6 кг/га)

Шифр варианта		1977			1978		
1977	1978	12 дней	20 дней	40 дней	5 дней	10 дней	40 дней
Высота растений, см							
00	000	74,2	95,4	103,7	62,4	71,4	88,5
		71,5	91,2	107,2	62,8	73,0	89,9
		73,4	93,7	104,4	58,8	69,5	88,2
01	001	71,3	93,7	98,9	61,4	72,3	86,7
		73,3	93,7	101,1	55,9	65,6	85,9
		73,0	93,2	102,7	60,8	74,3	90,6
10	011	72,5	94,7	101,1	58,5	68,8	85,8
		71,9	93,4	104,2	59,4	73,0	89,4
		—	—	—	62,0	74,4	90,6
—	110	—	—	—	62,7	74,2	88,5
—	101	—	—	—	57,5	68,7	88,5
—	—	—	—	—	61,4	72,9	90,6
Абсолютно сухая масса, г							
00	000	6,4	11,8	23,6	10,4	10,8	20,3
		6,6	10,6	22,5	10,4	11,6	19,3
		6,8	13,2	22,1	8,6	12,2	19,0
01	001	7,0	13,5	24,9	9,7	11,8	18,4
		6,6	12,3	23,3	8,8	10,8	18,9
		7,2	13,3	20,8	9,1	10,6	20,1
10	011	6,4	13,8	22,3	9,1	11,9	18,6
		7,3	13,2	24,6	9,2	9,4	15,5
		—	—	—	8,6	12,1	19,8
—	110	—	—	—	9,1	12,8	16,7
—	101	—	—	—	7,5	10,9	18,6
—	—	—	—	—	10,0	12,1	16,7

Содержание основных форм азота в зеленой массе пшеницы после обработки 2,4-Д в 1977 г.

Шифр варианта	0,8 кг/га				1,6 кг/га			
	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.}				% от N _{общ.}		
Через 12 дней								
00	3,04	73,4	26,6	2,7	3,02	73,5	26,5	2,8
01	2,68	81,3	18,7	4,3	2,36	79,2	20,8	3,8
10	2,79	74,2	25,8	2,9	2,60	72,7	27,3	2,7
11	2,88	78,8	21,2	3,7	2,57	80,2	19,8	4,1
Через 20 дней								
00	2,16	76,6	23,4	3,3	2,30	77,6	22,4	3,5
01	2,26	71,6	28,4	2,5	2,07	66,9	33,1	2,0
10	2,07	72,5	27,5	2,6	—	—	—	—
11	1,87	68,4	31,6	2,2	2,04	66,3	33,7	2,0
Через 40 дней								
00	1,05	60,5	39,5	1,5	1,01	61,7	38,3	1,6
01	1,28	59,3	40,7	1,5	0,85	60,0	40,0	1,5
10	1,34	59,9	40,1	1,5	0,89	60,7	39,3	1,5
11	0,94	58,3	41,7	1,4	0,94	57,6	42,4	1,4

массе пшеницы при обработке гербицидом и даже в вариантах последействия снизилось (табл. 2 и 3). Под влиянием гербицида абсолютное содержание белкового азота практически не изменялось, а небелкового азота уменьшалось. Относительное содержание белковых форм азота возрастало с 73,4 % в контроле до 81,3 % при однолетней обработке и до 78,8 % при двухлетней обработке гербицидом в дозе 0,8 кг/га, а относительное содержание небелковых форм азота снижалось соответственно с 26,6 до 18,7 и 21,2 %. При этом почти в 1,5 раза увеличивалось отношение белкового азота к небелковому. То же наблюдалось в вариантах с двойной нормой гербицида (табл. 2).

При последействии относительное содержание белковых и небелковых форм азота не отличалось от контроля, хотя абсолютное содержание их было несколько ниже.

В фазу колошения (через 20 дней после обработки) накопление сухой массы пшеницей под влиянием гербицида несколько возросло (табл. 1). Содержание форм азота в вегетативной массе при первичной обработке приближалось к контролю, а при повторных — изменения были такие же, как и через 12 дней после обработки: абсолютное содержание общего и белкового азота было меньше, чем в контроле и варианте первичной обработки, относительное содержание белковых форм снижалось с 76,6 % в контроле до 68,4 % в варианте двухлетней обработки, а небелковых форм возрастало соответственно с 23,4 до 31,6 % (табл. 2).

Соотношение белкового азота к небелковому уменьшалось при обеих нормах расхода гербицида.

Эти изменения свидетельствуют о нарушении синтетических процессов, однако через 40 дней после обработки уже во всех вариантах опытов заметных изменений как в абсолютном, так и в относительном содержании форм азота не наблюдалось.

Следовательно, данные, полученные в 1977 г., показали, что при однолетней обработке пшеницы гербицидом токсическое действие его преодолевалось через 20 дней, а при двухлетней — лишь через 40 дней.

В 1978 г. отставание в росте растений и накоплении сухой массы отмечалось уже через 5 дней после обработки их гербицидом. Более сильным и длительным оно было при двойной норме 2,4-Д и в варианте трехлетней обработки (табл. 1).

Содержание основных форм азота в зеленой массе пшеницы после обработки 2,4-Д в 1978 г.

Шифр варианта	0,8 кг/га				1,6 кг/га			
	N _{общ} % к абсолютно сухой массе	N _{бел}	N _{небел}	N _{бел} N _{небел}	N _{общ} % к абсолютно сухой массе	N _{бел}	N _{небел}	N _{бел} N _{небел}
		% от N _{общ}				% от N _{общ}		
Через 5 дней								
000	4,62	82,5	17,5	4,7	4,51	81,9	18,1	4,5
001	4,19	88,1	11,9	7,4	4,32	85,7	14,3	6,0
011	4,23	86,7	13,3	6,6	4,40	82,1	17,9	4,6
111	4,01	77,1	22,9	3,4	4,09	76,0	24,0	3,2
110	4,53	81,7	18,3	4,5	4,38	83,8	16,2	5,2
101	4,21	86,5	13,5	6,4	4,20	85,2	14,8	5,8
Через 10 дней								
000	3,41	78,9	21,1	3,7	3,34	79,6	20,4	3,9
001	3,56	78,9	21,1	3,8	3,39	76,4	23,6	3,2
011	3,30	73,0	27,0	2,7	3,30	76,1	23,9	3,2
111	3,16	72,2	27,8	2,6	3,09	70,6	29,4	2,4
110	3,34	79,6	20,4	3,9	3,46	78,3	21,7	3,6
101	3,51	77,5	22,5	3,4	3,41	75,1	24,9	3,0
Через 20 дней								
000	1,82	66,5	33,5	1,9	1,91	64,9	35,1	1,9
001	2,09	65,1	34,9	1,9	1,84	60,3	39,7	1,5
011	1,80	62,8	37,2	1,7	1,81	63,0	37,0	1,7
111	1,69	60,1	39,9	1,5	1,63	54,0	46,0	1,2
110	1,87	66,3	33,7	1,9	1,70	62,9	37,1	1,7
101	2,04	64,2	35,8	1,8	1,77	64,4	35,6	1,8

В растениях, обработанных 2,4-Д, содержание общего азота снижалось, особенно в варианте 111 при обеих нормах гербицида (табл. 3). В вариантах 001, 011 и 101 содержание общего азота в пшенице уменьшилось в основном за счет снижения количества небелковых его форм. Отношение белкового азота к небелковому свидетельствует об усилении синтетических процессов под влиянием аминной соли 2,4-Д. В надземной массе пшеницы, обрабатываемой гербицидом три года подряд, по сравнению с вариантом 001 содержание белкового азота уменьшалось с 88,1 до 77,1 %, а небелкового азота увеличивалось с 11,9 до 22,9 %. В связи с этим отношение азота белкового к небелковому было в 2,2 раза меньше (табл. 3). Эта тенденция сохранилась и в последующие сроки отбора проб, причем содержание белка и отношение азота белкового к небелковому при трехлетней обработке были всегда ниже.

В 1978 г., как и в 1977 г., содержание основных форм азота при первичной обработке 2,4-Д не отличалось от контрольного уровня уже через 10 дней, а в случае трехлетних обработок изменения этого показателя, вызванные воздействием гербицида, наблюдались и через 20 дней после обработки (табл. 3). Вероятно, в пшенице, впервые обрабатываемой аминной солью 2,4-Д, быстрее активизируются синтетические процессы, благодаря которым токсическое действие гербицида преодолевается. При трехлетних обработках угнетающее действие гербицида на поколения пшеницы проявлялось в течение всей вегетации вплоть до уборки урожая. По литературным данным [14], чем более чувствителен к гербициду тот или иной сорт зерновых культур, тем больше изменяются содержание азота и соотношение его основных форм. Исходя из этого можно предположить, что пшеница, обрабатываемая гербицидом на протяжении трех поколений, становится более чувствительной к воздействию гербицида.

В опытах с пшеницей Саратовской 29 нами было установлено [7], что при первичных обработках эфиром (С₇—С₉) 2,4-Д вскоре после его

Содержание небелковых форм азота (% от суммы небелкового азота)
в вегетативной массе пшеницы после обработки 2,4-Д в 1977 г.

Шифр варианта	N аммиачный		N амидный		N нитратный		N аминный	
	норма расхода 2,4-Д, кг/га							
	0,8	1,6	0,8	1,6	0,8	1,6	0,8	1,6
Через 10 дней								
00	5,2	5,0	9,1	8,7	12,2	11,7	73,6	74,7
01	8,0	7,4	14,3	14,1	22,3	22,1	55,4	56,4
10	5,5	5,3	9,6	10,0	13,4	12,8	71,5	71,9
11	7,2	7,5	13,1	12,8	19,8	22,0	59,9	57,8
Через 20 дней								
00	3,0	4,3	5,2	5,4	7,3	7,6	84,6	82,7
01	2,3	3,8	5,3	4,5	10,3	5,3	82,1	86,4
10	3,3	4,2	4,2	4,6	7,5	7,3	84,9	83,9
11	3,5	4,1	5,0	4,2	12,5	5,5	78,9	85,6
Через 40 дней								
00	4,4	4,6	7,7	8,5	9,4	9,0	78,5	77,8
01	4,4	4,7	8,6	9,2	7,3	8,6	79,7	77,5
10	2,2	3,1	8,6	9,9	6,9	12,2	82,3	74,6
11	3,3	2,5	8,7	8,6	12,0	7,5	76,0	[81,3

применения резко увеличивалось относительное содержание нитратного, аммиачного и амидного азота и уменьшалось содержание аминного азота. Последнее, видимо, связано с усиленным синтезом белка, на что указывало увеличение соотношения белкового азота к небелковому. При многолетних обработках эти изменения были менее значительными.

В пшенице Московской 21 через 12 дней после применения аминной соли 2,4-Д (в фазу выхода в трубку) в случае первичного воздействия доля аммиачного азота возрастала на 2,8 %, амидного — на 5,2 %, нитратного — почти в 2 раза, а аминного азота уменьшилась на 18,1 % по сравнению с контролем (табл. 4). В дальнейшем различия в фракционном составе постепенно сглаживались.

В вегетативной массе пшеницы Московской 21 в отличие от сорта Саратовская 29 в вариантах однолетних и двухлетних обработок в фазу колошения в 1977 и 1978 гг. количество небелкового азота возрастало за счет увеличения содержания всех его фракций. Видимо, это связано с сортовыми особенностями пшеницы. По нашим наблюдениям, пшеница Саратовская 29 более устойчива к гербицидам типа 2,4-Д, чем Московская 21.

Направленность изменений фракционного состава небелкового азота при трехлетних обработках была иной. Через 5 дней после опрыскивания оптимальной нормой гербицида доля аммиачного, амидного и нитратного азота несколько уменьшилась, а доля аминного азота — возросла. Если в пшенице, впервые обработанной гербицидом, доля аминного азота составила 56,2 %, то в пшенице, обрабатываемой в течение трех лет, — 76,2 % (рис. 1). Это связано с торможением синтетических процессов, что подтверждается, как отмечалось выше, снижением соотношения белкового азота к небелковому и угнетением накопления органической массы пшеницей.

В опыте с двойной нормой гербицида наблюдались те же различия, но они были менее четкими и проявлялись более короткое время (рис. 2).

Таким образом, чем меньше изменяется обмен веществ, направленный на преодоление фитотоксичности гербицида, тем сильнее проявляется токсическое действие последнего на культуру.

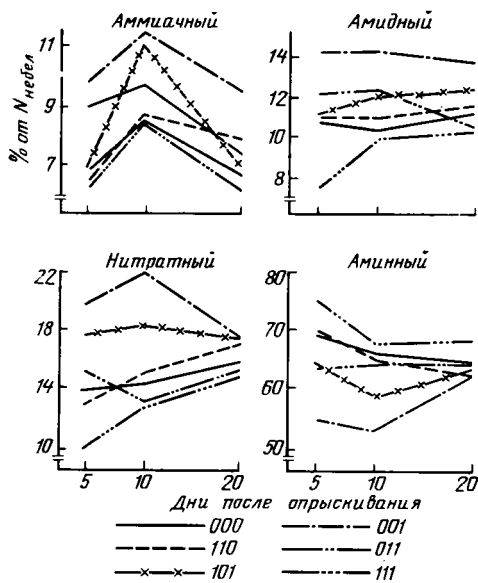


Рис. 1. Динамика содержания небелковых форм азота в зеленой массе пшеницы. Опыт 1978 г., норма расхода 2,4-Д — 0,8 кг/га.

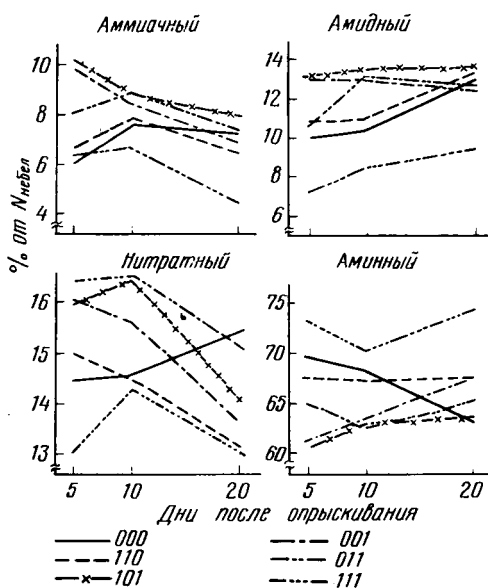


Рис. 2. Динамика содержания небелковых форм азота в зеленой массе пшеницы. Опыт 1978 г., норма расхода 2,4-Д — 1,6 кг/га.

Особое место занимает вариант, в котором обработка проводилась через год (101). В данном случае при оптимальной норме расхода гербицида через 5 дней после обработки увеличивалась лишь доля нитратного азота, а доля аммиачного и амидного азота оставалась на уровне контроля. В этот период растения сильно угнетались гербицидом; их высота была на 4,9 см, а сухая масса 10 растений — на 3,0 г ниже контрольных. Но в дальнейшем усиление синтетических процессов (на что указывает увеличение отношения белкового азота к небелковому) привело к активизации роста и накоплению сухой массы, что позволило преодолеть токсическое действие гербицида и получить достоверную прибавку урожая по сравнению с контролем и вариантом трехлетней обработки.

Таким образом, значительная перестройка в обмене азотсодержащих веществ у пшеницы в период вегетации, происходящая под влиянием 2,4-Д и направленная на увеличение синтеза белковых компонентов, способствует проявлению устойчивости культурных растений и преодолению фитотоксического действия гербицида. Замедление синтеза белка и накопление небелковых форм азота, как это четко проявилось при многолетних обработках аминной солью 2,4-Д, сопровождалось усилением токсического действия гербицида на пшеницу Московскую 21.

ЛИТЕРАТУРА

1. Груздев Л. Г., Посмитная Л. В., Груздев Г. С. Динамика аминокислотного состава вегетативной массы ячменя при использовании гербицидов. — Изв. ТСХА, 1979, вып. 4, с. 105—112.
2. Груздев Л. Г., Посмитная Л. В., Груздев Г. С. Изменения в азотном обмене ярового ячменя при обработке посевов торлоном 101 и диаленом. — Изв. ТСХА, 1980, вып. 2, с. 65—71.
3. Груздев Л. Г., Фомин А. В. Азотный обмен у ярового ячменя при использовании нормальных и экстремально высоких доз гербицидов. — Изв. ТСХА, 1983, вып. 1, с. 94—103.
4. Гунар И. И., Березовский М. Я. Химические средства борьбы с сорняками. М.: Сельхозиздат, 1952.
5. Зинченко В. А., Игнатова Н. Г., Москаленко Г. П., Таболина Ю. П. Влияние многолетних обработок гербицидами на развитие пшеницы и содержание белка в зерне в условиях вегетационного опыта. — Изв. ТСХА, 1979, вып. 5, с. 27—36.
6. Зинченко В. А., Таболина Ю. П., Калитина Н. В. Об особенностях действия гербицидов при их систематическом применении. — Изв. ТСХА, 1976, вып. 5, с. 157—168.
7. Игнатова Н. Г., Зинченко В. А., Плешков Б. П. Динамика азота в пшенице после 5—6-летних обработок предшествующих репродукций гербицидами. — Изв. ТСХА, 1980, вып. 1, с. 88—97.
8. Качан С. С., Усманова Р. Ф.

К изучению нуклеинового обмена у растений, чувствительных к 2,4-Д. — *Агрехимия*, 1971, № 6, с. 115—117. — 9. Ладонин В. Ф., Бекетова Л. И., Чивкина Т. В. К вопросу о причинах повышенного содержания РНК и белка в тканях растений, обработанных галондфеноксикислотами. — *Химия в сельск. хоз-ве*, 1970, № 9, с. 51—54. — 10. Ладонин В. Ф. К вопросу о механизме и природе действия гербицидов, производных галондфеноксикислот, на растения. — *Бюл. ВИУА*, 1976, № 30, с. 10—21. — 11. Михно А. Н., Мусьяка В. К., Калинин Ф. Л. Митотическая активность клеток в условиях торможения роста 4-амино-3,5,6-трихлорпиколиновой кислотой. — *Цитол. и генет.*, 1972, № 6, с. 516—519. — 12. Михно А. Н., Калинин Ф. Л., Минакова С. Г. Биосинтез белков хроматина при торможении роста пиклорамом. — *Физиол. и биохим. культурных растений*, 1983, т. 15, № 4, с. 340—346. — 13. Невзорова Л. И. Изменения нуклеинового обмена растений под влиянием некоторых гербицидов. — *Автореф. канд. дис.* Л., 1976. — 14. Петунова А. А.,

Метелева Л. П. Изменения в азотном обмене видов и сортов зерновых культур под действием гербицидов различных химических групп. — *Бюл. ВНИИ защиты растений*, 1973, № 26, с. 37—40. — 15. Плешков Б. П. *Практикум по биохимии растений*. М.: Колос, 1976. — 16. Самойлов Л. Н., Груздев Л. Г., Дюкина Н. Н. Действие 2,4-Д, банвела-Д и их смесей на азотистый обмен, урожай и качество ячменя. — *Бюл. ВИУА*, 1976, № 30, с. 92—99. — 17. Середина Л. И. Влияние гербицидов диамета и диалена на содержание различных форм азота в надземной вегетативной массе пшеницы. — В сб.: *Биология, агротехника, селекция и семеноводство полевых культур в Западной Сибири*. — *Науч. тр. Омского с.-х. ин-та*, 1978, т. 174, с. 72—75. — 18. Galston A. W., Kaur R., Maheshwari N., Maheshwari S. C. — *Am. J. Bot.*, 1963, vol. 50, N 5, p. 487—494. — 19. Mann J. D., Jordan L. S., Day B. E. — *Plant Physiol.*, 1965, vol. 40, N 5, p. 840—843.

Статья поступила 18 ноября 1983 г.

SUMMARY

The article shows that under the influence of 2,4-D treatment considerable reconstruction of nitrogen-containing substances metabolism takes place in plants of three Moskovskaya 21 wheat generations, resulting in higher synthesis of protein components, which contributes to overcoming phytotoxicity of the herbicide and making cultivated plants resistant to it. Slower protein synthesis and non-protein nitrogen forms accumulation as revealed under perennial herbicide treatments were accompanied with higher toxic effect of the herbicide on wheat.