

## ИЗМЕНЕНИЯ В АЗОТНОМ ОБМЕНЕ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОСЕВОВ ТОРДОНОМ 101 И ДИАЛЕНОМ

Л. Г. ГРУЗДЕВ, Л. В. ПОСМИТНАЯ, Г. С. ГРУЗДЕВ

(Кафедра химических средств защиты растений)

В мировом сельскохозяйственном производстве применение средств защиты растений обеспечивает около 20 % общего прироста продукции. В нашей стране в результате обработки зерновых и зернобобовых пестицидами ежегодно сохраняется до 8,6 % валового сбора зерна, что составляет более 16 млн. т [3]. Имеющийся в производстве ассортимент гербицидов постоянно расширяется и совершенствуется, ведутся широкие исследования в области создания смесей и комплексных препаратов [1, 4, 7].

На зерновых культурах в настоящее время широко испытываются и начинают использоваться гербициды на основе 2-метокси-3,6-дихлорбензойной и пиколиновой кислот, а также их смеси с 2,4-Д, 2М-4Х и некоторыми другими. Все эти препараты обладают высокой физиологической активностью. Разработаны основные дозы и способы их применения, доказана высокая эффективность таких препаратов. Вместе с тем остается открытым целый ряд вопросов, касающихся в первую очередь метаболизма гербицидов в растениях, без знания которого невозможна разработка научно обоснованной системы их безопасного применения. В этом плане значительный интерес представляют данные о различной чувствительности культурных и сорных растений к гербицидам при изменении условий их питания [5, 12]. Так, отмечается [5], что, создавая оптимальные условия питания культурных ра-

стений, можно добиться достаточно полной гибели сорняков при меньших дозах гербицидов.

Нарушения в азотном обмене растений, вызываемые многими препаратами, вероятно, являются основой их гербицидного действия. Например, галлоидфеноксикислоты действуют в качестве эффекторов, активируя ДНК на многих участках генома у клеток, рост которых в основном закончился, что приводит к активизации обмена РНК, синтеза белка и аминокислот и, как следствие, к разрастанию тканей осевых органов, обусловливающему в конечном итоге гибель чувствительных растений [6, 9]. Устойчивые культуры посредством образования конъюгатов молекул гербицида со свободными аминокислотами и белками осуществляют их детоксикацию и метаболическое использование [9—11, 13].

Исследования, проведенные нами на ячмене [2] при использовании гербицидов 2,4-Д, дикамбы (банвела Д) и тордона 22к, показали, что повышенные нормы туков способствуют накоплению в вегетативной массе белков, свободных аминокислот, в основном за счет аспарагиновой и  $\gamma$ -аминомасляной, а также аргинина, гистидина, аланина и серина. Применение гербицидов вызывало наиболее сильные изменения в обменном фонде аминокислот в периоды кущения — трубкования, к началу налива зерна они были менее значительные. Дикамба и тордон 22к оказывали на азотный обмен большее влияние, чем 2,4-Д.

Продолжая работу в этом направлении, мы исследовали некоторые аспекты азотного обмена ячменя при использовании гербицидов диалена и тордона 101.

### Материалы и методы

Полевые опыты с ячменем Московский 121 проводили в учхозе «Дубки» по методике, опубликованной в предыдущем сообщении [2]. Аммиачную селитру, гранулированный суперфосфат и хлористый калий вносили соответственно в дозах 85, 35 и 65 кг д. в. на 1 га (фон I) и 170, 70 и 130 кг д. в. 1 га (фон II). В качестве препаратов использовали тордон 101 в дозе 0,5 кг д. в. на 1 га и диален — новый отечественный

препарат, являющийся смесью 2,4-Д и 2-метокси-3,6-дихлорбензойной кислоты в соотношении 10:1, в дозе 1,2 кг д. в. на 1 га. Гербициды вносили ручным опрыскивателем ОРП-Г, расход жидкости 600 л/га. Методы отбора и фиксации проб, проведения анализов и расчетов описаны ранее [2, 8]. Анализы химического состава растений проведены в ЦИНАО. Повторность анализов 2—3-кратная.

### Результаты исследований

В результате применения диалена и тордона 101 несколько изменилось относительное содержание азота в ячмене. К концу фазы кущения на фоне II его содержание снизилось до 1,9—2,0 % против 2,5 % в контроле. К колошению различия между вариантами несколько сглаживались, а к фазе молочной спелости зерна этот показатель в вариантах с гербицидами не отличался от контроля.

Состав и содержание свободных аминокислот в вегетативной массе ячменя в онтогенезе существенно меняются. Суммарная их концентрация в процессе роста растений (от кущения до молочной спелости зерна) снижается более чем в 100 раз. Это связано как с изменением интенсивности их синтеза, так и с ростовым разбавлением. Более 70 % суммы свободных аминокислот приходится на глютаминовую, аспарагиновую и  $\gamma$ -аминомасляную кислоты, пролин, серин и фенилаланин.

Диален на фоне I в фазу кущения вызывал понижение в обменном фонде концентрации таких аминокислот, как триптофан, гистидин, аспарагиновая, глютаминовая, метионин, тирозин, и увеличение уровня аргинина, пролина и аланина (табл. 1). На более высоком

Содержание свободных аминокислот в вегетативной массе ячменя в фазу кущения (мг на 100 г сухой массы)

Аминокислота	Фон I			Фон II		
	контроль	диален	тордон 101	контроль	диален	тордон 101
Триптофан	31,3	17,2	33,2	17,4	25,8	29,7
Лизин	54,9	47,5	48,2	55,0	60,1	59,3
Гистидин	83,5	49,6	66,9	100,9	80,0	103,5
Аргинин	26,6	32,2	25,3	37,2	34,5	29,2
Аспарагиновая	771,5	479,4	468,6	1043,8	995,7	744,8
Треонин	52,0	44,5	26,0	70,2	31,2	44,5
Серин	279,5	248,6	203,7	484,2	323,7	377,7
Глютаминовая	303,0	199,5	230,4	247,4	221,9	256,0
Пролин	1047,2	1308,4	1681,1	688,0	961,2	1151,2
Глицин	24,0	22,4	17,7	43,7	23,5	16,2
Аланин	116,0	142,9	138,9	161,2	145,8	138,3
Цистеин	57,9	56,5	39,8	119,2	36,2	41,6
Валин	206,1	212,1	206,7	286,6	224,0	207,3
Метионин	4,4	сл.	сл.	сл.	1,8	сл.
Изолейцин	84,5	78,7	66,9	78,5	61,7	61,8
Лейцин	89,4	81,1	71,0	99,1	79,2	63,4
Тирозин	72,0	49,1	50,2	34,6	73,1	50,2
Фенилаланин	203,2	203,5	193,6	158,8	321,6	305,0
γ-аминомасляная	181,0	189,0	156,2	215,4	174,5	167,3

фоне удобрений гербицид оказывал такое же действие на содержание аргинина, гистидина, пролина, аспарагиновой и глютаминовой кислот, как и на более низком фоне, и противоположное — на содержание триптофана, лизина, γ-аминомасляной кислоты и тирозина. Кроме того, значительно изменялась концентрация фенилаланина, треонина, серина, глицина и цистеина.

Тордон 101, так же как и диален, приводил к существенным перегруппировкам в составе свободных аминокислот на обоих фонах удобрений. В результате снижалась концентрация гистидина, аспарагиновой и γ-аминомасляной кислот, треонина, глицина, цистеина, изолейцина и лейцина. При этом значительно возрастало содержание свободного пролина (на обоих фонах), а на фоне II-тирозина и фенилаланина. В действии обоих гербицидов на обменный фонд, несмотря на их существенные структурные различия, отмечалось большое сходство. Это говорит о том, что различные гербициды вызывают у растений сходные изменения в обмене азота, в частности в обмене свободных аминокислот.

В фазу трубкования (табл. 2) разные гербициды оказывали одинаковое действие на содержание свободных лизина, гистидина, аргинина, аспарагиновой, глютаминовой кислот, серина (уменьшение), пролина и лейцина (увеличение). По-разному гербициды действовали на концентрацию цистеина, γ-аминомасляной кислоты, треонина, аланина, валина и фенилаланина. В целом в этот период влияние гербицидов на содержание свободных аминокислот в растениях было более заметным, чем фона удобрений.

В период колошения концентрация свободных аминокислот в растениях значительно понизилась. По-прежнему в наибольших количествах представлены пролин, аспарагиновая, глютаминовая и γ-аминомасляная кислоты, серин и валин (табл. 3). В эту фазу в вариантах с диаленом и тордоном 101 на двух уровнях питания различия с контролем были меньше, чем в конце кущения — трубкование. Вместе с тем несколько усилились различия в действии гербицидов на состав

Содержание свободных аминокислот в вегетативной массе ячменя в фазу трубкования (мг на 100 г сухой массы)

Аминокислота	Фон I			Фон II		
	контроль	диален	тордон 101	контроль	диален	тордон 101
Лизин	32,7	13,8	18,0	24,2	17,1	19,8
Гистидин	13,7	8,0	8,3	13,0	9,7	9,0
Аргинин	35,1	22,4	12,5	22,0	11,1	14,5
Аспарагиновая	318,0	250,7	265,6	466,3	267,7	105,3
Треонин	43,0	46,0	39,6	28,5	27,7	17,2
Серин	77,7	56,6	59,0	63,7	50,5	46,1
Глютаминовая	125,6	99,1	87,8	213,3	188,6	144,9
Пролин	240,4	238,9	260,0	318,0	354,7	343,3
Глицин	17,2	10,3	15,8	9,7	24,6	13,9
Аланин	97,0	83,4	67,8	88,4	96,6	70,1
Цистеин	26,9	23,4	29,2	28,0	36,4	30,4
Валин	109,0	89,6	116,4	59,7	52,5	44,2
Метионин	Сл.	Сл.	0,4	0,4	5,1	Сл.
Изолейцин	42,2	31,7	30,0	32,2	28,8	26,3
Лейцин	65,2	37,7	43,9	32,5	39,1	41,2
Тирозин	1,1	сл.	9,5	9,8	сл.	13,7
Фенилаланин	24,1	16,6	18,9	43,8	44,1	48,5
$\gamma$ -аминомасляная	101,6	72,7	148,8	154,2	129,3	130,0

Примечание. Триптофан во всех вариантах обнаружен в следовых количествах за исключением контроля по фону II — 1,1 мг.

свободных аминокислот. Так, в варианте с диаленом на фоне I содержание лизина, аргинина, аспарагиновой, глютаминовой и  $\gamma$ -аминомасляной кислоты, пролина, аланина, изолейцина, лейцина и валина возросло, а фенилаланина, треонина и метионина снизилось. На фоне II уменьшилось содержание аспарагиновой кислоты, пролина, аланина и цистеина и увеличилось количество гистидина, треонина, метионина и фенилаланина. Концентрация остальных аминокислот в этом варианте практически не изменялась. Тордон 101 на фоне I оказывал противоположное по сравнению с диаленом действие на содержание лизина, аргинина, глютаминовой и  $\gamma$ -аминомасляной кислот, а на фоне II — на гистидин, аспарагиновую, глютаминовую и  $\gamma$ -аминомасляную кислоты, тирозин, валин и аланин (табл. 3).

Концентрация свободных аминокислот в вегетативной массе ячменя к фазе молочной спелости зерна продолжала убывать (табл. 4). В этот период аспарагиновая, глютаминовая и  $\gamma$ -аминомасляная кислоты, а также пролин составили более 65 % суммы аминокислот. В вариантах с гербицидами увеличилось содержание аланина, валина и пролина, а аспарагиновой и глютаминовой кислот — снизилось. Гербициды по-разному влияли на содержание аргинина, серина, тирозина, изолейцина и других. Ошибка определений содержания свободных аминокислот в этот период существенно возросла (до  $\pm 25$  % и более) из-за малых их количеств, что затрудняет оценку достоверности различий по вариантам.

В фазу кушения содержание белков в вегетативной массе ячменя составило на фоне I 12,8 % и на фоне II — 16 % (табл. 5), к молочной спелости зерна — соответственно 2,5 и 2,9 % (табл. 6), или снизилось в 5 и более раз. Гербициды в фазу кушения не влияли на белковость ячменя на фоне I, на фоне II этот показатель существенно снизился — до 11,6—11,9 % (табл. 5).

Аминокислотный состав белков в этот период характеризовался хорошей сбалансированностью — концентрация большинства кислот

4—8 %. Несколько больше по сравнению с другими кислотами в белках содержалось аспарагиновой (9—15 %) и глутаминовой (13—16 %) кислот.

Т а б л и ц а 3

Содержание свободных аминокислот в вегетативной массе ячменя в фазу колошения (мг на 100 г сухой массы)

Аминокислота	Фон I			Фон II		
	контроль	диален	тордон 101	контроль	диален	тордон 101
Лизин	2,3	3,6	1,9	3,6	4,0	5,3
Гистидин	1,6	1,5	1,0	1,9	2,6	1,8
Аргинин	3,7	5,0	2,1	4,9	5,2	7,4
Аспарагиновая	15,7	32,3	18,4	23,4	18,2	24,4
Треонин	2,6	2,2	2,0	1,9	3,9	3,3
Серин	6,6	9,8	8,3	8,1	7,6	10,9
Глутаминовая	6,2	8,8	5,0	11,9	11,3	14,8
Пролин	35,5	44,4	47,4	29,2	19,4	11,7
Глицин	0,5	1,0	0,8	1,6	1,8	1,9
Аланин	3,8	5,5	4,6	8,9	5,9	10,6
Цистеин	2,3	2,2	1,8	5,4	4,4	5,0
Валин	5,1	9,2	5,1	10,6	9,1	11,8
Метионин	0,4	0,2	0,5	сл.	0,4	сл.
Изолейцин	1,2	2,8	1,9	2,1	2,0	3,0
Лейцин	3,5	6,0	5,2	6,9	5,8	5,0
Тирозин	0,7	1,5	0,9	1,7	1,3	2,1
Фенилаланин	2,1	1,1	1,9	1,0	2,9	1,2
γ-аминомасляная	7,3	13,5	6,0	13,4	13,1	17,7

П р и м е ч а н и е. Во всех вариантах триптофан обнаружен в следовых количествах.

Т а б л и ц а 4

Содержание свободных аминокислот в вегетативной массе ячменя в фазу молочной спелости зерна (мг на 100 г сухой массы)

Аминокислота	Фон I			Фон II		
	контроль	диален	тордон 101	контроль	диален	тордон 101
Лизин	2,2	3,1	2,5	2,4	2,2	2,0
Гистидин	0,7	0,9	1,0	0,8	0,9	1,1
Аргинин	2,7	3,3	2,7	2,7	3,1	2,3
Аспарагиновая	12,3	9,6	10,6	12,4	7,1	7,4
Треонин	0,8	0,8	1,3	0,6	1,3	1,5
Серин	2,5	3,1	1,6	2,7	3,4	3,3
Глутаминовая	13,5	10,1	9,1	12,6	9,2	8,2
Пролин	18,6	24,9	26,6	11,5	15,9	12,0
Глицин	0,6	1,0	1,0	1,4	0,9	0,7
Аланин	3,2	4,8	4,6	3,4	4,9	4,5
Цистеин	2,1	3,2	2,9	2,6	3,0	3,8
Валин	3,9	4,4	5,0	3,7	5,6	4,7
Метионин	сл.	0,5	сл.	0,3	0,6	сл.
Изолейцин	2,0	3,3	2,1	1,3	2,2	1,6
Лейцин	3,1	5,8	5,1	2,6	3,1	2,3
Тирозин	0,6	0,8	1,3	1,0	0,7	0,6
Фенилаланин	1,9	2,4	2,3	1,4	2,4	1,8
γ-аминомасляная	10,2	11,3	9,5	12,7	8,0	7,4

П р и м е ч а н и е. Во всех вариантах триптофан обнаружен в следовых количествах.

Таблица 5

**Аминокислотный состав белков вегетативной массы ячменя в фазу кущения  
(% от содержания в белке)**

Аминокислота	Фон I			Фон II		
	контроль	диален	тордон 101	контроль	диален	тордон 101
Лизин	5,1	4,1	4,7	5,3	5,4	4,7
Гистидин	2,0	2,4	2,0	2,5	2,5	2,0
Аргинин	5,0	5,3	4,8	6,3	6,2	4,6
Аспарагиновая	11,7	12,9	14,9	9,1	9,2	11,1
Треонин	5,3	5,3	5,2	5,3	5,4	5,1
Серин	5,3	5,6	4,6	4,7	4,8	4,8
Глютаминовая	15,1	13,5	13,8	14,3	14,5	14,7
Пролин	6,0	5,9	5,8	5,3	5,6	6,3
Глицин	6,3	5,6	5,2	5,9	5,8	6,2
Аланин	7,5	5,5	5,8	7,9	7,8	7,8
Цистеин	2,1	2,0	2,3	2,1	2,2	2,1
Валин	6,1	6,5	7,8	6,9	7,0	6,5
Метионин	1,7	1,9	1,8	1,3	1,5	1,4
Изолейцин	4,8	5,1	5,0	5,5	5,5	4,0
Лейцин	8,0	10,1	11,1	8,9	8,8	9,8
Тирозин	3,8	4,4	3,1	3,9	3,6	3,9
Фенилаланин	6,3	7,0	5,4	6,8	6,6	6,2
<b>Белок, % сухой массы</b>	<b>12,8</b>	<b>12,7</b>	<b>12,9</b>	<b>16,1</b>	<b>11,9</b>	<b>11,6</b>

Применение диалена и тордона 101 на фоне I привело к уменьшению в фазу кущения содержания в белках глицина, аланина, глютаминовой кислоты, лизина и увеличению количества аспарагиновой кислоты и лейцина. На повышенном фоне удобрений гербициды оказывали более слабое действие на аминокислотный состав белков.

В фазу молочной спелости зерна концентрация белков в вегетативной массе растений при внесении диалена и тордона 101 была более высокой (табл. 6). Несколько изменился и аминокислотный состав

Таблица 6

**Аминокислотный состав белков вегетативной массы ячменя  
в фазу молочной спелости (% от содержания в белке)**

Аминокислота	Фон I			Фон II		
	контроль	диален	тордон 101	контроль	диален	тордон 101
Лизин	4,2	4,7	4,4	4,3	5,0	4,9
Гистидин	1,7	2,1	1,6	1,4	2,0	2,1
Аргинин	5,5	6,5	6,0	5,8	6,0	5,6
Аспарагиновая	9,1	8,3	8,6	8,5	8,5	8,7
Треонин	4,7	4,4	4,4	4,5	4,1	5,0
Серин	5,0	4,8	4,4	4,8	3,8	4,2
Глютаминовая	22,0	18,9	19,0	21,6	22,4	20,1
Пролин	8,2	7,5	9,3	9,3	10,1	8,5
Глицин	5,0	4,0	5,3	4,8	3,1	4,2
Аланин	6,0	6,4	6,3	6,6	6,6	6,6
Цистеин	1,2	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3
Валин	6,7	6,0	7,2	6,0	6,4	6,0
Метионин	1,3	1,6	1,1	1,1	1,2	1,7
Изолейцин	4,1	4,3	4,7	4,6	4,4	4,5
Лейцин	8,6	9,9	9,0	8,7	8,7	9,7
Тирозин	3,3	2,8	3,5	2,7	2,4	3,1
Фенилаланин	4,6	5,7	6,8	5,2	5,9	6,2
<b>Белок, % сухой массы</b>	<b>2,5</b>	<b>2,9</b>	<b>2,7</b>	<b>2,9</b>	<b>3,2</b>	<b>3,0</b>

белков. Так, диален на обоих фонах питания вызывал увеличение в белках содержания основных аминокислот (лизина, гистидина, аргинина), а также фенилаланина и снижение концентрации серина. При внесении тордона 101 возрастал уровень фенилаланина и несколько уменьшалось количество серина и глютаминовой кислоты. Изменения в аминокислотном составе суммарных белков вегетативной массы обработанного гербицидами ячменя в фазу молочной спелости зерна в суммарном выражении были значительно меньше, чем в период кушения.

В целом тордон, дикамба и диален в большей мере, чем аминная соль 2,4-Д, изменяли состав и содержание свободных аминокислот и аминокислотный состав суммарных белков. Особенно заметны эти различия на ранних фазах вегетации (кушение — трубкование). Действие гербицидов во многом определялось фоном удобрений. В фазу кушения состав обменного фонда аминокислот в значительной степени зависел от фона удобрений. В периоды трубкования — колосения наиболее резкими были различия между вариантами с гербицидами и контролем. К молочной спелости зерна различия между вариантами с применением гербицидов и фонами удобрений в основном нивелировались.

Как при различных уровнях питания, так и под влиянием применявшихся препаратов наиболее заметно изменялось относительное содержание небольшой группы аминокислот: пролина, аланина, фенилаланина, аргина, аспарагиновой и глютаминовой кислот.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баскаков Ю. А. Новые синтетические регуляторы роста растений и гербициды. — Журн. ВХО им. Д. И. Менделеева, 1978, т. XXIII, № 2, с. 149—159. — 2. 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. — 3. Захаренко В. А. Экономика использования пестицидов в сельском хозяйстве. — Журн. ВХО им. Д. И. Менделеева, 1978, т. XXIII, № 2, с. 143—148. — 4. Костандов Л. А. Возрастающая роль химической промышленности в деле химизации сельского хозяйства СССР. — Химия в с. х., 1977, № 11, с. 6—11. — 5. Ладонин В. Ф. Некоторые вопросы теории и практики применения гербицидов. — Бюлл. ВИУА, 1976, № 30, с. 3—9. — 6. Ладонин В. Ф. К вопросу о механизме и природе действия гербицидов, производных галоидфеноксикислот, на растения. — Бюлл. ВИУА, 1976, № 30, с. 10—21. — 7.

Мельников Н. Н., Тутуркина Н. Н. Синтетические регуляторы роста растений. — Химия в с. х., 1975, № 11, с. 41—49. — 8. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. М.; Колос, 1976. — 9. Ракитин Ю. В., Михайлова Т. П. Особенности детоксикации 2,4-Д у чувствительных и устойчивых растений. — Физиология растений, 1966, т. 13, вып. 1, с. 38—45. — 10. Чкаников Д. И., Соколов М. С. Гербицидное действие 2,4-Д и других галонфеноксикислот. М.: Наука, 1973. — 11. Чкаников Д. И., Макеев А. М., Павлова Н. Н., Назарова Т. А. Остатки 2,4-Д в пшенице и кормовых злаках. — Химия в с. х., 1978, с. 51—54. — 12. Школьникова Е. Я. Влияние различных систем удобрений и аминной соли 2,4-Д на озимую рожь, овес и ячмень. — Автореф. канд. дис. М., 1975. — 13. Hallmen U., Eliasson L. Physiol. plant, 1972, vol. 27, N 2, p. 143—149.

*Статья поступила 10 июля 1979 г.*

#### SUMMARY

In field investigations with spring barley Moscovsky 121 the effect of tordon 101 and dialen on amino acid composition of plants was studied at different nutrition levels.

It is shown that the amount of free amino acids was greatly affected by herbicides. On various fertilizer backgrounds the extent of the effect of herbicides was different. In tillering stage the main part in the variation in free aminoacids composition was played by fertilizer backgrounds. Both with variations in nutrition levels and under the effect of the preparations applied the relative amount of proline, alanine, phenylalanine, arginine, aspartic and glutamic acids varied most appreciably. Certain deviations were also noted in amino acid composition of total proteins of barley vegetative mass.