

УДК 633.11:581.134: [632.954 + 631.811.98

АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ВЕГЕТАТИВНОЙ МАССЫ ПШЕНИЦЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИНТЕТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА

Л. Г. ГРУЗДЕВ

(Кафедра химических средств защиты растений)

В условиях интенсивной химизации растениеводства особое значение приобретает определение «нормы» метаболической реакции растений на те или иные синтетические препараты, обладающие разнообразными регуляторными функциями в отношении растительного организма [10, 16, 19], а также их влияния на качество урожая [17, 22, 23], что важно для теоретического обоснования безопасного их применения.

С 1969 г. нами изучается влияние отдельного и совместного применения некоторых гербицидов типа синтетических регуляторов роста и ретарданта хлорхолинхлорида при различных уровнях питания и некоторых сторонах обмена веществ чувствительных и устойчивых к ним растений и качество урожая [1—4]. Это часть комплексных исследований, проводимых кафедрой химических средств защиты растений Тимирязевской академии, аминокислотным центром ЦИНАО, кафедрой агрохимии Ивановского сельскохозяйственного института. В данном сообщении рассматриваются результаты исследования аминокислотного состава пшеницы в период вегетации при использовании хлорхолинхлорида и гербицида 2,4-Д.

Материалы и методы

Опыты проводили с яровой пшеницей сорта Краснозерная и озимой пшеницей Мироновской 808 в 1975—1977 гг. Яровая пшеница выращивалась в водной культуре, методика описана ранее [1, 2]. В фазу кущения (III этап органогенеза) ее обрабатывали 0,3%-ным раствором хлорхолинхлорида из расчета 2 мг препарата на растение [1, 2] и 0,3%-ной аминной солью 2,4-Д из расчета 1 мг на растение [9]. Пробы надземной массы и корней отбирали в периоды кущения (24, 48 и 72 ч после обработки), трубкования (IV—VI этапы органогенеза), колошения (VII—VIII этапы), цветения (IX этап органогенеза) и фиксировали жидким азотом.

В полевых опытах с озимой пшеницей Мироновской 808 хлорхолинхлорид применяли совместно с гербицидом 2,4-Д при подкормке азотом. Подробно условия и методика экспериментов описаны в одном из наших сообщений [4]. Пробы вегетативной массы отбирали в фазы кущения (48 ч после обработки), трубкования, колошения и молочной спелости зерна.

Химический состав растений анализировали общепринятыми методами [13]. Аминокислотный состав растений определяли на автоанализаторах НД-1200Е, разделяя кислоты на свободные (экстрагируемые водой во фракцию небелкового азота) и связанные в белках. Метод кислотного гидролиза белков изложен в работе [13]. Расчеты и статистическую обработку результатов проводили на ЭВМ «Минск-22» и ЕС-1020 [5]. Повторность анализов 2—3-кратная.

Результаты и их обсуждение

Применение в полевых условиях хлорхолинхлорида отдельно и совместно с 2,4-Д приводило к уменьшению линейного роста пшеницы и не оказывало значительного влияния на накопление вегетативной массы, хотя в период трубкования — колошения в вариантах с ретардантом последний показатель был несколько ниже, чем в контроле (рис. 1).

По мере роста пшеницы снижалось относительное содержание общего азота в вегетативной массе (рис. 2) — от 4—4,3% в фазу кущения до 0,4—0,6% к молочной спелости зерна. В вариантах с ретардантом относительное содержание азота в пшенице в период трубкования — колошения было несколько ниже, чем в контроле, а при совместном применении его с 2,4-Д выше практически до конца вегетации. В результате обработки растений хлорхолинхлоридом темпы накопления белка снижались, что и определило меньшее абсолютное количество его в фазы кущения и трубкования (рис. 1). Вместе с тем к полной спелости зерна в соломе в варианте с ретардантом содержалось на 15—25 отн. % азота больше, чем в контроле. Совместное применение хлорхолинхлорида и 2,4-Д стимулировало накопление белков пшеницей от конца кущения до конца трубкования.

Изменения в общем содержании азота и белков в вегетативной массе пшеницы в процессе роста и развития, а также при использовании гербицидов обусловлены существенными изменениями в содержании отдельных групп азотных соединений. Так, относительное содержание суммы свободных аминокислот снижалось от 2000 мг% в фазу кущения до 600—700 мг% к молочной спелости зерна, хотя и наблюдался промежуточный пик в фазу колошения (рис. 3), что связано с активным синтезом аминокислот в этот период. В результате применения ретарданта относительное содержание свободных аминокислот уже через 48 ч после обработки значительно уменьшалось (рис. 3). В дальнейшем такое действие препарата в основном нивелировалось, и опытные растения существенно не отличались от контрольных. Совместное применение гербицида и ретарданта компенсировало действие последнего в первый период после обработки (кущение), и сказывалось на динамике суммарного содержания аминокислот в периоды трубкования и колошения (соответственно выше и ниже контроля). В молочную спелость зерна суммарное количество свободных аминокислот в вегетативной массе растений, обработанных ретардантом, было более высоким.

Анализируя данные о содержании отдельных компонентов обменного фонда аминокислот, можно отметить следующее (табл. 1). Их состав в вегетативной массе пшеницы характеризовался высоким содержанием аспарагиновой, глутаминовой, γ -аминомасляной кислот и пролина. В течение вегетации количество их сокращается в 3—6 раз, что отмечалось и в отношении общей суммы.

Применение одного хлорхолинхлорида и в смеси с 2,4-Д вызывало значительные изменения в содержании отдельных свободных аминокис-

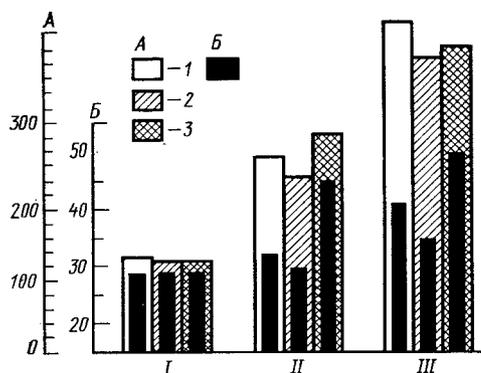


Рис. 1. Динамика накопления вегетативной массы (А) и белка (Б) пшеницей Мироновской 808 (г на 100 сухих растительных частей).

I — кущение; II — трубкование; III — колошение; 1 — контроль; 2 — хлорхолинхлорид; 3 — хлорхолинхлорид+2,4-Д.

лот (табл. 1). Через 48 ч после обработки в опытных растениях резко увеличивалось количество триптофана, аланина, серина и аспарагиновой кислоты и снижалось содержание треонина, валина, фенилаланина, тирозина, изолейцина, лейцина, суммы амидов и у-аминомасляной кислоты. В вариантах с одним ретардантом эти изменения были более заметными, чем при совместном применении хлорхолинхлорида и 2,4-Д т. е. гербицид в какой-то мере ослаблял его влияние на обмен свободных аминокислот. К фазе трубкования растения, обработанные хлорхо-

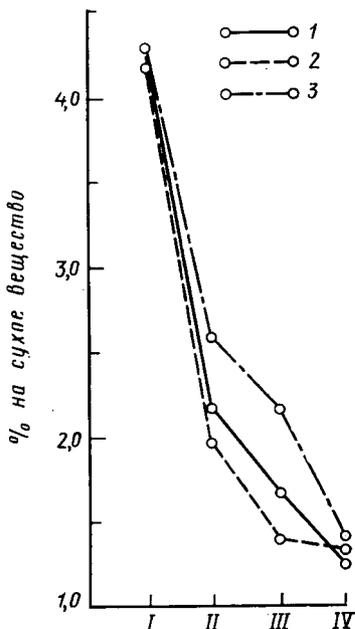


Рис. 2. Динамика относительного содержания общего азота в вегетативной массе пшеницы Мионовской 808.

IV — молочная спелость; остальные обозначения те же, что на рис. 1.

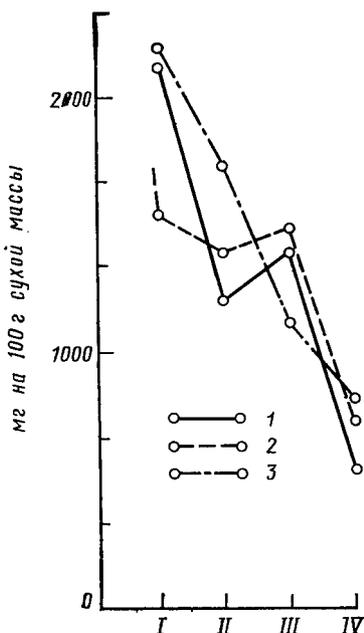


Рис. 3. Динамика содержания свободных аминокислот в вегетативной массе пшеницы Мионовской 808.

Обозначения те же, что на рис. 1.

линхлоридом, отличались пониженным содержанием триптофана в обменном фонде аминокислот и более высоким — аспарагиновой и глютаминовой кислот, серина и глицина, а при совместном применении препаратов — еще и аргинина, аланина, валина, изолейцина и γ -аминомасляной кислоты.

Таким образом, если в период кущения через двое суток после обработки большие изменения в обмене свободных аминокислот наблюдались у растений в вариантах с ретардантом, то к периоду трубкования — колосшение — при использовании смеси препаратов.

В работе В. Е. Кожемячко [8] отмечалось, что обработка проростков пшеницы 2,4-Д вызвала наиболее значительные изменения в синтезе свободных аминокислот, непосредственно связанных с циклом Кребса и углеводным обменом, особенно аспарагина. По нашим данным [9], через 24—48 ч после опрыскивания пшеницы 2,4-Д в ней возросло содержание аспарагиновой кислоты (+ аспарагина). Совместное применение гербицида и хлорхолинхлорида приводило к снижению относительного содержания суммы амидов в первый период после обработки, хотя оно было не столь значительным, как при обработке одним ретардантом. Аналогичная картина прослеживалась в отношении абсолютного накопления аминокислот семейств аспартата (рис. 4) и глю-

Динамика содержания свободных аминокислот в вегетативной массе пшеницы Мироновской 808 (мг на 100 г сухой массы)

Аминокислота	Кущение			Трубкавание			Молочная спелость		
	конт-роль	ССС	ССС+2,4-Д	конт-роль	ССС	ССС+2,4-Д	конт-роль	ССС	ССС+2,4-Д
Триптофан	8,7	33,8	38,2	28,4	15,8	18,6	2,7	4,4	7,5
Лизин	36,1	27,9	37,4	22,3	17,9	27,6	17,3	18,5	20,4
Гистидин	18,1	4,0	12,3	12,0	12,3	17,4	14,8	5,1	7,6
Аргинин	45,1	27,7	41,8	19,9	19,8	32,7	19,5	23,5	22,4
Аспарагиновая	130,0	243,8	260,9	67,5	72,2	90,6	34,7	66,9	36,9
Треонин	39,5	18,7	19,6	15,5	15,8	13,8	6,4	9,4	8,8
Серин	48,1	63,3	78,8	52,8	67,4	88,2	27,6	49,4	28,6
Глютаминовая	137,0	117,3	125,5	58,0	58,9	70,8	35,0	47,4	37,1
Пролин	640,3	306,6	593,7	505,8	556,2	688,1	161,7	150,1	210,8
Глицин	28,6	41,1	41,4	6,9	8,4	10,4	4,6	6,7	7,3
Аланин	74,8	82,0	84,8	35,6	34,0	43,3	21,1	21,3	25,0
Валин	115,6	61,1	78,9	68,4	66,9	83,6	52,2	29,6	29,9
Изолейцин	54,7	25,2	32,8	32,5	32,5	41,0	6,1	9,7	10,6
Лейцин	80,9	48,1	51,6	56,9	52,2	69,7	25,6	23,1	29,4
Тирозин	8,7	4,3	5,2	17,3	17,2	20,8	11,2	11,2	10,0
Фенилаланин	90,4	38,8	65,2	38,0	44,0	45,6	14,0	15,6	16,0
γ-аминомасляная	184,0	135,4	145,4	75,3	73,5	108,7	38,6	44,9	54,5
Амиды	650,9	258,1	474,0	143,3	234,8	301,5	37,2	74,4	73,2
Сумма	2391	1259	2167	1198	1404	1772	530	611	636

Примечание. Цистеин и метионин обнаружены в следовых количествах.

тамата (рис. 5). Динамика увеличения количества аминокислот группы аспартата в дальнейшие периоды роста зависела от применяемого препарата (рис. 4). От конца кушения до трубкавания растения, обработанные смесью препаратов, интенсивнее накапливали аминокислоты этого семейства, чем контрольные. От трубкавания до колошения наиболее высокими темпами прироста аминокислот группы аспартата характеризовались растения в вариантах с хлорхолинхлоридом, а в соломе их содержалось в 2—2,3 раза больше, чем в соломе других вариантов (контроль и смесь).

Динамика количества аминокислот глютаминовой группы в целом аналогична динамике содержания аминокислот семейства аспартата (рис. 5), однако в пшенице, обработанной смесью хлорхолинхлорида и 2,4-Д, необычайно высокими темпами накапливались кислоты этой группы в период кушение — трубкавание. В дальнейшем содержание аминокислот семейства глютамата в свободном состоянии в этом варианте заметно снижалось, что связано, вероятно, с активностью синтетических процессов. К фазе молочной спелости зерна различия между вариантами по суммарному количеству кислот этого семейства были весьма незначительными.

Аминокислоты семейств ас-

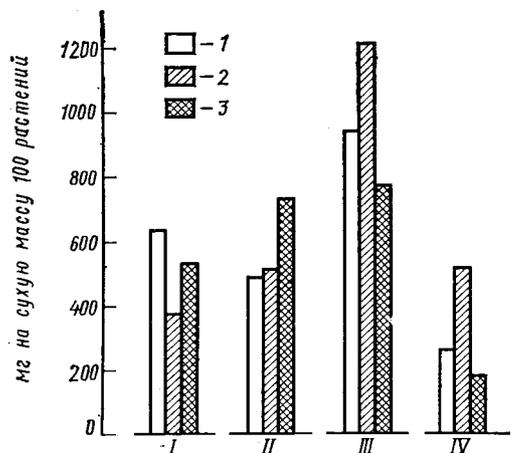


Рис. 4. Динамика накопления свободных аминокислот семейства аспартата вегетативной массой пшеницы Мироновской 808.

Обозначения те же, что на рис. 1.

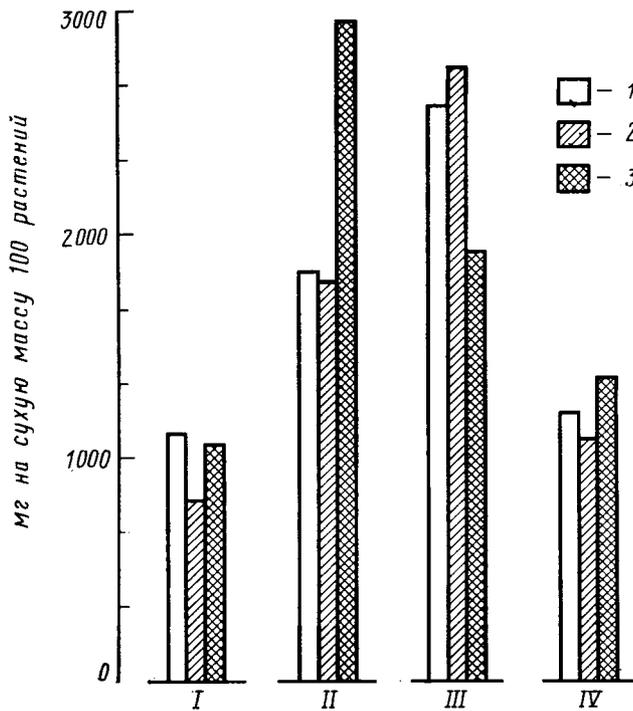


Рис. 5. Динамика накопления свободных аминокислот семейства глутамата вегетативной массой пшеницы Мироновской 808. Обозначения те же, что на рис 1

партата и глутамата играют весьма важную роль в метаболизме азотных соединений растений, являясь обязательными компонентами белка, предшественниками ряда биологически важных соединений. В свободном состоянии они отличаются определенной физиологической активностью и выполняют регуляторные функции во многих процессах, в том числе в реакциях собственного синтеза [23]. Отсюда понятен большой интерес исследователей, работающих с различными синтетическими регуляторами роста, к этой стороне общего метаболизма растения.

Как правило, поступление гербицидов в растение сопровождается чрезвычайно резким изменением баланса свободных аминокислот, причем в первые трое суток эти изменения примерно одинаковы у чувствительных и устойчивых культур. Можно отметить некоторые общие закономерности для тех и других. Так, применение 2,4-Д, 2М-4Х и дикамбы вызвало первоначальное довольно резкое увеличение в целом содержания свободных аспарагиновой кислоты, аспарагина, аланина и серина у гороха [11] и пшеницы [9, 18]. То же наблюдалось и в описываемом опыте при обработке хлорхолинхлоридом и его смесью с 2,4-Д (табл. 1). Вместе с тем, если у чувствительных растений изменения количества свободных аминокислот усиливаются вплоть до гибели организма, практически не сказываясь на аминокислотном составе суммарных белков [11], то у устойчивых растений различия с контролем по обменному фонду кислот постепенно нивелируются, но этот процесс идет одновременно с изменением аминокислотного состава белков [1]. Важно подчеркнуть, что величина отклонений в содержании отдельных аминокислот в суммарных белках вегетативной массы разных зерновых культур и в разных условиях опыта существенно колеблется. Так, изменения содержания отдельных компонентов (лизин, аргинин, фенилаланин, аспарагиновая, лейцин и др.) в белках вегетативной массы пшеницы Мироновской 808 (табл. 2) под влиянием ретарданта и его смеси с гербицидом, наблюдаемые на различных этапах роста, в целом были существенно меньше, чем у яровой пшеницы [1, 2].

В литературе имеются данные о взаимосвязи устойчивости различных сортов растений к гербицидам с особенностями обмена азота [1, 4, 12]. Так, отмечается [12], что у более чувствительных сортов пшеницы и ячменя происходят более глубокие изменения в содержании общего азота, а в отдельных случаях нарушается соотношение азотистых веществ. В то же время исследования показали [11], что гибель чувствительного к гербициду растения (горох) не связана с серьезными нарушениями аминокислотного состава суммарных белков.

Обработка яровой пшеницы сорта Краснозерная хлорхолинхлоридом тормозила рост растений, высота которых в опытных вариантах была на 15—17% меньше, чем в контроле, а длина корней — на 22—30% больше. Изменения в биохимическом составе растений, как и в полевых условиях у озимой пшеницы, обнаруживались уже через 2—3 суток после применения ретарданта. В первые два дня после обработки относительное содержание всех форм азота (общего, белкового и небелкового) в надземной вегетативной массе и корнях опытных растений было существенно ниже, чем в контроле [1, 2]. Поступивший в растения хлорхолинхлорид первоначально тормозил включение ^{15}N во все фракции белков вегетативной массы, а по истечении 2—3 суток активировал этот процесс. Ретардант оказывал влияние на фракционный состав белков, а также на содержание целого ряда свободных аминокислот [1].

У пшеницы Краснозерной через сутки после обработки 2,4-Д замедлялся синтез белка (включение ^{15}N) и возрастал уровень свободных аминокислот. В корнях синтез белка и содержание свободных аминокислот несколько повышались, т. е. в обработанных растениях притормаживался отток свободных аминокислот из корней в надземную часть. По прошествии нескольких суток различия между вариантами сглаживались и ^{15}N включался в белки надземной массы обработанных растений даже более интенсивно. В работе [15] отмечается, что гербицид 2М-4Х тормозит поступление ^{15}N в растения пшеницы. Аналогичное дей-

Т а б л и ц а 2

Аминокислотный состав белков вегетативной массы пшеницы Мироновской 808

Аминокислота	Кущение			Трубкавание			Молочная спелость		
	конт-роль	ССС	ССС+2,4-Д	конт-роль	ССС	ССС+2,4-Д	конт-роль	ССС	ССС+2,4-Д
В г на 100 г белка									
Лизин	5,4	5,1	5,3	6,3	5,4	6,1	5,6	5,5	5,0
Гистидин	2,3	2,2	2,3	2,7	2,2	2,6	2,2	2,5	2,2
Аргинин	7,0	6,3	6,8	7,1	5,9	6,5	5,7	6,0	5,6
Аспарагиновая	8,6	9,2	8,9	10,0	10,1	9,8	9,2	8,8	8,5
Треонин	5,8	6,1	6,1	5,4	5,3	5,2	4,7	4,6	4,8
Серин	5,0	5,5	5,1	4,6	4,4	4,5	4,6	4,8	4,6
Глютаминовая	13,2	13,2	13,2	13,9	13,7	13,6	18,0	18,2	18,8
Пролин	7,4	7,8	7,5	7,8	7,4	7,0	8,3	8,7	7,5
Глицин	5,9	5,8	5,9	6,4	6,3	6,4	6,1	6,0	5,7
Аланин	4,3	4,2	4,3	4,0	4,7	4,7	4,3	4,1	3,6
Валин	6,9	6,7	6,7	7,4	7,3	7,5	7,1	6,7	6,9
Метионин	1,7	1,8	1,8	1,2	1,4	1,0	0,9	0,9	0,9
Изолейцин	5,5	5,8	5,7	5,1	4,8	4,9	4,5	4,4	4,2
Лейцин	9,8	9,3	9,7	8,9	10,6	10,3	9,8	9,5	10,3
Тирозин	4,2	4,1	4,3	3,7	3,6	3,6	2,8	3,1	3,7
Фенилаланин	7,0	7,0	7,1	6,9	6,9	6,7	6,0	5,9	6,4
В % к сухой массе									
Белок	16,3	18,3	17,7	10,6	9,3	13,1	2,8	4,3	4,3

П р и м е ч а н и е. Цистеин обнаружен в следовых количествах.

ствии на включение изотопа азота в белки вегетативной массы и корней пшеницы оказывала аминная соль 2,4-Д в наших опытах.

Не наблюдалось различий в характере первоначального воздействия хлорхолинхлорида и 2,4-Д на метаболизм азотных веществ растений в первый период после обработки, т. е. через 2—3 суток (рис. 6). В дальнейшем (трубкование — колошение) действие гербицида практически полностью нивелировалось, а ретардант устойчиво активировал обновление азота белков многих фракций, что связано, вероятно, с существенным изменением габитуса обработанного растения. Не отмечалось различий в действии 2,4-Д и хлорхолинхлорида и на содержание аминокислот семейства глутамата. Увеличение количества γ -аминоасляной кислоты, гистидина, аргинина и пролина было наибольшим в первые дни после обработки пшеницы препаратами и соответственно уменьшилось содержание глутаминовой кислоты и глутамина. Известно, что глутаминовая кислота и ее амид у злаковых растений играют основную роль в процессах вовлечения неорганического азота в обмен и его транспорта [7]. Возможно, поступление препаратов в пшеницу первоначально вызывает ингибирование реакций аминирования α -кетоглutarовой кислоты и амидирования глутаминовой или каких-то предшествующих реакций, в то же время синтез аминокислот, связанных с глутаминовой кислотой, проходит либо без изменений, либо несколько понижается.

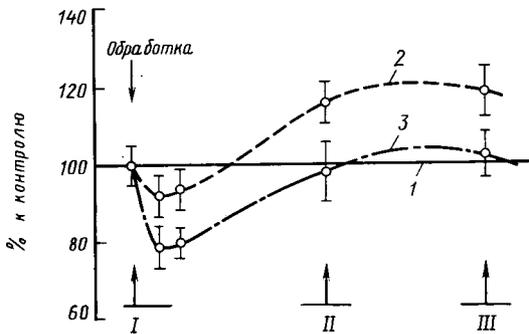


Рис. 6. Интенсивность включения ^{15}N в белки вегетативной массы пшеницы Краснoзерной. 1 — контроль; 2 — обработка хлорхолинхлоридом; 3 — 2,4-Д; остальные обозначения те же, что на рис. 1.

Л. А. Клеппер [20] в серии исследований показал, что у чувствительных растений гербициды ингибируют процесс редукции нитрата в аммиак. При этом интенсивность редукции нитрата в нитрит не снижается, в результате накапливается значительное количество нитрата, являющегося сильнотоксичным агентом, и растение погибает. Известно [7], что восстановление нитратов до аммиачной формы представляет собой сложный многоступенчатый процесс. На первом этапе нитраты под действием нитратредуктазы восстанавливаются до нитритов. На следующем этапе нитрит восстанавливается до гипонитрита. Затем к молекуле гипонитрита присоединяются еще два атома водорода и образуется гидроксилламин. На завершающем этапе гидроксилламин, реагируя с пиридоксальфосфатом, образует оксим; последний, оставаясь присоединенным к молекуле кофермента, восстанавливается до аминоксигруппы. После образования пиридоксаминофосфата аминоксигруппа переносится на α -кетокислоту (рис. 7). В злаковых растениях, как уже отмечалось, основная роль акцептора аминоксигруппы принадлежит α -кетоглutarовой кислоте. Таким образом, полученные нами данные о динамике содержания глутаминовой кислоты, глутамина и аминокислот их группы могут, хотя и косвенно, подтверждать гипотезу Клеппера. У устойчивых злаковых растений поступление гербицида, вероятно, вызывает такое же действие на ферментные системы редукции нитратов, как и у чувствительных растений, но оперативное связывание гербицида белками и некоторыми свободными аминокислотами [14] и удаление его за

счет этого из метаболической сферы позволяют в течение очень короткого времени восстановить нормальное функционирование названных систем.

По нашему мнению, гипотеза Клеппера объясняет лишь одну из сторон множественного действия гербицидов на метаболизм растения. Так, отдельные косвенные данные, полученные в наших опытах, позволяют высказать предположение о возможном кратковременном нарушении у устойчивых к гербицидам растений процесса образования оксима пиридоксальфосфата (рис. 7). При этом у устойчивой культуры часть

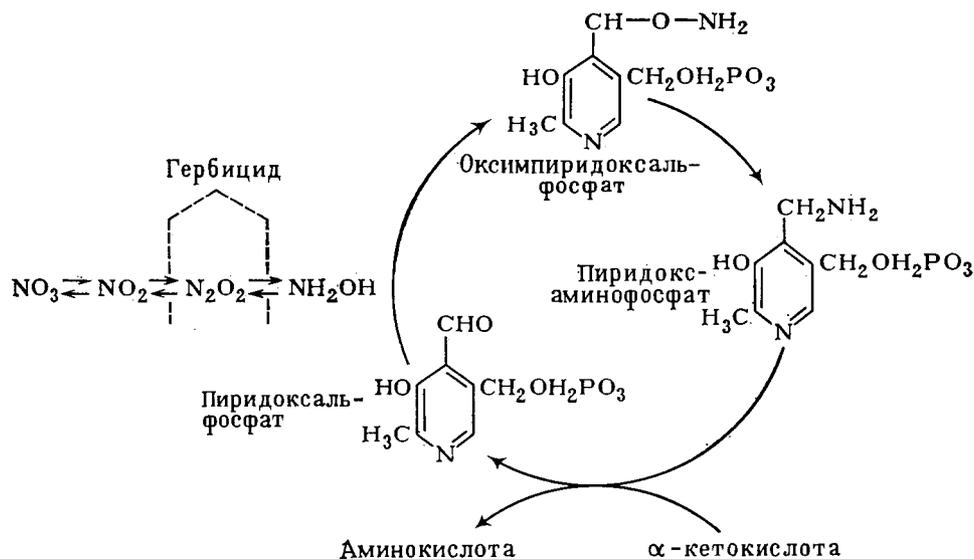


Рис. 7. Схема редукции нитратов и включения аммиачного азота в синтез аминокислот. Пунктиром обозначены этапы возможного ингибирования ферментов гербицидом по [20].

аммиака может связываться непосредственно в процессах аминирования α -кетокислот, но у чувствительных растений при недостаточной пропускной способности этих реакций возможно не только нитритное, но и аммиачное отравление.

В отношении метаболической активности хлорхолинхлорида имеется две противоположные точки зрения. Некоторые авторы [по 6] утверждают, что хлорхолинхлорид чрезвычайно медленно разлагается в растении и выводится из него преимущественно через корневую систему. Такая точка зрения вряд ли основывается на химическом строении молекулы ретарданта, имеющего целый ряд близких эндогенных аналогов: холин, холиновый эфир серной кислоты, фосфорилхолин, бетаин, ацетилхолин и целый ряд других, играющих важнейшую роль в поддержании нормальных функций цитоплазмы злаковых растений и в процессах энергообмена. Ряд исследователей [21, 24] придерживаются мнения, согласно которому возможно метаболическое разложение молекул ретарданта в растении. Опыты Юнга с соавторами [по 6] показали, что хлорхолинхлорид полностью разлагается в пшенице через 2,5 недели после обработки (в дозе 1,5 кг/га), а экстракты листьев этих растений содержат энзиматическую систему, разлагающую ретардант до холинхлорида. По нашему мнению [1], что также отмечается и в литературе [6], метаболитами ретарданта в злаковых растениях могут быть и некоторые аминокислоты, например серин и глицин (рис. 8). В специально поставленном в 1976 г. микрополевым опыте с пшеницей Миронов-

ской 808 (табл. 3, рис. 8) было показано, что в течение 30—36 ч после ее обработки хлорхолинхлоридом повышалось содержание как серина, так и глицина, причем вначале более активно возрастал уровень глицина. Суммарное содержание этих аминокислот было значительно выше контроля, и эти различия возрастали вплоть до фазы трубкования и в основном за счет серина. Приведенные данные косвенно подтверждают

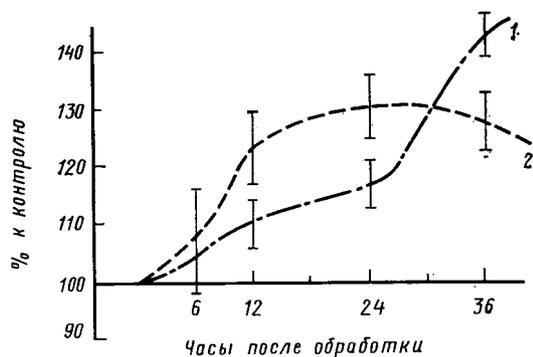


Рис. 8. Динамика содержания глицина (2) и серина (1) в вегетативной массе пшеницы Мироновской 808, обработанной хлорхолинхлоридом.

точку зрения о превращении хлорхолинхлорида в некоторые аминокислоты через компоненты холинового цикла (рис. 9), такие как бетаиновый альдегид, бетаин, метил- и диметилглицин [6]. Лишь проведение опытов с ретардантом, меченым по углероду и азоту, может внести полную ясность в эту картину.

Т а б л и ц а 3

Содержание свободных глицина и серина в вегетативной массе пшеницы Мироновской 808 (мг на 100 г сухой массы)

Аминокислота	Время после обработки, ч							
	6		12		24		36	
	контроль	ССС	контроль	ССС	контроль	ССС	контроль	ССС
Глицин	53,0	57,8	42,5	51,4	41,0	52,8	36,5	46,4
Серин	91,5	96,1	80,7	88,7	78,5	90,3	65,4	92,9
Сумма	144,5	153,9	123,2	140,1	119,5	143,1	101,9	139,3

Анализ литературных данных позволяет заключить, что в растительном организме вероятнее всего происходят как процессы разложения ретарданта, так и выведения его из корневой системы. Очевидно, степень влияния хлорхолинхлорида на ростовые процессы различных злаков зависит от соотношения скорости его поступления, метаболического разложения и выделения из корней.

Таким образом, применение синтетических регуляторов роста (хлорхолинхлорида и некоторых гербицидов) приводит к значительным изменениям в азотном обмене зерновых культур, особенно в обмене свободных аминокислот. Отмеченные изменения в обмене веществ и характере роста и развития растений свидетельствуют о возможности достаточно широкого варьирования содержания различных фракций азотсодержащих соединений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Груздев Л. Г. Обмен азотистых веществ и качество урожая зерновых злаковых культур при применении хлорхолинхлорида и гербицидов. Авто-

реф. канд. дис. М., ТСХА, 1974. —
2. Груздев Л. Г., Крищенко В. П. Обмен азотистых веществ в растениях пшеницы, обработанных хлорхолинхло-

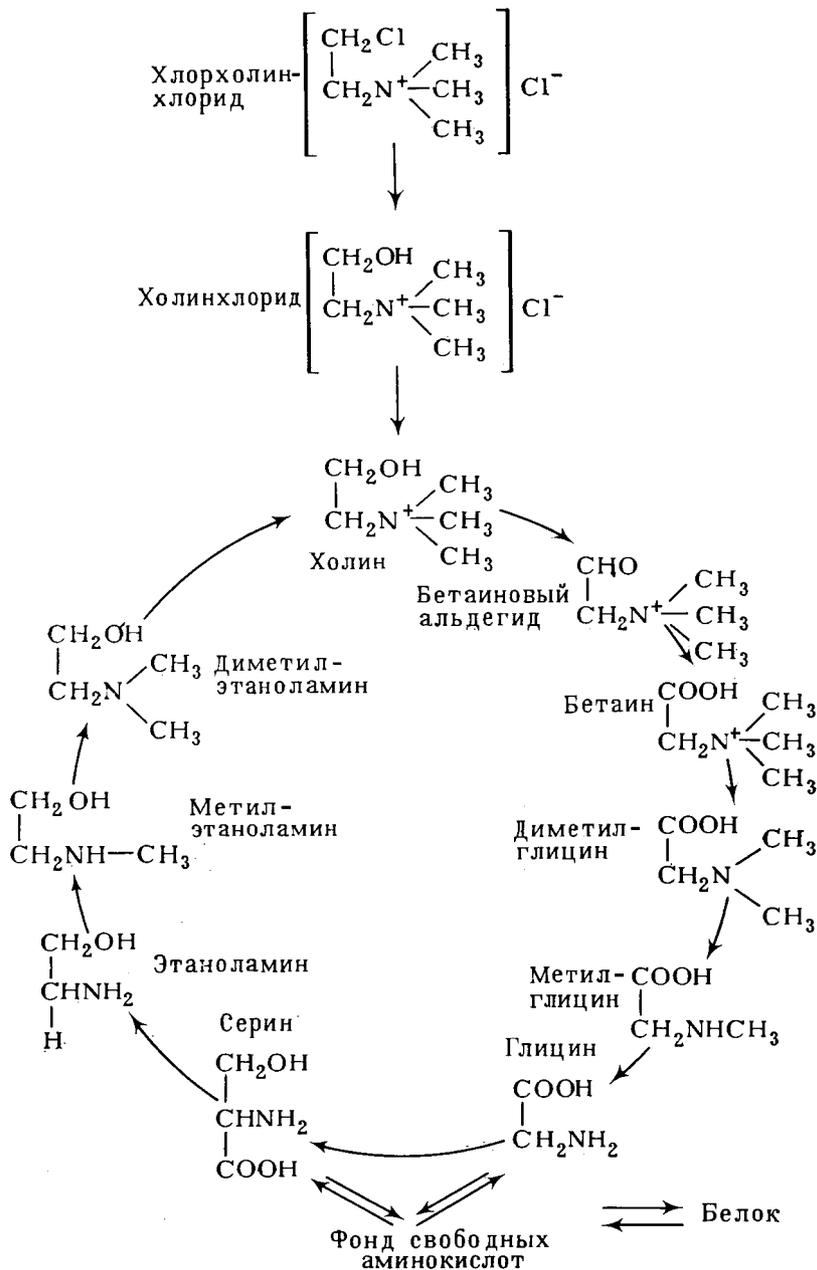


Рис. 9. Метаболическая утилизация хлорхолинхлорида через холиновый цикл (схема).

ридом. «Физиология растений», 1975, т. 22, № 1, с. 181—187. — 3. Груздев Л. Г., Ненайденко Г. Н. Химическая обработка и подкормка посевов озимой пшеницы в Центральном районе Нечерноземья РСФСР. «Бюл. ВИУА», № 31, с. 81—86. — 4. Груздев Л. Г. и др. Действие совместного применения синтетических регуляторов роста и удобрений на азотистый обмен, величину и качество урожая пшеницы. «Сиб. вестн. с.-х. науки», 1976,

вып. 5, с. 20—27. — 5. Груздев Л. Г. и др. Применение ЭВМ для расчетов аминокислотного состава растений и кормов. «Химия в сельском хозяйстве», 1978, № 7, с. 66—69. — 6. Задонцев А. И., Пикуш Г. Р., Гринченко А. Л. Хлорхолинхлорид в растениеводстве. М., «Колос», 1973. — 7. Иост Х. Физиология клетки. М., «Мир», 1975. — 8. Кожемякин В. Е. Влияние гербицида 2,4-Д на содержание свободных аминокислот и амидов в

проростках пшеницы. Тр. Саратов. с.-х. ин-та, 1969, т. 15, № 1, с. 169—172. — 9. Крищенко В. П., Ковач И., Груздев Л. Г. Обмен белков и аминокислот пшеницы при применении 2,4-Д. «Агрехимия», 1973, № 3, с. 113—121. — 10. Ладонин В. Ф. Некоторые вопросы теории и практики применения гербицидов. «Бюл. ВИУА», 1976, № 30, с. 3—9. — 11. Ладонин В. Ф. и др. Влияние 2,4-Д и смеси банвела-д с 2,4-Д на некоторые стороны азотистого обмена растений гороха. «Агрехимия», 1976, № 12, с. 94—101. — 12. 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. — 13. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. М., «Кодос», 1976. — 14. Чкаников Д. И., Соколов М. С. Гербицидное действие 2,4-Д и

других галоидфеноксикислот. М., «Наука», 1973. — 15. Dahlhem H., Winkler E., Hübner G. "Biochem. und Physiol. Pflanz.", 1976, Bd 169, N 6, S. 573—582.—16. Giovanardi R. "Riv. Agron.", 1975, vol. 9, N 1, p. 35—42.—17. Hassan H. M. e. a. "Zeitchr. Acker- und Pflanzenbau". 1975, Bd 141, N 1, S. 55—70.—18. Jung K., Blohm D. "Biol. Zbl.", 1974, Bd 93, N 5, S. 571—574.—19. Kees H. "Bayer Landw. Jb.", 1973, Bd 50, N 5; S. 536—546.—20. Klepper L. A. "Weed Sci.", 1975, vol. 23, N 3, p. 100.—21. Linser H., Bohring J. "Zeitchr. Acker- und Pflanzenbau", 1968, Bd 127, N 2, S. 50.—22. Majerné Kiss T. Agrartudom. Egyc. Közl., Gödöllő, 1974, p. 211—227.—23. Milfin B. J., Biosynthesis and Contr. Plants. Pros. Symp., Sittinbourn. L.—N.-Y., 1973, p. 49—68.—24. Tanaka K., Tolbert N. E. "Plant Physiol.", 1966, vol. 41, N 2, p. 50.

Статья поступила 27 июня 1977 г.

SUMMARY

The effect of chlorcholinechloride and amino salt 2,4-D, as well as that of their combination, on the exchange of free amino acids and amino acid composition of the proteins of vegetative mass of Krasnozjornaja spring wheat and Mironovskaja 808 winter wheat was studied.

It has been shown that due to application of the compounds the content of free amino acids changed essentially in 24 hours after spraying the plants. The retardant and the herbicide produced similar effect on the content of amino acids of the glutamate family and on the intensity of ^{15}N inclusion into the vegetative mass proteins. The effect of chlorcholinechloride on the whole was more significant and prolonged than that of the herbicide. The possibility to transform chlorcholinechloride in grasses into amino acids (serine and glycine) by means of choline cycle has been discussed. The above mentioned changes in the metabolism and the dynamics of plant growth and development show that under the application of the substances (chlorcholinechloride and 2,4-D) rather wide variations in the content of different fractions of nitrogenous components and successful physiological homeostasis of plant organism are possible.