

УДК 633.16:[631.811+632.954+581.133.1

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И АЗОТНЫЙ ОБМЕН У ЯЧМЕНЯ ПРИ РАЗНЫХ НОРМАХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ОБРАБОТКЕ ПОСЕВОВ ГЕРБИЦИДАМИ

Л. Г. ГРУЗДЕВ, Ю. М. МИРЕНКОВ, Г. С. ГРУЗДЕВ
(Кафедра химических средств защиты растений)

Одним из немаловажных факторов, снижающих эффективность применения минеральных удобрений в сельскохозяйственном производстве, является засоренность полей. Сорняки значительно полнее, чем культурные растения, используют питательные вещества, вносимые с удобрениями, при этом коэффициент их полезного использования культурой снижается в 1,5—2 и более раза [2—3, 5, 11, 19, 21, 36]. В нашей стране потери от сорняков в растениеводстве, по подсчетам В. А. Захаренко [14], за год в среднем составляют 3 млрд. руб. Мировые затраты на мероприятия по борьбе с сорняками достигают трети всех расходов по выращиванию сельскохозяйственных культур [5, 18, 32]. В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства особое значение приобретают изучение эффективности гербицидов, ретардантов и других средств «малой» химии при повышенных нормах минерального питания, определение правильных соотношений различных химических средств в общей технологической системе растениеводства [7, 18, 23, 26].

Исследования показали, что гербициды в большей мере подавляли сорную растительность по фону удобрений, определяя более высокую их эффективность [6, 18, 31 и др.]. При этом, как правило, повышалась устойчивость культуры [18, 25]. Гербициды влияли на активность микрофлоры в почве и усиливали поступление питательных элементов в растения [1, 5, 16, 25], повышали общую эффективность химизации [18, 19, 21, 26, 31].

Нами в 1972—1982 гг. изучались химический состав, азотный обмен в вегетативной массе и зерне, урожай ярового ячменя сорта Московский 121 и его качество при разных уровнях питания и применении широко распространенных и некоторых перспективных гербицидов [6, 8, 25]. В данном сообщении приведены некоторые итоги исследования воздействия совместного использования в посевах ячменя минеральных удобрений и гербицидов.

Материал и методы исследований

Работа проводилась в учхозе ТСХА «Дубки» Рузского района Московской области в 1972—1974 гг. и на селекционно-генетической станции им. П. А. Лисицина в 1975—1977 гг. Подробно агрохимические характеристики почв, методы закладки, проведения опытов и учетов описаны ранее [6, 8, 25].

Использовались 3 уровня питания: без минеральных удобрений; 1 НРК (в расчете на планируемый урожай 30 ц/га) и 2 НРК (на урожай 60 ц/га). Посевы ячменя обрабатывали гербицидами 2,4-Д (1 кг д. в. на

1 га), банвелом-Д (0,1), тордоном 22К (0,05), тордоном 101 (0,5), диаленом (0,9; 1,2), диаметом-Д (0,9; 1,1). Биометрические исследования и химические анализы проводили на кафедре химических средств защиты растений ТСХА и в ЦИНАО. Методы анализов общеприняты [28]. При определении аминокислотного состава растений на автоанализаторе применяли методики, приведенные в [10]. Расчеты и статистическую обработку результатов вели с помощью ЭВМ [9]. Повторность всех определений и анализов 2—4-кратная.

Результаты и их обсуждение

В результате применения 2,4-Д, диалена, диамета-Д и тордона 101 по обоим фонам питания увеличивалось накопление сырой массы ячме-

Динамика содержания остаточных количеств гербицидов в ячмене
в процессе вегетации (мг/кг)

Фаза развития растений	Без удобрений		1НРК		2НРК	
	2,4-Д	банвел-Д	2,4-Д	банвел-Д	2,4-Д	банвел-Д
Кущение	18,3	6,0	15,6	5,0	14,0	5,0
Трубкавание	13,0	2,0	1,5	0,1	0,5	0
Колошение	0,5	0	0,1	0	0,1	0

Пр и м е ч а н и е. В фазу полной спелости соломы и зерна остаточных количеств гербицидов в растениях не обнаружено.

ня к фазе колошения. Банвел-Д практически не влиял на этот показатель, а тордон 22К несколько подавлял рост ячменя [6, 25]. Аналогичным было влияние гербицидов на накопление сухой надземной массы ячменя [6, 25]. Некоторое кратковременное угнетающее действие на ее накопление оказывали банвел-Д и диален на фоне 1НРК. Внесение этих гербицидов по фону 2НРК не сказывалось отрицательно на накоплении сухой массы, а банвел-Д даже стимулировал ее прирост. Токсическое действие тордона 22К усиливалось в процессе вегетации растений и к фазе восковой спелости зерна в вариантах 1НРК и 2НРК накопление сухой массы снизилось до 16—20 %. Стимулирующее действие некоторых гербицидов на накопление массы зерновых культур исследователи [2, 15, 22 и др.] объясняют интенсификацией поступления в растения минеральных элементов вследствие ослабления или снятия конкуренции сорняков, т. е. улучшением условий питания. В то же время в какой-то мере улучшение питания может быть связано и с более быстрым поступлением гербицидов в растения в удобренных вариантах. Поскольку улучшение режима питания активизирует все обменные процессы в растениях, следует ожидать, что в этом случае будет происходить более быстрое исключение инородных молекул (в частности, гербицидов) из метаболической сферы. Действительно, в литературе имеются данные, подтверждающие это положение [15, 23, 31 и др.]. Так, В. Ф. Ладонин [18] указывает, что оптимизация питания культурных растений сопровождалась более интенсивной деструкцией гербицидов или их необратимым связыванием в комплексы, сорные же растения становились более чувствительными к применявшимся препаратам.

Предположение о более быстрой детоксикации препаратов при улучшении условий питания полностью подтвердилось результатами определений остаточных количеств 2,4-Д и банвела-Д в ячмене, проведенных нами методом газофидкостной хроматографии (табл. 1).

Как следует из табл. 1, повышение норм минеральных удобрений вызывало резкое ускорение детоксикации гербицидов, что, видимо, происходило в основном за счет метаболизации, так как биологическое разбавление в процессе роста ячменя было менее значительным.

Это указывает на возможность подбора системы гербицидов в севообороте в соответствии с условиями питания в целях направленного уменьшения токсического их действия на культурные растения и стимуляции некоторых важных метаболических процессов в последних, то есть на возможность включения гербицидов (как регуляторов роста) в систему управления уровнем и качеством урожая зерна.

Изменения накопления массы растениями при различных нормах удобрений и под влиянием гербицидов связано с изменениями содержания азота, фосфора и калия [6, 8, 25]. 2,4-Д и банвел-Д без удобрений снижали содержание азота в вегетативной массе в конце фазы кущения, а диален и тордон 22К — повышали. В период трубкавание — колошение различия между вариантами несколько сглаживались, а к

Содержание свободных аминокислот (мг на 100 г сухой массы)
в вегетативных органах ячменя в фазу кущения при обработке гербицидами
по фону 1НРК (в числителе) и 2НРК (в знаменателе)

Аминокислота	Контроль	2,4-Д	Банвел-Д	Тордон 22К	Диален	Тордон 101
Триптофан	31,3	23,5	37,6	47,0	17,2	33,2
	17,4	18,8	25,8	36,8	25,8	29,7
Лизин	54,9	59,3	78,6	70,5	47,5	48,3
	55,0	58,7	40,8	49,2	60,6	59,3
Гистидин	83,5	97,4	106,1	95,6	49,6	66,9
	100,9	96,5	26,1	43,5	80,0	103,5
Аргинин	27,6	36,8	42,6	35,7	32,2	25,3
	37,2	31,1	25,3	26,5	34,5	29,2
Аспарагиновая	771,5	923,8	1008,3	744,8	479,4	468,6
	1043,8	1407,2	1483,9	1253,8	995,7	744,8
Треонин	52,0	56,4	55,7	50,6	44,5	26,0
	70,2	44,5	37,1	67,5	31,2	44,5
Серин	279,5	327,3	384,2	367,4	248,6	203,7
	484,2	482,7	265,4	207,4	323,7	377,7
Глутаминовая	303,0	301,9	253,9	308,3	199,5	230,4
	247,4	388,3	485,6	369,3	221,9	256,0
Пролин	1047,2	1312,0	1107,4	1366,8	1308,4	1681,1
	688,0	863,9	1374,1	837,7	961,2	1151,2
Глицин	24,0	30,2	30,1	25,0	22,4	17,7
	43,7	31,8	20,3	29,4	23,5	16,2
Аланин	116,0	166,1	202,6	160,3	142,9	138,9
	161,2	172,5	186,4	184,2	145,8	138,3
Цистеин	57,9	56,1	58,8	36,1	56,5	39,8
	119,3	142,5	123,5	198,5	36,2	41,6
Валин	106,1	259,3	214,2	253,9	212,1	206,7
	286,6	253,9	205,5	265,9	224,0	207,3
Метионин	4,4	1,8	0,9	0,9	Сл.	Сл.
	Сл.	1,8	0,9	Сл.	1,8	Сл.
Изолейцин	84,5	78,7	64,0	79,4	78,7	66,9
	78,5	66,2	76,4	80,0	61,7	61,8
Лейцин	89,4	101,4	96,4	95,7	81,1	71,0
	99,1	175,4	172,3	117,7	79,2	63,4
Тирозин	72,0	67,7	49,1	51,3	49,1	50,2
	34,6	73,1	53,5	45,4	73,1	50,2
Фенилаланин	203,2	321,6	229,7	259,0	203,5	193,6
	158,8	384,2	272,0	204,1	321,6	305,0

фазе восковой спелости зерна содержание общего азота в соломе практически не различалось по вариантам. В период трубкования в результате применения всех гербицидов на фоне 1НРК содержание азота уменьшилось на 20—60 отн.%. Дальнейшее улучшение обеспеченности элементами питания в вариантах с тордоном 22К и тордоном 101 вызвало отклонения в динамике содержания азота в период кущения — колошение при обработке тордоном 22К и тордоном 101. Это свидетельствует о том, что и при лучших условиях питания ячмень становился чувствительнее к тордону. Следует добавить, что в засушливых условиях 1972 г. гербициды сильнее угнетали ячмень в ранние периоды роста [25].

Таким образом, в засушливый период и при более низкой обеспеченности ячменя питательными элементами токсическое воздействие гербицидов на обмен веществ и рост растений возрастает. В то же время для отдельных препаратов имеется некоторый оптимум безопас-

Содержание свободных аминокислот (мг на 100 г сухой массы)
в фазу трубкавания при обработке гербицидами по фону 1NPK (в числителе)
и 2NPK (в знаменателе)

Аминокислота	Контроль	2,4-Д	Бачвел-Д	Тордон 22К	Диален	Тордон 101
Лизин	32,7	25,6	24,3	19,8	13,8	18,0
	24,2	12,1	13,9	13,0	17,1	19,8
Гистидин	13,7	13,0	10,1	14,5	8,0	8,3
	13,0	12,9	11,2	11,7	9,7	9,0
Аргинин	35,1	25,5	27,5	18,2	22,4	12,5
	22,0	11,6	14,0	6,9	11,1	14,5
Аспарагиновая	318,0	168,7	148,8	140,1	250,7	265,6
	466,3	319,0	180,6	108,2	267,7	105,3
Треонин	43,0	32,0	26,0	20,2	46,0	39,6
	28,5	20,7	20,8	17,9	27,7	17,2
Серин	77,7	63,4	64,2	59,2	56,6	59,0
	113,3	127,3	165,1	161,7	188,6	144,9
Глутаминовая	125,6	96,8	119,4	118,7	99,1	87,8
	63,7	8,7	12,0	7,7	50,5	46,1
Пролин	240,4	121,2	128,0	140,3	238,9	260,0
	318,8	143,3	151,2	233,5	354,7	343,3
Глицин	17,2	10,3	13,5	6,5	10,3	15,8
	9,7	7,1	7,3	6,5	24,6	13,9
Аланин	97,0	95,5	57,4	100,0	83,4	67,8
	88,4	106,4	100,7	89,4	96,6	70,1
Цистеин	26,9	10,3	9,7	12,1	23,4	29,2
	28,0	20,1	14,3	18,0	36,4	30,4
Валин	109,0	64,7	100,5	25,9	89,6	116,4
	59,7	29,2	26,5	22,0	52,5	44,2
Метионин	Сл.	2,6	1,1	1,7	Сл.	0,4
	0,4	Сл.	Сл.	0,5	5,1	Сл.
Изолейцин	42,2	36,1	35,3	15,5	31,7	30,0
	32,2	11,6	11,4	8,1	28,8	26,3
Лейцин	65,2	34,7	29,3	21,7	37,7	43,9
	32,5	18,9	19,5	14,8	39,1	41,2
Тирозин	11,2	32,2	7,4	28,4	29,5	9,5
	9,8	21,5	25,4	15,4	Сл.	13,7
Фенилаланин	24,1	39,6	34,2	18,2	46,6	18,9
	43,8	103,2	76,5	70,9	44,1	48,5

П р и м е ч а н и е. При обработке ячменя гербицидами по фону 1NPK и 2NPK триптофан в вегетативных органах обнаружен в следовых количествах, и лишь в последнем случае в контроле содержание его составило 1,1 мг на 100 г сухой массы, при использовании 2,4-Д — 0,9, тордона 22К — 0,8 мг.

ного их применения, различающийся в зависимости от показателей метаболической активности ростовых проявлений, уровня и качества урожая [7, 8, 18, 21, 22].

На содержание калия в ячмене гербициды оказывали меньшее влияние, чем на содержание азота и фосфора [6]. Можно отметить лишь несколько большее их токсическое действие на этот показатель в вариантах без внесения удобрений и в более ранние фазы вегетации. Содержание калия в растении — интегральный признак, связанный с питанием, обменом углеводов, водным обменом и многими другими сторонами метаболизма [20]. В литературе имеются данные об ингибировании поглощения ионов калия корнями пшеницы и риса и перераспределении его между частями растений при их обработке 2,4-Д и 2М-4Х [33, 34]. Авторы предполагают, что гидрофобное взаимодействие нейтральной формы гербицида с липидно-белковыми комплексами

мембран вызывает неспецифическое изменение их проницаемости и обменного H^+/K^+ трансмембранного переноса.

Аминный и амидный азот составлял до 20—25 % общего азота вегетативной массы ячменя на III—IV этапах органогенеза и более 45—50 % в период начала формирования и налива зерна (XI этап). В процессе роста и развития растений существенно менялся обменный фонд аминокислот и аминокислотный состав суммарных белков. В фазу кущения ячменя в варианте 1NPK количество пролина, аспарагиновой, глутаминовой и γ -аминомасляной кислот, валина, фенилаланина и серина было наибольшим, метионина, глицина, аргинина и триптофана — наименьшим (табл. 2). Улучшение условий питания растений — 2NPK — вызывало увеличение содержания суммы свободных аминокислот за счет γ -аминомасляной и аспарагиновой кислот, гистидина, аргинина, аланина, серина, валина и цистеина, уровень глутаминовой кислоты и пролина при этом несколько понизился (табл. 2). Применение однокомпонентных гербицидов на фоне 1NPK вызвало увеличение содержания в свободном состоянии лизина, гистидина, аспарагиновой кислоты, серина, пролина, аланина, фенилаланина и снижение уровня изолейцина и метионина. Общая сумма аминокислот при обработке ячменя гербицидами возросла по отношению к контролю на 13—20 % (табл. 2). Применение 2,4-Д, банвела-Д и тордона 22К по фону 2NPK привело к увеличению в обменном фонде содержания γ -аминомасляной кислоты, фенилаланина, аспарагиновой и глутаминовой кислот, пролина, аланина, цистеина, лейцина и снижение количества гистидина, серина, глицина. Общая сумма аминокислот повысилась на 8—33 %. В целом действие гербицидов на содержание свободных аминокислот в вегетативной массе ячменя через 48 ч после обработки было существеннее на удвоенном фоне туксов.

Сумма свободных аминокислот в вегетативной массе ячменя к фазе трубкования (V—VI этапы органогенеза) была в 2,5—3 раза меньше, чем в фазу кущения. При удвоенной норме минеральных удобрений сумма свободных аминокислот возросла до 1708 мг на 100 г сухой массы против 1369 мг при одинарной норме.

Действие однокомпонентных гербицидов на содержание отдельных аминокислот в вегетативных органах ячменя в период трубкования прослеживалось уже слабее, чем в фазу кущения. При обработке растений 2,4-Д, банвелом-Д, тордоном 22К различий в изменении содержания лизина, аргинина, аспарагиновой, глутаминовой кислот, серина, пролина, валина и лейцина не наблюдалось (табл. 3). Под действием гербицидов, которое зависело от норм удобрений, существенно изменилось количество гистидина, аланина, метионина, фенилаланина и тирозина. В вариантах с банвелом-Д и тордоном 22К различия в аминокислотном составе по сравнению с контролем были более значительные, чем в варианте с аминной солью 2,4-Д на обоих фонах.

В фазу кшления сумма свободных аминокислот снизилась до 101 мг на 100 г сухой массы на фоне 1NPK и до 137 мг на фоне 2NPK. В наибольшем количестве были представлены аспарагиновая кислота, пролин, в несколько меньшем — глутаминовая кислота и серин. При обработке растений 2,4-Д в вегетативной массе увеличивалось содержание свободного лизина, глутаминовой кислоты и лейцина, уровень остальных аминокислот практически не менялся. Более сильные изменения отмечены на фоне 1NPK. Обработка банвелом-Д в вариантах 1NPK и 2NPK обусловила увеличение количества лизина, гистидина, аргинина, аспарагиновой и глутаминовой кислот, при этом общая сумма свободных аминокислот возросла соответственно до 196 и 209 мг на 100 г сухой массы. Применение тордона 22К на фоне 1NPK привело к повышению содержания свободных аминокислот за счет аспарагиновой и глутаминовой кислот, пролина, аланина, валина, метионина, изолейцина и лейцина, а на фоне 2NPK их суммарное содержание снизилось за счет лизина и основной массы кислых и нейтральных аминокислот. При обработке диаленом на фоне 1NPK содержание лизина,

Содержание свободных аминокислот отдельных семейств (мг на 100 г сухой массы) в вегетативных органах ячменя при обработке гербицидами по фону 1NPK (в числителе) и 2NPK (в знаменателе)

Семейство аминокислот	Контроль	2,4-Д	Банвел-Д	Тордон 22К	Диален	Тордон 101
Кущение						
Аспартата	967,3	1120,0	1207,5	946,1	850,1	609,7
	1247,5	1578,4	1639,1	1450,5	1150,5	910,4
Глутамата	558,8	1841,2	1566,4	1902,4	1729,1	2093,0
	1188,0	1640,4	2240,5	1468,9	1392,1	1603,7
Пирувата	411,5	526,8	513,2	509,9	436,1	416,6
	546,9	601,8	564,2	567,8	449,0	409,0
Серина	337,4	383,4	443,0	403,5	305,1	243,5
	603,5	625,2	388,7	405,9	359,9	419,3
Трубкование						
Аспартата	435,9	265,0	235,5	197,3	342,2	353,6
	551,6	364,3	226,7	147,7	346,4	168,6
Глутамата	502,7	305,3	303,8	306,5	432,6	509,1
	708,3	416,6	473,6	430,5	683,7	632,7
Пирувата	271,2	194,9	187,2	147,6	210,7	228,1
	180,6	154,5	146,7	126,3	184,2	155,5
Серина	104,6	73,7	73,9	71,3	80,0	88,2
	91,7	28,8	26,3	25,7	86,9	76,5
Колошение						
Аспартата	22,2	30,8	45,9	30,0	41,1	24,7
	31,0	29,9	65,8	24,9	28,5	36,0
Глутамата	53,7	62,8	104,8	80,8	71,7	60,5
	59,4	61,8	76,8	46,2	49,0	51,6
Пирувата	12,4	19,6	23,8	20,2	20,7	14,9
	26,4	25,1	31,3	18,9	20,8	27,4
Серина	8,9	12,4	16,3	7,9	12,0	10,1
	13,5	11,4	25,3	11,9	12,0	15,9
Молочная спелость зерна (солома)						
Аспартата	17,3	15,0	16,5	14,6	17,3	16,5
	16,9	12,6	15,2	16,2	13,4	12,2
Глутамата	34,8	49,3	77,6	72,4	49,6	47,9
	39,5	41,1	50,4	65,3	36,5	30,9
Пирувата	10,2	14,7	22,0	20,7	15,0	14,7
	9,7	11,7	15,4	17,1	13,6	11,5
Серина	4,4	6,3	6,9	9,3	6,3	4,5
	5,3	7,5	5,8	5,4	6,4	7,1

аргинина, аспарагиновой и глутаминовой кислот, пролина, аланина, лейцина и валина увеличилось, а количество треонина, метионина и фенилаланина снизилось. Данные об изменении содержания свободных аминокислот отдельных семейств в вегетативной массе ячменя под влиянием гербицидов представлены в табл. 4. В фазу кушения наибольший удельный вес в обмене свободных аминокислот занимали аминокислоты семейства глутамата — 1559 мг на 100 г сухой массы. Концентрация аминокислот семейства аспартата составляла около 967 мг, а семейств пирувата и серина — 411 и 337 мг.

Улучшение условий питания ячменя связано с изменением обмена свободных аминокислот в фазу кушения. В варианте 2NPK доминировали аминокислоты семейства аспартата — их концентрация возрастала до 1247,5 мг на 100 г сухой массы. Роль и соответственно удель-

ный вес аминокислот семейства глутамата снижались, их содержание составляло 1188,0 мг (табл. 4). Несколько возрастало количество свободных аминокислот семейства пирувата и серина. По мере роста и развития растений содержание свободных аминокислот биогенетических семейств резко понижалось (к фазам колошения и молочной спелости зерна более чем в 30 раз), что связано как с ростовым разбавлением, так и со снижением концентрации небелковых форм азота в вегетативной массе. Как правило, содержание аминокислот всех семейств от фазы трубкования и позже было несколько более высоким при внесении 2NPK, т. е. растения этого варианта характеризовались более интенсивным обменом и накоплением свободных аминокислот (табл. 4).

После обработки 2,4-Д в вегетативных органах возрастало содержание аминокислот всех семейств, банвел-Д не влиял на обмен аминокислот семейства глутамата, содержание остальных повышалось, в варианте с тордоном 22К обмен аминокислот семейства аспартата не изменился, а количество серина, глутамата и пирувата увеличилось (табл. 4). Действие комплексных гербицидов — диалена и тордона 101 — на концентрацию аминокислот разных семейств в этот период было в основном сходным: снижалось содержание серина и аспартата, увеличивалось содержание глутамата. Сумма аминокислот семейства пирувата при применении этих двух гербицидов заметно не изменилась.

В фазу трубкования под влиянием почти всех гербицидов содержание свободных аминокислот рассматриваемых семейств снижалось. Улучшение условий питания растений усиливало действие гербицидов на обмен свободных аминокислот в период кушение — трубкование (табл. 4). К молочной спелости различия в составе обменного фонда семейств аминокислот как между вариантами с 1NPK и 2NPK, так и при обработке разными гербицидами сглаживались.

Содержание белков в вегетативных органах ячменя снижалось с 16 % сухой массы (IV этап органогенеза) до 2,5—3 % (IX этап). В результате улучшения условий питания количество белков возросло с 12 до 16 % в фазу кушения. В этот период белки вегетативной массы характеризовались высоким содержанием глутаминовой (14—15 %) и аспарагиновой (9—12) кислот, лейцина (8—12), валина, фенилаланина, пролина, глицина и аланина (5—8 %). Сравнительно низким было содержание в белках гистидина и метионина (1,5—3 %). Содержание триптофана в белках нами не определялось.

Гербициды оказали некоторое влияние на аминокислотный состав суммарных белков в фазы кушения и трубкования, однако действие изучаемых препаратов при двух нормах питания было неодинаковым. Вероятно, изменения данного показателя как в период кушения, так и в более поздние фазы, связаны с изменением соотношения отдельных белков и ферментов, участвующих в детоксикации гербицидов в растении [13]. Такого же мнения придерживаются В. П. Деева с соавторами [12]. В опытах этих исследователей обработка ячменя 2,4-Д вызывала изменения в составе легко- и труднорастворимых белков, при этом наибольшие нарушения были свойственны менее подвижным белкам. Характер изменений зависел также от особенностей сорта.

Рост и развитие ячменя были сопряжены с закономерным увеличением содержания глутаминовой кислоты и общей концентрации кислот ее семейства в белках вегетативной массы. Последние к началу формирования зерна и в процессе его налива и созревания по сравнению с ранними фазами становились значительно менее сбалансированными — в них содержалось повышенное количество глутаминовой кислоты и пролина, а по составу аминокислот они приближались к запасным белкам зерна [7, 24].

Урожай зерна ярового ячменя Московский 121 в вариантах без минеральных удобрений составлял 20—23 ц/га, в варианте 1NPK он возрастал до 29 ц/га, а в варианте 2NPK — до 35—37 ц/га. В результате обработки растений 2,4-Д урожай увеличился на 1,9—4,5 ц/га, осо-

бенно значительной была прибавка на фоне 1NPK. Тордон 22К на всех фонах достоверного влияния на урожай зерна ячменя не оказывал. Действие комплексных препаратов на урожайность ячменя зависело от фона удобрений — чем лучше условия питания, тем больше была прибавка [25].

Как показали результаты исследования химического состава зерна ячменя, гербициды 2,4-Д, банвел-Д, диален, тордон 22К и тордон 101 в среднем за 3 года существенного влияния на содержание в зерне азота, фосфора, калия, кальция, магния и железа не оказывали. Незначительными были различия между вариантами по концентрации белков в зерне: без внесения удобрений она составляла 11,3—11,9 %, 1NPK — 11,1—11,9, на фоне 2NPK — 11,7—12,2 %; при этом различия по годам были больше, чем по вариантам удобрения в один и тот же год. Гербициды мало влияли также на содержание в зерне сырой золы и его пленчатость.

Обобщение полученных нами данных позволяет заключить, что гербициды типа синтетических регуляторов роста не оказывают влияния на такие интегральные характеристики качества зерна, как содержание азота, фосфора, калия, крахмала, сырой золы. В то же время изменения уровня урожая связаны с изменениями выноса основных питательных элементов, сбора белков и крахмала с единицы площади посевов.

В последнее время в связи с решением продовольственной проблемы все большее внимание уделяется составу и качеству зерновых белков, поискам путей повышения их содержания, сбора и качества [24, 27, 30]. Белкам зерновых культур свойственны различные формы нарушения баланса аминокислот [35]. Поэтому поиск путей управления соотношением групп и фракций белков в суммарном белковом комплексе зерна относится к числу наиболее важных биохимических проблем. И, вероятно, не последняя роль в ее решении принадлежит синтетическим регуляторам роста.

Аминокислотный состав суммарных белков зерна ячменя Московский 121 характеризовался высоким содержанием глутаминовой кислоты (более 30 %), пролина и аспарагиновой кислоты, валина и лейцина [8, 25]. Концентрация метионина в белках зерна составляла 0,3 %, валина — 8,5, триптофана — 1,1—1,3, треонина — 2,9—3,1, лизина — 3,3—3,5 %. Улучшение условий питания растений приводило к некоторым изменениям в аминокислотном составе суммарных белков. В них несколько возрастала концентрация глутаминовой кислоты (с 31 до 34 %), пролина (с 14 до 16 %), глицина, фенилаланина и снижалось содержание лизина, аргинина, тирозина и некоторых других аминокислот. Результаты наших исследований подтвердили имеющиеся в литературе сведения [17, 30] о том, что улучшение условий питания зерновых культур вызывает преимущественное накопление запасных фракций белков — проламинов и глютелинов.

Аминокислотный состав альбуминов ярого ячменя Московский 121 характеризовался сравнительно высокой сбалансированностью аминокислот. Содержание аспарагиновой, глутаминовой кислот, пролина, лейцина и валина в них составляло 7—15 г на 100 г белка, триптофана — 1,3—1,5, остальных аминокислот — 2—7 г (табл. 5). Изменение уровня питания статистически достоверного влияния на аминокислотный состав альбуминов не оказывало. Применение 2,4-Д, банвела-Д, диалена и тордонов не приводило к достоверным изменениям в аминокислотном составе альбуминов зерна при всех уровнях питания (табл. 5). Отсутствие влияния гербицидов на синтез белкового комплекса альбуминов было подтверждено нами и в электрофоретических исследованиях, проведенных на кафедре агрономической и биологической химии Тимирязевской академии. При разделении альбуминов в ПААГе было установлено 15 электрофоретических компонентов, 6 из которых проявляются очень слабо, т. е. их концентрация очень низкая. Основную массу альбуминов ячменя можно отнести к 4—5 среднедиф-

Аминокислотный состав альбуминов (в числителе) и глобулинов (в знаменателе) зерна ячменя при обработке гербицидами по фону 2 NPK (г на 100 г белка)

Аминокислота	Контроль	2,4-Д	Банвел-Д	Гордон 22К	Диален	Гордон 101
Триптофан	1,4	1,3	1,4	1,4	1,5	1,4
	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2
Лизин	5,2	5,3	5,3	5,3	5,3	5,2
	5,0	5,0	4,9	5,0	4,9	5,0
Гистидин	2,1	2,0	2,0	2,1	2,0	2,0
	2,0	2,0	2,1	1,9	2,0	2,0
Аргинин	6,2	6,6	6,0	6,3	6,5	6,7
	7,4	7,3	7,5	7,5	7,4	7,4
Аспарагиновая	11,9	10,0	10,5	11,6	11,4	12,1
	9,9	9,8	9,8	9,7	9,9	9,8
Треонин	4,7	4,9	5,0	4,7	4,8	4,8
	3,5	3,4	3,5	3,5	3,5	3,4
Серин	4,6	4,5	4,7	4,8	4,6	4,7
	4,6	4,8	4,6	4,7	4,7	4,7
Глутаминовая	13,3	14,6	14,4	15,0	14,7	13,1
	11,8	11,0	11,5	10,4	12,0	11,6
Пролин	9,5	8,8	8,7	8,8	8,9	9,0
	5,7	5,6	5,6	5,8	5,5	5,6
Глицин	5,8	5,9	5,9	6,0	5,8	5,5
	6,0	5,8	6,0	6,0	5,9	5,9
Аланин	7,1	7,1	6,5	7,0	6,9	7,0
	6,4	6,4	6,5	6,4	6,5	6,5
Цистеин	3,2	3,1	2,9	2,7	3,1	2,5
	1,8	1,6	1,7	2,0	1,9	1,7
Валин	7,5	7,3	7,3	7,5	7,5	7,4
	5,0	5,1	5,1	4,9	5,1	5,2
Метнионин	2,9	2,8	2,9	2,0	2,8	1,9
	1,6	1,5	2,0	1,5	1,6	1,9
Изолейцин	4,2	4,5	4,3	4,3	4,3	4,5
	3,1	3,2	3,1	3,2	3,3	3,2
Лейцин	8,0	8,0	7,8	8,0	7,9	8,0
	6,4	6,5	6,5	6,5	6,4	6,4
Тирозин	4,3	4,5	4,0	4,3	4,5	4,5
	3,5	3,5	3,4	3,6	3,5	3,5
Фенилаланин	4,6	4,9	4,7	5,1	4,6	5,0
	6,4	6,3	6,4	6,3	6,5	6,3

фундирующим компонентам с ОЭП 0,4—0,7. Электрофоретические спектры были полностью идентичны при разных уровнях питания и применении гербицидов.

Для глобулинов зерна свойственны белки, растворимые в слабых растворах нейтральных солей. Это белки цитоплазмы, несущие структурные и ферментативные функции, электрофоретически среднеподвижные и неоднородные, характеризующиеся наличием α , β , γ , ω -групп, соотношение которых у разных зерновых культур различное [27, 33]. По аминокислотному составу глобулины зерна ячменя близки к альбуминам (табл. 5): высокое содержание незаменимых аминокислот и относительно низкое глутаминовой, аспарагиновой и пролина; концентрация метнионина и триптофана 1,1—2%. Внесение минеральных удобрений и обработка ячменя однокомпонентными и комплексными гербицидами не сказались на аминокислотном составе глобулинов.

Основными запасными белками зерновых культур, специфичными для них, являются белки, растворимые в 70% этиловом спирте. Это

Аминокислотный состав проламинов (в числителе) и глютелинов (в знаменателе) зерна ячменя при обработке гербицидами по фону 2 NPK (г на 100 г белка)

Аминокислота	Контроль	2,4-Д	Банвел-Д	Тордон 22К	Диален	Тордон 101
Триптофан	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8
	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0
Лизин	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9
	3,2	3,4	3,3	3,2	3,4	3,2
Гистидин	1,2	1,3	1,4	1,3	1,2	1,3
	2,5	2,5	2,3	2,5	2,4	2,5
Аргинин	2,7	2,9	2,5	3,1	3,1	3,0
	5,9	6,1	6,1	6,0	6,1	6,1
Аспарагиновая	2,9	3,5	3,3	3,4	2,7	3,4
	6,5	6,4	6,3	6,5	6,6	6,6
Треонин	2,7	2,6	2,5	2,5	2,5	2,4
	3,9	3,8	3,9	3,8	3,8	3,8
Серин	3,6	3,5	3,5	3,7	3,6	3,5
	4,8	4,9	5,1	4,8	5,0	5,1
Глутаминовая	36,2	36,6	37,5	37,2	36,9	37,0
	20,0	21,0	20,2	20,5	18,7	20,4
Пролин	20,3	20,4	18,8	18,6	19,2	20,1
	11,5	11,4	11,8	11,9	12,4	12,0
Глицин	3,0	3,6	3,4	3,5	3,7	3,5
	3,7	3,7	3,7	3,7	3,9	3,8
Аланин	2,4	2,4	2,5	2,4	2,4	2,3
	4,5	4,4	4,3	4,5	4,5	4,5
Цистеин	2,5	2,6	2,7	2,6	2,7	2,5
	2,7	2,5	2,3	2,5	1,8	2,6
Валин	3,8	3,8	3,7	3,8	3,8	3,9
	5,9	6,0	6,0	6,1	6,0	6,1
Метионин	0,9	0,8	1,0	0,9	1,0	1,1
	2,3	2,5	2,5	2,3	2,4	2,5
Изолейцин	2,8	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9
	3,2	3,3	3,3	3,3	3,2	3,3
Лейцин	6,3	6,3	6,1	6,1	6,4	6,2
	7,3	7,5	7,4	7,0	7,0	7,4
Тирозин	4,2	4,3	3,9	4,2	4,3	4,3
	4,0	4,1	4,0	4,3	4,4	4,3
Фенилаланин	6,3	6,5	6,4	6,5	6,1	6,4
	6,0	6,1	6,1	6,0	6,1	6,2

электрофоретически медленно движущиеся многокомпонентные белки гранул [27, 30, 33]. Их содержание в зерне ячменя составляло 38—40 %.

По аминокислотному составу проламины резко отличались от других фракций: высокое содержание глутаминовой кислоты (более 35 %), пролина (более 15 %) и невысокое практически всех остальных аминокислот (табл. 6). Особенно низка концентрация лизина, метионина и триптофана (менее 1 %), сумма незаменимых аминокислот колебалась в пределах 20—26 %, в то время как суммарное содержание глутаминовой кислоты и пролина превышало 55 % (табл. 6).

Уровни питания растений и все испытанные гербициды не оказывали влияния на аминокислотный состав белков (табл. 6). Электрофоретический спектр проламинов (гордеина) [30] в крахмальном геле представлен 8 компонентами, удельный вес четырех средне- и медленноподвижных компонентов наибольший. Разные уровни минеральных

туков и гербициды не сказались на составе и подвижности электрофоретических компонентов проламинов.

Глютелины, относящиеся к запасным белкам, так же как и проламины, сосредоточены в белковых телах эндосперма [27, 33]. Содержание этой фракции в зерне ячменя составляло 24—25 %. По аминокислотному составу глютелины занимают промежуточное положение между глобулинами и проламинами. Удобрения и гербициды достоверного влияния на аминокислотный состав глютелинов не оказывали.

Неэкстрактивные белки (склеропротеины) в значительных количествах содержатся в оболочках, периферических слоях зерна. Они прочно соединены с лигнино-полисахаридным комплексом и выполняют механические функции. В эту фракцию входят также и нуклеопротеины [33]. Аминокислотный состав склеропротеинов, как показали наши исследования, хорошо сбалансирован: содержание глутаминовой и аспарагиновой кислот 11—19%, большинства остальных аминокислот — 5—10 %, сравнительно высокой была концентрация глицина и аланина. Удобрения и гербициды мало влияли на аминокислотный состав этой фракции белков.

В результате обработки посевов гербицидами по высоким фонам питания сбор белков и некоторых незаменимых аминокислот повысился на 5—25 отн.%. Это указывает на положительное действие препаратов типа синтетических регуляторов роста растений при высоких нормах вносимых удобрений.

Выводы

1. При улучшении условий питания ярового ячменя снижается токсическое действие гербицидов на растения. Применение удобрений в расчете на планируемый урожай более 30 ц/га дало положительный эффект при обработке посевов 2,4-Д, банвелом-Д, диаленом и тордоном 101.

2. В результате улучшения условий питания повышалось содержание белков и свободных аминокислот в вегетативной массе ячменя. Аминокислотный состав суммарных белков вегетативной массы не менялся. Применение гербицидов вызывало значительные изменения в содержании свободных аминокислот в первый период после обработки (кущение — трубкование), но это действие их значительно уменьшалось к началу формирования зерна. В общем пуле свободных аминокислот наиболее мобильны аспарагиновая, глутаминовая кислоты, глицин, аланин, пролин, серин, тирозин и фенилаланин.

3. Банвел-Д, тордон и диален оказывали более заметное действие на обмен азотных соединений в вегетативной массе ячменя, чем 2,4-Д. Положительное действие гербицидов на азотный обмен, урожай зерна и его качество возрастало с улучшением условий питания: в варианте 2НРК сбор белка и незаменимых аминокислот с единицы площади посевов увеличился на 5—25 %. При улучшении условий питания возрастала скорость разложения гербицидов в растениях.

4. Гербициды не оказывали влияния на аминокислотный и электрофоретический составы белков зерна ячменя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абуева А. А., Багаев В. Б. Превращение азота удобрений в дерново-подзолистой почве под влиянием 2,4-Д. — Изв. ТСХА, 1975, вып. 2, с. 127—130. — 2. Березовский М. Я., Захаренко В. А. Применение гербицидов на посевах зерновых культур. — Химия в сельск. хоз-ве, 1976, № 1, с. 64—70. — 3. Васильковский Г. П. Гербициды как фактор повышения эффективности удобрений. — Агрохимия, 1979, № 4, с. 118—122. — 4. Вое-
- водин А. В. Влияние гербицидов на качество продуктов урожая. — Тр. ВИЗР, 1975, вып. 43, с. 41—50. — 5. Груздев Г. С. Проблемы борьбы с сорняками на современном этапе. — В сб.: Актуальные вопр. борьбы с сорн. раст. М.: Колос, 1980, с. 3—15. — 6. Груздев Г. С., Миренков Ю. М. Применение гербицидов в посевах ячменя. — Изв. ТСХА, 1974, вып. 4, с. 156—161. — 7. Груздев Л. Г. Аминокислотный состав вегетативной массы

- пшеницы при использовании синтетических регуляторов роста. — Изв. ТСХА, 1978, вып. 6, с. 84—94. — 8. Груздев Л. Г., Фомин А. Ф. Азотный обмен у ярового ячменя при использовании нормальных и экспериментально высоких доз гербицидов. — Изв. ТСХА, 1983, вып. 1, с. 94—103. — 9. Груздев Л. Г., Ерохина Н. В., Стрелец Н. И. Применение ЭВМ для расчетов аминокислотного состава растений и кормов. — Химия в сельск. хоз-ве, 1978, № 7, с. 66—69. — 10. Груздев Л. Г., Кручинина Л. К., Синягин Е. И. Метод гидролиза кормов, пригодный для массовых определений их аминокислотного состава. — Химия в сельск. хоз-ве, 1978, № 4, с. 46—51. — 11. Гунар И. И., Березовский М. Я. Химические средства борьбы с сорняками. М.: Сельхозгиз, 1952. — 12. Деева В. П., Санько Н. В., Шелег З. И. Изменение электрофоретического спектра белков растений ячменя при воздействии 2,4-Д. — В сб.: Физиол.-биохим. основы повышения продуктивности растений. Минск, 1980, с. 129—137. — 13. Жемчужин С. Г. Влияние регуляторов роста и гербицидов на активность ферментов в растениях и модельных системах. — Агрохимия, 1980, № 5, с. 148—152. — 14. Захаренко В. А. Экономические аспекты применения гербицидов в растениеводстве. — В сб.: Акт. вопр. борьбы с сорной растительностью. М.: Колос, 1980, с. 26—34. — 15. Земская В. А., Владимирцева С. В. Физиологическое действие и применение некоторых синтетических регуляторов роста растений в растениеводстве. — В кн.: 1-я Всесоюз. конф. «Регуляторы роста и развития растений» / Тез. докл. М., 1981, с. 216. — 16. Зинченко В. А., Таболина Ю. П., Игнатова Н. Г., Москаленко Г. П. Урожай, качество пшеницы и фракционный состав белков зерна приежегодных в течение пяти лет обработках гербицидами. — Изв. ТСХА, 1979, вып. 3, с. 78—86. — 17. Курсанов А. Л. Транспорт ассимилятов в растении. М.: Наука, 1976. — 18. Ладонин В. Ф. Роль гербицидов при возрастании масштабов применения удобрений в земледелии. — Химия в сельск. хоз-ве, 1976, № 1, с. 58—64. — 19. Лазаускас П. М. Количественные закономерности формирования агрофитотеннозов и пути повышения продуктивности полевых культур. — Автореф. докт. дис. М., 1981. — 20. Лениджер А. Биохимия / Пер. с англ. М.: Мир, 1974. — 21. Либерштейн И., Николаева Н. Химическая борьба с сорняками в Молдавии. Кишинев: Карта молдовеняске, 1971. — 22. Маштаков С. М., Деева В. П., Волынец А. П. Физиологическое действие гербицидов на сорта культурных растений. Минск: Наука и техника, 1967. — 23. Милащенко Н. З., Неклюдов А. Ф. Система мер борьбы с сорной растительностью в севооборотах. — Вест. с.-х. науки, 1981, № 1, с. 8—16. — 24. Минева В. Г. Удобрения и качество продукции. — М.: Знание, 1980. — 25. Миренко Ю. М. Эффективность гербицидов в посевах ячменя в условиях Московской области. — Автореф. канд. дис. М., 1976. — 26. Монствилайте Я. И. Результаты исследований засоренности посевов в Литовской ССР и научное обоснование химических средств борьбы. — В кн.: Актуальные вопросы борьбы с сорной растительностью. М.: Колос, 1980, с. 178—186. — 27. Павлов А. Н. Внешние условия и внутренние факторы, определяющие содержание белка в зерне пшеницы. — В сб.: Проблемы белка в сельск. хоз-ве. М.: Колос, 1974, с. 167—172. — 28. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. М.: Колос, 1976. — 29. Савин В. Н., Архипов М. В., Баденко А. Л., Иоффе Ю. К., Грун Л. Б. Рентгенография для выявления внутренних повреждений и их влияние на урожайные качества семян. — Вестн. с.-х. науки, 1981, № 10, с. 99—104. — 30. Созинов А. А. Урожай и качество зерна. М.: Знание, 1976. — 31. Чкаников Д. И., Соколов М. С. Гербицидное действие 2,4-Д и других галондифеноксикислот. М.: Наука, 1973. — 32. Das L. K., Sahai R. — Sci. a. Cult., 1976, vol. 42, N 9, p. 488—489. — 33. Isoldos F., Haunold E. — Plant a. Soil., 1978, vol. 49, N 2, p. 219—228. — 34. Kennedy C. D., Stewart P. A. — J. Exp. Bot., 1980, vol. 31, N 120, p. 135—150. — 35. Kent N. L., Evers A. D. — Cer. Cher., 1969, vol. 46, p. 293—300. — 36. Schwärger Ch., Kalmus A., Eggert H. — Nachrichtenbl. Pflanzenschutz DDR, 1977, Bd 31, N 3, S. 58—60.

Статья поступила 15 февраля 1984 г.

SUMMARY

Chemical composition, nitrogen metabolism in grain and vegetative mass, yield and quality of Moskovskiy 121 barley variety were studied under three nutrition levels: a) no mineral fertilizers; b) INPK (as calculated for the planned yield of 30 centners/ha); c) 2NPK (60 centners/ha); and under application of herbicides 2,4-D (1 kg of active matter per ha); banvel-d (0.1); dialen (1.2); tordon 22K (0.05) and tordon 101 (0.5).

Under better nutrition conditions toxic effect of herbicides on plant growth is shown to decrease, protein content of grain and vegetative mass being higher. Application of herbicides causes considerable changes in barley vegetative mass aminoacids content in the period of tillering—heading. Herbicides and fertilization rates are of no influence on amino acid and electrophoretic composition of different fractions of grain protein. Yield of protein and indispensable amino acids was 5—25 per cent higher under application of herbicides in the variant with 2NPK.