

УМАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ САДОВОДСТВА

**ЗИНАИДА МАРТЫНОВНА ГРИЦАЕНКО
ВИТАЛИЙ СТАНИСЛАВОВИЧ КРАВЧЕНКО**

**МЕЧЕННЫЕ АТОМЫ
В ИССЛЕДОВАНИЯХ
С ГЕРБИЦИДАМИ**

ТОМ 1

**ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ
ПРОЦЕССЫ В РАСТЕНИЯХ И ПОЧВЕ ПРИ
РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ
ГЕРБИЦИДОВ И БИОЛОГИЧЕСКИ
АКТИВНЫХ ПРЕПАРАТОВ**

ТОМ 2

Умань – 2016

УДК 632:631.8
ББК 44:40.40
Г77

*Рекомендовано к печати Ученым советом
Уманского национального университета садоводства
(протокол № 6 от 26.05.2016 г.)*

Рецензент:

Зинченко Александр Иванович – доктор сельскохозяйственных наук, академик (Уманский национальный университет садоводства)

Грицаенко З. М., Кравченко В. С.

Г77 Меченые атомы в исследованиях с гербицидами. Физиолого-биохимические процессы в растениях и почве при разных условиях применения гербицидов и биологически активных препаратов. / З. М. Грицаенко, В. С. Кравченко. – Умань : ИПЦ «Візаві», 2016 – 352 с. – .

ISBN 978-966-304-184-1

Том 1. Меченые атомы в исследованиях с гербицидами. – 118 с.

Том 2. Физиолого-биохимические процессы в растениях и почве при разных условиях применения гербицидов и биологически активных препаратов. – 234 с.

Освещены теоретические основы поступления, передвижения и локализации гербицидов – производство 2,4-ди триазинов, меченых по C14, в чувствительных и устойчивых к ним растений в зависимости от условий применения, анатомические и морфологические изменения органов и тканей в однодольных и двудольных растениях под влиянием производных арилоксиуксусных кислот и триазинов при разных условиях применения.

Для подготовки студентов высших учебных заведений I-IV уровней аккредитации.

**УДК 631.95
ББК40.44я73**

ISBN 978-966-304-184-1

© Грицаенко З. М., 2016
© Кравченко В. С., 2016

**МЕЧЕННЫЕ АТОМЫ
В ИССЛЕДОВАНИЯХ
С ГЕРБИЦИДАМИ**

ТОМ 1

ПОСТУПЛЕНИЕ, ПЕРЕДВИЖЕНИЕ И ЛОКАЛИЗАЦИЯ ГЕРБИЦИДОВ –ПРОИЗВОДНЫХ 2,4-Д И ТРИАЗИНОВ, МЕЧЕННЫХ ПО С¹⁴, У ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ И УСТОЙЧИВЫХ К НИМ РАСТЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ПРИМЕНЕНИЯ

1. Поступление, передвижение и локализация производных 2,4-Д, меченых по С¹⁴, у чувствительных и устойчивых к ним растений в зависимости от питательного, температурного и водного режимов почвы, фаз развития растений, места нанесения гербицида и времени вегетационного периода

Изучение характера поступления, передвижения и локализации гербицидов в органах растений в зависимости от почвенно-климатических условий, вносимых препаратов в разные периоды вегетации, биологических особенностей растений, фаз их развития имеет большое практическое значение, так как позволяет более глубоко, научно-обоснованно подойти к решению проблемы механизма действия гербицидов на растения и на этой основе решать практические вопросы о дозах, сроках и способах применения гербицидов в посевах культурных растений, возделываемых при разных технологиях на почвах с разным содержанием питательных веществ и влаги в конкретных климатических условиях.

Как сообщает Рихардсон [цит. 1], поступление и передвижение гербицидов 2,4-Д у чувствительных и устойчивых к ним растений тесно связано с температурой воздуха, влажностью почвы, освещенностью, фазами роста и развития растений, строением их листьев, формами препаратов, концентрацией действующего вещества, добавками поверхностно-активных веществ. В опытах И.В.Полубояриновой [2] количество поступившей 2,4-Д в устойчивые к гербициду растения яровой пшеницы зависело от времени обработки растений гербицидом, метеорологических условий, периода вегетации и сортовых особенностей пшеницы. Максимальное количество гербицида поступало в растения на I-IV этапах органогенеза, минимальное – X-XI этапах. Наиболее интенсивное разложение гербицида происходило на V-VIII этапах, то есть в фазы максимального роста пшеницы (трубкование и колошение). В этот период пшеница была наименее чувствительна к гербициду. Следовательно, степень чувствительности растений к

гербициду связана с интенсивностью разложения его в органах растений. При обработке растений пшеницы в более поздние фазы развития в наибольшем количестве гербицид скапливался в листьях и менее – в корнях, и, наоборот, при обработке растений на ранних этапах органогенеза гербицид в наибольшем количестве поступал в корни. В опытах автора отмечены также сортовые различия в реакции пшеницы на 2,4-Д. Так, в растения твердой пшеницы (Харьковская 46) поступление гербицида происходило менее активно, чем в растения мягкой пшеницы (Саратовская 38).

В опытах Ролстона и Робертсона [3, 4] поглощение гербицидов растениями зависело от рН почвы, наличия слоя кутикулярного воска на растениях и их водного режима. Изменение этих факторов приводило к увеличению поглощения гербицидов от 50 до 350%. В насыщенной водой атмосфере поглощение гербицидов увеличивалось на 82-108 %. При снижении рН и удалении кутикулярного воска поглощение их усиливалось на 44-350 %.

На усиление передвижения в растениях галоидфеноксикислот при повышенной влажности почвы и воздуха указывают Д.И.Чкаников, М.С.Соколов [5]. В то же время в опытах других авторов [6] на удобренной, ежедневно орошаемой и проветриваемой почве при значительно уменьшенной транспирации в условиях постоянной более высокой влажности воздуха поглощение гербицидов снижалось до 32 %.

На скорость и направление передвижения гербицидов 2,4-Д в растениях в опытах Вилькинса и др. [7] оказывала температура. Повышение температуры улучшало передвижение гербицидов. Как указывают Д.И. Чкаников, М.С. Соколов [5], изменение температуры может менять не только интенсивность, но и направление передвижения галоидфеноксикислот.

Некоторые исследователи [8, 9] наблюдали наиболее сильное поглощение и передвижение гербицидов 2,4-Д при обработке растений весной и вначале лета, а снижение передвижения и поступление гербицида – при обработке растений препаратами и в другие сроки вегетационного периода. На зависимость поступления и передвижения гербицидов в растениях от времени обработки на протяжении вегетационного периода указывает И.В. Полубояринова.

Имеются также сведения о том, что гербициды поступают в растения и передвигаются по-разному в зависимости от питательного режима почвы [10]. В их опытах передвижение и метаболизм

бутурона, меченого по C^{14} , происходили более активно в растениях пшеницы, выращенных в условиях дефицита минерального питания и, наоборот, при нормальных условиях питания эти процессы происходили менее активно. В то же время в опытах Фукса [8] при нанесении гербицида 2М-4Х на корень весной, когда питательных веществ в почве находилось много и они активно поглощались корневой системой, поступление гербицидов и передвижение их происходило активно, особенно при наличии достаточного количества влаги в почве, и, наоборот, осенью, когда питательных веществ в почве было мало, поглощение их корнями было небольшое.

На скорость поступления и передвижения гербицидов 2,4-Д оказывает влияние свет. Так, в опытах Броди [11] при улучшении освещенности растений поступление и передвижение гербицидов возрастало.

Как указывает Крафтс, Мюллер и Майнерт [цит. по 5] наиболее сильное влияние на скорость поступления и передвижения производных 2,4-Д оказывают интенсивность и направление потока продуктов фотосинтеза. Создавая оптимальные условия для его прохождения, можно управлять процессом поступления и транспорта гербицидов в растениях, что все вместе взятое оказывает преобладающее влияние на формирование урожая.

В процессе поступления, передвижения и локализации гербицидов в растениях имеет значение и место нанесения препаратов [12]. Так, в опытах Рихардсона и др. [13] наиболее интенсивная адсорбция гербицида 2,4,5-Т происходила в молодых растениях при нанесении препарата на листья. При этом поглощение и транспорт гербицида усиливались при повышении дозы препарата.

Таким образом, подводя итоги вышеизложенному, можно отметить, что исследования с применением метода меченых атомов по изучению поступления, передвижения и локализации гербицидов у чувствительных и устойчивых к ним растений в зависимости от разных факторов внешней среды проводятся недостаточно, а результаты таких исследований противоречивы. Следует также отметить, что исследования с мечеными производными 2,4-Д в основном проводились на двудольных растениях с учетом одного или двух факторов влияния внешней среды. Все это вместе взятое не дает возможности в полной мере перенести теоретические исследования в этой области на практическое использование гербицидов, правильно обосновав при этом дозы, сроки и способы применения химических

препаратов в посевах сельскохозяйственных культур в зависимости от питательного режима почвы и климатических условий зоны.

Учитывая большую зависимость действия гербицидов на растения от условий внешней среды, нами на протяжении 1965-1985 гг. изучались характер и интенсивность поступления, передвижения и локализации гербицидов – производных 2,4-Д и триазинов, меченых по C^{14} , в зависимости от питательного режима почвы, водного, температурного режимов, фаз развития растений, места нанесения препаратов и времени вегетационного периода.

В результате проведенных нами исследований установлено, что на разных по содержанию гумуса почвах гербицид 2,4-ДА поступает и передвигается неодинаково у одних и тех же видов двудольных растений в зависимости от места нанесения препарата, фаз развития растений и периода от момента его нанесения.

На черноземах оподзоленных с содержанием гумуса 4 % через пять часов после нанесения препарата на разные органы двудольных растений в начальных фазах развития в конце мая 2,4-ДА поступала и передвигалась из места нанесения гораздо интенсивнее, чем в таких же растениях, выращиваемых на почвах с содержанием гумуса 1,3 % (рис. 1, 2, 3, 4; табл. 1). Это, очевидно, связано с тем, что растения, произрастающие на обеспеченных питательными веществами почвах, обладают более интенсивным ростом и развитием, обменом веществ и влаги, что способствует активному передвижению 2,4-Д по растению. Чем интенсивнее был рост растений, чем более развитые были растения, тем активнее передвигался гербицид 2,4-ДА в двудольных растениях. Этот процесс особенно усиливался при нанесении гербицида на растения в период оптимального температурного режима воздуха ($20^{\circ}C$) и влажности атмосферы (75 %).

Характерно, что с повышением температуры воздуха до $22^{\circ}C$ поступление и передвижение гербицида после его нанесения на разные органы усиливалось, затем находилось на одном уровне и только при достижении температуры воздуха 26° и понижении его влажности до 63 % передвижение гербицида замедлялось и изменялось направление его движения преимущественно снизу вверх от места нанесения препарата. В то же время при повышенной влажности и умеренной температуре ($20^{\circ}C$) воздуха передвижение 2,4-ДА из мест нанесения происходило в основном сверху вниз. Это может свидетельствовать о том, что в процессе поступления и

передвижения производных 2,4-Д, нанесенных на вегетативную часть растения, большое значение имеет транспортное передвижение органических веществ и воды по растению. В условиях влажной атмосферы и оптимального температурного режима, когда активно образуются в процессе фотосинтеза органические вещества, а отсюда и отток их из листьев в низлежащие органы, 2,4-ДА передвигается вместе с пластическими веществами базипетально. Подтверждением этого могут являться данные опытов (табл. 1), когда при нанесении гербицида на точку роста разных видов двудольных растений в начальных фазах роста гербицид уже через сутки после нанесения передвигался с точки роста в низлежащие органы растений на 85-88 % на высокогумусных почвах и на 49,7-74,1 % на малогумусных почвах в зависимости от вида растений.

Таблица 1

Содержание 2,4-ДА, меченой по C^{14} , в органах разных видов двудольных растений в начальные фазы развития весной через сутки после нанесения гербицида на точку роста на почвах с разным содержанием гумуса, % от общего количества проникшего в растение гербицида

Органы растений	Чернозем оподзоленный с 4 % гумуса			Серая оподзоленная почва с 1,3 % гумуса		
	щирица запро-кинута	бодяк полевой	марь белая	щирица запро-кинута	бодяк полевой	марь белая
Точка роста	12,0	14,7	15,0	50,3	25,9	33,8
Верхняя часть стебля	22,4	30,0	25,3	18,5	22,4	23,0
Нижняя часть стебля	13,1	18,3	18,1	3,2	14,5	4,8
Верхние листья	30,5	21,5	25,1	23,9	24,5	26,0
Нижние листья	14,0	12,5	15,1	3,8	11,4	11,7
Корень	8,0	3,0	2,4	0,3	1,3	0,7



Рис. 1. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , через 5 часов после нанесения весной на нижний лист бодяка полевого вначале роста на почвах с содержанием гумуса 4 %.



Рис. 2. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , через 5 часов после нанесения весной на нижний лист бодяка полевого вначале роста на почвах с содержанием гумуса 1,3 %

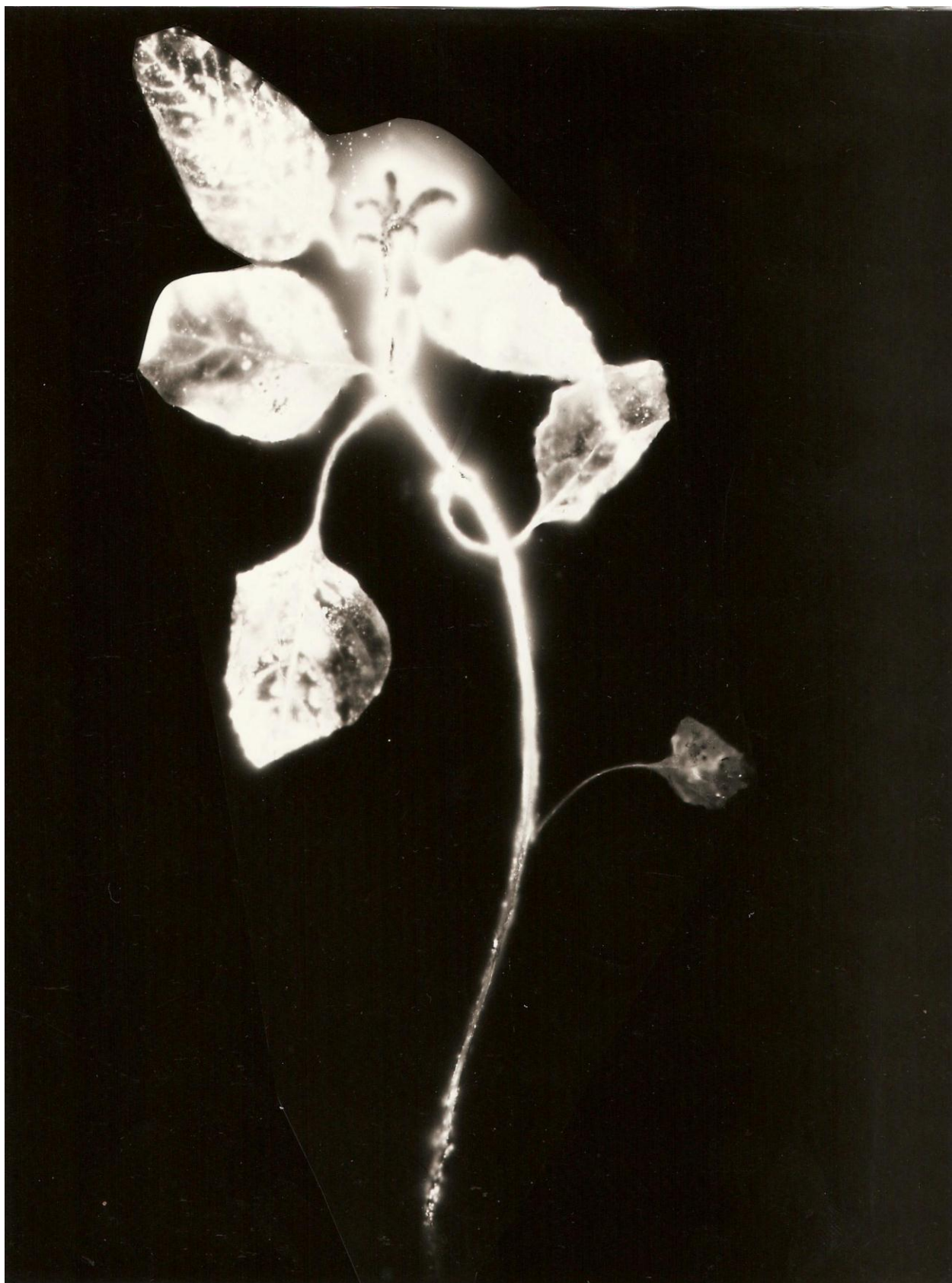


Рис. 3. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , через 5 часов после нанесения весной на точку роста щирцы запрокинутой вначале роста на почвах с содержанием гумуса 4 %.

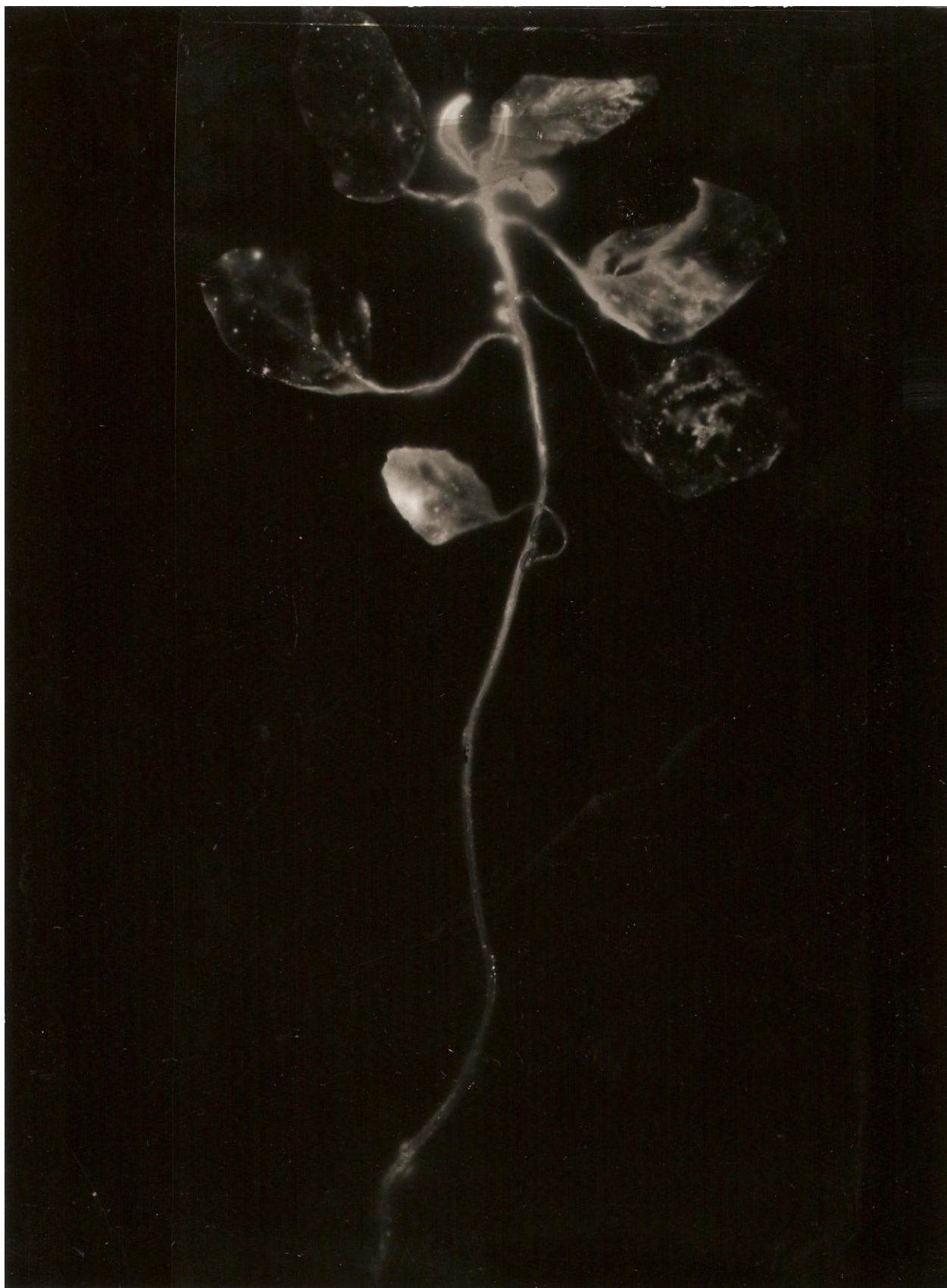


Рис. 4. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , через пять часов после нанесения весной на точку роста щирицы запрокинутой вначале роста на почвах с содержанием гумуса 1,3 %.

Наглядным было и то, что в растениях, произрастающих на более обеспеченных питательными веществами почвах, то есть обладающих более активным ростом и развитием, гербицид передвигался быстрее из точки роста в низлежащие органы, чем в растениях, произрастающих на малогумусных почвах. При этом препарат, очевидно, в некоторой степени инактивировался всей системой растений, в то время когда гербицид, в большом количестве накопленный в чувствительных к нему органах растущих на малогумусных почвах растений, ингибировал жизненные процессы двудольных растений и это приводило к более быстрому их отмиранию по сравнению с растениями, растущими на богатых питательными веществами почвах.

При пониженной влажности и повышенной температуре воздуха процесс фотосинтеза замедляется, усиливается поступление воды из почвы и испарение ее листьями, что изменяет направление передвижения производных галоидфеноксикислот в сторону акропетального их транспорта.

С целью изучения зависимости направления и передвижения производных 2,4-Д в растениях от интенсивности фотосинтеза нами были проведены опыты нанесения 2,4-ДА на растения в поздневечернее время, исключаяющее процесс ассимиляции углекислоты. Оказалось, что на почвах, богатых органическим веществом, 2,4-ДА ночью передвигалась также активно, и к тому же базипетально, как и днем при наличии освещенности, оптимальной температуры и влаги; на почвах, бедных органическим веществом, передвижение 2,4-ДА по растению из мест нанесения ночью проходило слабо, и к тому же преимущественно снизу вверх, что, очевидно, связано с замедленными процессами диссимиляции и ростом растений на бедных органическим веществом почвах. Отсюда можно заключить, что в процессе поступления и передвижения 2,4-Д по растению играет большую роль не только процесс ассимиляции, но и интенсивность диссимиляции, обуславливающей накопление энергии в тканях растений и последующие их рост и развитие. Аналогичная картина поступления и передвижения 2,4-ДА в двудольных растениях в зависимости от почвенно-климатических условий наблюдалась и через сутки после нанесения препарата весной (рис. 5, 6).

Наибольшего уровня передвижения гербицид 2,4-ДА достигал на 3-ий день после нанесения. В дальнейшем поведение его было

различным в зависимости от питательного режима почвы. В растениях, выращенных на бедных органическим веществом почвах, гербицид оставался на прежних местах, скапливался в точках роста, прилистниках и губительно действовал на обмен веществ двудольных растений. На почвах, обеспеченных питательными веществами, гербицид передвигался значительно еще на 5-й и При внесении в почву минеральных удобрений ($N_{90}P_{90}K_{60}$ на 1 га) поглощение и передвижение 2,4-ДА в двудольных растениях усиливалось как на почвах с содержанием гумуса 4 %, так и на бедных гумусом почвах и составляло 85,9-89,7 % на высокогумусных почвах и 58,5-78,2 % – на низкогумусных от проникшего в точку роста гербицида (табл. 2), то есть внесение в почву НРК усиливало передвижение 2,4-ДА из точки роста растений по сравнению с почвами без внесения минеральных удобрений на 0,9-1,7 % на высокогумусных почвах и на 4,1-8,8 % – на низкогумусных в зависимости от вида растений (табл. 1,2).

Таблица 2

Содержание 2,4-ДА, меченой по C^{14} , в органах разных видов двудольных растений в начальные фазы развития весной через сутки после нанесения гербицида на точку роста на почвах с разным содержанием гумуса и при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$, % от общего количества проникшего в растение гербицида

Органы растений	Чернозем оподзоленный с 4 % гумуса			Серая оподзоленная почва с 1,3 % гумуса		
	щирица запро-кинута	бодяк полевой	марь белая	щирица запро-кинута	бодяк полевой	марь белая
Точка роста	10,3	12,3	14,1	41,5	21,8	31,2
Верхняя часть стебля	21,8	29,5	21,1	21,8	20,8	23,2
Нижняя часть стебля	15,2	19,1	19,3	5,3	16,9	6,3
Верхние листья	28,1	22,0	25,8	24,3	23,4	24,4
Нижние листья	15,3	13,1	16,3	5,0	14,7	13,5
Корень	9,3	4,0	3,4	2,1	2,4	1,4



Рис. 5. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , через сутки после нанесения на стебель щирьцы запрокинутой вначале роста на почвах с содержанием гумуса 4 %.



Рис. 6. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , через сутки после нанесения на стебель щирцы запрокинутой вначале роста на почвах с содержанием гумуса 1,3 %.

7-й день после нанесения, что давало возможность растениям инактивировать его в своих органах и обеспечивать устойчивость растений к препарату. Из этого следует, что дозы производных 2,4-Д, применяемых против сорняков, на посевах зерновых культур должны быть разными в зависимости от содержания органических веществ в почве.

Характерным было и то, что при внесении минеральных удобрений в одинаковых дозах на разных по содержанию гумуса почвах, количество гербицида 2,4-ДА, передвигающегося от точки роста, было больше на 3,2-7,1 % в растениях, произрастающих на бедных гумусом почвах, по сравнению с растениями, растущими на высокогумусных почвах (табл. 2).

На удобренных почвах с внесением минеральных удобрений, независимо от содержания гумуса, гербицид в большей степени, чем на почвах без внесения минеральных удобрений, поступал и концентрировался в нижних листьях, нижней части стебля, а также в корневой системе растений в начальных фазах их развития (табл. 1,2). Это свидетельствует о возможности регулирования с помощью внесения минеральных удобрений процессом более активного и обширного распространения и накопления гербицида в органах растений, ведущего, при условии пониженной степени инактивации препарата в растениях, к более быстрому их отмиранию.

С увеличением доз ($N_{120}P_{120}K_{90}$) минеральных удобрений существенное усиление передвижения 2,4-ДА от места нанесения у двудольных растений наблюдалось на почвах с низким содержанием гумуса (табл. 3). В то же время при изменении соотношения ($N_{90}P_{120}K_{60}$; $N_{120}P_{90}K_{90}$; $N_{90}P_{90}K_{90}$) элементов минерального питания наиболее интенсивно гербицид 2,4-ДА поступал в двудольные растения и передвигался при повышении доз фосфорных удобрений, особенно при оптимальных температурах (20-22⁰С) и влажности (70 %) воздуха.

С увеличением доз азотных удобрений на фоне оптимальных доз фосфорных и калийных удобрений транспорт гербицида усиливался только у отдельных видов двудольных растений – щирицы запрокинутой, мари белой и, кроме того, преимущественно на почвах с пониженным содержанием органических веществ. Увеличение доз калийных на фоне оптимальных доз азотных и фосфорных удобрений не приводило к усилению транспорта гербицида.

Таким образом, изложенное еще раз свидетельствует о том, что при помощи соответствующих доз минеральных удобрений и их соотношений можно регулировать степень эффективности гербицидов в борьбе с сорной растительностью как в целом, так и с отдельными видами сорняков.

Таблица 3

Содержание 2,4-ДА, меченой по C^{14} , в органах разных видов двудольных растений в начальные фазы развития весной через сутки после нанесения гербицида на точку роста на почвах с разным содержанием гумуса и при внесении $N_{120}P_{120}K_{90}$, % от общего количества проникшего в растение гербицида

Органы растений	Чернозем оподзоленный с 4 % гумуса			Серая оподзоленная почва с 1,3 % гумуса		
	щирица запро-кинутая	бодяк полевой	марь белая	щирица запро-кинутая	бодяк полевой	марь белая
Точка роста	10,0	11,2	12,9	28,0	17,9	23,4
Верхняя часть стебля	20,9	28,4	20,0	22,0	21,3	24,1
Нижняя часть стебля	15,4	20,7	21,0	8,5	17,5	12,1
Верхние листья	27,8	21,3	24,7	25,0	24,2	20,5
Нижние листья	15,8	13,4	17,4	12,7	15,1	16,1
Корень	10,1	5,0	4,0	3,8	4,0	3,8

Важным в изучении характера поступления в растения и передвижения в них гербицидов было проследить в каких фазах развития двудольные растения на почвах с разным содержанием питательных веществ и при разных климатических условиях наиболее чувствительны к поступлению и передвижению производных 2,4-Д, нанесенных на отдельные органы растений. Нами установлено, что у разных видов отдельных растений при нанесении гербицида 2,4-ДА на одни и те же органы растений в разные периоды вегетации поглощение и передвижение препарата по растению происходит по-разному на почвах с разным содержанием органических и минеральных веществ. На почвах с достаточным количеством питательных веществ, оптимальными температурным и

водным режимами при нанесении 2,4-ДА весной на верхнюю часть стебля бодяка полевого, осота желтого полевого, щирицы запрокинутой и гороха в начальных фазах их развития гербицид на протяжении 3-х дней после нанесения перемещался на значительное расстояние только у бодяка полевого и мари белой (рис. 7, 8, 9). У щирицы запрокинутой более интенсивно, чем у других растений, проходило поступление и передвижение гербицида 2,4-ДА при нанесении на точку роста (рис. 10)

На почвах с содержанием гумуса 4 % при внесении минеральных удобрений в норме $N_{90}P_{90}K_{60}$ на 1 га, температуре $20^{\circ}C$ и влажности воздуха 75 % активно поступал гербицид 2,4-ДА в растения щирицы запрокинутой, бодяка полевого, осота желтого полевого и передвигался в них при внесении препарата на верхний лист растений весной в начальных фазах роста. Однако и при этих погодных условиях более интенсивным поступление и передвижение гербицида было у растений щирицы запрокинутой (рис. 11,12).

На почвах с низким содержанием гумуса при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$ через пять часов, сутки и трое суток после нанесения гербицида на разные органы двудольных растений весной в начальных фазах их развития наиболее интенсивно 2,4-ДА поступала в растения и передвигалась в них при нанесении ее на точку роста и верхние листья и почти не передвигалась – при нанесении на стебель (рис. 13). Наименее выраженным было проникновение и передвижение 2,4-ДА на разных по содержанию питательных веществ почвах у всех видов двудольных растений в начальных фазах их роста было при нанесении препарата на корень (рис. 14), что совпадает с низкой эффективностью производных 2,4-Д в посевах сельскохозяйственных культур при внесении их в почву. Неодинаково чувствительны были разные виды двудольных растений и их органы к проникновению и передвижению меченой по C^{14} 2,4-ДА при нанесении ее в летнее и осеннее время. В августе нанесенная на разные органы и в разные фазы развития двудольных растений 2,4-ДА при температуре воздуха $22^{\circ}C$ и 68 % от ПВ почвы наиболее интенсивно поступала и передвигалась у бодяка полевого в фазе бутонизации (рис. 15). Уже через пять часов, сутки и на 3-й день после нанесения передвижение гербицида из разных органов, кроме нижнего листа, превосходило степень передвижения препарата в весеннее время, особенно на почвах,



Рис. 7. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , через 5 часов после нанесения весной на верхнюю часть стебля бодяка полевого вначале роста на почвах с содержанием гумуса 4 %.



Рис. 8. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , через сутки после нанесения весной на верхнюю часть стебля осота желтого полевого вначале роста на почвах с содержанием гумуса 4 %.



Рис. 9. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , через сутки после нанесения весной на стебель мари белой вначале роста на почвах с содержанием гумуса 4 %.



Рис. 10. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , через сутки после нанесения весной на точку роста щирицы запрокинутой вначале роста на почвах с содержанием гумуса 4 %.



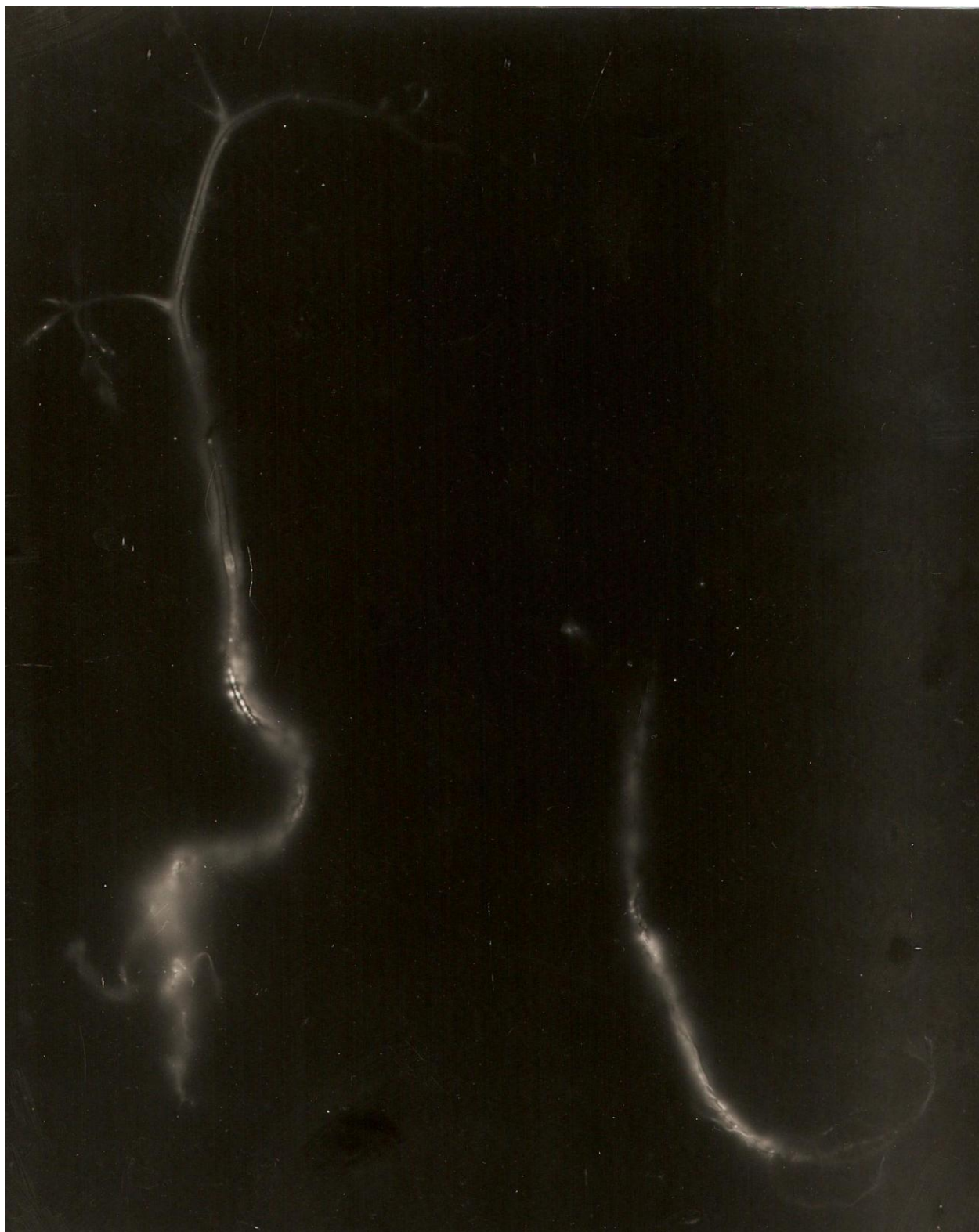
Рис. 11. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 3-й день после нанесения весной на верхний лист щирцы запрокинутой вначале роста при оптимальных почвенных и погодных условиях.



Рис. 12. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 3-й день после нанесения весной на верхний лист бодяка полевого вначале роста при оптимальных почвенных и погодных условиях.



Рис. 13. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 3-й день после нанесения весной на верхнюю часть стебля бодяка полевого на почвах с низким содержанием органических и минеральных веществ.



а)

б)

Рис. 14. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 7-й день после нанесения весной на верхнюю часть корня щиряцы запрокинутой: а) на почвах, обеспеченных питательными веществами, б) на почвах с низким содержанием питательных веществ.



Рис. 15. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 3-й день после нанесения летом (август) на верхнюю часть стебля бодяка полевого в фазе бутонизации на почвах с содержанием гумуса 4 % и внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.

обеспеченных органическими и минеральными веществами. Нанесение гербицида в августе на те же органы бодяка полевого в начальных фазах развития не приводило к такому интенсивному передвижению препарата, как в весеннее время или в фазе бутонизации в августе (рис. 16, 17), что еще раз подтверждает предположение о том, что поступление и передвижение гербицидов связано с интенсивностью ростовых процессов и фотосинтезом, которым в летнее время благоприятствуют оптимальные влажность почвы и воздуха.

При недостаточном количестве влаги в почве (36 % от ПВ) поступление и передвижение гербицида 2,4-ДА у бодяка полевого в фазе бутонизации превосходило передвижение гербицида в начальных фазах развития сорняков, очевидно, потому, что в фазе бутонизации бодяк полевой, обладая длинной, хорошо развитой корневой системой обеспечивает благоприятным водным режимом надземную часть растений, чего не могут иметь растения в начальных фазах роста. Это и отражается на поступлении и передвижении гербицида в летнее время в молодых растениях. Этим же можно объяснить и то положение, что внесение производных 2,4-Д летом в августе по взлущенной стерне предшественников под посев озимых культур с целью уничтожения молодых сорняков требует больших доз гербицидов, чем при внесении по всходам сорняков весной.

Как показали наши дальнейшие исследования, большую роль в механизме поступления и передвижения гербицидов в растениях играет состояние устьиц листовой поверхности, которое также определяется питательным, температурным и водным режимами окружающей среды. В этой связи наглядными являются опыты с меченой 2,4-ДА, которая после нанесения при низкой температуре воздуха (12°C) оставалась без передвижения в течение суток в двудольных растениях, произрастающих на малогумусных почвах, и незначительно передвигалась из мест нанесения растений, растущих на высокогумусных почвах (рис. 18, 19, 20).



Рис. 16. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 3-й день после нанесения летом (август) на верхнюю часть стебля бодьяка полевого вначале роста на почвах с содержанием гумуса 4 % и внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.



Рис. 17. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 3-й день после нанесения летом (август) на нижний лист бодяка полевого вначале роста на почвах с содержанием гумуса 4 % и внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.



Рис.18. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , через сутки после нанесения летом (август) при температуре $12^{\circ}C$ на точку роста бодяка полевого вначале роста на почвах с содержанием гумуса 1,3 % и внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.

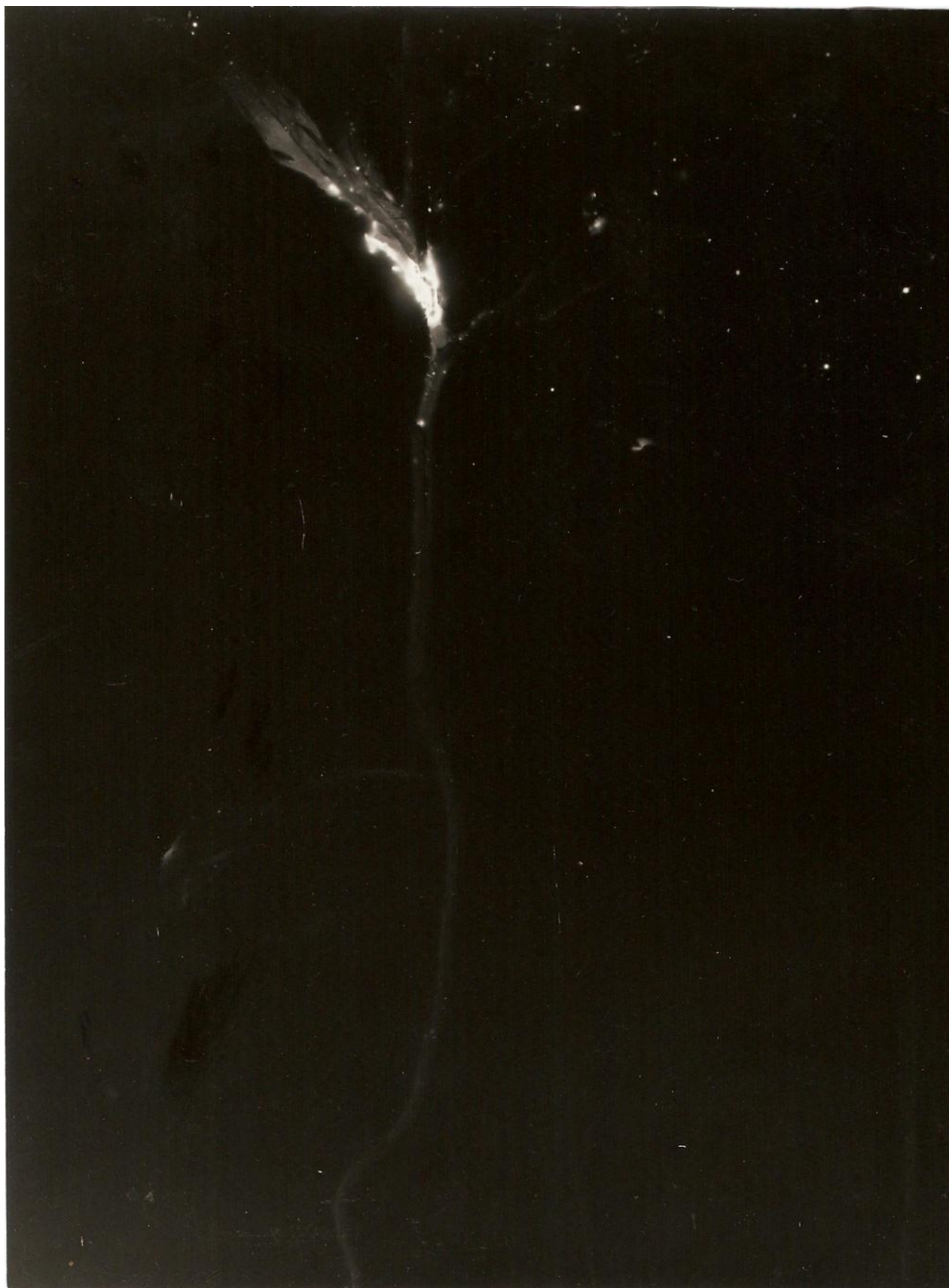


Рис. 19. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , через сутки после нанесения летом (август) на точку роста бодяка полевого вначале роста на почвах с содержанием гумуса 4 % при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.



Рис. 20. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , через сутки после нанесения весной при температуре $12^{\circ}C$ на верхнюю часть стебля бодяка полевого вначале роста на почвах с содержанием гумуса 4 % при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.

При нанесении гербицида 2,4-ДА на растения в летнее время, как и в весеннее, имеет большое значение место попадания гербицида на те или другие органы растений. Установлено с использованием метода меченых атомов, что при внесении гербицидов в летнее время, как и в весеннее, чувствительность к ним разных видов растений и их органов не одинакова при одних и тех же условиях применения. Наиболее чувствительным органом к поступлению гербицида у щирицы запрокинутой является точка роста (рис. 21), менее активной – верхняя и нижняя часть стебля (рис. 22,23).

У бодяка полевого наиболее чувствительным органом к гербицидам при летнем внесении является верхняя часть стебля в фазе бутонизации (рис.15), верхний лист (рис. 24). Причем на высокогумусных почвах передвижение 2,4-ДА было более активным из верхнего листа (рис. 24), чем в растениях, произрастающих на низкогумусных почвах (рис. 25). Однако и в том, и в другом случаях гербицид скапливался в жилках листьев, в молодых прилистниках в осевой части стебля и губительно действовал на растения.

Наименее чувствительной к гербициду 2,4-ДА при нанесении на верхнюю часть стебля, точку роста в летнее время оказалась марь белая как в фазе бутонизации, так и в начальные фазы развития (рис. 26, 27).

Гербицид совершенно не передвигался в другие органы растений при нанесении его в летнее время на нижний лист разных видов двудольных растений в фазе бутонизации. Он оставался на месте нанесения в течение 7-10 суток как на высокогумусных, так и на низкогумусных почвах (рис. 28, 29, 30).

Неодинаковая чувствительность и реакция разных органов растений к гербицидам 2,4-Д дает основание заключить, что при обработке посевов злаковых культур гербицидами 2,4-Д необходимо строго следить за качеством распыления препаратов и степенью равномерного опрыскивания поверхности органов сорных растений с целью наибольшего соприкосновения гербицида с чувствительными к нему органами двудольных растений, что ведет к максимальному их уничтожению.

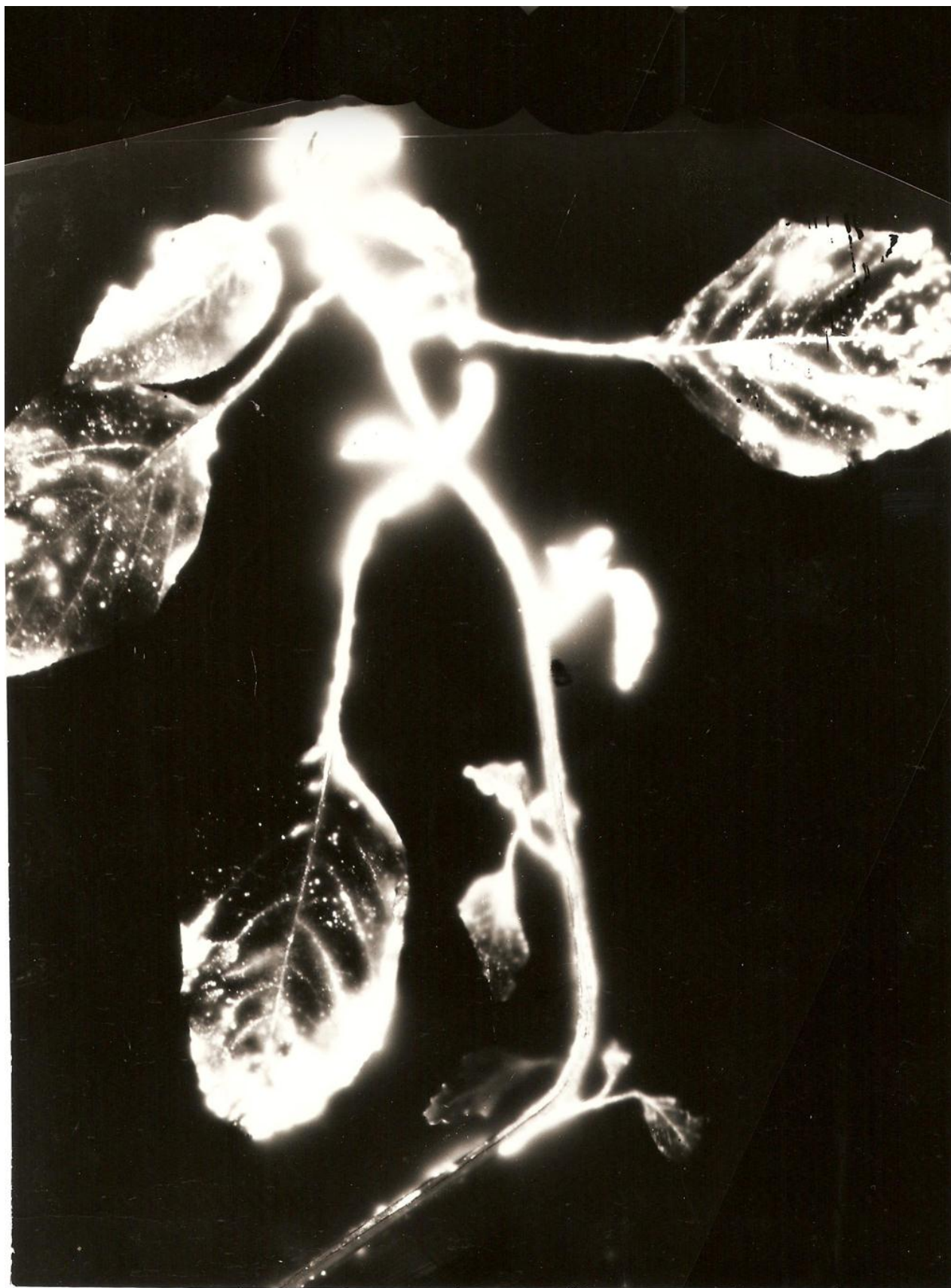


Рис. 21. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 3-й день после нанесения летом (август) на точку роста щирицы запрокинутой в фазе бутонизации на почвах с содержанием гумуса 4 % и внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.

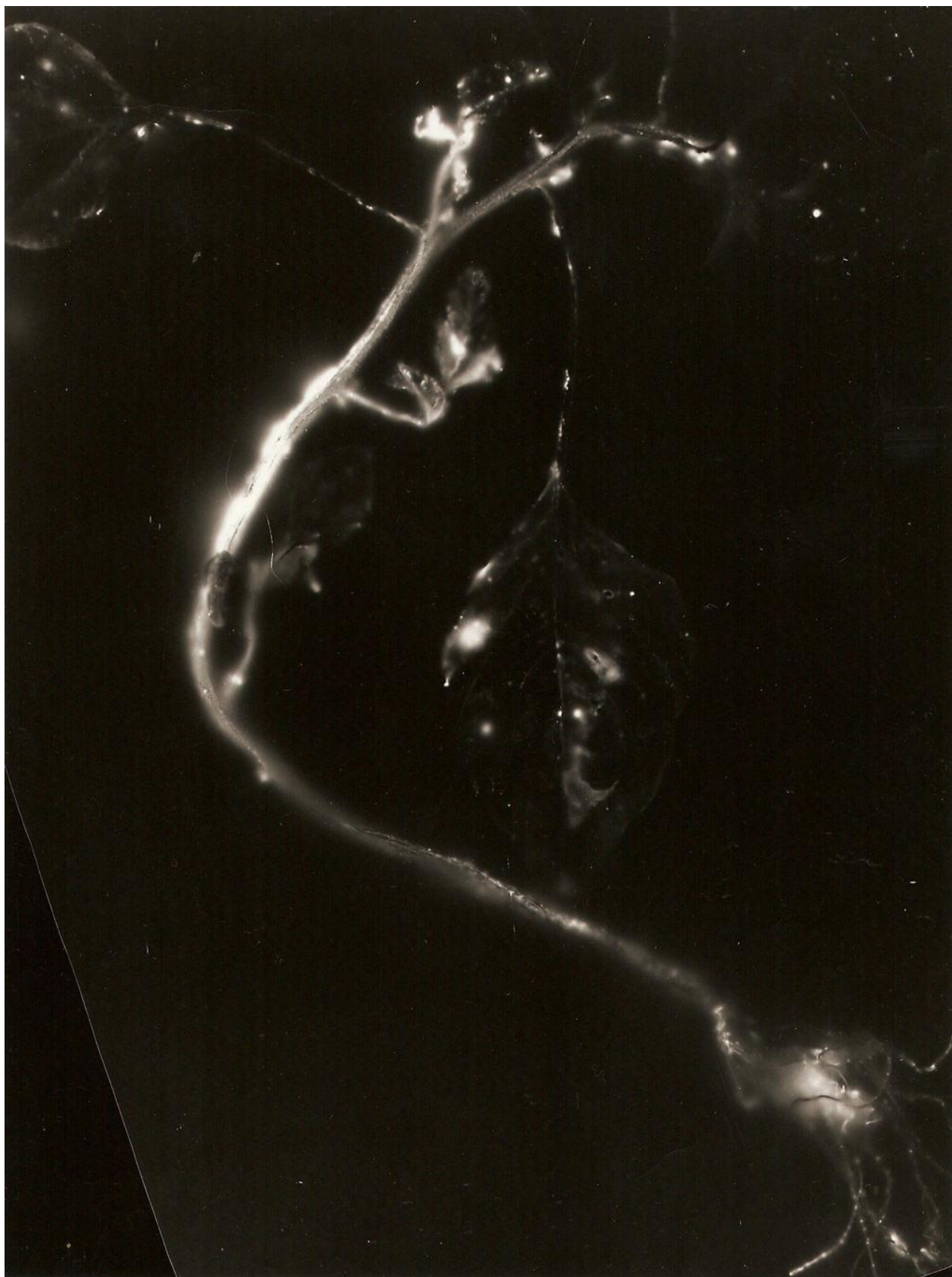


Рис. 22. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 3-й день после нанесения летом (август) на верхнюю часть стебля щиріцы запрокинутой в фазе бутонизации на почвах с содержанием гумуса 4 % при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.



Рис. 23. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 3-й день после нанесения летом (август) на нижнюю часть стебля щирицы запрокинутой в фазе бутонизации на почвах с содержанием гумуса 4 % при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.



Рис. 24. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 3-й день после нанесения летом (август) на верхний лист бодяка полевого в фазе бутонизации на почвах с содержанием гумуса 4 % при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.



Рис. 25. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 3-й день после нанесения летом (август) на верхний лист бодяка полевого в фазе бутонизации на почвах с содержанием гумуса 1,3 % при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.



Рис. 26. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 3-й день после нанесения летом (август) на верхнюю часть стебля мари белой в фазе бутонизации на почвах с содержанием гумуса 4 % при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.



Рис. 27. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 3-й день после нанесения летом (август) на точку роста мари белой вначале роста на почвах с содержанием гумуса 4 % и внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$ и дефиците влаги в почве.



Рис. 28. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 7-й день после нанесения летом (август) на верхний лист осота желтого полевого в фазе бутонизации на почвах с содержанием гумуса 4 % при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.



Рис. 29. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 7-й день после нанесения летом (август) на нижний лист осота желтого полевого в фазе бутонизации на почвах с содержанием гумуса 1,3 % при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.



Рис. 30. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 7-й день после нанесения летом (август) на нижний лист бодяка полевого в фазе бутонизации на почвах с содержанием гумуса 1,3 % при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.

Малоподвижным оставался гербицид при нанесении его как в летнее, так и в весеннее время на корни двудольных растений. Тем не менее, наиболее активно передвигался гербицид из верхней части корня и превосходил степень весеннего передвижения препарата из этого органа в растения щироты запрокинутой в фазе бутонизации, произрастающих на почвах, обеспеченных питательными веществами (рис. 31). При этом гербицид проникал в низлежащие части корня, а также в стебли растений. На втором месте по степени передвижения 2,4-ДА при одних и тех же условиях нанесения на верхнюю часть корня были растения мари белой, причем гербицид из корня, в основном, передвигался в надземную часть растения и аккумулировался в стеблях (рис. 32).

Наименее активно гербицид передвигался из верхней части корня при нанесении его в летнее время у растений бодяка полевого (рис. 33, 34). При этом препарат преимущественно транспортировался вниз от места нанесения в стержневую и мочковатую часть корня.

Важным было проследить как поступает и передвигается гербицид 2,4-ДА при разных условиях применения на разные органы двудольных растений в осеннее время. Оказалось, что из всех изучаемых сроков нанесения гербицидов на двудольные растения наименее эффективным был осенний срок.

При нанесении 2,4-ДА в середине сентября на разные органы двудольных растений в разные фазы их развития передвижение гербицида из мест нанесения было незначительным (рис. 35, 36, 37, 38), а при нанесении гербицида на верхние листья растений и температуре воздуха 10°C передвижение препарата не было совсем независимо от возраста растений и питательного режима почвы (рис. 39, 40, 41). Гербицид также не передвигался при нанесении его в осеннее время на корни двудольных растений (рис. 42, 43).

Слабое передвижение 2,4-ДА в двудольных растениях при нанесении ее осенью независимо от водного и питательного режимов почвы и температуры еще раз свидетельствует о том, что в процессе поступления и передвижения гербицидов в растениях огромную роль играет активность ростовых процессов, степень фотосинтетически активной радиации (ФАР), обуславливающей интенсивность процесса фотосинтеза и обмена веществ в органах и тканях растений, что в активной форме происходит в растениях, в том числе при оптимальных условиях применения гербицидов в весенне-летнее время и значительно замедляется – в осеннее.



Рис. 31. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 7-й день после нанесения летом (август) на верхнюю часть корня щирьцы запрокинутой в фазе бутонизации на почвах с содержанием гумуса 4 % при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.



Рис.32. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 7-й день после нанесения летом (август) на верхнюю часть корня мари белой в фазе бутонизации на почвах с содержанием гумуса 4 % при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.



Рис. 33. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 7-й день после нанесения летом (август) на верхнюю часть корня бодяка полевого в фазе бутонизации на почвах с содержанием гумуса 4 % при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.

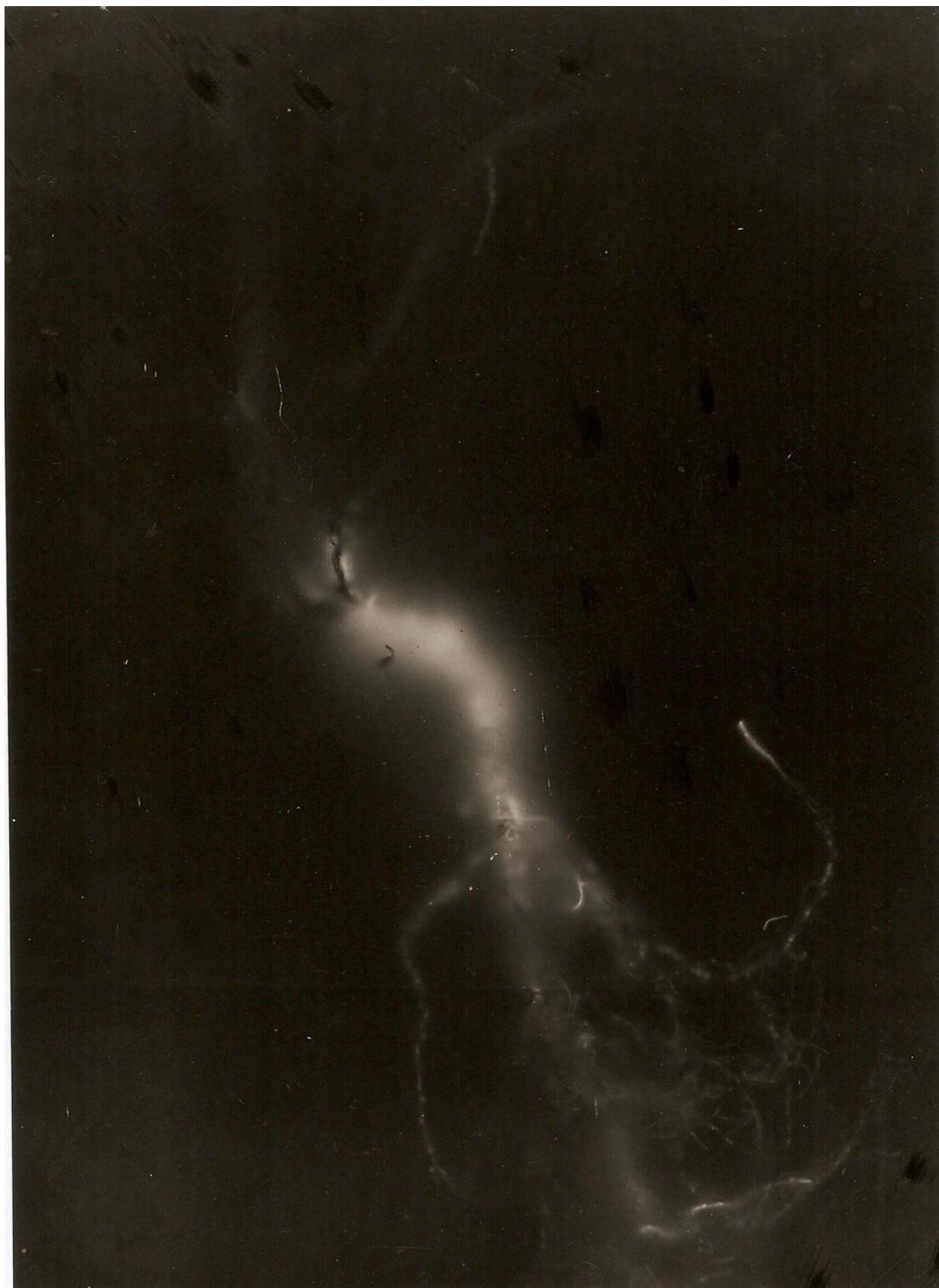


Рис. 34. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 7-й день после нанесения летом (август) на верхнюю часть корня бодяка полевого в фазе бутонизации на почвах с содержанием гумуса 1,3 % при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.



Рис. 35. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 7-й день после нанесения осенью (сентябрь) на верхний лист бодяка полевого в фазе бутонизации на почвах с содержанием гумуса 4 % при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.



Рис. 36. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 7-й день после нанесения осенью (сентябрь) на верхний лист бодяка полевого вначале роста на почвах с содержанием гумуса 4 % при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.

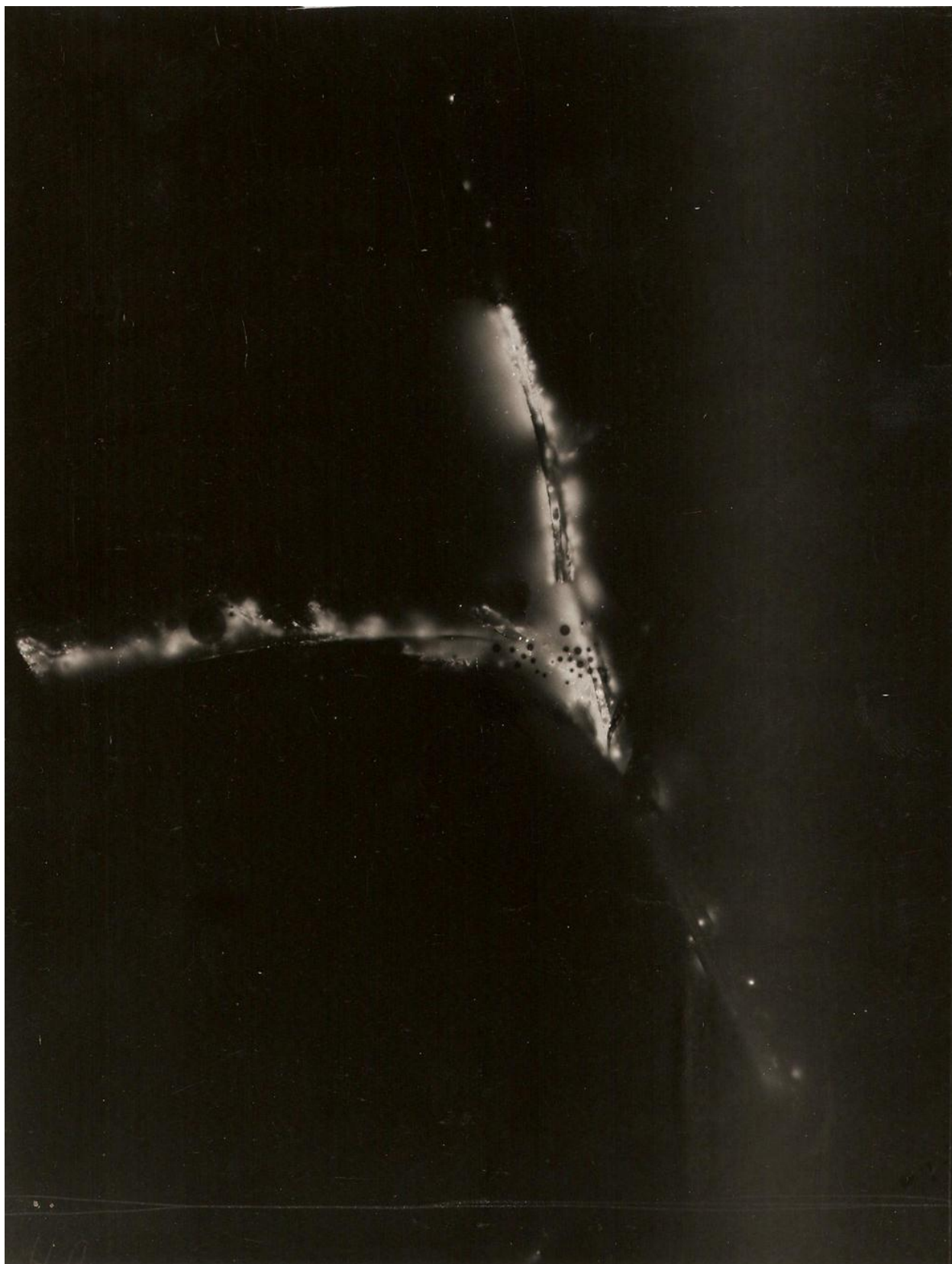


Рис. 37. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 7-й день после нанесения осенью (сентябрь) на верхнюю часть стебля бодяка полевого в фазе бутонизации на почвах с содержанием гумуса 4 % при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.



Рис. 38. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 7-й день после нанесения осенью (сентябрь) на верхний лист мари белой вначале роста на почвах с содержанием гумуса 4 % при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.



Рис. 39. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 7-й день после нанесения осенью (сентябрь) на верхний лист бодяка полевого в фазе бутонизации при температуре 10^0C на почвах с содержанием гумуса 4 % при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.



Рис. 40. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 7-й день после нанесения осенью (сентябрь) на верхний лист бодяка полевого в фазе бутонизации при температуре 10^0C на почвах с содержанием гумуса 1,3 % при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.

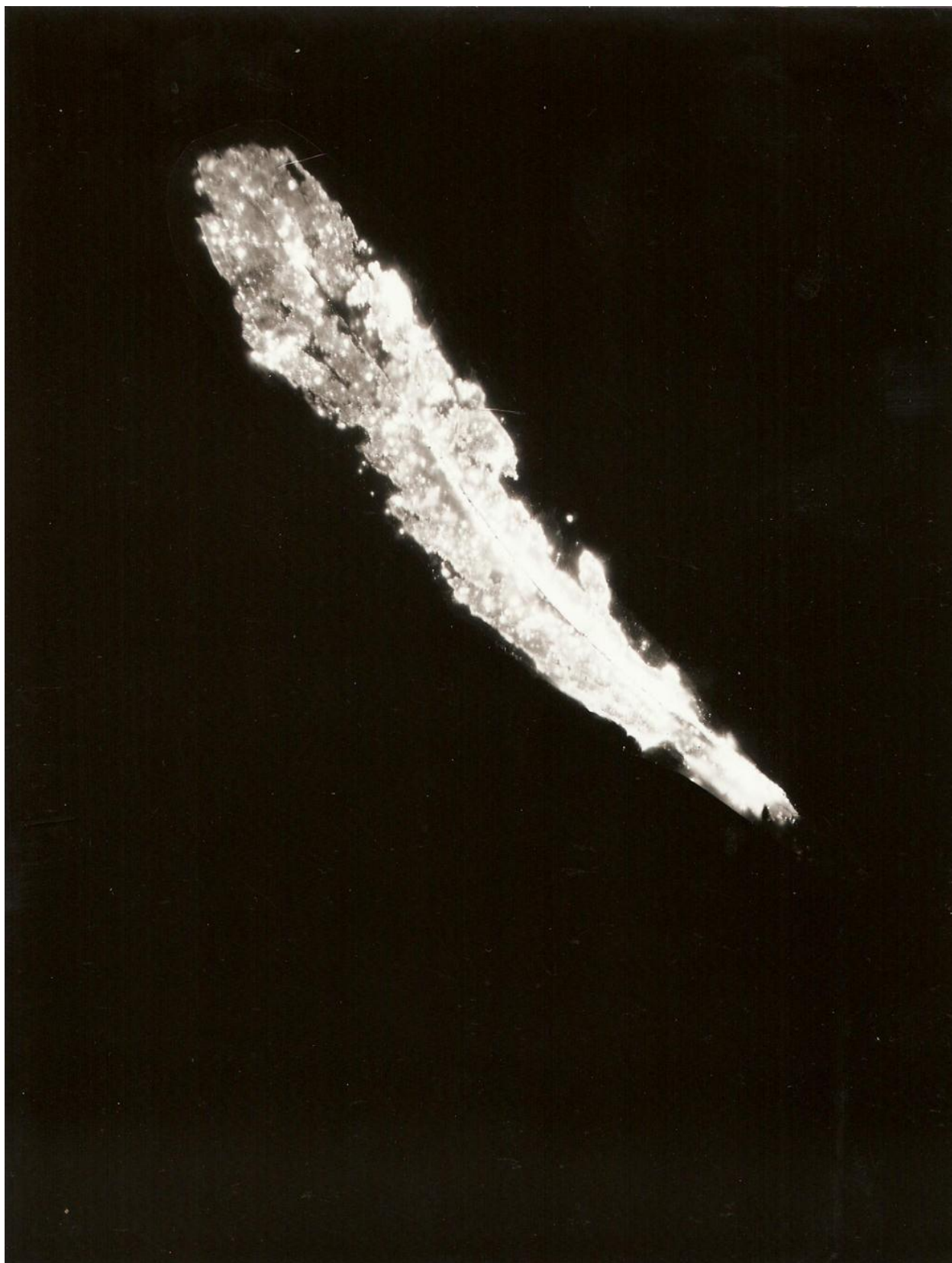


Рис. 41. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 7-й день после нанесения осенью (сентябрь) на верхний лист осота желтого полевого в фазе бутонизации при температуре 10^0C на почвах с содержанием гумуса 4 % при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.



Рис. 42. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 7-й день после нанесения осенью (сентябрь) на верхнюю часть корня бодяка полевого в фазе бутонизации при температуре 10^0C на почвах с содержанием гумуса 4 % при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.



Рис. 43. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 7-й день после нанесения осенью (сентябрь) на верхнюю часть корня щирицы запрокинутой в фазе бутонизации при температуре 10^0C на почвах с содержанием гумуса 4 % при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$.

Важным было изучить, как поступают и передвигаются гербициды 2,4-Д в устойчивых к ним злаковых растениях при разных почвенных и погодных условиях, поскольку утвердилось мнение в научной литературе и даже в учебниках по земледелию [14] о том, что в злаковые растения гербициды 2,4-Д не поступают или поступают незначительно в силу их морфологического строения – узких листьев, расположенных вертикально, их опушенности, наличия воскового налета, что в целом приводит к скатыванию капель рабочих растворов гербицидов с поверхности надземных органов растений. Последнее и обуславливает их устойчивость к производным 2,4-Д. Такое заключение дает основание применять производные 2,4-Д в посевах злаковых культур бесконтрольно, учитывая только реакцию на дозы гербицидов сорных растений с целью максимального их уничтожения. Однако, как показали проведенные нами ранее исследования с применением метода меченых атомов по изучению активности поступления и передвижения 2,4-ДА в чувствительных (двудольных) и устойчивых (злаковых) к ней растениях [15, 16], при нанесении гербицида на разные органы злаковых растений весной он поступает и передвигается гораздо интенсивнее, чем в двудольных растениях. Уже через сутки после нанесения препарата на разные органы (нижний и верхний лист, узел кущения, пазуху листа) гербицид активно поступал из мест нанесения и распределялся по всем органам растений, тем не менее злаковые растения не гибли. Нами было высказано предположение от том, что устойчивость злаковых к 2,4-Д и избирательность действия гербицидов на однодольные и двудольные растения заключается не только в особенностях морфологического строения органов злаковых растений, а и в особенностях обмена веществ, в способности вызывать быстрое распределение препарата по всем органам растений и направлять обмен веществ, ферментативную деятельность на его инактивацию и метаболизм [15, 16]. В этом направлении были проведены исследования другими авторами [17], которые также считают, что устойчивость и чувствительность растений к гербицидам связаны с биохимической избирательностью.

По мнению К. Федтке [18], устойчивость растений к ауксиноподобным гербицидам может быть обусловлена тремя разными механизмами: разницей в скорости метаболической инактивации, разницей в скорости поглощения и транспорта,

разницей в физиологии чувствительных и устойчивых растений. Как считает автор, специфика физиологии растений является главной причиной устойчивости растений к этим препаратам. Растения, устойчивые к гербицидам 2,4-Д, характеризуются высоким уровнем нуклеаз. Чувствительные растения реагируют на применение этих гербицидов увеличением соотношения РНК: белок, тогда как в устойчивых растениях происходит обратный процесс [18].

Представляется логичной гипотеза, согласно которой, как считает автор, растения, устойчивые к действию ауксиноподобных гербицидов, обладают особыми физиологическими характеристиками роста, которые четко отличают их от чувствительных растений. Высокий уровень рибонуклеазы у злаковых растений служит хорошим примером для иллюстрации этой гипотезы, но важное значение, вероятно, имеют биохимические, физиологические и анатомические характеристики, определяющие устойчивость растений к гербицидам [18].

Д.И. Чкаников, М.С. Соколов [5] отмечают, что под влиянием 2,4-Д у чувствительных к препарату растений перестают расти в длину клетки в зоне растяжения, однако увеличиваются в поперечном направлении. Изменяются также сформировавшиеся части корня и надземных органов. Вначале клетки здесь набухают, а затем начинают делиться, образуя каллусы и зачатки корней.

Как установлено нашими исследованиями [15], различия в анатомическом строении органов и тканей чувствительных и устойчивых к 2,4-Д растений в большой мере определяют степень их устойчивости к препаратам.

Камбиальная ткань под коровой частью стебля двудольных растений (наиболее чувствительная к производным 2,4-Д) под влиянием 2,4-ДА неравномерно делясь увеличивает в размерах каллюсные массы, которые разрывая кору и эпидермис выходят наружу стебля. В результате этого возникают изгибы стеблей, скручивание верхушек побегов, нарушается передвижение органических веществ и воды по растениям, а также имеет место некроз тканей и отмирание растений в результате повреждений эпидермальных покровов.

Отсутствие у злаков камбия, а наличие лишь интеркалярных меристем, предотвращает возможность ненормального, патологического разрастания тканей злаковых растений, что

защищает их от нарушения физиолого-биохимических функций при внесении гербицида [15].

При изучении поступления, передвижения и локализации 2,4-ДА, меченой по C^{14} , в злаковых растениях в зависимости от разного уровня почвенного питания, погодных условий, фаз развития растений и места нанесения, а также вегетационного периода нами установлено, что при нанесении гербицида на разные органы злаковых растений весной при температуре $20^{\circ}C$ и влажности воздуха 75 % независимо от уровня почвенного питания препарат поступал активно и через сутки после нанесения заполнял все органы злаковых растений, особенно при нанесении гербицида на корень (рис. 44). Такого передвижения 2,4-ДА из корня не наблюдалось ни у одного вида двудольных растений на протяжении всего вегетационного периода. Особенно интенсивным было передвижение 2,4-ДА.

Уже через 5 часов и сутки после нанесения гербицида он переместился из места нанесения и равномерно распределился по всей надземной части растения (рис. 45).

Какую ферментативную активность и обмен веществ нужно иметь этим видам растений, чтобы в кратчайший срок обезвредить гербицид и защитить растения от повреждения? Возможно также и то, что верхняя часть корня у злаковых растений в фазе кушения является местом, где накопленный гербицид в наибольшей мере может оказать ингибирующее влияние на злаковое растение и, чтобы обезвредить препарат, растения немедленно передвигают его во все надземные органы с целью инактивации и метаболизма.

Через сутки после нанесения 2,4-ДА весной (май) на вертикально расположенные к осевой линии растения верхние листья гербицид активно, однако менее, чем из верхней части корня, передвигался у щетинника сизого (рис. 46), ежовника обыкновенного (рис. 47, 48), а также при нанесении на нижний лист (рис. 49) и узел кушения (рис. 50) ежовника обыкновенного.

Гораздо слабее, чем при нанесении в фазе кушения, 2,4-ДА передвигался из мест нанесения в злаковых растениях в фазе выхода их в трубку (V-VI этапы органогенеза), а также в фазе колошения (VIII этап органогенеза). При этом препарат в основном поступал и скапливался в стеблях и верхней части корневой системы (рис. 51, 52), что, возможно, приводит к блокированию перемещения питательных веществ из почвы в надземную часть растений и из листьев в корневую систему.



Рис. 44. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , через сутки после нанесения весной на верхнюю часть корня щетинника сизого в мае из верхней части корня пырея ползучего, наиболее устойчивого к этому гербициду злакового растения.

Этим, очевидно, можно объяснить повышенную чувствительность злаковых растений к производным 2,4-Д в фазе выхода их в трубку и вредное действие опрыскивания гербицидами 2,4-Д посевов злаковых культур в этот период.

Совсем слабо поступал и перемещался гербицид 2,4-ДА при нанесении его на разные органы злаковых растений и в разные фазы их роста осенью (сентябрь).

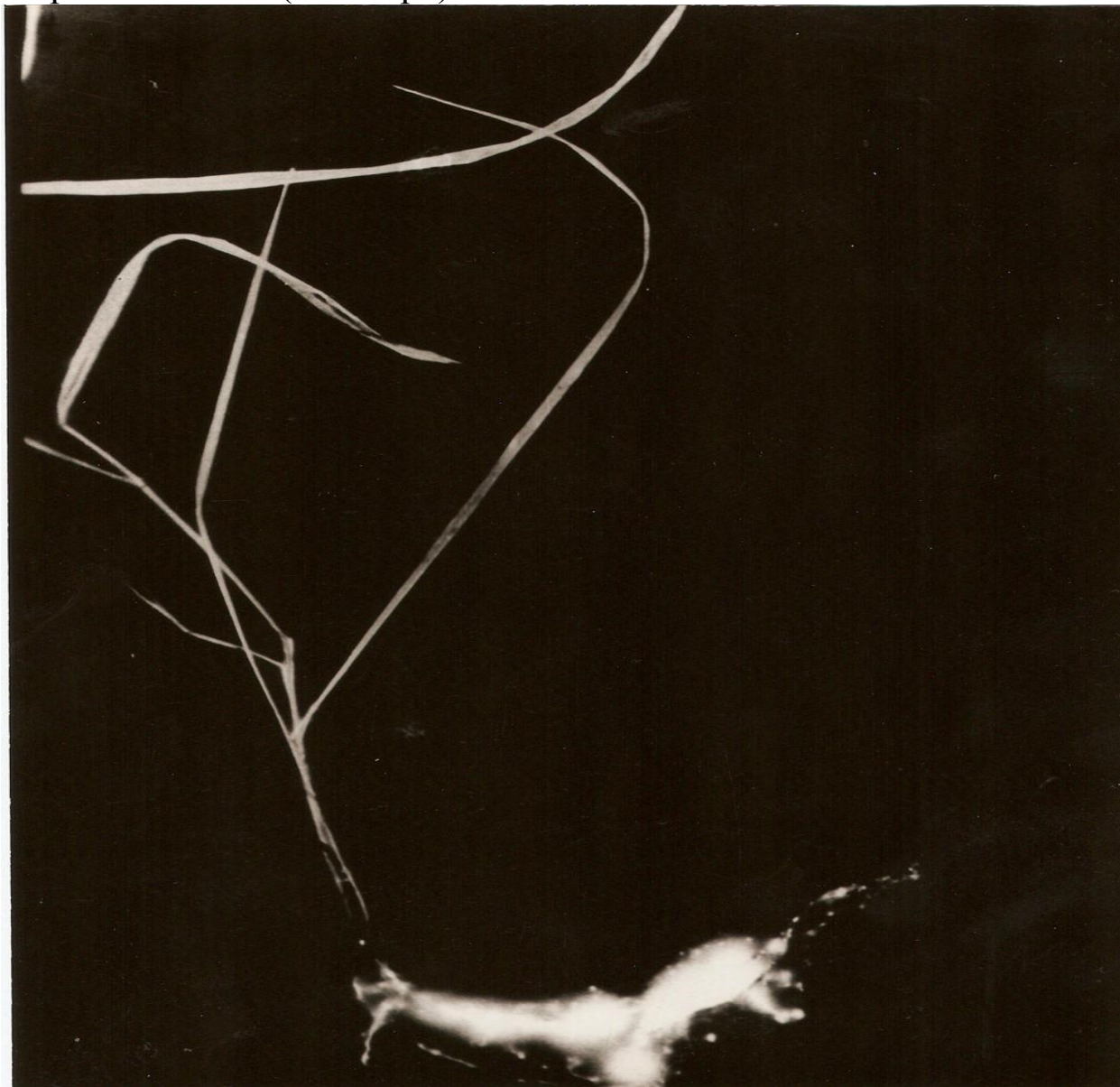


Рис. 45. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , через сутки после нанесения весной на верхнюю часть корня пырея ползучего.

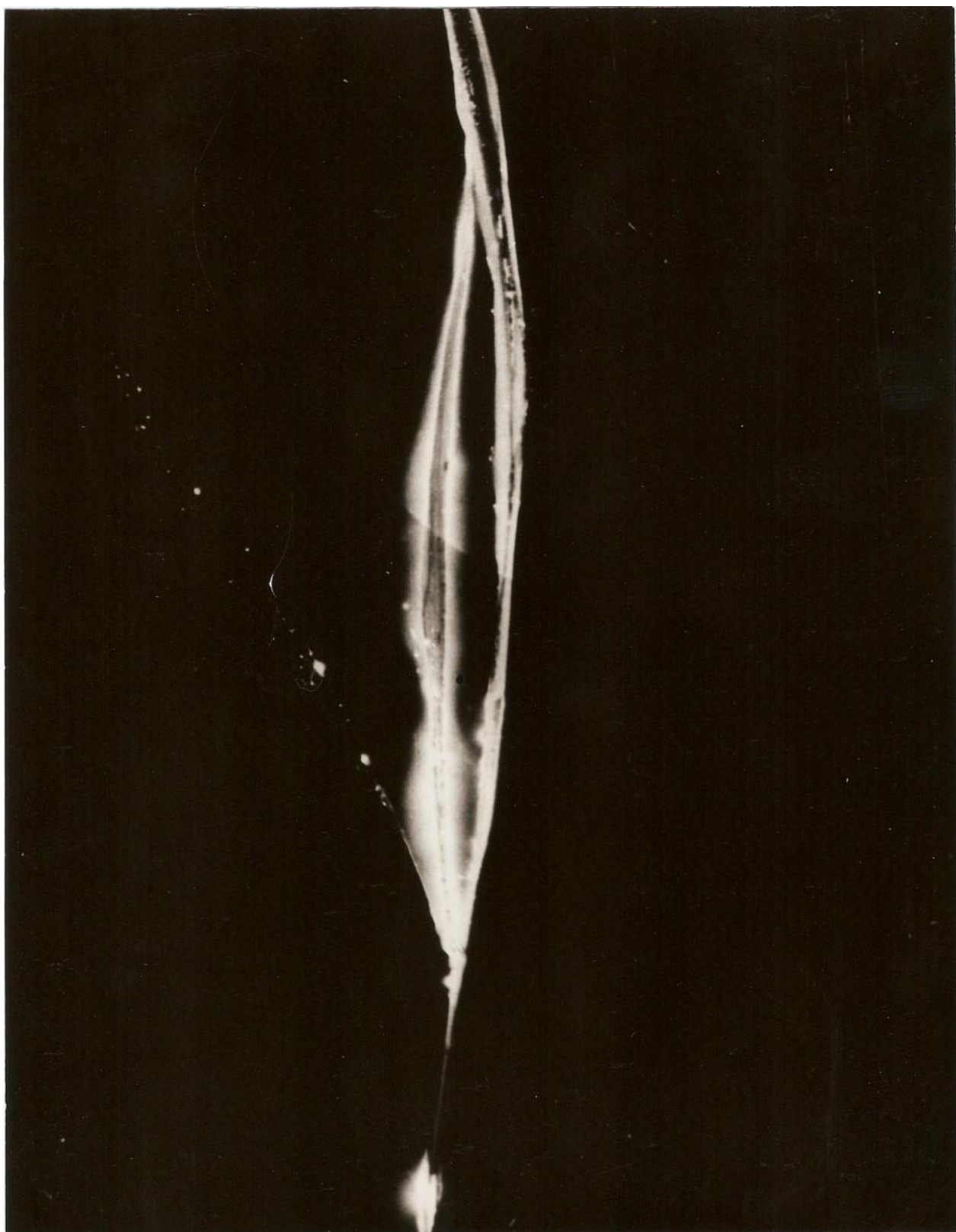


Рис. 46. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , через сутки после нанесения весной на вертикально расположенный верхний лист щетинника сизого.



Рис. 47. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , через сутки после нанесения весной на вертикально расположенный к осевой линии растения верхний лист ежевника обыкновенного на почвах с содержанием гумуса 4 %.

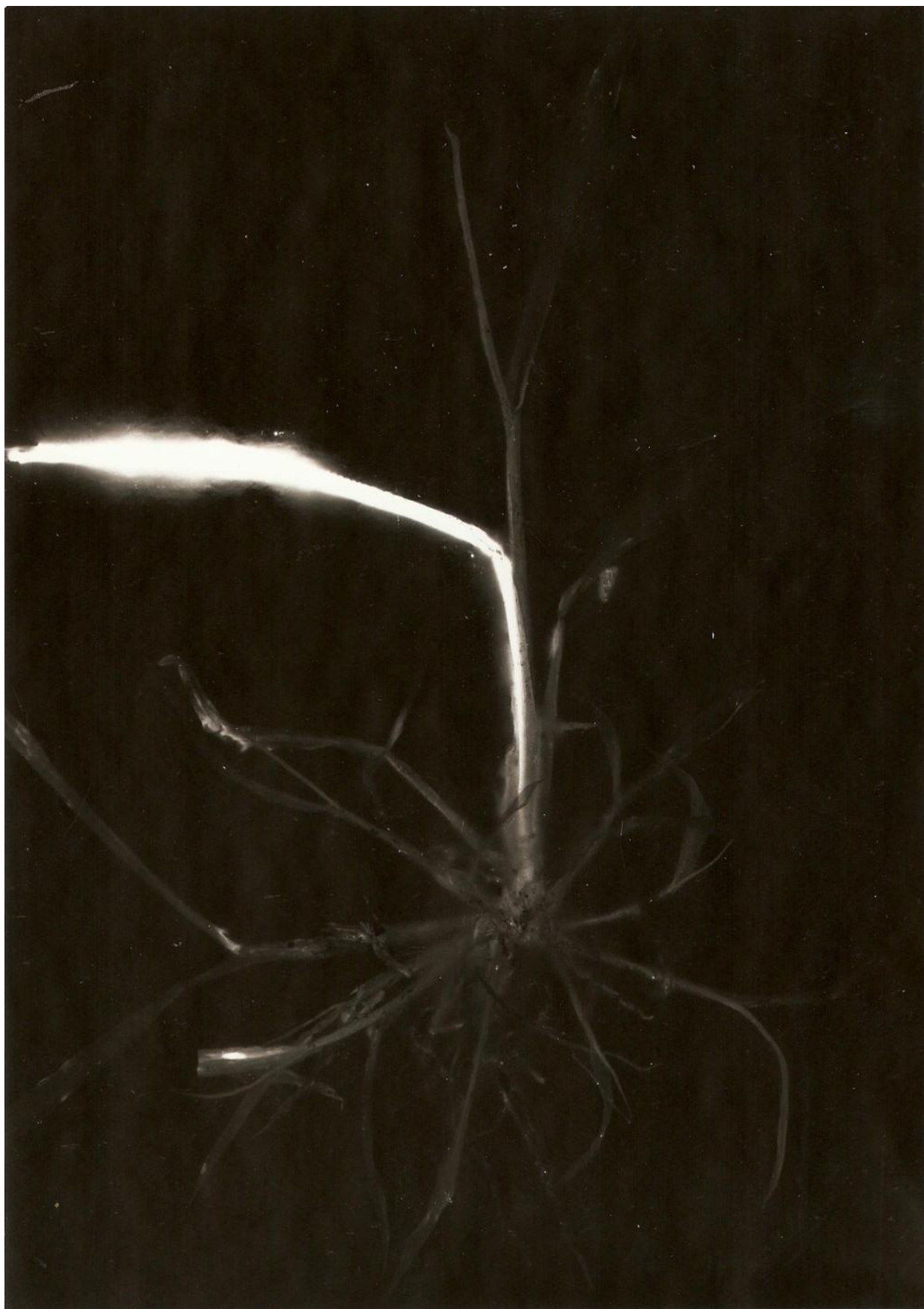


Рис. 48. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , через сутки после нанесения весной на верхний лист ежевника обыкновенного на почвах с содержанием гумуса 1,3 %.

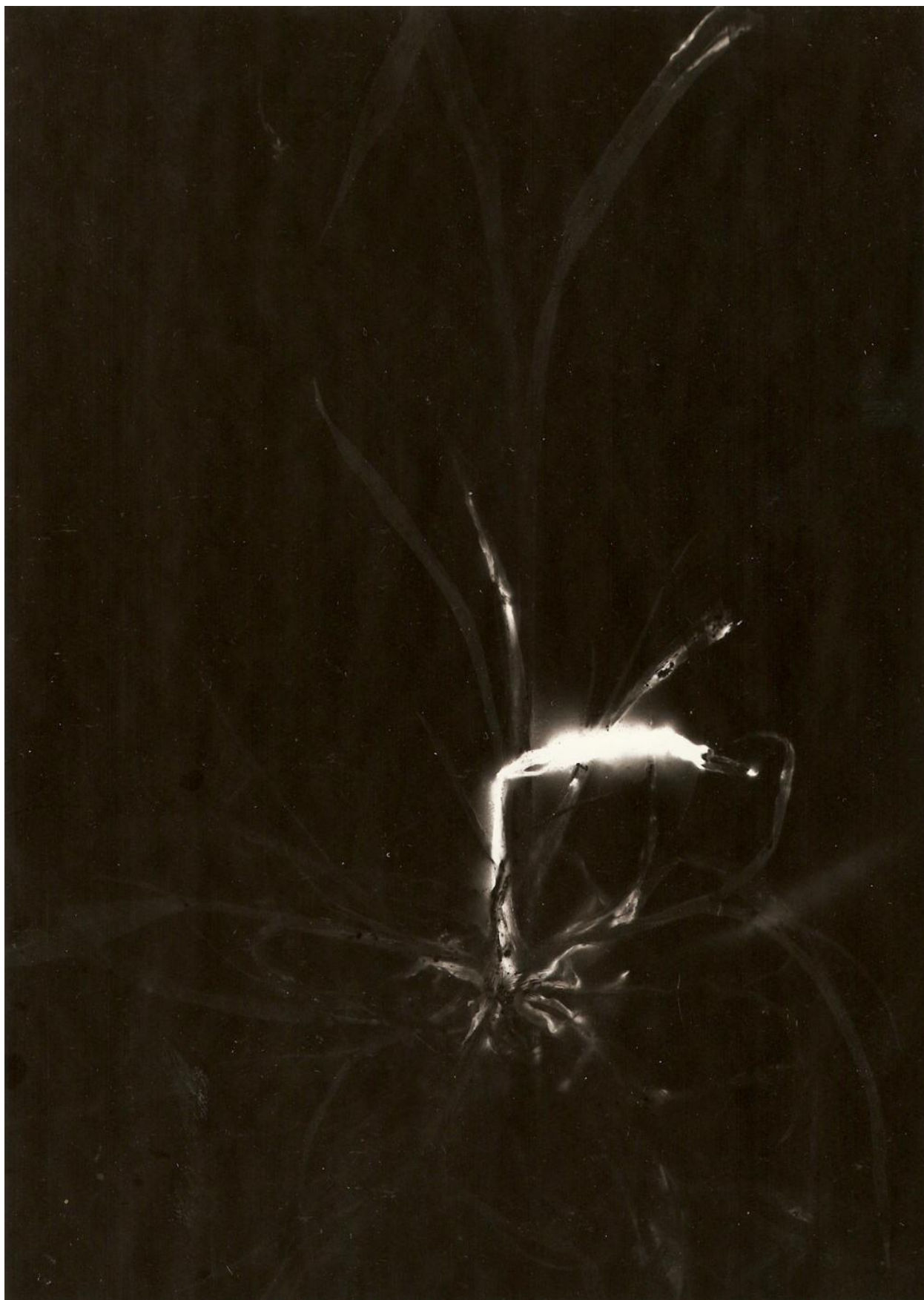


Рис. 49. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , через сутки после нанесения летом (август) на нижний лист ежовника обыкновенного в фазе колошения.



Рис. 50. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , через сутки после нанесения весной на узел кушения ежевника обыкновенного.



Рис. 51. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , через сутки после нанесения на вертикально расположенный верхний лист овса в фазе выхода в трубку.



Рис. 52. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , через сутки после нанесения на верхний лист щетинника сизого в фазе колошения.

Нанесенный в это время препарат при температуре воздуха 16⁰С и влажности его 73 % на разные виды злаковых растений перемещался незначительно в течение не только 5 часов, суток, но и 3-7 дней (рис. 53, 54, 55, 56), в то время когда у двудольных растений в начальные фазы их развития нанесенный в это время гербицид перемещался активнее.

Не было совсем перемещения гербицида 2,4-ДА в злаковых растениях при нанесении препарата осенью при температуре воздуха 10⁰С (рис. 57, 58, 59). Результаты этих исследований дают основание оспаривать положение о том, что опрыскивание посевов озимых зерновых культур осенью при необходимости освобождения их от двудольных сорняков уменьшает степень зимостойкости озимых в силу якобы активного влияния на них производных 2,4-Д. Подтверждением отмеченного могут являться работы В.Велевой [19] по изучению осенней обработки посевов озимой пшеницы гербицидами, в результате которой фитотоксичности гербицидов на озимую пшеницу не обнаружено.

2. Поступление, передвижение и локализация производных триазина, меченых по С¹⁴, у чувствительных и устойчивых к ним растений в зависимости от питательного, температурного и водного режимов почвы, фаз развития растений, места нанесения гербицида и времени вегетационного периода

Как уже отмечалось в обзоре литературы, все еще недостаточно ведутся исследования по изучению поступления, передвижения и локализации триазинов в растениях. А между тем, широкое проведение экспериментальной работы в этой области и, кроме того, с учетом почвенно-климатических условий дало бы возможность с более глубокими знаниями использовать препараты триазинового ряда в посевах кукурузы с учетом степени их действия на растения, длительности процесса инактивации и метаболизма в конкретных условиях зоны.

У литературе имеются сведения, указывающие на значительную зависимость поступления и передвижения почвенных гербицидов у разных видов растений от почвенно-климатических условий [3, 4]. Гаст [20] считает, что механический и неорганический состав почвы играет большую роль не только в передвижении триазинов, но и в их активности.



Рис. 53. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 3-й день после нанесения осенью (сентябрь) на узел кущения озимой пшеницы.



Рис. 54. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 3-й день после нанесения осенью (сентябрь) на верхний лист кукурузы в фазе 3-х листьев.

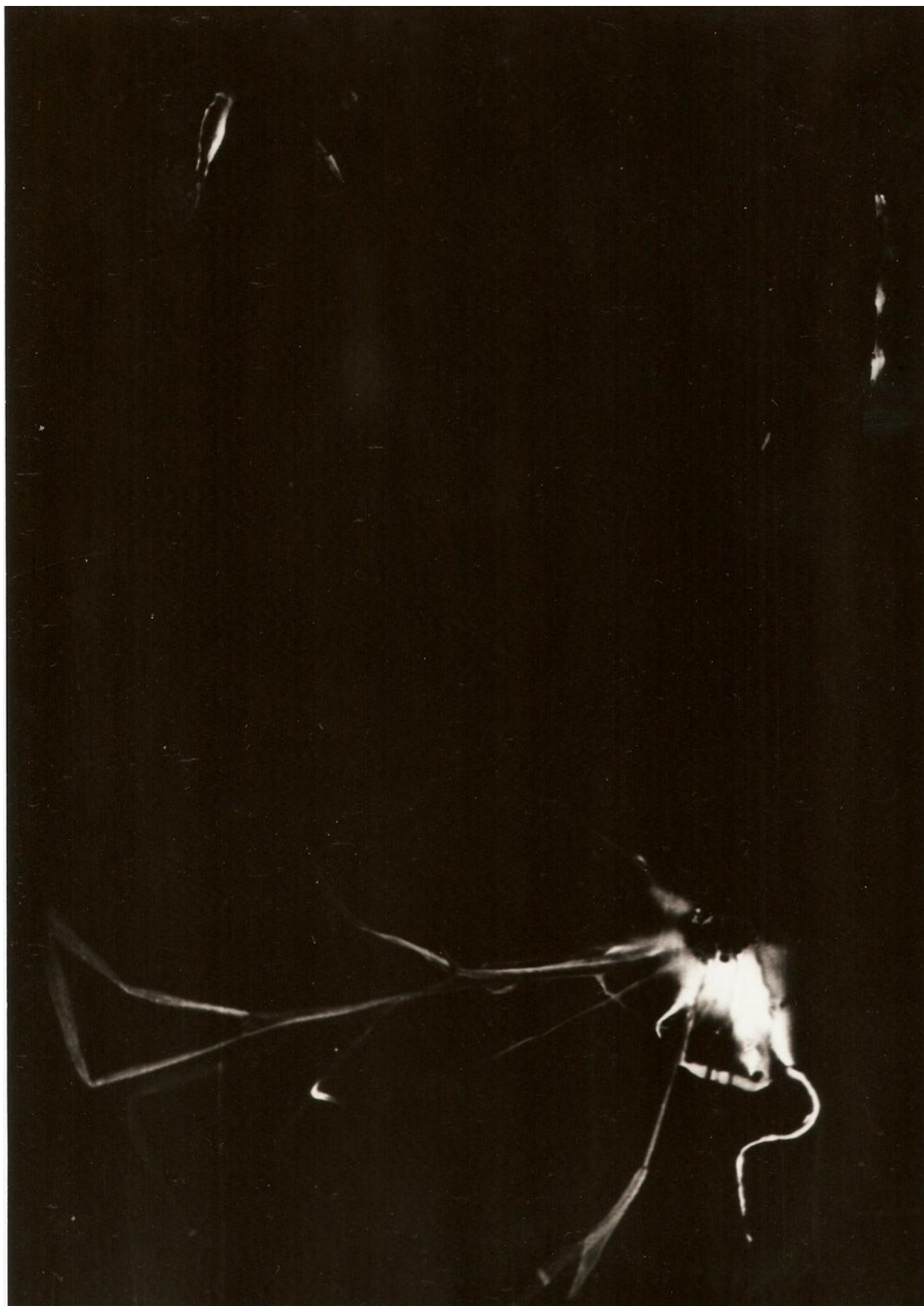


Рис. 55. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 3-й день после нанесения осенью (сентябрь) на точку роста ежовника обыкновенного в фазе кущения.



Рис. 56. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 3-й день после нанесения осенью (сентябрь) на верхнюю часть корня озимого ячменя в фазе выхода в трубку.



Рис. 57. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 3-й день после нанесения осенью (сентябрь) на нижний лист пшеницы озимой в фазе кущения при температуре $10^{\circ}C$.



Рис. 58. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 3-й день после нанесения осенью (сентябрь) на стебель ячменя озимого при температуре 10^0C .



Рис. 59. Поступление, передвижение и локализация 2,4-ДА, меченой по C^{14} , на 3-й день после нанесения осенью (сентябрь) на лист кукурузы в фазе 3-х листьев при температуре $10^{\circ}C$.

Д.Попова [21] отмечает, что полное минеральное удобрение уменьшает поступление ^{14}C -атразина в растения фасоли и это сопровождается уменьшением токсичности гербицида. В то же время удвоенные дозы NPK по сравнению с одинарными усиливали фитотоксичность атразина. Атразин на фоне РК оказывал более сильное токсическое действие, чем на фоне NP или NK, что сопровождалось повышенной транслокацией гербицида в растениях.

В опытах Рота и др. [цит. 1] суданская трава поглощала в 2-3 раза больше атразина, чем кукуруза. При этом корневые и стеблевые экстракты растений разрушали атразин. В стеблях процесс протекал быстрее, чем в корнях, в кукурузе сильнее, чем в сорго. В кукурузе в процессе превращения накапливался основной метаболит – гидроксатразин – нетоксичный для растений, в суданке образовались продукты, все еще фитотоксичные.

В вегетационных опытах, проведенных в США [22] на супесчаных почвах передвижение прометрина, меченого по C^{14} , в отдельных листьях было больше у овса, чем у кукурузы. Больше прометрина накапливалось в корнях и проростках овса, чем у кукурузы, хотя разница была небольшой. Авторадиография показала, что он кумулируется в кончиках листьев овса и кукурузы. В то же время другие авторы [23] указывают, что в отделенные корни овса атразин быстрее, чем у кукурузы поступает из раствора только в течение 30 мин. В течение же суток более высокую скорость адсорбции атразина по сравнению с овсом имеет кукуруза. Аналогичные опыты с отделенными корнями ячменя по изучению поглощения ими из раствора атразина были проведены Н.М. Жирмунской, С.С. Кольцовой [24]. Они отмечают, что поглощение атразина отделенными корнями ячменя заканчивались в первые 2 мин., а дальше концентрация атразина в растворе не изменялась. Авторы приходят к выводу, что поглощение атразина отделенными корнями ячменя обусловлено адсорбцией и диффузией. Корни ячменя не способны метаболизировать атразин.

В опытах Ю.Г. Мережинского и др. [25] прометрин, симазин быстро проникали в растения подсолнечника, картофеля, сахарной свеклы и, в основном, накапливались в листьях. В вегетационных опытах, в растения поступало большее количество гербицидов, чем в полевых, что, как предполагают авторы, является причиной угнетения фотосинтеза в первой половине вегетации растений. В

полевых опытах поступившие в растения гербициды не оказывали отрицательного влияния на фотосинтез.

При изучении поступления и передвижения прометрина в растениях гороха, погруженных в питательный раствор гербицида, препарат преимущественно локализовался в надземных органах гороха и слабо метаболизировался [26].

Поглощение и передвижение симазина, атразина и атратона гипокотилиями редиса в лабораторных опытах происходит пассивным путем и не зависит от относительной влажности воздуха, освещенности, а также концентрации и растворимости в воде исследованных гербицидов. Скорость же передвижения симазина, атразина и атратона в гипокотилиях редиса зависит от коэффициента диффузии этих соединений в тканях гипокотыля [27]. В то же время лабораторными опытами установлено [28], что поглощение атразина, симазина, пропазина корнями различных видов растений происходит с разной интенсивностью и увеличивается (в 1,1 – 54 раза) при снижении температуры раствора с 22,5 до 2⁰ и увеличении концентрации гербицидов с 1 до 10 мг/л. Между тем, с повышением температуры почвы скорость перемещения и разложения динитрамина повышается на супеси до 40⁰, на суглинках до 30⁰. При повышении влажности почвы скорость разложения почвенного гербицида также усиливается [29]. Сведения, указывающие на зависимость передвижения и разложения атразина от влажности и минерального состава почвы приводит Д. Петкова [30].

Мы изучали характер поступления, передвижения и локализации симазина, меченого по С¹⁴, у чувствительных и устойчивых к нему растений. Установлено, что симазин поступает в разные виды двудольных растений по-разному в зависимости от питательного режима почвы, водного и температурного режимов, фаз развития растений, времени вегетационного периода и места нанесения препарата. Во время нанесения симазина весной в начальные фазы развития двудольных растений при влажности почвы 75 % ПВ и температуре 18-20⁰С наиболее активно поступал и передвигался симазин у бодяка полевого независимо от питательного режима, особенно при нанесении на верхнюю часть корня (рис. 60, 61).

При этом симазин через сутки после нанесения активно перемещался в листья. Однако здесь в растениях бодяка полевого, произрастающих на высокогумусных почвах, гербицид интенсивно перемещался в верхние листья и локализовался в паренхиме листа,

менее скапливаясь в жилках (сосудисто-волокнистых пучках), что давало возможность растениям бодяка полевого беспрепятственно обеспечивать себя нормальным водным и питательным режимами и при этом накапливать симазин в тканях листьев, особенно в молодых, с активным обменом веществ. Этим, очевидно, можно объяснить устойчивость бодяка к производным триазина, особенно произрастающего на богатых органическим веществом почвах. В то же время в растениях бодяка полевого, произрастающих на низкогумусных почвах, симазин локализовался не только в паренхиме листьев, но и полностью заполняя сосудисто-волокнистые пучки, ингибируя поступление и перемещение питательных веществ и воды в растениях, обмен веществ, с чем по-видимому, связана повышенная чувствительность бодяка полевого в фазе розетки к производным триазина на бедных органическим веществом почвах.

При нанесении симазина весной на верхнюю часть корня осота желтого полевого гербицид активно (рис. 62), все же менее, чем у бодяка полевого, перемещался из корня в надземную часть растения на разных по содержанию гумуса почвах. Однако закономерность локализации симазина в паренхиме листа и сосудисто-волокнистых пучках в зависимости от наличия органических веществ в почве соблюдалась такая же, как и у бодяка полевого, что также соответствует уровню чувствительности этого вида сорного растения к триазинам на разных по обеспеченности органическим веществом почвах.

С наименьшей скоростью передвигался симазин при нанесении на верхнюю часть корня весной в растениях щирицы запрокинутой, мари белой. При этом гербицид распределялся равномерно в пластинках листьев и прилистниках.

Менее активно, чем при нанесении на верхнюю часть корня, симазин передвигался в другие органы при нанесении весной на верхний лист у бодяка полевого (рис. 63), точку роста у осота желтого полевого (рис. 64) и мари белой и совсем не передвигался гербицид у мари белой при нанесении его на верхний лист (рис. 65), несмотря на оптимальные почвенно-климатические условия. Это свидетельствует о низкой эффективности применения симазина по всходам растений в посевах кукурузы с произрастанием в преобладающем количестве этого сорного растения.



Рис. 60. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , через сутки после нанесения весной на верхнюю часть корня бодяка полевого вначале роста на почвах с содержанием гумуса 4 %.



Рис. 61. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , через сутки после нанесения весной на верхнюю часть корня бодяка полевого вначале роста на почвах с содержанием гумуса 1,3 %.



Рис. 62. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , через сутки после нанесения весной на верхнюю часть корня осота желтого полевого вначале роста на почвах с содержанием гумуса 4 %.

Внесение минеральных удобрений в почву ($N_{90}P_{90}K_{60}$ и $N_{120}P_{120}K_{90}$) не приводило к усилению передвижения симазина в двудольных растениях в весеннее время при оптимальных содержании влаги в почве (75 % ПВ) и температуре воздуха ($20^{\circ}C$). При уменьшении же влажности почвы (50 % ПВ) и снижении температуры воздуха ($15^{\circ}C$) симазин быстрее передвигался в растениях, которые произрастали на фоне повышенных доз минеральных удобрений, чем на почвах без них, то есть при более активном росте растений.

Исключительно активно передвигался симазин у бодяка полевого в фазе бутонизации при нанесении на верхнюю часть корня в августе независимо о минерального фона почвы (рис. 66, 67). При этом симазин четко. Такая же картина интенсивного поступления и передвижения симазина в надземную часть растения из верхней части корня при нанесении в летнее время наблюдалась у осота желтого полевого в фазе цветения (рис. 68), с той лишь разницей, что у осота желтого полевого больше, чем у бодяка полевого, гербицида накапливалось в стеблях и цветках. При нанесении в летнее время симазина на точку роста, листья двудольных растений передвижение гербицида было незначительным (рис. 69).

Важным было изучить, как поступает, передвигается и локализуется симазин в злаковых растениях, в том числе устойчивых к триазинам, при разных условиях нанесения гербицида на отдельные органы растений. Оказалось, что на разных по содержанию гумуса почвах поступление и передвижение симазина у злаковых растений было неодинаковым. Так, на высокогумусных почвах (4 %) и при оптимальных погодных условиях симазин уже через сутки после нанесения весной на верхнюю часть корня ежевника обыкновенного активно проникал во все органы надземной части растений без существенного перемещения в корневую систему (рис. 70). Между тем, при нанесении симазина на верхнюю часть корня ежевника обыкновенного, произрастающего на низкогумусных почвах (1,3 %), гербицид в основном поступал в корневую систему растений и слабо перемещался в надземную часть даже на 3-й день после нанесения (рис. 71). В производственных же условиях ежевник обыкновенный под влиянием симазина быстрее гибнет на низкогумусных почвах, чем на высокогумусных. Возможно, проникновение симазина в корневую систему на низкогумусных почвах блокирует поступление питательных веществ и воды в надземную часть растений, что

отражается на их жизнедеятельности, в то время когда поступивший гербицид в надземную часть сорного растения на высокогумусных почвах частично инактивируется при благоприятном



Рис. 63. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , на 3-й день после нанесения весной на верхний лист корня бодяка полевого вначале роста на почвах с содержанием гумуса 4 %.

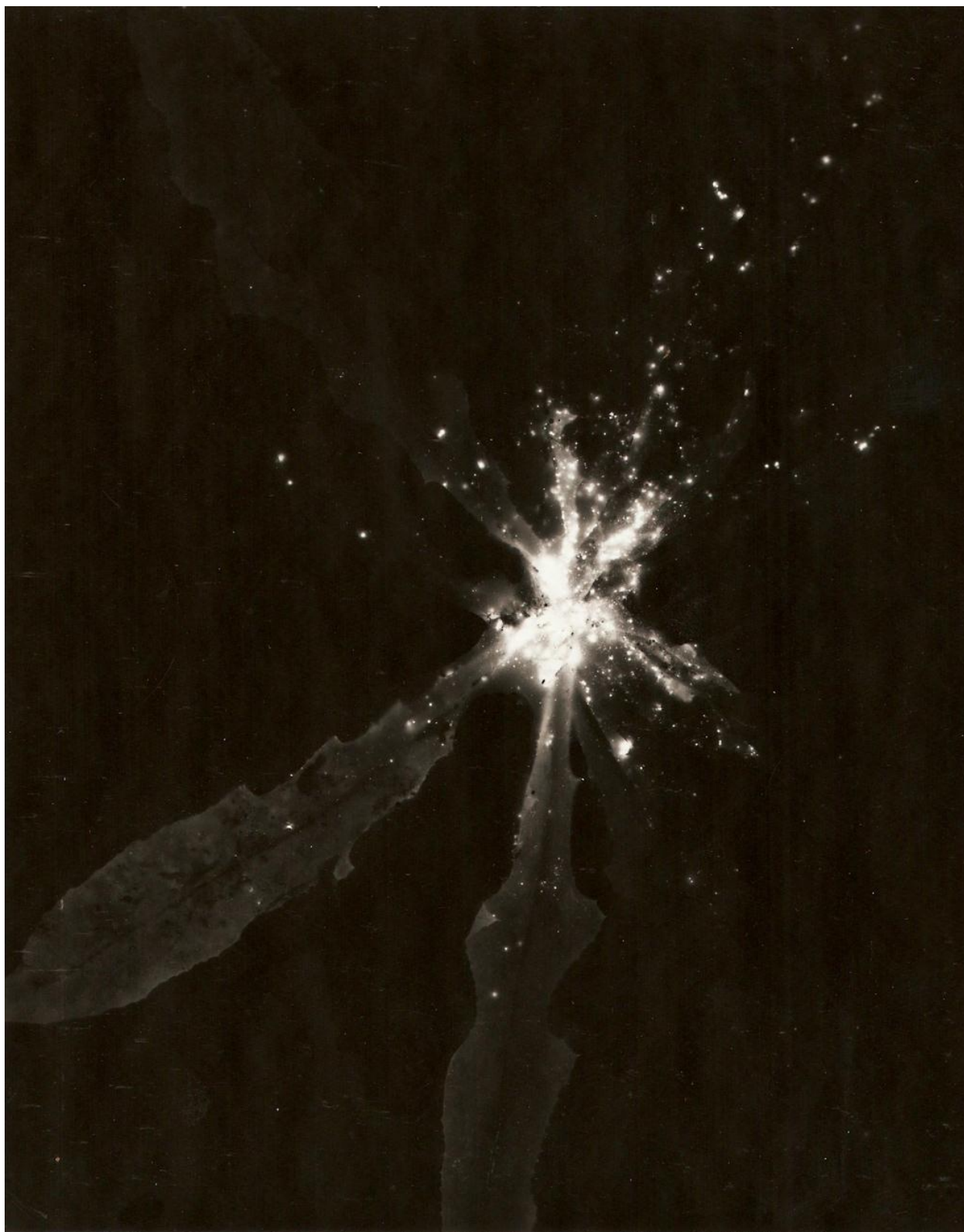


Рис. 64. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , на 3-й день после нанесения весной на точку роста осота желтого полевого на почвах с содержанием гумуса 4 %.



Рис. 65. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , на 3-й день после нанесения весной на верхний лист мари белой на почвах с содержанием гумуса 4 %.



Рис. 66. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , через сутки после нанесения летом (август) на верхнюю часть корня бодяка полевого на почвах ис содержанием гумуса 4 %.



Рис. 67. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , через сутки после нанесения летом (август) на верхнюю часть корня бодья полевого на почвах с содержанием гумуса 4 % при внесении $N_{120}P_{120}K_{90}$ локализовался в паренхиме листьев и отсутствовал в сосудисто-волокнистых пучках и стеблях.



Рис. 68. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , через сутки после нанесения летом (август) на верхнюю часть корня осота желтого полевого на почвах с содержанием гумуса 4 %.



Рис. 69. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , на 3-й день после нанесения летом (август) на точку роста осота желтого полевого в фазе розетки на почвах с содержанием гумуса 4 %.



Рис. 70. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , через сутки после нанесения весной на верхнюю часть корня ежовника обыкновенного на почвах с содержанием гумуса 4 %



Рис. 71. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , на 3-й день после нанесения весной на верхнюю часть корня ежовника обыкновенного на почвах с содержанием гумуса 1,3 %.

поступлении питательных веществ и воды из почвы через корневую систему в надземную, чем, по-видимому, можно объяснить необходимость внесения против сорняков повышенных доз триазинов на высокогумусных почвах и уменьшенных – на почвах с низким содержанием органического вещества.

С большой скоростью передвигался симазин в растениях устойчивого к симазину пырея ползучего при нанесении весной на верхнюю часть корня. Причем, передвижение из места нанесения препарата наблюдалось только в надземную часть растения и совершенно отсутствовало – в корневую, независимо от содержания гумуса в почве (рис. 72). Такая же закономерность поступления и передвижения симазина из верхней части корня наблюдалась и у растений кукурузы гибрида Буковинский 3 в фазе 3-х листьев.

Минеральные удобрения в дозах $N_{90}P_{90}K_{60}$ и $N_{120}P_{120}K_{90}$ усиливали весной передвижение симазина в злаковых растениях, произрастающих на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 % в большей степени, чем на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса 4 %. При этом передвижение симазина было более активным на почвах с внесением повышенных доз минеральных удобрений, что, очевидно, связано с более интенсивным ростом растений, при повышенной обеспеченности их питательными веществами. Следует также отметить, что внесение симазина весной в производственных условиях на фоне повышенных доз минеральных удобрений уменьшало чувствительность сорняков к триазину, что вызывало необходимость корректировать дозы гербицида в сторону их увеличения.

Симазин активно поступал в злаковые растения в летнее время (июнь-август) после нанесения на разные органы растений при температуре воздуха 18-20⁰С, влажности его 60-70 % и температуре почвы 16-22⁰С (рис. 73, 74). При низких (10-12⁰С) или высоких (26-30⁰С) температурах воздуха и низкой влажности почвы (36 % ПВ) как летом, так и осенью (сентябрь) симазин из мест нанесения передвигался незначительно или совсем не листа овса на почвах с содержанием гумуса 1,3 % при оптимальных погодных условиях передвигался (рис. 75-88), что совпадало со степенью эффективности повсходового внесения триазинов в разные периоды вегетации в производственных посевах.

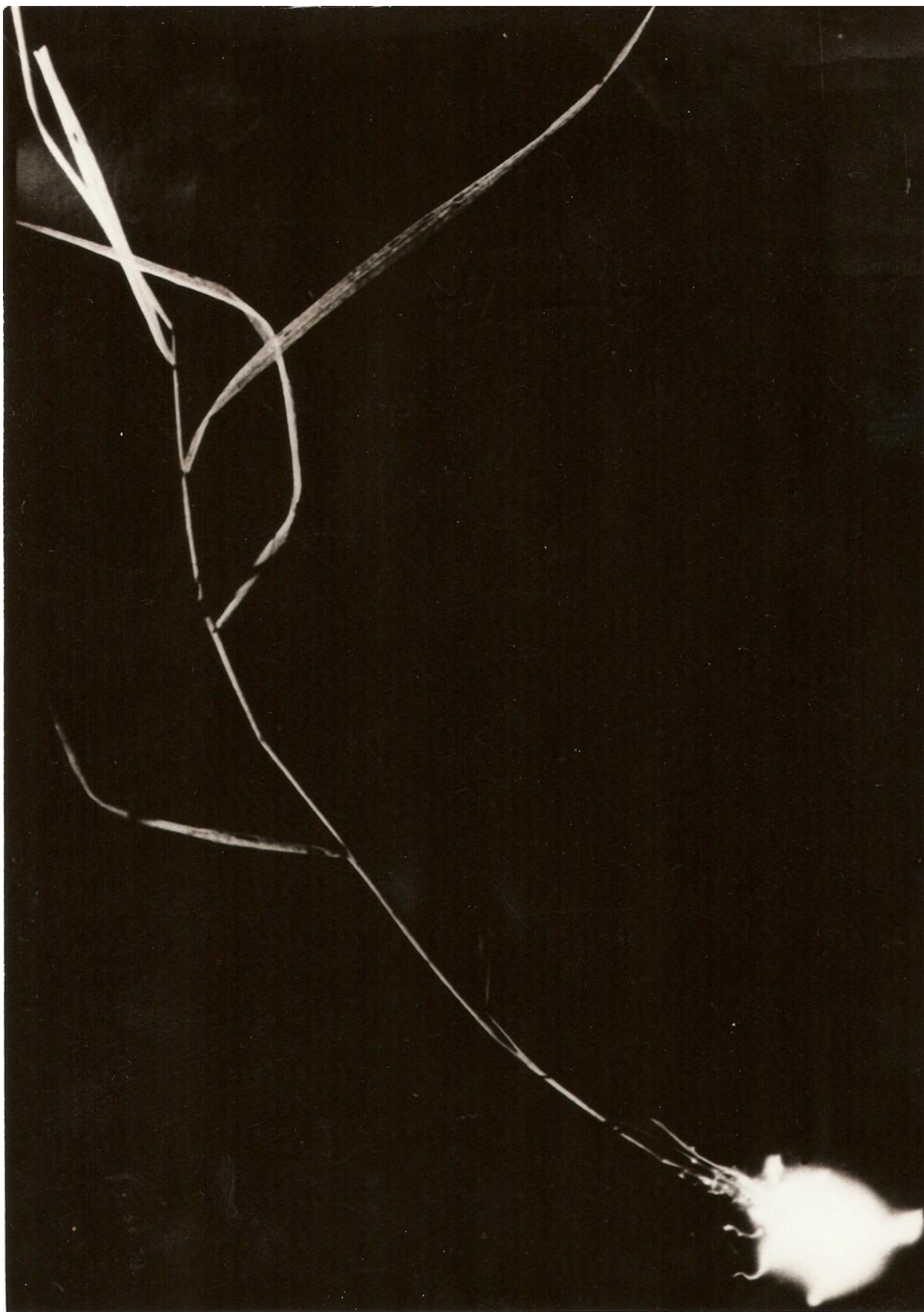


Рис. 72. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , через сутки после нанесения весной на верхнюю часть корня пырея ползучего на почвах с содержанием гумуса 1,3 %.



Рис. 73. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , через сутки после нанесения летом (август) на лист ежевника обыкновенного на почвах с содержанием гумуса 1,3 % при оптимальных погодных условиях.

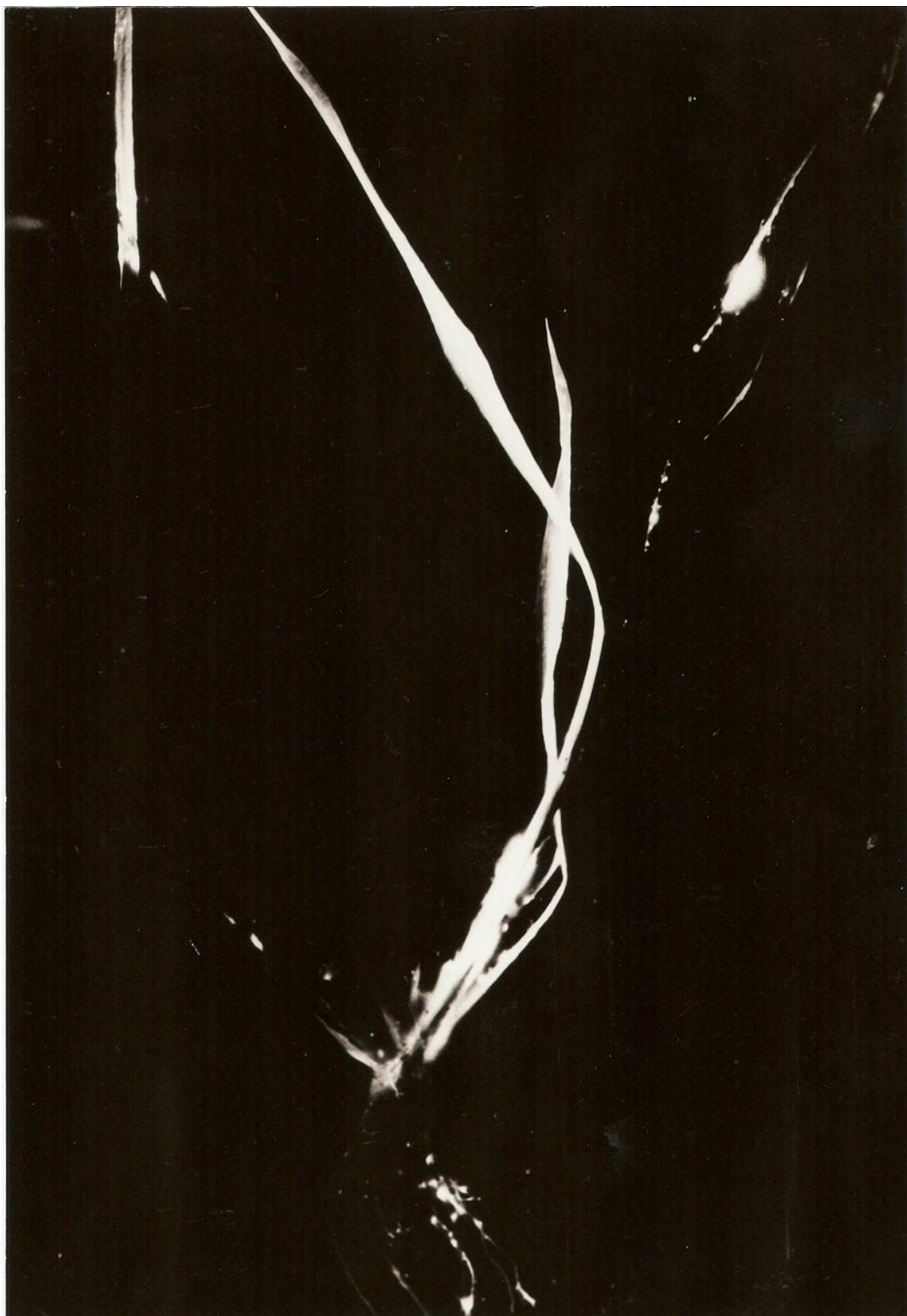


Рис. 74. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , через сутки после нанесения летом (июнь) в пазуху.

При удалении кутикулы на листьях и стеблях злаковых растений при оптимальных погодных условиях симазин еще быстрее передвигался в растениях, что должно свидетельствовать о высокой эффективности масляных эмульсий триазинов, которые растворяют кутикулу листьев при повсходовом внесении в посевах кукурузы во время оптимальных погодных условий; и почти не изменялось передвижение симазина в злаковых растениях при внесении препарата при низких температурах и водном дефиците, что также следует учитывать при определении срока повсходовой обработки посевов масляными эмульсиями триазинов в целях предупреждения загрязнения окружающей среды гербицидами.

Подводя итоги вышеизложенному о характере и степени поступления, передвижения и локализации производных 2,4-Д и триазинов, меченых по C^{14} , у чувствительных и устойчивых к ним растений в зависимости от почвенно-климатических факторов и других условий произрастания можно заключить, что скорость и степень передвижения как гербицида 2,4-ДА, так и симазина в большой степени зависит от фаз развития, места попадания гербицида на растения, времени вегетационного периода, наличия питательных веществ в почве, водного, температурного режимов воздуха и почвы, что определяет физиологическое состояние и обмен веществ растений, а отсюда, и реакцию на гербициды, обуславливающую чувствительность или устойчивость их к препаратам. Это должно находиться в основе подбора доз, сроков и способов применения гербицидов в посевах сельскохозяйственных культур, произрастающих на разных по содержанию органических и минеральных веществ почвах, при разном соотношении минеральных элементов в почве, а также разных климатических условиях в целом и конкретно в период внесения гербицидов в разное время вегетации.



Рис. 75. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , на 3-й день после нанесения летом (август) в пазуху листа кукурузы на почвах с содержанием гумуса 1,3 % при дефиците влаги в почве и атмосфере, температуре воздуха $28^{\circ}C$.



Рис. 76. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , на 3-й день после нанесения летом (август) на лист кукурузы на почвах с содержанием гумуса 4 % при дефиците влаги в почве и атмосфере, температуре воздуха $28^{\circ}C$.

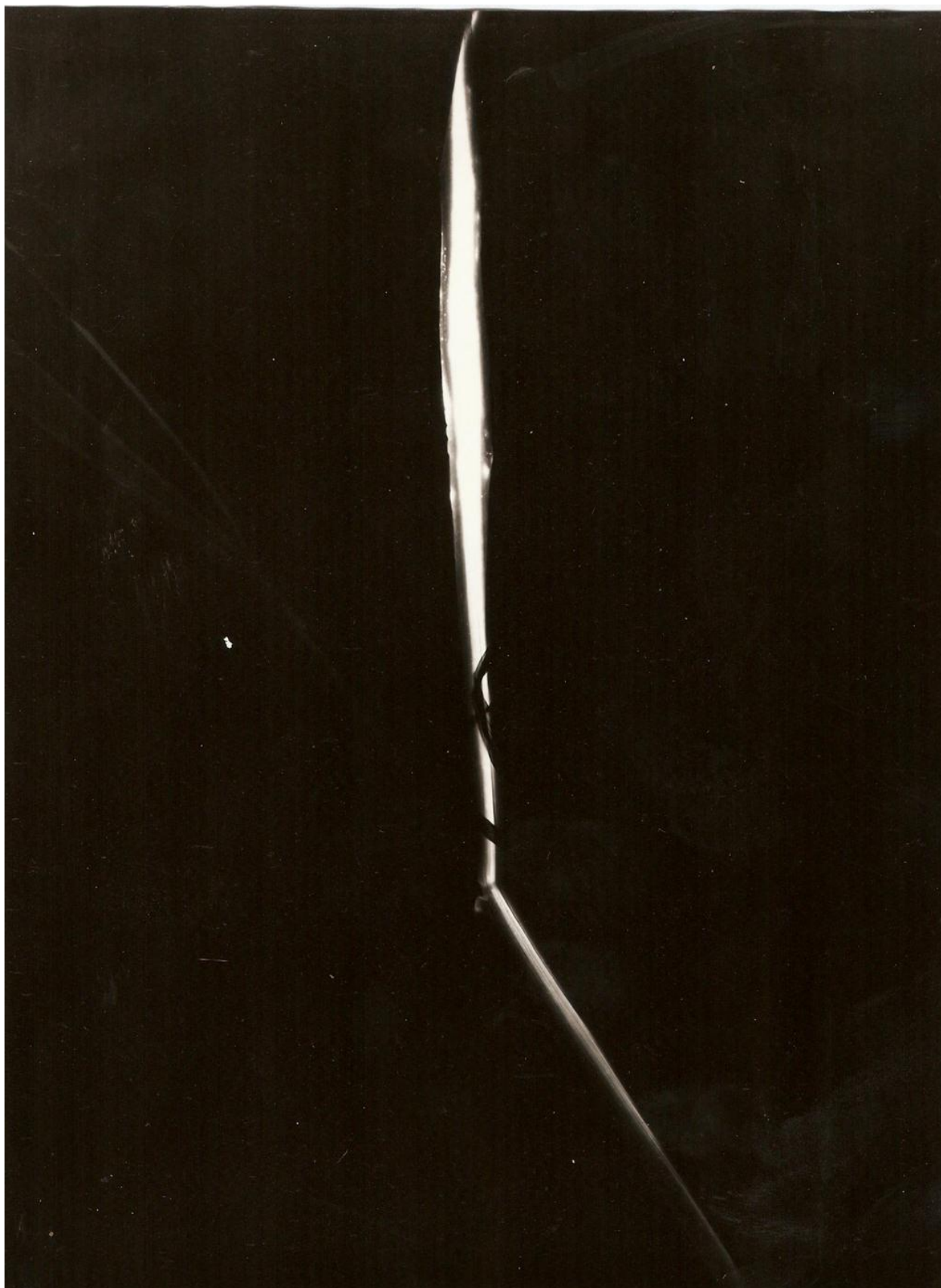


Рис. 77. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , на 3-й день после нанесения летом (июль) на лист пшеницы озимой в фазе молочной спелости при дефиците влаги в почве и атмосфере, температуре воздуха $26^{\circ}C$.



Рис. 78. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , на 3-й день после нанесения летом (июль) на лист ячменя ярового в фазе молочной спелости при дефиците влаги в почве и атмосфере, температуре воздуха 26°C .



Рис. 79. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , на 7-й день после нанесения летом (июль) на лист пшеницы озимой на почвах с содержанием гумуса 4 % при дефиците влаги в почве и атмосфере, температуре воздуха $26^{\circ}C$.



Рис. 80. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , на 7-й день после нанесения летом (август) на лист ежевника обыкновенного на почвах с содержанием гумуса 4 % при дефиците влаги в почве и атмосфере, температуре воздуха $28^{\circ}C$.



Рис.81. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , на 3-й день после нанесения осенью (сентябрь) на лист кукурузы на почвах с содержанием гумуса 4 % при температуре воздуха $10^{\circ}C$.



Рис. 82. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , на 7-й день после нанесения летом (август) на верхнюю часть корня кукурузы на почвах с содержанием гумуса 4 % при дефиците влаги в почве и атмосфере, температуре воздуха $28^{\circ}C$.



Рис. 83. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , на 7-й день после нанесения осенью (сентябрь) на верхнюю часть корня пшеницы озимой на почвах с содержанием гумуса 1,3 % при температуре воздуха и почвы $10^{\circ}C$.

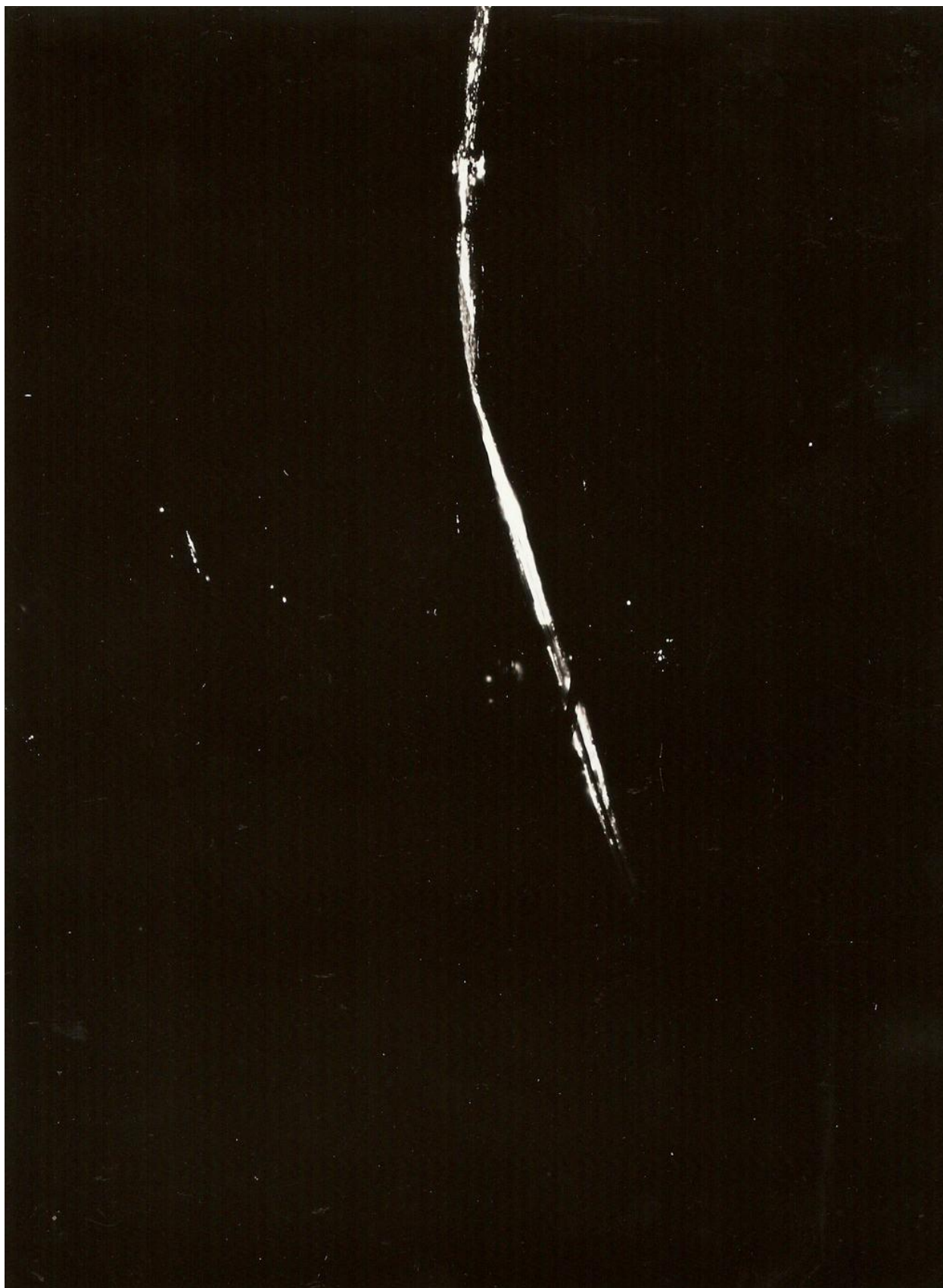


Рис. 84. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , на 3-й день после нанесения осенью (сентябрь) на лист овса на почвах с содержанием гумуса 4 % при температуре воздуха и почвы $10^{\circ}C$.



Рис. 85. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , на 3-й день после нанесения осенью (сентябрь) на лист ячменя на почвах с содержанием гумуса 1,3 % при температуре воздуха и почвы $10^{\circ}C$.



Рис. 86. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , на 7-й день после нанесения осенью (сентябрь) на корень пырея ползучего на почвах с содержанием гумуса 4 % при температуре воздуха и почвы $10^{\circ}C$.

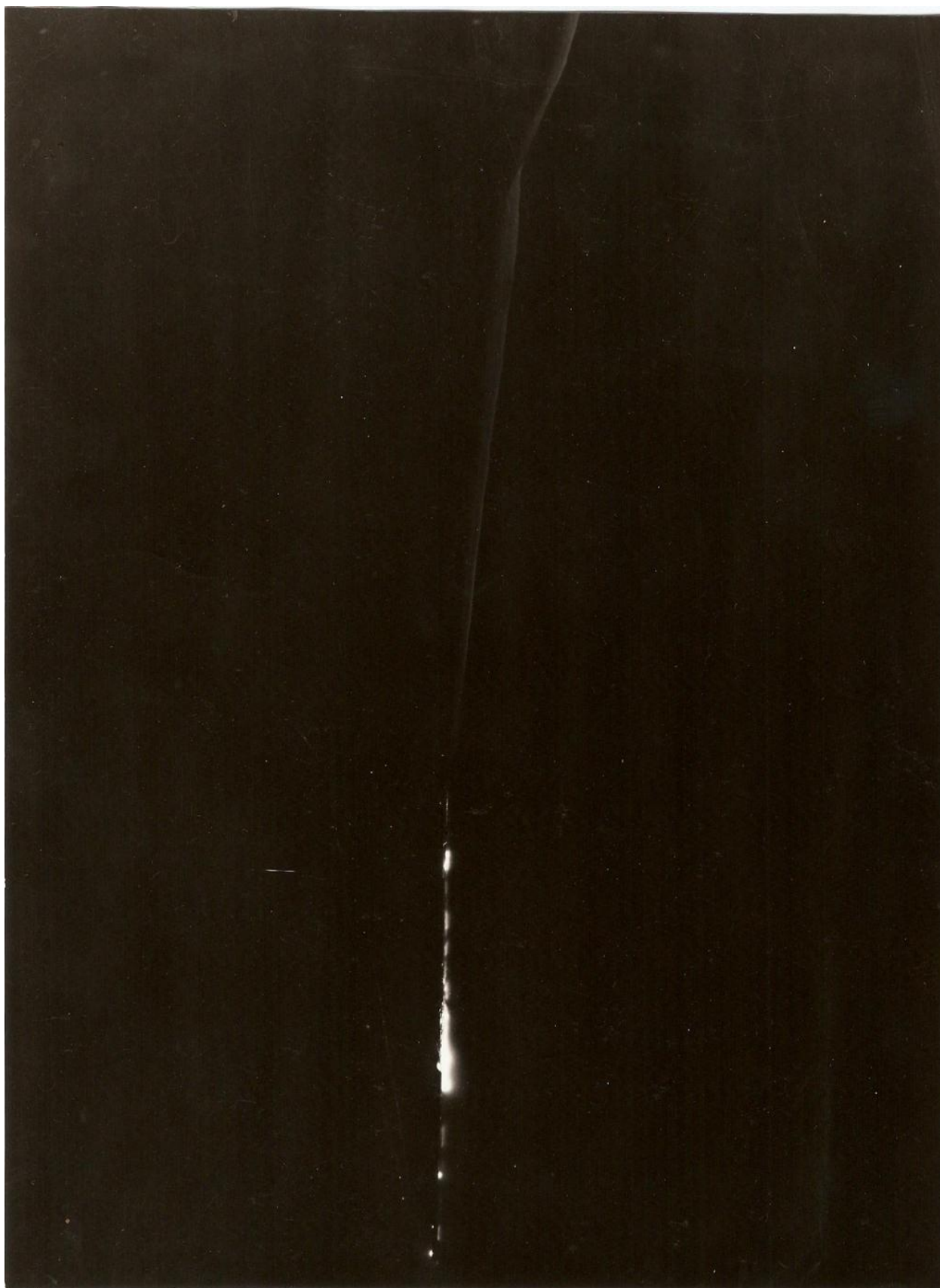


Рис. 87. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , на 7-й день после нанесения осенью (сентябрь) на стебель пырея ползучего на почвах с содержанием гумуса 1,3 % при температуре воздуха и почвы $10^{\circ}C$.



Рис. 88. Поступление, передвижение и локализация симазина, меченого по C^{14} , на 3-й день после нанесения осенью (сентябрь) на верхнюю часть корня щетинника сизого на почвах с содержанием гумуса 1,3 % при температуре воздуха и почвы $8^{\circ}C$.

ВЫВОДЫ

1. Реализация продовольственной программы тесно связана с выращиванием высоких урожаев сельскохозяйственных культур, получение которых на данном этапе развития сельского хозяйства невозможно без применения пестицидов, в том числе химических средств борьбы с сорняками. В этой связи объективной необходимостью явилось расширение и углубление исследований по изучению характера их действия на растения и почву в зависимости от разных условий применения препаратов и факторов внешней среды. Это дало возможность раскрыть новое научное направление действия гербицидов на многогранные стороны жизни чувствительных и устойчивых к ним растений при комплексном их изучении (поступление, передвижение и локализация препаратов, обмен веществ, анатомическое и морфологическое строение органов, деление хромосомного аппарата, фертильность пыльцы) и биологические процессы в почве в зависимости от доз, сроков и способов применения препаратов и условий среды, что в целом обуславливает формирование урожая и его качество, накопление остаточных количеств препаратов в растениях и почвах.
2. Поступление меченой по C^{14} 2,4-ДА в бодяк полевой, марь белую, щирицу запрокинутую идет интенсивнее на почвах богатых гумусом, чем на бедных.
3. Наибольшей активности в передвижении 2,4-ДА достигает у двудольных растений на низкогумусных почвах на 3-й, на высокогумусных – на 5-7 день после применения.
4. Перераспределение поступившего вещества по органам и тканям зависит от вида растений и почв.
5. Внесение в почву $N_{90}P_{90}K_{60}$ усиливает передвижение 2,4-ДА из точки роста по сравнению с неудобренной почвой, причем в большей мере на почве бедной гумусом.
6. У корнеотпрысковых сорняков 2,4-ДА проникает и передвигается более интенсивно в фазе бутонизации, у щирицы запрокинутой, мари белой – в начальные фазы роста.
7. Наиболее чувствительными к проникновению 2,4-ДА являются точка роста, верхняя часть стебля и верхние листья, менее чувствительными – нижние листья и корень.

8. У однодольных растений поступление и передвижение 2,4-ДА из разных мест нанесения происходит активнее, чем у двудольных. Замедленно перемещается 2,4-ДА в злаковых растениях при внесении ее в фазе выхода в трубку, колошения и при низких температурах.
9. Содержание гумуса в почве определяет степень фитотоксичности симазина для бодяка полевого. Чем богаче почва гумусом, тем менее опасен симазин, так как он концентрируется в паренхиме листьев и не препятствует нормальному передвижению влаги и питательных веществ по сосудисто-волокнистым пучкам. Метаболизм более интенсивен в паренхиме и это приводит к ускорению инактивации симазина. На бедных гумусом почвах симазин у бодяка полевого концентрируется не только в паренхимных клетках, но и в сосудисто-волокнистых пучках.
10. У злаковых растений симазин через сутки после применения интенсивно передвигается в надземных органах, однако не поступает в корневую систему. Процесс поступления и передвижения препарата активизируется при температуре 18-20⁰С и влажности воздуха 60-70 %. При низких (10-12⁰С) и повышенных (26-30⁰С) температурах, низкой влажности почвы симазин поступает и передвигается в растениях незначительно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воеводин А.В. Селективность действия гербицидов/ А.В.Воеводин // Защита растений. – 1985. – №1. – С. 60–62.
2. Полубояринова И.В. К вопросу о механизме поступления, локализации и детоксикации 2,4-Д в растениях пшеницы/ И.В.Полубояринова // Сб. науч. тр. Саратов. с.-х. ин-т. – 1976. – Вып. 75. – С. 83–86.
3. Rolston M.P. Some aspects of absorption, translocation and metabolism of ^{14}C -picloram in gorse / M.P. Rolston, A.G.Robertson// Proc. 28th N.S. Weed and Pest Contr. Conf., Angus Inn, Hastings, 1975. – Hamilton, 1975. – P. 54–59.
4. Rolston M.P. Some aspects of absorption of picloram by gorse *ulex europaeus* L. / M.P. Rolston, A.G.Robertson // Weed Res. – 1976. – V. 16. – No.2. – P. 81–86.
5. Чкаников Д.И., Соколов М.С. Гербицидное действие 2,4-Д и других галоидфеноксикислот / Д.И.Чкаников, М.С.Соколов. – М.: Наука, 1973. – 215 с.
6. Mittelstaedt W. Zur Mineralisierung und Aufnahme des herbiciden Wirkstoffes Isocarbamid/ W.Mittelstaedt, F.Fuhr // Pflanzenschutz Nachr. Bayer.– 1975. – V.28. – No.3.– P.353–358.
7. Wilkins H. The movement of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid in root segments of *Pisum sativum* L. / H.Wilkins, M.Wilkins // Planta. – 1975.– V.124. – No.2.– P.177-189.
8. Furse H. Untersuchungen über *Sonchus arvensis* L., *Cirsium arvense* (L.) // Scop. und *Tussilago forfara* L. Entwicklung sowie translocation von radioaktiv markierten konlenhydrat und MCPA / H.Furse // Meld. Norg. Landbrukshfsgsk. – 1977. – V.56. – No.27. – P.22.
9. Furse H. Versuche zur belen chtung der grundla – gen für den besten. Termin der chemischen Bekämpfung einiger mehrjährigen Unräuter / H.Furse //Sump. different Meth. Weed Control Their Integral.– Uppsala. – 1977. – No.1. – P. 71–78.
10. Hague Ajar–Ul. Absorption, efflux and metabolism of the herbicide (^{14}C) buturon as affected by plant nutrition / Ajar–Ul. Hague, I.Weisgerber, W.Klein // I. Exp. Bot. – 1977. – V.28. – No.103. – P. 468–479.
11. Brady H.A. Light intensity and the absorption and translocation of 2,4,5 – T by Woody Plants / H.A.Brady // Weed Science, 1969. – V.17. – No. 3. – P. 320–322.

12. Mahoney M.D. Bentazon translocation and metabolism in soybean and navy bean /M.D.Mahoney, D.Penner // Weed Sci. – 1975. – V. 23. – No. 4. – P. 265–271.
13. Rhichardson R.U., Graut A.R. Effects of concentration on absorption and translocation of 2,4,5-T in Rubus procerus R.J.Mueil / R.U.Rhichardson, A.R.Graut // Weed Res. – 1977. – V.17. – No.6. – P. 367-372.
14. Рубін С.С. Землеробство / С.С.Рубін, А.Г.Михайловський. – Київ: Урожай, 1967. – 478 с.
15. Грицаенко З.М. Биологическое обоснование и разработка эффективных приемов использования гербицидов в посевах кукурузы: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Умань, 1965. – 21 с.
16. Рубин С.С. Поступление, передвижение и распределение гербицида 2,4-Д в однодольных и двудольных растениях /С.С.Рубин, З.М.Грицаенко // Химические меры борьбы с сорняками. Тр. ХСХИ. – Киев: Урожай, 1967. – Т. 69. – С. 7–11.
17. Груздев Г.С. Химическая защита растений / Г.С.Груздев, В.А.Зинченко, В.А.Калинин, Р.И.Словцов // Под ред. Г.С.Груздева. – изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1980. – 448 с.
18. Федтке К. Биохимия и физиология действия гербицидов / К.Федтке. – М.: Агропромиздат, 1985. – 223 с.
19. Велева В. Есенно внасяне на гербициди при зимната мека пшеница/ В.Велева // Земледелие. – 1982. – Т.80. – №9. – С. 27–29.
20. Гаст А. Симазин, как гербицид общего и селективного действия / А.Гаст // Химические средства защиты растений. – 1959. – №1. – С.24.
21. Попова Д. Транслокация и фитотоксичность на ¹⁴С-атразин при фасул в зависимост от равнишето на минералното торсна/Д.Попова// Почвознание. – 1980. – Т.15. – №2. – С. 77–85.
22. Basler E. Translocation of dipropetryn and prometryn in seedlings and excoised leaves of oats (Avena sativa) and corn (Zea mays) /E.Basler // Weed Sc. – 1978. – V. 26. – No. 4. – P. 358–361.
23. Price T.P. Comparison of atrazine absorption by underground tissues of several plant species / T.P. Price, N.E.Balke // Weed Sc. – 1983. – V.31. – No.4. – P.482–487.

24. Жирмунская Н.М. Поглощение атразина отделенными корнями ячменя / Н.М.Жирмунская, С.С.Кольцова // Механизм действия гербицидов: Тр. Междунар. симп., Варна,1971. – София: БАН, 1985. – С.83–90.
25. Мережинский Ю.Г. Интенсивность фотосинтеза в зависимости от уровня поступления и накопления гербицидов в растениях / Ю.Г.Мережинский, Б.А.Митрофанов, В.Н.Иванищев // Физиология и биохимия культурных растений. – 1975. – Т.7. – Вып. 4. – С.345–350.
26. Eshel Y. Differential tolerance of peas to prometrine and terbutrine / Y.Eshel, M.Kovacs, B.Rubin // Pestic. Biochem. and Physiol. – 1975. – V.5. – P. 295–302.
27. Shone M.G.T. Uptake and translocation of some pesticides by hypocotyls of radish seedlings / M.G.T. Shone, Ann V. Wood // Weed res. – 1976. – V16. – No.4. – P. 229–238.
28. Orwick P.L. Absorption and efflux of chloro-s-triazines by setaria roots / P.L.Orwick, M.M.Schrebier, T.K.Hodges // Weed Res. – 1976. – V. 16. – No. 2. – P. 139-144.
29. Poku J. Soil persistence of dinitramine / J.Poku, R.Zimdahl // Weed Sc. – 1980. – V. 28. – No. 6. – P. 650–654.
30. Петкова Д. Придвижване на атразина по дълбочина на почвения профил / Д.Петкова // Почвоведение. Агрохимия. – 1981. – Т. 16. – №4. – С. 66–69.

**ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ
ПРОЦЕССЫ В РАСТЕНИЯХ И ПОЧВЕ
ПРИ РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ
ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ
И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ
ПРЕПАРАТОВ**

ТОМ 2

АНАТОМИЧЕСКИЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОРГАНОВ И ТКАНЕЙ У ОДНОДОЛЬНЫХ И ДВУДОЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРОИЗВОДНЫХ АРИЛОКСИУКСУСНЫХ КИСЛОТ И ТРИАЗИНОВ ПРИ РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ

Изучив характер и степень поступления, передвижения и локализации гербицидов – производных арилоксиуксусных кислот и триазинов в растениях в зависимости от разных почвенных, погодных и других условий применения, целесообразным было установить изменяется ли и в какой степени анатомическое строение органов и тканей растений, особенно проводящая система, устьичный аппарат растений, поскольку они непосредственно связаны с транспортом воды и питательных веществ в растениях; и от того, насколько нормализованными будут в растениях эти процессы, зависит уровень их жизнедеятельности, активность обмена веществ и ростовые процессы, что обуславливает реакцию растений на гербициды и степень их метаболизма, а отсюда и степень устойчивости или чувствительности их к химическим агентам. Поэтому важными являются исследования морфологических и анатомических изменений растений, которые играют большую роль в формировании урожая и его качества.

Эти вопросы изучены совершенно недостаточно. А, между тем, исследования как морфологических, так и анатомических изменений у чувствительных и устойчивых к гербицидам растений крайне важны не только для познания механизма действия их на растения, но и для разработки эффективных приемов их использования в посевах сельскохозяйственных культур.

1.1. Влияние производных 2,4-Д при разных дозах, сроках и способах применения на анатомическое и морфологическое строение органов и тканей однодольных и двудольных растений

У опытах В.Ф. Ладонина [1], В.М. Торчинской [2] у чувствительных к 2,4-Д растений происходило необратимое нарушение водного режима, что, как указывают авторы, по современным представлениям должно быть связано с изменениями в анатомическом строении органов и тканей.

Замедление поступления воды в двудольные растения под воздействием гербицидных концентраций 2,4-Д и элементов

минерального питания наблюдал Ворт [3], что, по его мнению, также должно сказываться на анатомическом и морфологическом строении органов и тканей.

Е.И. Мелехов [4] отмечает, что 2,4-Д вызывает незамедлительное снижение проводимости воды корнями фасоли и последующее ингибирование процесса транспирации, а нанесение 1 %-го раствора 2,4-Д на листья фасоли вызывало через 1-2 часа возникновение водного дефицита целого растения за счет ингибирования поглощения воды корнями. Автор предполагает, что 2,4-Д действует непосредственно на плазмалемму клеток эндодермы корня.

В литературе имеются сведения о том, что происходит снижение транспирации на 50 % растениями овсяга при обработке его в фазе 2-4 листа барбаном, азуламом, метилдихлорфопом [5]. В то же время, устойчивые к этим гербицидам ячмень и пшеница увеличивали кустистость и массу сухого вещества.

На ослабление транспирации у двудольных растений под влиянием 2,4-Д без видимых изменений этого процесса у однодольных (просо куриное, щетинник сизый) указывает А.В. Фисюнов [6].

Некоторые авторы [7] считают, что тургор листьев сорных и культурных растений и степень транспирации растений при воздействии гербицидов зависит от почвенно-климатических условий: высокие влажность почвы, температура и относительная влажность воздуха способствуют слабому образованию воскового слоя (кутикулы) и тургора листьев, тогда как сухая и ветреная погода делают их более выносливыми.

В опытах других исследователей [8] отмечается, что чем интенсивнее проникал в ткани растений мари белой гербицид бетазон, тем сильнее подавлялся процесс транспирации и фотосинтеза. При обработке листьев мари белой в утренние часы, когда открыты устьица, нарушался ритм в работе устьичного аппарата. В меньшей степени проявлялись нарушения работы устьичного аппарата при обработке листьев в середине дня, когда устьица были менее открыты.

Считают, что производные фенола вызывают нарушения в меристематических тканях растений [9]. Кеннеди с сотрудниками [10] наблюдали снижение поглощения воды из почвы растениями кукурузы, обработанными 2,4-Д в полевых условиях на почвах с низким значением рН.

Под влиянием 2,4-Д нарушается ауксиновый баланс в растениях и это приводит к торможению роста, дезорганизации метаболических процессов и, в конечном итоге, к гибели растений [11, 12]. Этому мнению придерживаются и другие авторы [13, 14].

Ряд авторов [15] считают, что при воздействии 2,4-Д на растения в их органах образуются эндогенные вещества, обладающие высокой токсичностью для жизнедеятельности растений. Среди них кумарины, известные как ингибиторы роста [16], которые не могут не оказывать влияния на анатомическую структуру тканей растений.

Кей и соавторы [17], Карденас с сотрудниками [18], Криспилс и Хансон [19] предполагают, что гибель растений под влиянием гербицидов вызывается патологическим разрастанием тканей с последующей закупоркой сосудов.

Е.В. Кожемякин [20] наблюдал действие 2,4-Д на меристемы растений. 2,4-Д обнаружена в ядрах [21], в клеточных стенках [22], в митохондриях [23, 24], в хлоропластах [25], что также должно влиять на анатомическое и морфологическое строение органов растений.

Совсем мало проводится исследований по изучению действия производных 2,4-Д на анатомическое строение устойчивых к ним однодольных растений. Так, Холт (цит. по [26]) под влиянием 2,4-Д наблюдал недоразвитость и хрупкость тканей междоузлий стеблей овса. При этом происходило разрастание тканей стебля и образование придаточных корней у нижних стеблевых узлов. Под влиянием 2,4-Д отмечено усиление деятельности перицикла в меристематической зоне стеблевых междоузлий кукурузы, а также развитие и увеличение количества водопроводящих сосудов и уменьшение механической ткани [27, 28, 29, 30, 31, 32]

Большие аномалии в морфологическом строении органов кукурузы семенных участков под влиянием производных 2,4-Д наблюдали Н.Г. Николаева, Л.Д. Киперман, Г.Е. Шушу [33], Н.Г. Николаева, Г.Е. Шушу, Л.Д. Киперман [34]. В их опытах соли 2,4-Д и эфиры в больших дозировках вызывали искривление стеблей, отрицательный геотропизм корней, изменения метелок, образование растений с укороченными междоузлиями и, особенно, „луковичными” листьями. Причем, разные сорта, отцовские и материнские формы гибридов кукурузы в разной степени изменяли морфологическую форму.

Нашими исследованиями установлено, что при обработке двудольных растений производными 2,4-Д происходят глубокие

нарушения не только в морфологическом, но и в анатомическом строении органов и тканей растений. Однако степень этих изменений зависит от применяемых доз гербицидов, фаз развития растений, почвенных и погодных условий. Кроме того, морфологические и анатомические изменения различны у разных видов двудольных растений при одних и тех же фазах их развития и одинаковых условиях применения гербицидов. Так, при опрыскивании двудольных растений весной в начальных фазах их развития наиболее сильно изменялось анатомическое строение органов и тканей у щирцы запрокинутой, люцерны, фасоли, мари белой и менее – у вьюнка полевого, осота желтого полевого, и менее всего – у бодяка полевого, что согласуется с данными о степени поступления, передвижения и локализации гербицида 2,4-ДА у этих видов растений в весеннее время.

Анатомические изменения у двудольных растений выражались в нарушении нормальной деятельности камбия (рис. 1, 2, 3, 4), отчего возникали различные аномалии в строении стеблей (сужение водопроводящих сосудов), что нарушало поступление воды и питательных веществ в растения – листья желтели, скручивались и теряли тургор, нарушались процессы обмена веществ.

Камбиальная ткань под воздействием 2,4-ДА продуцировала каллюсовидные новообразования под коровой частью стебля, которые увеличиваясь, разрывали кору и эпидермис, выходя наружу стебля (рис. 5, 6, 7, 8), в результате чего возникали нарушения морфологического строения растений: изгибы стеблей, скручивание верхушек побегов. Иногда каллюсовидные новообразования имели вид сплошного кольца (рис. 9).

Интересным оказалось и то, что при детальном изучении образовавшихся каллюсовидных наплывов на поперечных и продольных срезах стеблей растений выявлены элементы дифференциации клеток, выражающиеся в закладке спиральных сосудов (рис. 10), что свидетельствует о продолжающемся сопротивлении растений химическому агенту через образование дополнительных сосудов в наплывах каллюса. У мари и щирцы клетки древесинных элементов имели хорошо выраженную прозенхимную форму и расположены были в радиальном направлении. В них были четко видны спиральные утолщения клеточных оболочек. У люцерны клетки закладывающихся древесинных элементов имели паренхимную форму и по своему

строению были аналогичны строению спиральных сосудов. Клетки эти были короткие, длина их незначительно превышала ширину.

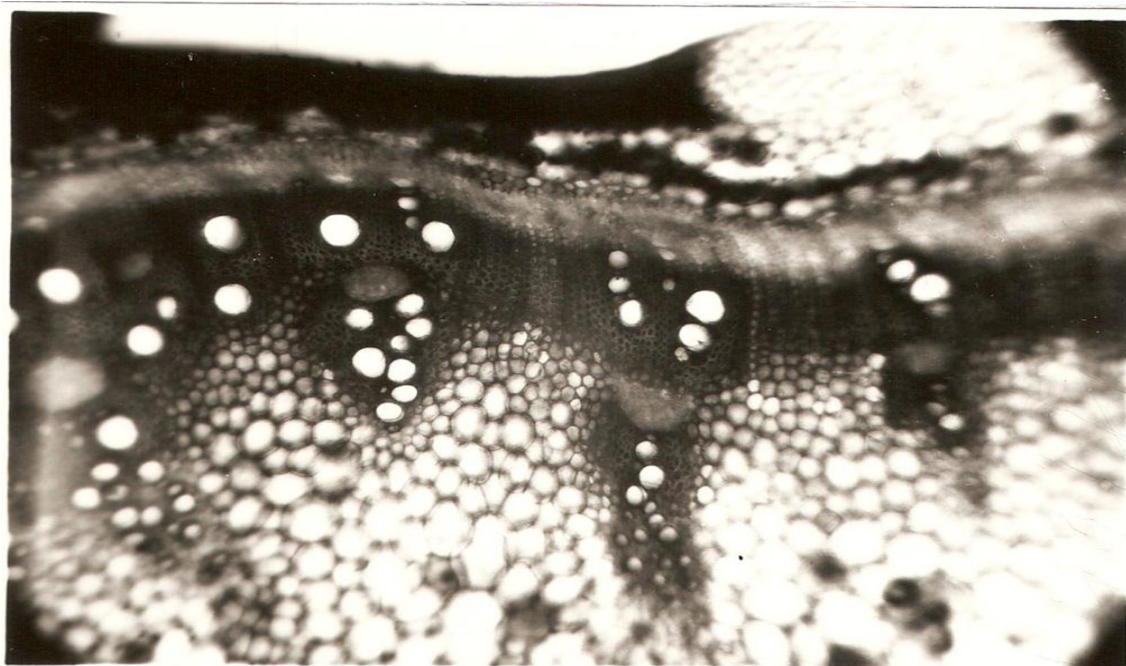


Рис. 1. Анатомическое строение стебля мари белой без обработки гербицидом (контроль).

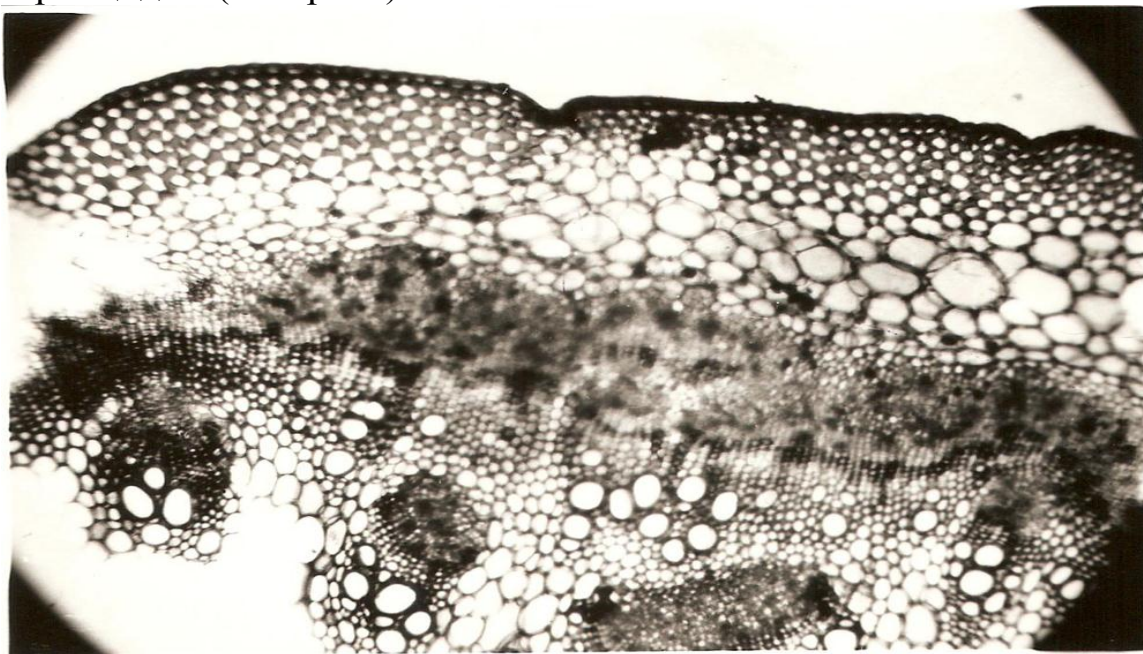


Рис. 2. Влияние 2,4-ДА (2 кг/га) на анатомическое строение стебля мари белой. Начало образования каллюсовидного наплыва под коровой частью.

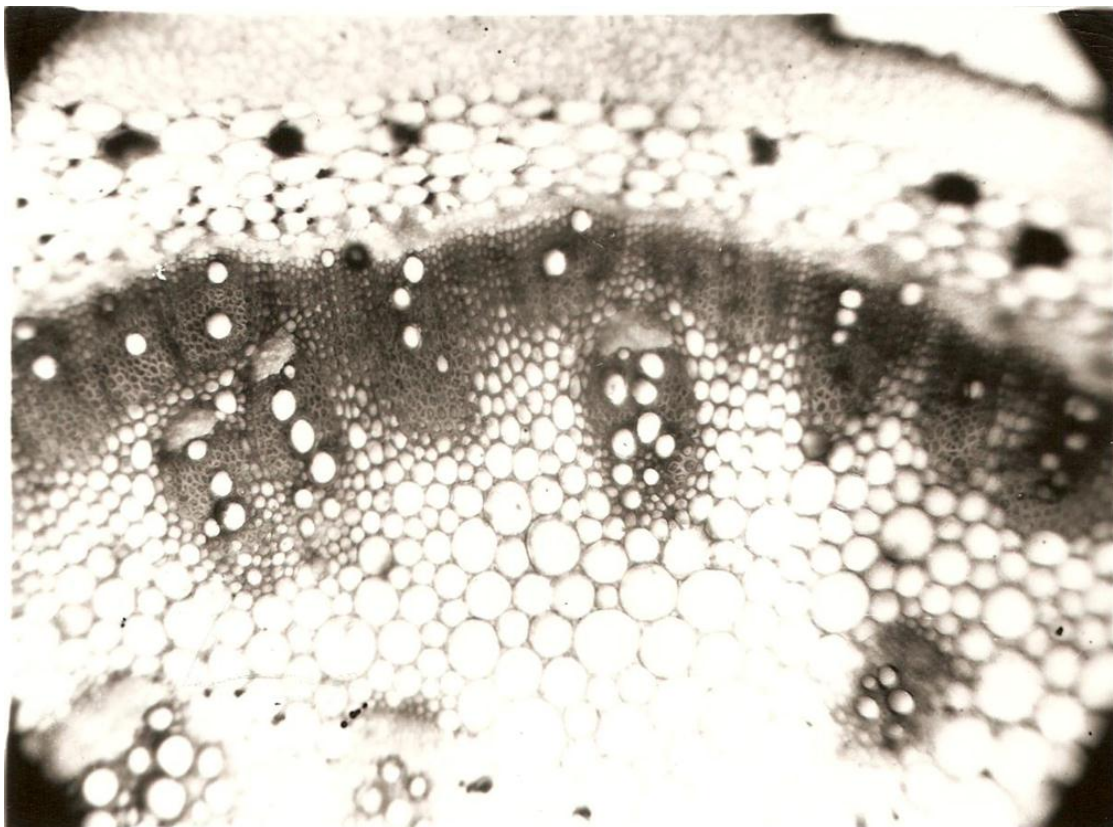


Рис. 3. Анатомическое строение стебля щирицы запрокинутой без обработки гербицидом (контроль).

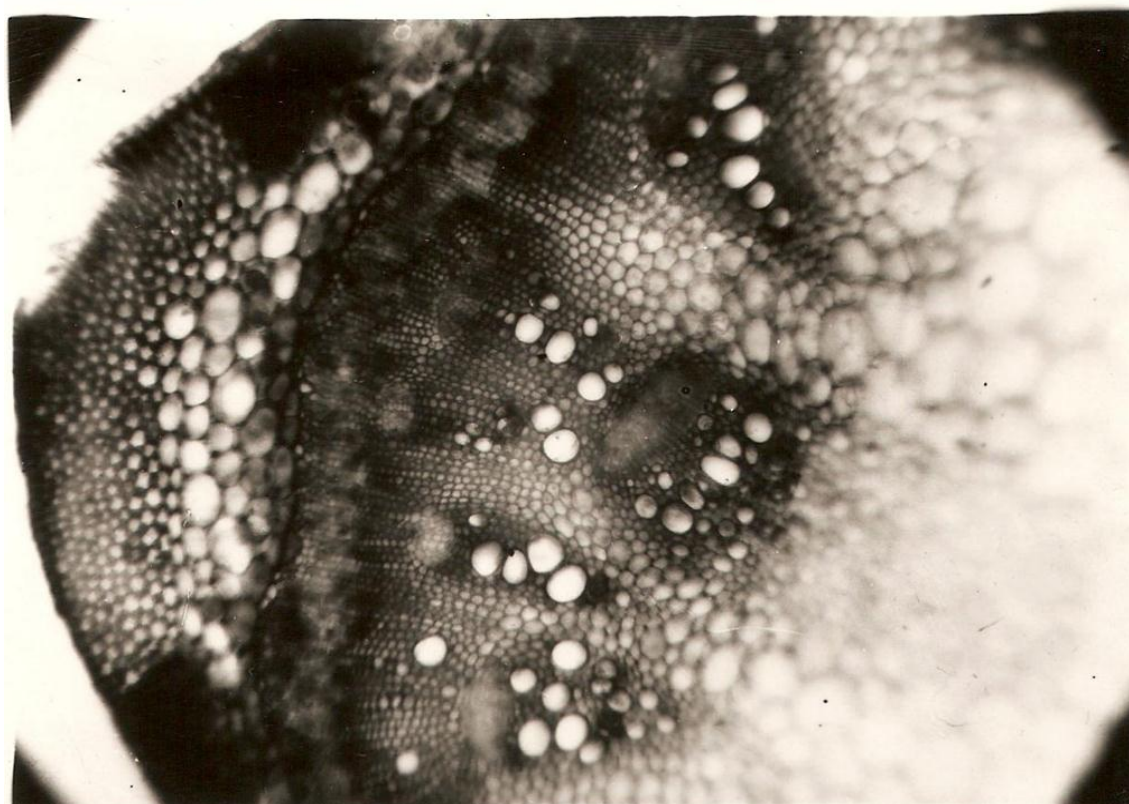


Рис. 4. Влияние 2,4-ДА (2 кг/га) на анатомическое строение стебля щирицы запрокинутой. Начало образования каллюсовидного наплыва под коровой частью.

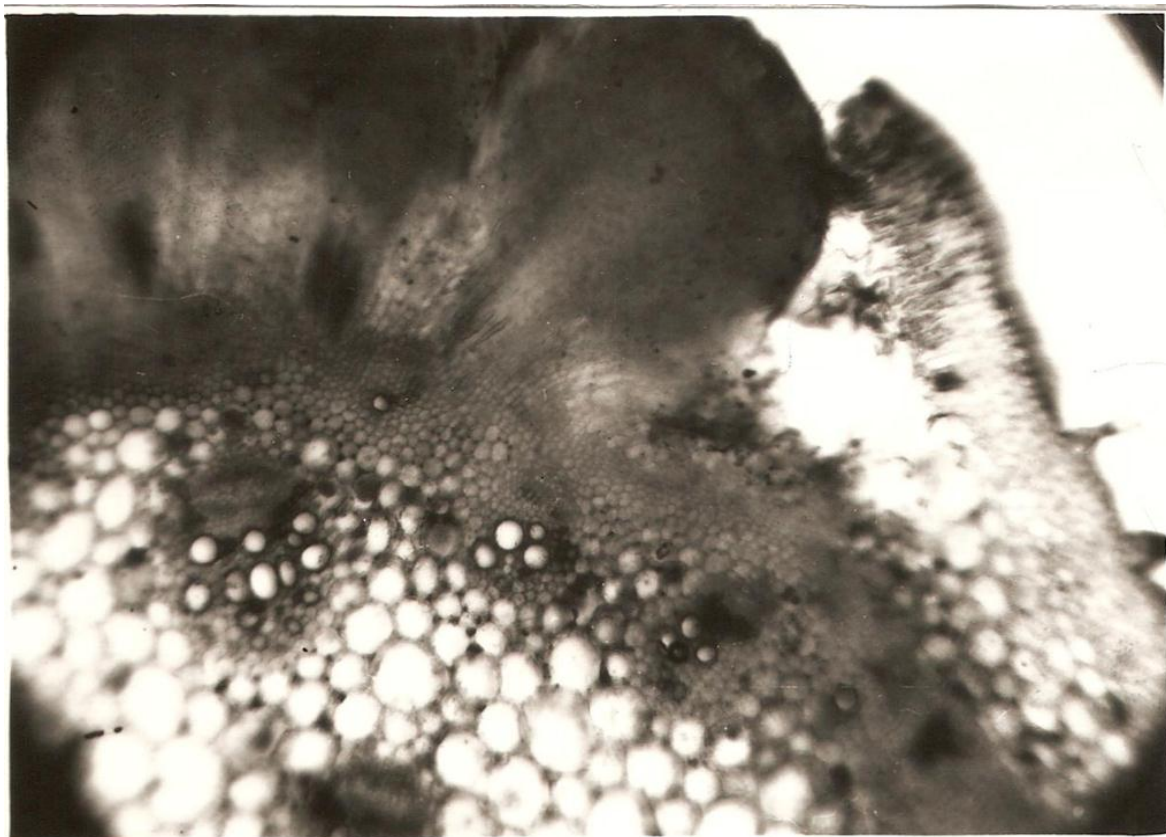


Рис. 5. Влияние 2,4-ДА (2 кг/га) на анатомическое строение стебля щирцы запрокинутой. Образование каллюсовидного наплыва с разрывом коры на 10-й день после обработки гербицидом.

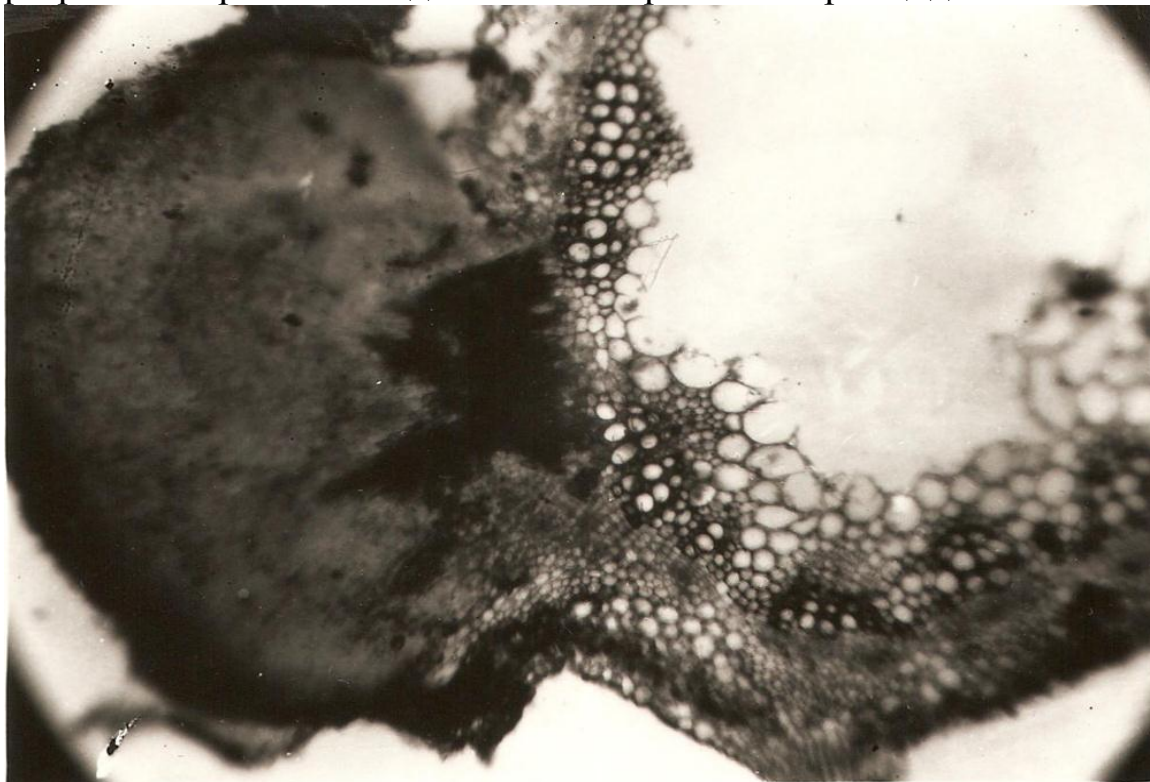


Рис. 6. Влияние 2,4-ДА (2 кг/га) на анатомическое строение стебля люцерны. Образование каллюсовидного наплыва с разрывом коры на 10-й день после обработки гербицидом.



Рис. 7. Влияние 2,4-ДА (1 кг/га) на анатомическое строение стебля мари белой. Образование каллюсовидного наплыва с разрывом коры на 10-й день после обработки гербицидом.

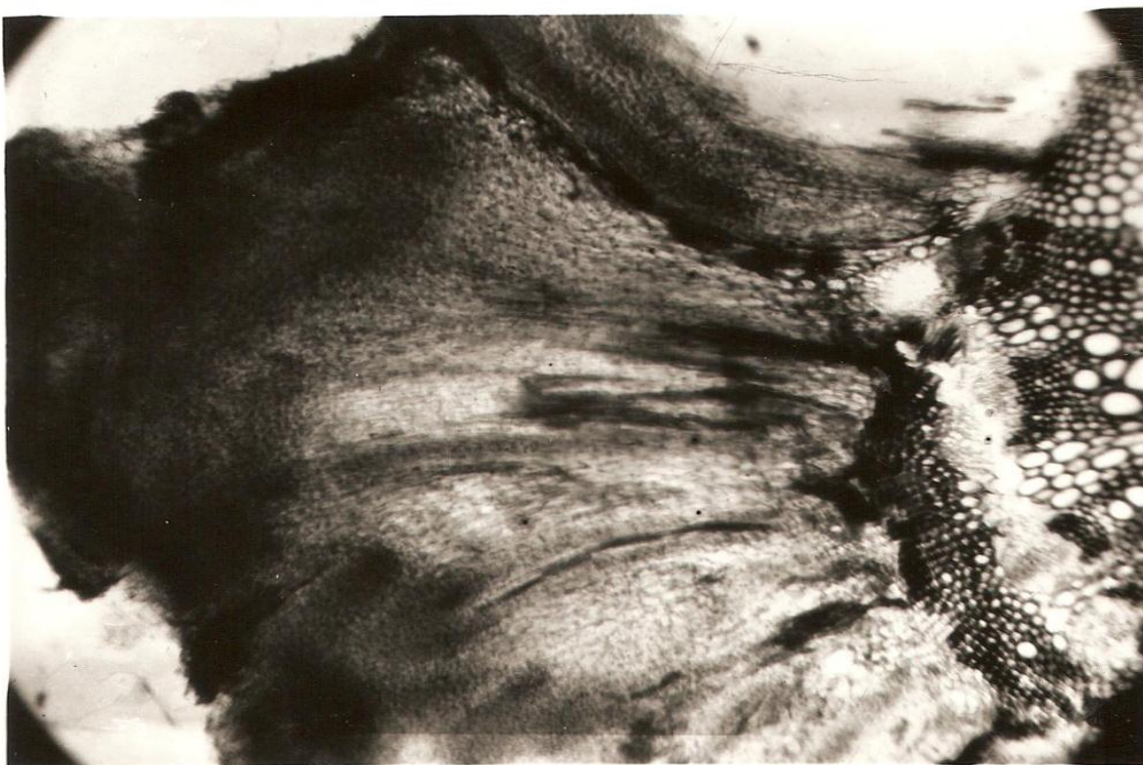


Рис. 8. Влияние 2,4-ДА (2 кг/га) на анатомическое строение стебля мари белой. Образование каллюсовидного наплыва с разрывом коры на 10-й день после обработки гербицидом.

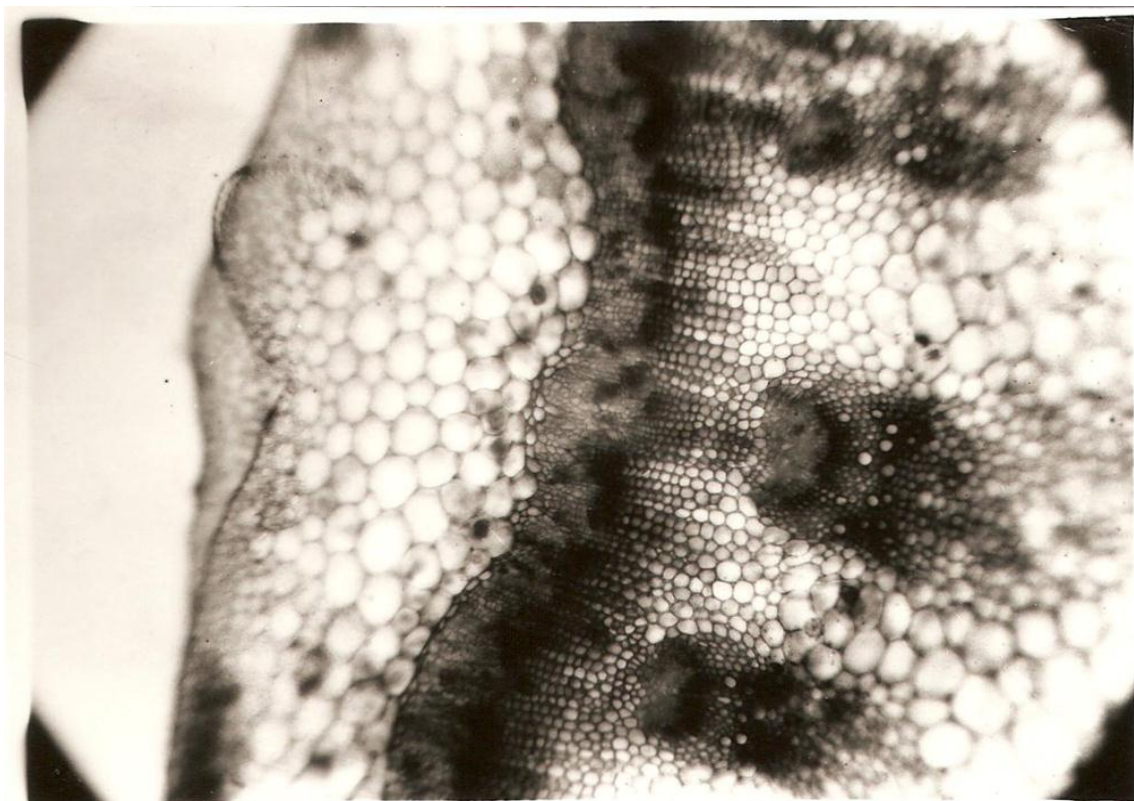


Рис. 9. Влияние 2,4-ДА на анатомическое строение стебля мари белой. Образование сплошного кольца каллюсовидного наплыва под коровой частью.

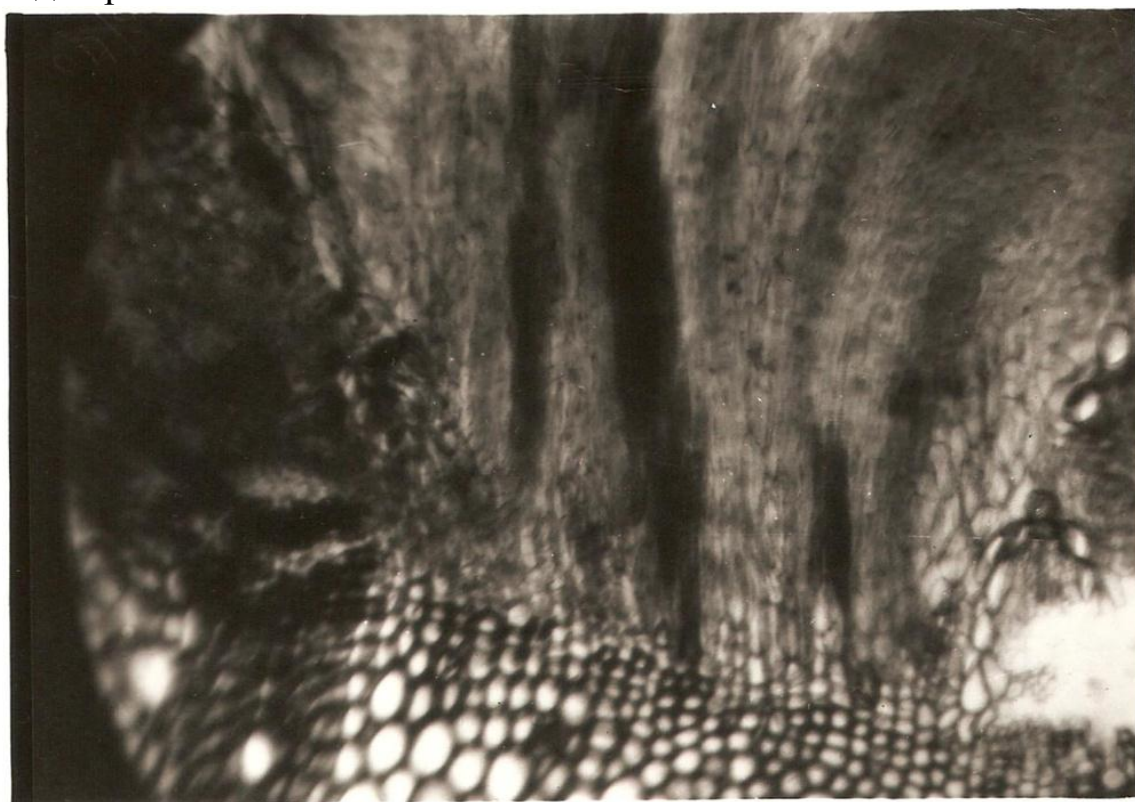


Рис. 10. Влияние 2,4-ДА на анатомическое строение стебля мари белой. Образование тяжей спиральных сосудов в паренхиме каллюса.

Влияние производных 2,4-Д на двудольные растения сопровождалось и другими анатомическими изменениями: значительным одревеснением клеточных оболочек перимедулярной зоны сердцевинной паренхимы и преждевременным отмиранием клеток центральной части, в результате чего некоторые стебли становились полыми.

Чем более высокую чувствительность проявляли двудольные растения к гербициду, что связано было с температурным, водным, питательным режимами, фазами развития растений, тем быстрее и интенсивнее наступали патологические изменения в анатомическом и морфологическом строении органов и тканей двудольных растений, ведущих к их отмиранию.

При изучении анатомических изменений у двудольных растений (бодяк полевой, вьюнок полевой, марь белая), обработанных 2,4-ДА во время пониженной их чувствительности к гербициду, было замечено, что у этих растений, особенно у бодяка полевого, наиболее устойчивого к 2,4-ДА в начальных фазах его развития, через 10 дней после внесения препарата наблюдалось значительное увеличение числа клеток эпидермиса на единице поверхности верхних листьев, сформировавшихся после внесения гербицидов. Однако увеличение числа клеток происходило в наибольшей степени в листьях бодяка полевого при дозах гербицида в пределах 0,5–1,5 л/га препарата и составляло 140–162 % к контролю (табл.1). При дальнейшем повышении доз гербицида (2–4 л/га) количество клеток значительно уменьшалось и, кроме того, в обратнопропорциональной зависимости к дозам препарата. В соответствии с этим изменялась площадь клеток. Она была наименьшей у листьев, где клеток было больше, и составляла 62–72 % при дозах от 0,5 до 1,5 л/га 2,4-ДА; и, наоборот, клетки были более крупными, где их было меньше, при дозах препарата 2–4 кг/га

На вариантах опыта с 0,5–1,5 л/га 2,4-ДА с наибольшим количеством клеток эпидермиса формировалось и наибольшее количество устьиц, которые имели наименьшую длину, что по отношению к контролю составляло соответственно 113–122 и 90–106 %. В то же время, при дозах 2–4 л/га препарата количество устьиц эпидермиса на единице поверхности листьев уменьшалось, а длина их увеличивалась на 34–39 % по сравнению с контролем.

Таблица 1

Влияние гербицида 2,4-ДА на анатомическое строение эпидермиса листьев бодяка полевого при обработке его в разные фазы развития

Варианты опыта	Начальные фазы развития				Фаза бутонизации			
	количество клеток на 1 мм ² , шт.	площадь одной клетки, мм ²	количество устьиц на 1 мм ² , шт.	длина одной устьицы, мк	количество клеток на 1 мм ² , шт.	площадь одной клетки, мм ²	количество устьиц на 1 мм ² , шт.	длина одной устьицы, мк
Контроль	48,6	0,021	81,3	21,4	53,4	0,019	93,8	23,8
2,4-ДА – 0,5 л/га	93,9	0,011	105,4	14,6	63,4	0,016	101,5	20,4
2,4-ДА – 1 л/га	91,4	0,011	115,8	15,1	64,5	0,016	100,1	20,5
2,4-ДА – 1,5 л/га	86,8	0,012	101,6	14,5	50,5	0,021	85,4	28,4
2,4-ДА – 2 л/га	49,5	0,020	82,3	20,3	43,4	0,023	73,8	33,9
2,4-ДА – 4 л/га	33,5	0,030	79,5	27,3	40,3	0,025	61,4	35,4
НСР ₀₅	2,1	0,001	7,3	1,5	2,5	0,002	6,2	2,1
P%	3,2	2,5	4,3	2,8	3,7	2,8	3,5	3,4

Такая же закономерность в изменении анатомического строения листьев при воздействии разных доз 2,4-ДА в начальных фазах развития растений наблюдалась и у вьюнка полевого, но это было менее выраженным (табл. 2), что совпадало со степенью чувствительности этого вида растений к производным 2,4-Д.

Таблица 2

Влияние гербицида 2,4-ДА на анатомическое строение эпидермиса листьев вьюнка полевого при обработке его весной в начальные фазы развития

Варианты опыта	Количество клеток на 1 мм ² , шт.	Площадь одной клетки, мм ²	Количество устьиц на 1 мм ² , шт.	Длина одной устьицы, мк
Контроль	25,8	0,0403	93,1	20,1
2,4-ДА – 0,5 л/га	34,6	0,0289	105,1	18,1
2,4-ДА – 1 л/га	33,8	0,0296	98,7	18,5
2,4-ДА – 1,5 л/га	40,1	0,0249	113,8	21,3
2,4-ДА – 2 л/га	28,0	0,0357	63,0	27,0
2,4-ДА – 4 л/га	25,8	0,0383	57,1	27,9
НСР ₀₅	1,8	0,0015	7,2	2,0
P%	2,2	3,2	3,5	2,9

Отмеченные изменения в анатомическом строении эпидермиса листьев при разной реакции растений на воздействие разных доз ингибитора (увеличение количества клеток с уменьшением площади каждой, увеличение числа устьиц на единице поверхности листьев, которые могли бы более интенсивно поглощать углекислый газ, превращая его в органическое вещество растений), возможно, являются в некоторой степени объяснением устойчивости бодяка полевого, вьюнка полевого в начальных фазах развития к производным 2,4-Д, поскольку образование ксероморфных клеток и устьиц присуще растениям, произрастающим в неблагоприятных условиях внешней среды, и обычно рассматривается как приспособительная реакция растений на неблагоприятные условия.

В то же время, летальные дозы 2,4-ДА (3–4 л/га препарата) для этих растений не вызывают ксероморфности клеток у этих видов двудольных растений, поскольку такие дозы гербицида губительно действовали как на бодяк полевой, так и на вьюнок полевой в

начальных фазах их развития при оптимальных почвенных и погодных условиях. Подтверждением этого предположения могут служить данные об изменении анатомического строения листьев бодяка полевого, обработанного гербицидом 2,4-ДА в разных дозах в срок высокой чувствительности его (в фазе бутонизации) к гербициду (табл. 1). Оказалось, что при низких дозах (0,5–1 л/га) 2,4-ДА повторялась, однако в меньшей мере, та же закономерность изменения количества клеток, устьиц, их площади, что и в начальных фазах роста и развития. При дозах 1,5–4 л/га препарата количество клеток, наоборот, значительно уменьшалось, их площадь была увеличена, число устьиц на единице площади листьев также уменьшалось со значительным увеличением их длины, вследствие чего растения теряли большое количество влаги, нарушались процессы ассимиляции и обмена веществ в целом, стебли и листья деформировались, что все вместе взятое вело к отмиранию двудольных растений.

Важным было изучить, влияют ли и в какой степени производные 2,4-Д на анатомическое и морфологическое строение органов и тканей злаковых растений, устойчивых к этой группе гербицидов при разных условиях их применения. Как установлено нашими исследованиями, гербициды 2,4-Д активно действуют на анатомическое и морфологическое строение органов злаков, что еще раз свидетельствует о поступлении их в органы и ткани этих видов растений. Однако степень и характер анатомо-морфологических изменений зависит от доз гербицида, способа и срока его внесения. Кроме того, гербициды 2,4-Д по-разному влияют на анатомическое и морфологическое строение органов и тканей у разных видов злаковых растений при одних и тех же условиях применения препаратов и этим самым по-разному влияют на формирование величины урожая.

У кукурузы в наибольшей степени изменялась проводящая система стеблей при опрыскивании растений 2,4-ДА по всходам в фазе 3–5 листьев. Так, количество сосудисто-волокнистых пучков при внесении гербицида в разных дозах почти не изменялось, однако площадь проводящих тканей стеблей на их поперечном сечении во многом отличалась в сторону их увеличения от площади необработанных гербицидами растений (в 1,8–2,5 раза) при дозах 1–2 л/га (табл. 3). Особенно изменялась площадь ксилемы (более чем в 2 раза). При этом число водопроводящих сосудов в пучке

увеличивалось (табл. 4) и составляло 299 % при дозе 2,4-ДА 1 л/га и 502 % при дозе 2 л/га препарата по сравнению с контролем (рис. 11, 12, 13). При 1 и 2 л/га гербицида увеличивалось по сравнению с контролем соответственно число крупных сосудов в 2,9 и 4,4 раза, мелких – в 3,1 и 6,1 раза.

Сумма диаметров водопроводящих сосудов в растениях кукурузы, обработанной 2,4-ДА в дозах 1 и 2 л/га по всходам в фазе 3–5 листьев, по отношению к контролю составляла соответственно 198–327 %, что указывает на относительно высокую обеспеченность водой и питательными веществами растений кукурузы, обработанной по всходам гербицидами 2,4-ДА в оптимальных дозах и в оптимальные сроки. По-видимому, отмеченным можно объяснить значительное повышение урожайности кукурузы при оптимальных условиях применения производных 2,4-Д. Этому способствует еще и активное влияние гербицидов 2,4-Д на морфологическое строение растений кукурузы, которое выражается в интенсивном развитии воздушных корней и сильной мочковатой корневой системы (рис. 14, 15), развитии листовой поверхности растений. Все вместе взятое может свидетельствовать об интенсивном водном и питательном режимах кукурузы, обработанной 2,4-ДА в оптимальных дозах и в оптимальные сроки, ведущих к формированию высоких урожаев этой культуры.

Однако 2,4-ДА и при благоприятных условиях применения вызывает значительное уменьшение развития механических тканей как в сосудисто-волокнистых пучках стеблей, так и в наружном его слое (табл. 3). Это может приводить и, тем более при увеличенном количестве водопроводящих сосудов в стеблях, к их ломкости при механических обработках посевов.

Обработка же растений кукурузы гербицидами 2,4-Д в высоких дозах или в более поздние фазы ее развития (при выходе в стебель) вызывала патологические изменения в анатомическом и морфологическом строении органов растений – уменьшался диаметр сосудисто-волокнистых пучков, стебли деформировались, сокращалась длина их междоузлий, уменьшался объем узлов при увеличении их количества, деформировались корни, число их уменьшалось по сравнению с контролем (рис. 16), что приводило к значительному снижению урожайности зерна и качества кукурузы.

Таблица 3

Влияние гербицида 2,4-ДА на анатомическое строение стеблей кукурузы Одесская 10

Варианты опыта	Число пучков на 1 мм ² поперечного среза, шт.	Площади					Толщина наружного механического слоя, мк
		всех пучков	проводящих тканей	флоэмы	ксилемы	механической ткани	
		% к площади поперечного среза стебля					
		внесение гербицида по всходам					
Контроль	4,76	22,08	6,21	0,70	5,51	15,87	46,51
2,4-ДА – 1 л/га	4,36	23,89	11,50	1,21	10,29	12,39	38,05
2,4-ДА – 2 л/га	4,38	27,98	15,37	1,94	13,43	12,61	36,99
		внесение гербицидов до всходов					
Контроль	4,76	22,08	6,21	0,70	5,51	15,87	46,51
2,4-ДА –2 л/га	4,66	27,55	9,05	1,27	7,78	18,50	44,22
2,4-ДА – 6 л/га	4,58	29,66	8,59	1,72	8,87	19,07	44,39
НСР ₀₅	0,24	1,52	2,28	0,50	1,05	1,22	2,09
P%	2,7	3,2	3,3	2,9	2,5	3,8	2,6

Таблица 4

Влияние гербицида 2,4-ДА на число и размер водопроводящих
сосудов в стеблях кукурузы Одесская 10

Варианты опыта	Число сосудов в пучке, шт.			Сумма диаметров сосудов в пучке, мк
	всего	в том числе		
		крупных	мелких	
	внесение гербицида по всходам			
Контроль	3,00	1,94	1,06	155,38
2,4-ДА – 1 л/га	8,97	5,69	3,28	307,59
2,4-ДА – 2 л/га	15,05	8,54	6,51	508,42
	внесение гербицидов до всходов			
Контроль	3,00	1,94	1,06	155,38
2,4-ДА – 2 л/га	3,39	2,09	1,30	163,84
2,4-ДА – 6 л/га	3,67	2,39	1,28	186,92
НСР ₀₅	0,85	0,56	0,31	42,22
Р %	2,7	3,2	3,3	4,1

Особенно чувствительными к нарушению оптимальных условий применения производных 2,4-Д являются родительские формы гибридов кукурузы. Как показали наши исследования с родительскими формами гибрида Буковинский 3 на гибридных участках, отцовская форма Вир 44 гораздо сильнее реагировала на увеличение доз производных 2,4-Д и более поздние сроки внесения препаратов, чем материнская форма Глория Янецкого. Причем гибрид Буковинский 3, полученный в результате скрещивания родительских форм, проявивших высокую чувствительность к 2,4-Д при их обработке, также был менее устойчивым в первом поколении к гербицидам и заболеваниям, чем гибрид Буковинский 3, полученный в результате скрещивания родительских форм, не проявивших патологической реакции на гербицид. Отсюда следует, что к применению производных 2,4-Д на гибридных участках кукурузы нужно относиться с особой осторожностью.

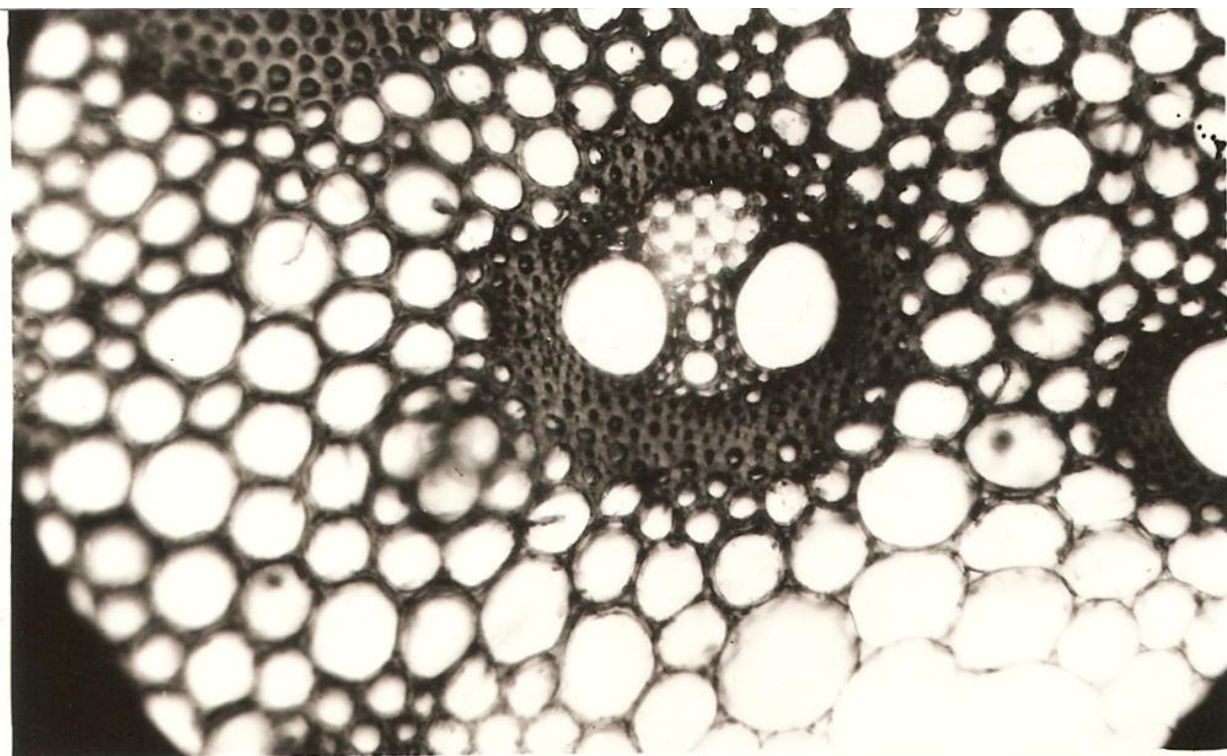


Рис. 11. Анатомическое строение сосудисто-волокнистых пучков стебля кукурузы без обработки гербицидом (контроль).

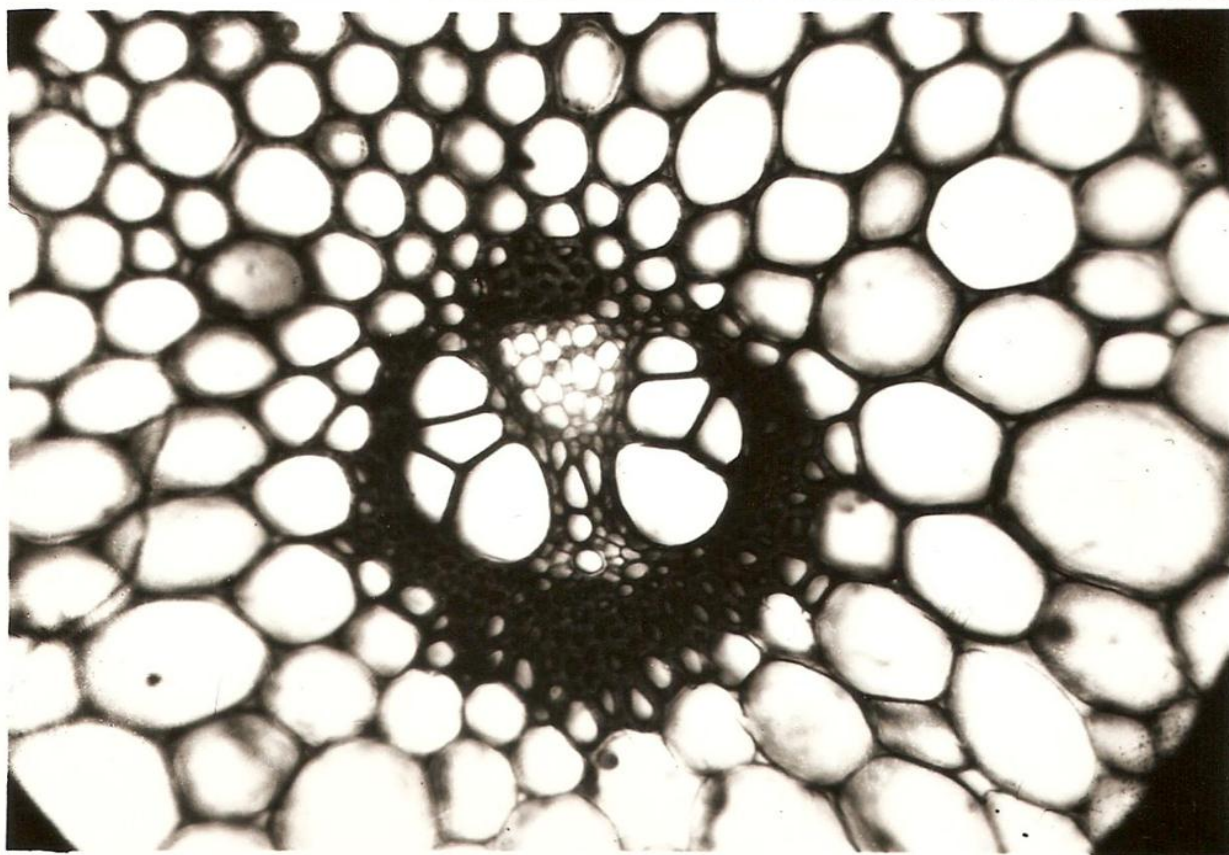


Рис. 12. Влияние 2,4-ДА (1 л/га в фазе 3–5 листьев) на анатомическое строение сосудисто-волокнистых пучков стебля кукурузы.

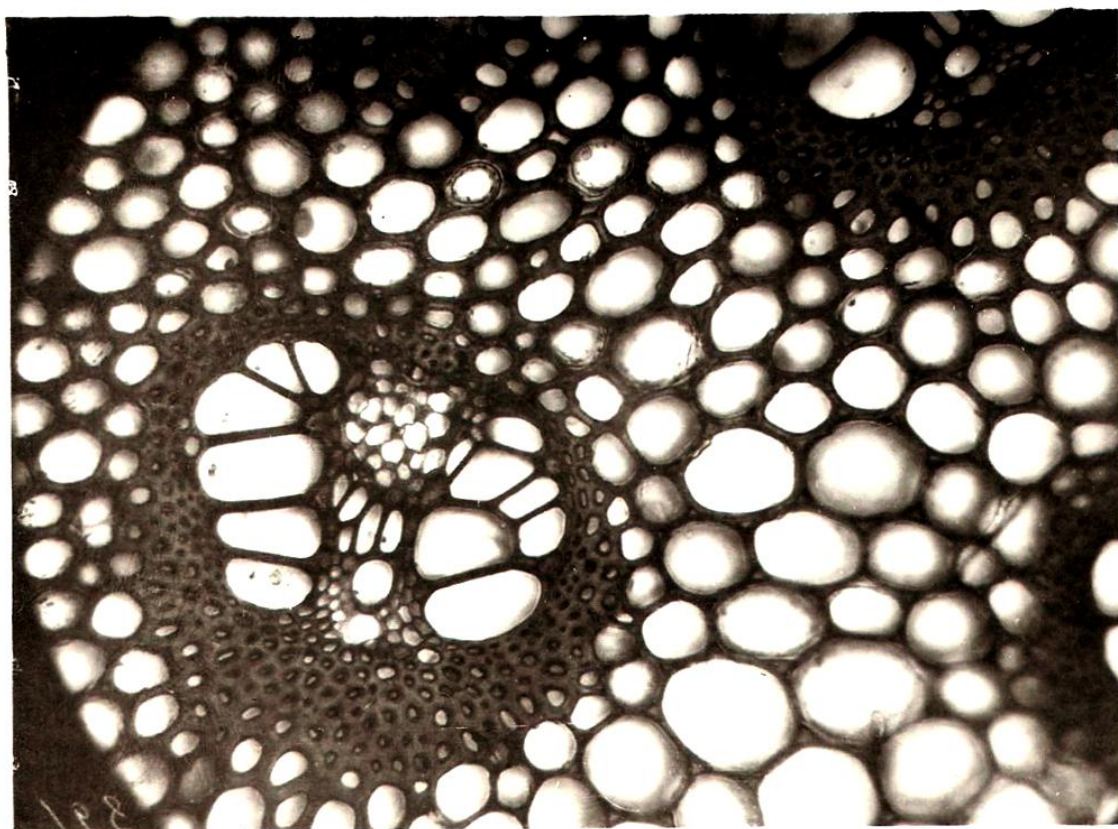


Рис. 13. Влияние 2,4-ДА (2 л/га в фазе 3–5 листьев на анатомическое строение сосудисто-волокнистых пучков стебля кукурузы.



Рис. 14. Корневая система кукурузы без обработки гербицидом (контроль).



Рис. 15. Влияние 2,4-ДА (2 л/га в фазе 3–5 листьев) на корневую систему кукурузы.

Мало изменялось анатомическое строение тканей стеблей кукурузы при внесении производных 2,4-Д в почву до всходов культурных растений (табл. 3, 4). При этом не только слабо уничтожались сорняки, но и не отмечено влияния гербицида на рост и развитие кукурузы и в итоге – на величину урожая.

При изучении влияния производных 2,4-Д на анатомическое и морфологическое строение органов и тканей другого вида злакового растения, устойчивого к этой группе гербицидов – озимой пшеницы Мироновская 808, нами также установлено, что 2,4-ДА вызывает изменения в структуре строения органов и тканей озимой пшеницы, но в гораздо меньшей степени, чем у кукурузы. В то же время, степень этих изменений у пшеницы, как и у кукурузы, зависела от доз, сроков и способов применения производных 2,4-Д. Так, 2,4-ДА в минимальных дозах (0,5 л/га) независимо от сроков внесения препарата почти не изменяла анатомического строения органов пшеницы.



Рис. 16. Влияние 2,4-ДА (2 л/га в фазе выхода в стебель) на корневую систему кукурузы. Деформация корней.

При увеличении же норм гербицида до 1,5–2 л/га, внесенного в фазе кущения, увеличивалось количество сосудисто-волокнистых пучков в стеблях в 1,4–1,8 раза, в том числе крупных – в 1,4–1,6 раза (табл. 5). При этом заметно изменялось количество разных форм пучков в сторону увеличения их числа на единице поперечного сечения стебля, особенно круглых форм (в 1,7–1,9 раза). При дальнейшем увеличении доз 2,4-ДА (до 3 л/га препарата), внесенных в фазе кущения, количество сосудисто-волокнистых пучков резко уменьшалось не только против оптимальных доз 2,4-ДА, но и против контроля. При этом уменьшалось число крупных сосудисто-волокнистых пучков, а из них – больше всего пучков круглых форм. В то же время, значительно увеличивалось (на 360 %) количество пучков удлиненных форм (табл. 5), что, возможно, отражает нарушение водного и питательного режимов озимой пшеницы при внесении увеличенных доз производных 2,4-Д, ведущих к уменьшению урожайности.

Оптимальные дозы 2,4-ДА (1–2 л/га препарата), внесенной в фазе кущения, незначительно (в 1,3 раза) увеличивали площадь всех пучков, в том числе площади проводящих тканей (в 1,1–1,2 раза) на

поперечном сечении стебля, в основном, за счет увеличения площади ксилемы (табл. 6). При этом почти не изменялось количество водопроводящих сосудов, в том числе крупных в сосудисто-волокнистых пучках, а также диаметр клеток паренхимы стебля. В то же время, значительно увеличивался диаметр мелких сосудов (табл. 7).

Развитие механических тканей стеблей озимой пшеницы после обработки 1–2 л/га 2,4-ДА в фазе кущения происходило на уровне контроля (табл. 8). В то же время, следует отметить, при оптимальных дозах и сроках внесения 2,4-ДА уменьшалось число клеток эпидермиса листьев и увеличивались их размеры (табл. 9). Увеличивалось и количество устьиц на единице поверхности листьев, что, по-видимому, способствовало более интенсивному обмену веществ, газообмену и формированию урожая.

2,4-ДА, внесенная в дозах свыше 2-х л/га в фазе кущения и в фазе выхода в трубку в дозах 1–3 л/га, уменьшала: число и площадь сосудисто-волокнистых пучков, в том числе ксилемы и флоэмы, на поперечном сечении стеблей, число и диаметр сосудов в пучках, число и длину устьиц эпидермиса листьев. При этом ослаблялось развитие механических тканей стеблей и сосудисто-волокнистых пучков, что увеличивало полегаемость растений. На вариантах опыта с внесением повышенных доз гербицида в фазе кущения, а также в фазе выхода в трубку (срок большей чувствительности озимой пшеницы к гербициду), насчитывалось от 15 до 20 % растений пшеницы с отклонениями от нормы признаков морфологического строения (фасциации, ветвистость, искривленность) стеблей и колосьев (рис. 17), что в целом уменьшало урожайность зерна на 10–20 %.

Таблица 5

Влияние гербицида 2,4-ДА на число сосудисто-волокнистых пучков стеблей пшеницы Мироновская 808, шт. на 1 мм² поперечного сечения

Варианты опыта	Всего	В том числе:			
		крупных	круглых	овальных	удлиненных
Контроль	9,02	5,89	2,45	2,69	0,75
2,4-ДА – 0,5 л/га	9,34	5,98	2,43	2,53	1,02
2,4-ДА – 1 л/га	12,96	8,62	4,18	3,39	1,05
2,4-ДА – 1,5 л/га	14,16	9,58	4,39	3,83	1,35
2,4-ДА – 2 л/га	16,03	10,03	5,41	3,90	1,40
2,4-ДА – 3 л/га	8,14	6,30	1,02	1,83	3,45
НСР ₀₅	0,59	0,68	0,36	0,45	0,46
Р%	2,6	2,8	3,2	2,7	3,0

Таблица 6

Влияние 2,4-ДА, внесенной в фазе кущения, на структуру тканей стеблей пшеницы Мироновская 808, % к площади поперечного сечения

Варианты опыта	Площади				
	всех пучков	проводящих тканей	ксилемы	флоэмы	всех механических тканей
Контроль	7,7	5,3	4,4	0,9	21,9
2,4-ДА – 0,5 л/га	7,7	5,7	4,8	0,9	19,6
2,4-ДА – 1 л/га	10,3	6,3	5,2	1,1	22,1
2,4-ДА – 1,5 л/га	10,1	6,5	5,4	1,1	23,7
2,4-ДА – 2 л/га	9,8	6,4	5,5	0,9	22,1
2,4-ДА – 3 л/га	7,1	4,7	4,0	0,7	17,2
НСР ₀₅	0,6	0,4	0,3	0,3	2,0
Р%	3,1	2,8	2,4	2,7	4,1

Таблица 7

Влияние 2,4-ДА, внесенной в фазе кущения, на число и размер сосудов в проводящих пучках стеблей
пшеницы Мироновская 808

Варианты опыта	Число сосудов, шт.		Диаметр сосудов, мк		Сумма диаметров сосудов, мк		Диаметр клеток паренхимы стебля, мк
	всего	в том числе крупных	крупных	мелких	крупных	мелких	
Контроль	3,3	3,0	31,3	2,1	93,9	0,6	55,3
2,4-ДА – 0,5 л/га	3,7	2,9	28,9	6,1	83,8	4,9	52,8
2,4-ДА – 1 л/га	3,7	3,1	29,2	5,4	90,5	3,2	50,5
2,4-ДА – 1,5 л/га	3,8	3,3	31,1	5,2	102,6	2,6	54,1
2,4-ДА – 2 л/га	3,8	3,4	34,3	7,0	116,6	2,8	54,1
2,4-ДА – 3 л/га	2,8	2,1	26,5	4,0	55,7	2,8	43,9
НСР ₀₅	0,5	0,4	2,9	0,7	1,6	1,6	5,2
Р%	2,8	3,1	2,9	2,9	3,0	3,2	3,8

Таблица 8

Влияние 2,4-ДА, внесенной в фазе кущения, на развитие механических тканей на поперечном сечении
стеблей пшеницы Мироновская 808

Варианты опыта	Площадь выполненной части, % к площади поперечного сечения	Ширина наружного механического слоя, мк	Площадь наружного механического слоя, %	Площадь механических тканей пучков, %	Площадь всех механических тканей, %
Контроль	66,6	90,7	18,3	3,6	21,9
2,4-ДА – 0,5 л/га	72,6	93,3	16,3	3,3	19,6
2,4-ДА – 1 л/га	64,6	90,8	17,8	4,3	22,1
2,4-ДА – 1,5 л/га	60,3	91,8	19,8	3,9	23,7
2,4-ДА – 2 л/га	65,3	87,3	18,4	3,7	22,1
2,4-ДА – 3 л/га	51,0	63,3	15,1	2,1	17,2
НСР ₀₅	6,1	3,6	1,1	0,3	1,0
Р%	3,7	3,5	2,8	3,1	4,1

Таблица 9

Влияние 2,4-ДА, внесенной в фазе кущения, на структуру эпидермиса листьев пшеницы
Мироновская 808

Варианты опыта	Число клеток, шт. на 1 мм ²	Длина клеток, мк	Ширина клеток, мк	Число устьиц, шт. на 1 мм ²	Длина устьиц, мк
Контроль	161,9	260,0	21,7	31,4	61,3
2,4-ДА – 0,5 л/га	150,3	297,2	22,4	34,4	63,7
2,4-ДА – 1 л/га	159,4	266,9	23,7	37,6	66,1
2,4-ДА – 1,5 л/га	132,3	297,3	25,5	36,2	62,1
2,4-ДА – 2 л/га	130,4	296,0	23,9	34,3	61,1
2,4-ДА – 3 л/га	128,5	201,1	19,3	28,0	51,1
НСР ₀₅	2,5	4,8	0,6	1,2	1,8
P%	2,6	2,8	3,0	3,2	2,8

1.2. Изменение анатомического строения органов и тканей озимой пшеницы под влиянием производных 2,4-Д, внесенных совместно с минеральными удобрениями

При изучении анатомического строения органов и тканей озимой пшеницы при воздействии 2,4-ДА совместно с минеральными удобрениями нами установлено, что при этом способе внесения гербицида увеличивается степень уничтожения двудольных сорняков на 10–15 % и в то же время смесь гербицида с NPK оказывает благоприятное действие на анатомическое строение растений пшеницы. При всех испытанных дозах 2,4-ДА, в том числе повышенных (3 л/га), увеличивалось по сравнению с внесением аналогичных доз гербицида, но без NPK, число сосудисто-волокнуистых пучков, в том числе крупных, на поперечном сечении стебля (табл. 10). При этом более сильно была развита площадь проводящих тканей сосудисто-волокнуистых пучков, в основном, за счет увеличения площади флоэмы (табл. 11), что должно, по-видимому, способствовать активному оттоку пластических веществ в корневую систему растений.

Внесение 2,4-ДА, в том числе повышенных доз, совместно с минеральной некорневой подкормкой по сравнению с 2,4-ДА без NPK увеличивало сумму диаметров водопроводящих сосудов за счет их крупных форм, а также диаметр клеток паренхимы стеблей (табл. 12), что, возможно, ведет к усилению питательного режима и водообеспеченности растений, в связи с чем, урожай озимой пшеницы при внесении 2,4-ДА с NPK формируется выше, чем при внесении тех же доз гербицида без удобрений. Этому также способствует увеличение размеров клеток эпидермиса листьев, а также количества устьиц и их размеров при воздействии 2,4-ДА совместно с минеральной некорневой подкормкой (табл. 13).



Рис. 17. Растения озимой пшеницы с отклонениями от норм признаков морфологического строения под влиянием повышенных доз (3 л/га) гербицида 2,4-ДА.

Таблица 10

Влияние 2,4-ДА и минеральной некорневой подкормки, внесенных в фазе кущения, на развитие
сосудисто-волокнистых пучков стеблей пшеницы Мироновская 808

Варианты опыта	Число сосудисто-волокнистых пучков, шт. на 1 мм ² поперечного сечения стебля				
	всего	в том числе			
		крупных	круглых	овальных	удлиненных
Контроль	9,02	5,89	2,45	2,69	0,75
2,4-ДА – 0,5 л/га + NPK	10,50	6,71	3,31	2,77	0,63
2,4-ДА – 1 л/га + NPK	13,69	9,31	4,95	3,42	0,94
2,4-ДА – 1,5 л/га + NPK	14,85	10,41	5,51	3,63	1,27
2,4-ДА – 2 л/га + NPK	16,98	10,75	5,75	3,61	1,39
2,4-ДА – 3 л/га + NPK	10,72	7,85	3,45	3,69	0,71
NPK	10,30	6,80	3,03	1,14	0,63
НСП ₀₅	0,59	0,68	0,36	0,45	0,46
P%	2,6	2,8	3,2	2,7	3,0

Таблица 11

Влияние 2,4-ДА и минеральной некорневой подкормки, внесенных в фазе кущения, на структуру тканей стеблей
пшеницы Мироновская 808, % к площади поперечного сечения

Варианты опыта	Площади				
	всех пучков	проводящих тканей	ксилемы	флоэмы	всех механических тканей
Контроль	7,7	5,3	4,4	0,9	21,9
2,4-ДА – 0,5 л/га + NPK	8,1	5,9	5,0	0,9	17,1
2,4-ДА – 1 л/га + NPK	11,2	7,1	5,0	2,1	18,8
2,4-ДА – 1,5 л/га + NPK	11,0	7,2	5,6	1,6	20,7
2,4-ДА – 2 л/га + NPK	11,3	7,3	5,8	1,5	18,6
2,4-ДА – 3 л/га + NPK	10,0	5,8	4,4	1,4	18,8
NPK	8,5	5,5	4,3	1,2	20,1
НСП ₀₅	0,6	0,4	0,3	0,3	2,0
P%	3,1	2,8	2,4	2,7	4,1

Таблица 12

Влияние 2,4-ДА и минеральной некорневой подкормки, внесенных в фазе кущения, на число и размер сосудов в сосуристо-волокнистых пучках стеблей пшеницы Мироновская 808

Варианты опыта	Число сосудов, шт.		Диаметр сосудов, мк		Сумма диаметров сосудов, мк		Диаметр клеток паренхимы стебля, мк
	всего	в том числе крупных	крупных	мелких	крупных	мелких	
Контроль	3,3	3,0	31,3	2,1	93,9	0,6	55,3
2,4-ДА – 0,5 л/га + NPK	3,1	2,7	31,0	4,1	83,7	1,6	58,0
2,4-ДА – 1 л/га + NPK	3,6	3,2	31,2	4,8	99,8	1,9	59,3
2,4-ДА – 1,5 л/га + NPK	3,3	3,0	31,8	3,1	95,4	0,9	59,7
2,4-ДА – 2 л/га + NPK	3,6	3,2	31,4	6,0	100,5	2,4	59,3
2,4-ДА – 3 л/га + NPK	3,1	2,6	26,4	4,2	68,6	2,1	48,1
NPK	3,2	3,0	30,1	6,0	90,3	1,2	55,5
HCP ₀₅	0,5	0,4	2,9	0,7	1,6	1,6	5,2
P%	2,8	3,1	2,9	2,9	3,0	3,2	3,8

Таблица 13

Влияние 2,4-ДА и минеральной некорневой подкормки, внесенных в фазе кущения, на структуру эпидермиса листьев пшеницы Мироновская 808

Варианты опыта	Число клеток, шт. на 1 мм ²	Длина клеток, мк	Ширина клеток, мк	Число устьиц, шт. на 1 мм ²	Длина устьиц, мк
Контроль	161,9	260,0	21,7	31,4	61,3
2,4-ДА – 0,5 л/га + NPK	127,5	324,6	24,3	37,6	65,9
2,4-ДА – 1 л/га + NPK	139,8	310,6	24,9	38,8	68,5
2,4-ДА – 1,5 л/га + NPK	155,0	298,2	27,4	40,1	65,1
2,4-ДА – 2 л/га + NPK	152,0	298,0	28,1	37,3	64,3
2,4-ДА – 3 л/га + NPK	153,0	210,5	21,4	30,4	56,1
NPK	162,1	264,0	22,1	33,1	62,5
HCP ₀₅	2,5	4,8	0,6	1,2	1,8
P%	2,6	2,8	3,0	3,2	2,8

Вместе с тем, внесение аминной соли 2,4-ДА с минеральной некорневой подкормкой уменьшало площадь механических тканей как наружного слоя стебля, так и сосудисто-волокнистых пучков (табл. 14) по сравнению не только с контролем, но и с внесением гербицида без минеральных удобрений.

Таким образом, из вышеизложенного следует, что производные арилоксиуксусных кислот активно влияют на анатомическое строение органов и тканей не только чувствительных к ним двудольных растений, но и устойчивых злаковых культур, что оказывает значительное влияние на их продуктивность. Совместное применение производных 2,4-Д с минеральными удобрениями уменьшает степень токсичности препаратов на злаковые культуры за счет усиления их роста, развития и обмена веществ под воздействием NPK, что позволяет управлять процессом действия препаратов на растения, а отсюда – формированием урожая.

1.3. Влияние производных триазинов при разных дозах, сроках и способах применения на анатомическое и морфологическое строение чувствительных и устойчивых к ним растений

Экспериментальных данных о действии триазинов на анатомическое строение органов чувствительных и устойчивых к этим препаратам растений в научной литературе мы не нашли, а, между тем, исследование влияния этой группы гербицидов на анатомическую и морфологическую структуру органов и тканей растений, отражающих уровень их жизнедеятельности, питательный и водный режимы, а отсюда степень действия на сорняки и культурные растения имеет большое значение при изучении не только механизма их действия, но и при разработке приемов повышения эффективности триазинов в посевах сельскохозяйственных культур.

Нами на протяжении 1965-1985 гг. изучалось влияние триазинов на анатомическое и морфологическое строение стеблей и листьев сорных и культурных растений: устойчивых (кукуруза), менее устойчивых (горох, бодяк полевой) и чувствительных (яровой ячмень, марь белая).

Таблица 14

Влияние 2,4-ДА и минеральной некорневой подкормки, внесенных в фазе кущения, на развитие механических тканей на поперечном сечении стеблей пшеницы Мироновская 808

150

Варианты опыта	Площадь выполненной части, % к площади поперечного сечения	Ширина наружного механического слоя, мк	Площадь наружного механического слоя, %	Площадь механических тканей пучков, %	Площадь всех механических тканей, %
Контроль	66,6	90,7	18,3	3,6	21,9
2,4-ДА – 0,5 л/га + NPK	63,9	85,3	14,6	2,5	17,1
2,4-ДА – 1 л/га + NPK	69,0	81,3	15,4	3,4	18,8
2,4-ДА – 1,5 л/га + NPK	61,0	77,0	17,2	3,5	20,7
2,4-ДА – 2 л/га + NPK	65,9	69,3	15,2	3,4	18,6
2,4-ДА – 3 л/га + NPK	62,1	60,5	12,7	1,5	14,7
NPK	68,0	86,3	17,9	3,3	21,9
HCP ₀₅	6,1	3,6	1,1	0,3	1,0
P%	3,7	3,5	2,8	3,1	4,1

Установлено, что гербициды триазинового ряда, как и производные 2,4-Д, активно влияют на строение органов и тканей чувствительных и устойчивых к ним растений. Однако степень и характер анатомических изменений под влиянием триазинов зависит от доз, сроков внесения и видового состава растений.

В наших опытах наиболее сильно изменялось анатомическое строение органов устойчивых к триазинам растений при внесении этих препаратов по всходам. Наоборот, у менее устойчивых и чувствительных к триазинам растений более сильно изменялось анатомическое строение растений при внесении триазинов в почву, что совпадало со степенью и характером поступления и передвижения симазина у чувствительных и устойчивых к гербицидам растений при нанесении его на разные органы весной. Однако и здесь разные виды устойчивых и чувствительных к триазинам растений изменяли строение органов и тканей по-разному. У кукурузы, наиболее устойчивой к симазину и атразину культуры, при внесении препаратов по всходам растений в фазе 3–5 листьев независимо от содержания питательных веществ в почве наиболее сильно изменялась проводящая система и толщина механических тканей стеблей. Так, по отношению к контролю площадь всех пучков на 1 мм² поперечного сечения стебля составляла 189,6 % при 2 кг/га симазина и 250,2 % при 4 кг/га симазина; при внесении атразина площадь всех пучков составляла соответственно 162,6 и 166,9 % (табл. 15; рис. 11, 18, 19, 20). При этом подвергались значительным изменениям площади флоэмы и ксилемы (в сторону их увеличения соответственно на 57–204,3 и 33,2–84,6 %), а также количество и диаметр водопроводящих сосудов в зависимости от доз и видов препаратов (табл. 16), что может в некоторой степени объяснить причину повышения урожайности кукурузы при воздействии триазинов за счет усиления поступления и обеспеченности растений водой и питательными веществами в силу интенсивного развития сосудисто-волокнистых пучков стеблей.

Таблица 15

Влияние триазинов на анатомическое строение стеблей кукурузы Одесская 10

152

Варианты опыта	Число пучков на 1 мм ² поперечного среза, шт	Площади					Толщина наружного механического слоя, мк
		всех пучков	проводящих тканей	флоэмы	ксилемы	механической ткани	
		% к площади поперечного среза стебля					
	внесение гербицида по всходам						
Контроль	4,76	22,08	6,21	0,70	5,51	15,87	46,51
Симазин – 2 кг/га	5,02	41,86	11,00	1,28	9,72	30,86	145,45
Симазин – 4 кг/га	4,10	55,25	12,30	2,13	10,17	42,94	208,22
Атразин – 2 кг/га	4,26	35,90	8,97	1,63	7,34	26,93	45,45
Атразин – 4 кг/га	5,02	36,86	11,13	1,10	10,03	25,73	49,28
	внесение гербицидов до всходов						
Контроль	4,76	22,08	6,21	0,70	5,51	15,87	46,51
Симазин – 4 кг/га	3,96	31,05	9,57	1,38	8,19	21,48	45,40
Симазин – 8 кг/га	4,01	35,12	12,03	1,77	10,26	23,09	47,22
Атразин – 4 кг/га	4,26	22,93	6,71	0,72	5,99	15,22	45,33
Атразин – 8 кг/га	5,10	38,57	12,15	1,35	10,80	26,42	46,88

Таблица 16

Влияние триазинов на число и размер водопроводящих сосудов в стеблях кукурузы Одесская 10

Варианты опыта	Число сосудов в пучке, шт.			Сумма диаметров сосудов в пучке, мк
	всего	в том числе		
		крупных	мелких	
	внесение гербицидов по всходам			
Контроль	3,00	1,94	1,06	155,38
Симазин – 4 кг/га	3,25	2,41	0,84	196,92
Симазин – 8 кг/га	3,64	2,15	1,49	208,23
Атразин – 4 кг/га	4,15	2,32	1,83	173,35
Симазин – 8 кг/га	3,47	2,31	1,16	159,21
	внесение гербицидов до всходов			
Контроль	3,00	1,94	1,06	155,38
Симазин – 4 кг/га	3,64	2,15	1,49	190,26
Симазин – 8 кг/га	4,07	2,79	1,28	256,80
Атразин – 4 кг/га	3,50	2,42	1,08	189,20
Симазин – 8 кг/га	3,90	2,27	1,63	220,21

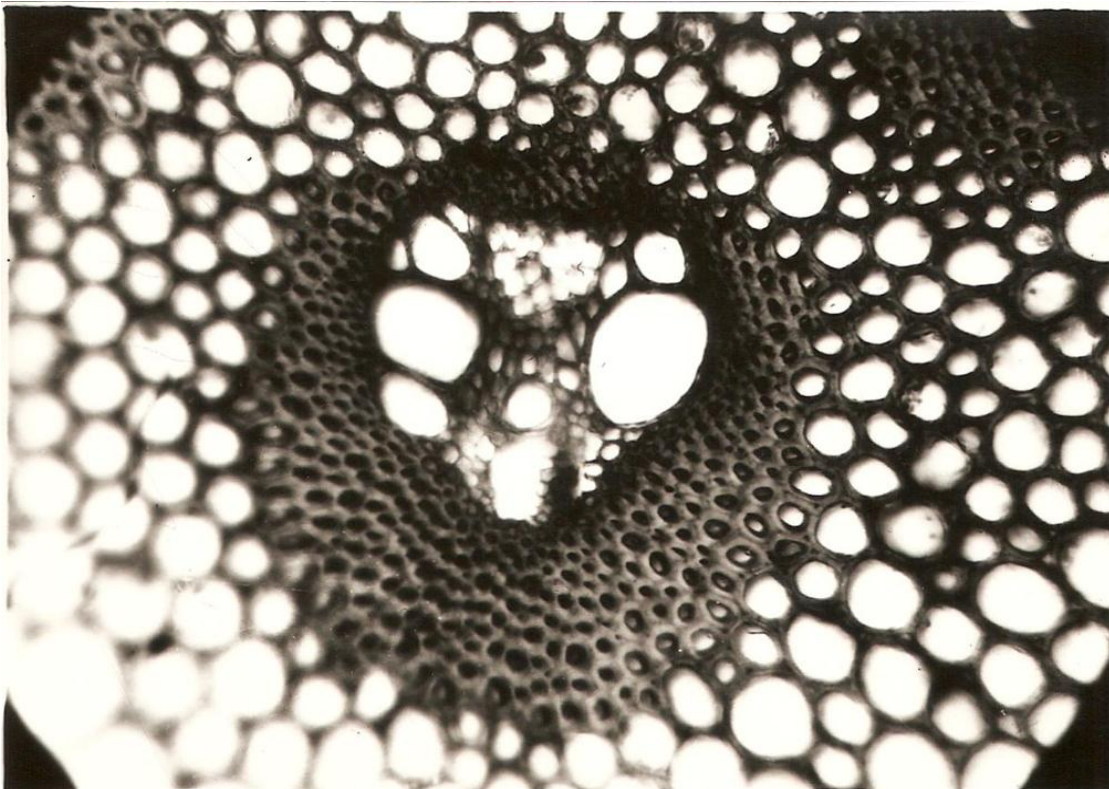


Рис. 18. Влияние симазина (2 кг/га в фазе 3–5 листьев) на анатомическое строение сосудисто-волокнистых пучков стебля кукурузы.

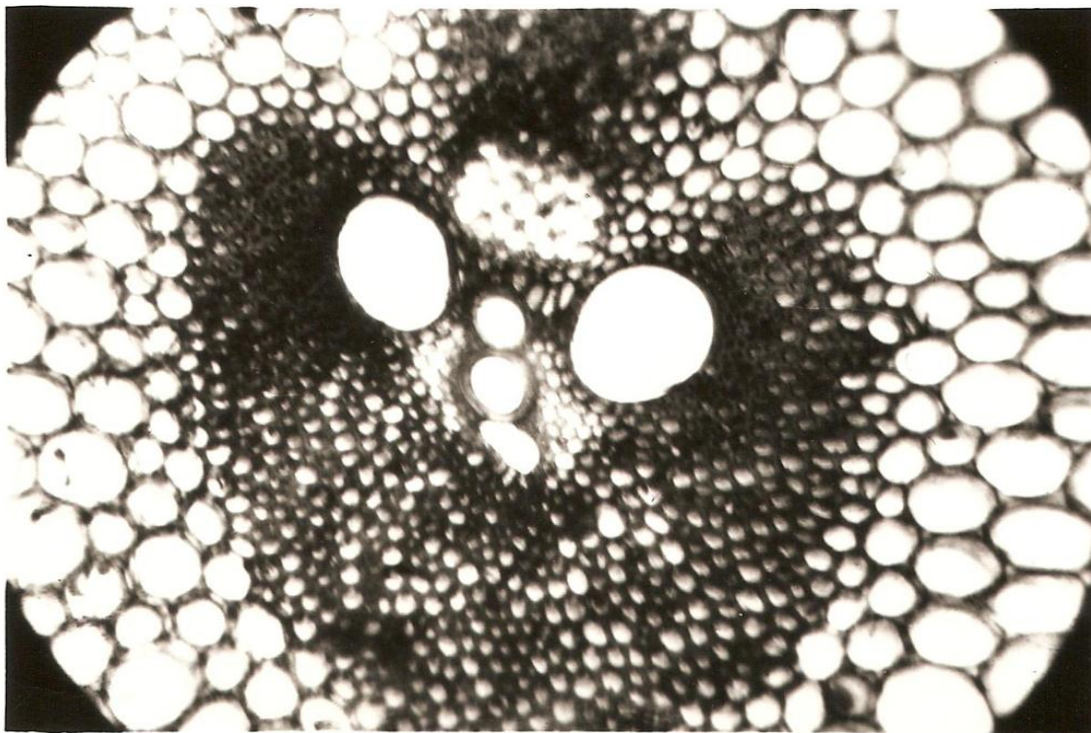


Рис. 19. Влияние симазина (4 кг/га в фазе 3–5 листьев) на анатомическое строение сосудисто-волокнистых пучков стебля кукурузы.

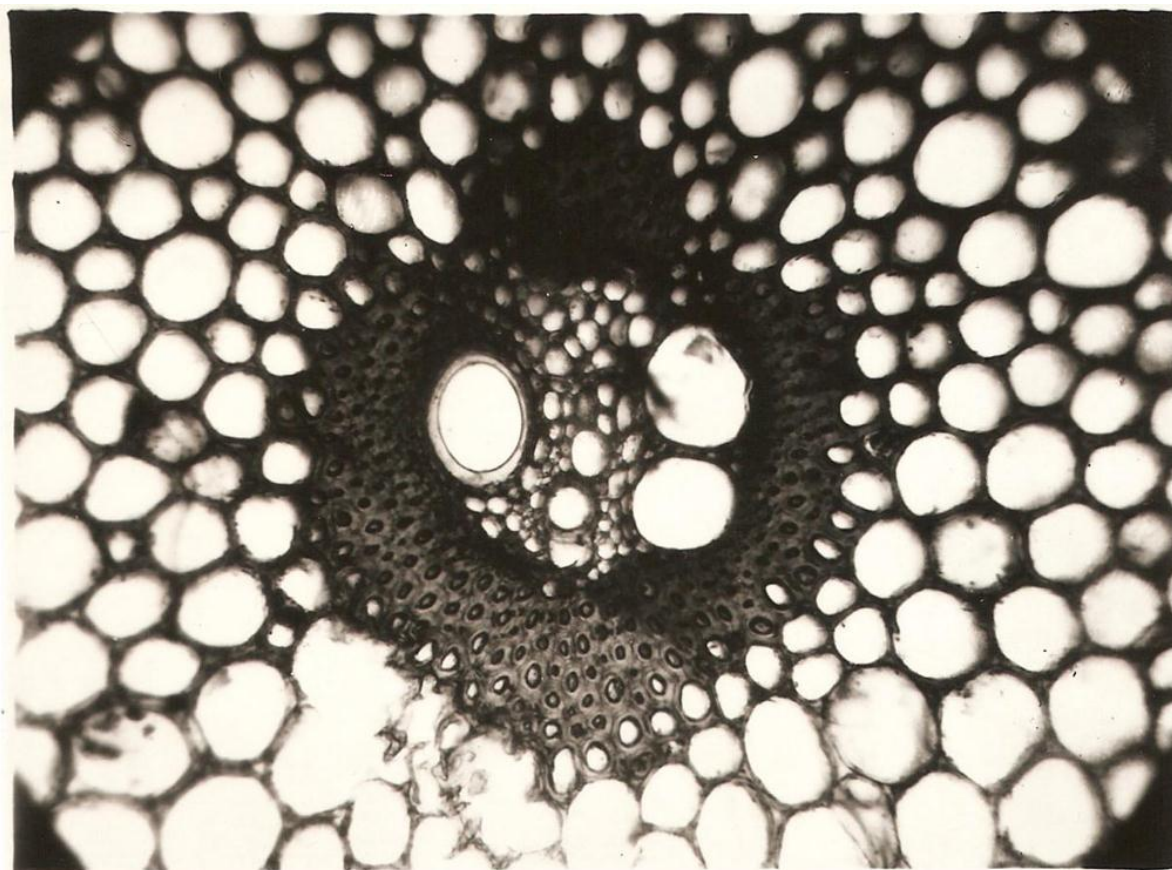


Рис. 20. Влияние атразина (4кг/га в фазе 3–5 листьев) на анатомическое строение сосу­дисто-волокнистых пучков стебля куку­рузы

Одновременно, внесенные по всходам триазины, особенно симазин, активно влияли на развитие механических тканей как сосу­дисто-волокнистых пучков (рис. 11, 18, 19), так и наружного механического слоя стебля куку­рузы, увеличивая их в 3,1–4,5 раза (табл. 15), что существенно изменяло, как показали наши дальнейшие исследования, содержание питательных веществ в силосной массе куку­рузы.

Внесение триазинов в почву перед всходами куку­рузы, менее активно, чем при внесении по всходам, однако также влияло на развитие проводящих тканей и приводило к увеличению их площади, диаметра и числа крупных водопроводящих сосудов на поперечном сечении стеблей, что положительно влияло на обмен веществ и формирование урожая куку­рузы. При этом влияние триазинов, внесенных в почву, на систему проводящих тканей усиливалось с увеличением доз препаратов (табл. 15, 16). Характерным явилось то, что как симазин так и атразин, внесенные в почву, не оказывали существенного влияния на развитие механических тканей ни наружного склеренхимного кольца, ни проводящих пучков, как это

было при внесении триазинов по всходам, что также отражалось на качестве силосной массы кукурузы.

У растений гороха, менее устойчивого к триазинам вида, анатомическое строение стеблей при одних и тех же условиях применения гербицидов изменялось, но было менее выраженным по сравнению с кукурузой как при внесении по всходам, так и при внесении в почву, однако и при этом более сильно изменялась анатомическая структура стебля при внесении триазинов в почву (табл. 17, 18). Кроме того, при разных дозах симазина, внесенного в почву, анатомические изменения в строении стебля характеризовались разными направлениями: при дозах симазина 4–8 кг/га на обеспеченных питательными веществами почвах они вели к усилению роста и развития растений, а в итоге – к повышению их продуктивности; при дозах свыше 8 кг/га препарата анатомические изменения приводили к нарушению обеспеченности растений водой и питательными веществами – уменьшалось количество сосудисто-волокнистых пучков и их площадь, особенно площадь ксилемы, уменьшался диаметр стебля и ослаблялось развитие механических тканей. Значительно уменьшались число и диаметр водопроводящих сосудов, в том числе крупных, обеспечивающих более активно растения водой. С повышением доз триазинов нарушения в анатомическом строении стебля гороха увеличивались. Такого рода нарушения в строении стебля происходили и у более чувствительного к триазинам вида растений – ярового ячменя и, кроме того, при внесении гербицида в почву до посева культуры (табл. 19, 20).

Характерным для триазинов явилось и то, что они вызывали значительные изменения в анатомическом строении листьев у чувствительных к ним растений. У гороха при дозе симазина 4 кг/га увеличивалось по сравнению с контролем число клеток эпидермиса на 205 % при внесении гербицида в почву и на 215 % – при нанесении препарата по всходам (табл. 18). Увеличивалось число устьиц на 89,1 % при внесении симазина по всходам и на 73 % – при внесении его в почву, а также увеличивался диаметр устьиц, что, очевидно, приводило к усилению фотосинтеза растений и их защитных свойств.

Таблица 17

Влияние симазина на первичное анатомическое строение стеблей гороха

Варианты опыта	Диаметр, мм	Площадь выпол- ненной части, мм ²	Число пучков на 1 мм ² попереч- ного среза, шт.	Площади					Диаметр клеток парен- химы, мк	Толщина наруж- ного механи- ческого слоя, мк
				всех пучков	в том числе					
					проводя- щих тканей	фло- эмы	ксиле- мы	механи- ческой ткани		
	внесение гербицида по всходам									
Контроль	2,7	4,1	5,4	24,7	14,2	0,9	13,3	10,5	63,6	91,8
Симазин – 4 кг/га	2,4	4,0	5,0	24,4	14,0	0,6	13,4	10,4	63,4	90,1
Симазин – 6 кг/га	2,2	3,4	4,8	21,5	14,0	1,0	13,0	7,5	61,1	90,0
Атразин – 8 кг/га	2,2	3,0	4,3	21,3	13,6	1,1	12,5	7,7	61,3	86,3
Симазин – 10 кг/га	2,0	2,4	4,0	20,8	13,7	1,6	12,1	7,1	60,1	84,1
	внесение гербицида до всходов									
Контроль	2,7	4,1	5,4	24,7	14,2	0,9	13,3	10,5	63,3	91,8
Симазин – 4 кг/га	3,0	4,8	5,7	25,3	15,3	1,2	14,1	10,0	63,8	90,9
Симазин – 6 кг/га	2,0	3,0	4,0	19,7	13,1	1,0	12,1	6,6	57,5	90,1
Атразин – 8 кг/га	1,8	2,3	3,8	18,9	12,6	1,1	11,5	6,3	51,3	85,3
Симазин – 10 кг/га	1,3	2,0	3,6	18,3	11,5	0,7	9,8	6,8	51,0	81,7

Таблица 18

Влияние симазина на число и размеры водопрводящих сосудов стеблей, клеток и устьиц
эпидермиса листьев гороха

158

Варианты опыта	Число сосудов в пучке, шт.			Диаметр сосудов, мк		Число клеток эпидермиса на 1 мм ² , шт.	Число устьиц на 1 мм ² , шт.	Длина устьиц, мк
	всего	в том числе		крупных	мелких			
		крупных	мелких					
	внесение гербицида по всходам							
Контроль	5,5	4,1	1,4	43,1	5,1	210	41,3	68,5
Симазин – 4 кг/га	5,6	4,9	0,7	43,0	5,0	662	78,1	68,4
Симазин – 6 кг/га	5,3	4,9	0,4	41,4	5,1	140	31,3	51,4
Атразин – 8 кг/га	4,9	4,0	0,9	41,5	5,1	105	28,5	38,3
Симазин – 10 кг/га	4,7	4,0	0,7	40,4	5,0	104	21,4	31,5
	внесение гербицида до всходов							
Контроль	5,5	4,1	1,4	43,1	5,1	210	41,3	68,5
Симазин – 4 кг/га	6,3	5,3	1,0	45,8	5,3	640	71,4	69,3
Симазин – 6 кг/га	4,0	3,3	0,7	40,3	5,1	285	35,4	54,1
Атразин – 8 кг/га	4,3	3,1	0,4	38,8	4,9	173	31,8	48,1
Симазин – 10 кг/га	4,1	3,0	1,0	38,1	4,9	115	29,7	35,7

Таблица 19

Влияние симазина на анатомическое строение стеблей ярового ячменя Носовский

159

Варианты опыта	Площадь выпол- ненной части, мм ²	Число пучков на 1 мм ² попереч- ного среза, шт.	Площади					Диаметр клеток парен- химы, мк	Толщина наруж- ного механи- ческого слоя, мк	Площадь всех механи- ческих тканей, %
			всех пучков	в том числе						
				проводя- щих тканей	фло- эмы	ксиле- мы	механи- ческой ткани			
	внесение гербицида по всходам									
Контроль	1,42	9,0	5,8	4,8	1,0	3,8	1,0	46,2	33,8	34,8
Симазин – 4 кг/га	1,40	9,0	5,7	4,6	0,8	3,8	1,1	44,5	31,7	32,8
Симазин – 6 кг/га	1,18	8,6	5,1	4,0	0,6	3,4	1,1	40,3	31,3	32,4
Атразин – 8 кг/га	1,07	8,1	5,0	4,0	0,6	3,4	0,9	40,4	30,4	31,3
Симазин – 10 кг/га	1,03	9,0	5,0	3,5	0,5	3,0	1,0	36,1	29,5	30,5
	внесение гербицида до всходов									
Контроль	1,42	9,0	5,8	4,8	1,0	3,8	1,0	46,2	33,8	34,8
Симазин – 4 кг/га	1,40	8,3	5,1	4,3	0,6	3,7	0,8	38,9	30,9	31,7
Симазин – 6 кг/га	1,10	7,8	4,2	3,8	0,7	3,1	0,9	38,5	28,8	29,7
Атразин – 8 кг/га	0,96	6,5	3,7	3,2	0,9	2,3	0,5	37,1	25,2	25,7
Симазин – 10 кг/га	0,85	6,4	3,3	2,4	0,4	2,0	0,9	30,1	23,2	24,1

Таблица 20

Влияние симазина на число и размеры сосудов стеблей, клеток и устьиц
эпидермиса листьев ярового ячменя

160

Варианты опыта	Число сосудов в пучке, шт.			Диаметр сосудов, МК		Число клеток эпидермиса на 1 мм ² , шт.	Длина клеток, МК	Ширина клеток, МК	Число устьиц на 1 мм ² , шт.	Длина устьиц, МК
	всего	в том числе		крупных	мелких					
		крупных	мелких							
	внесение гербицида по всходам									
Контроль	4,6	4,0	0,6	16,2	2,7	168,9	253,1	24,9	42,9	46,7
Симазин – 4 кг/га	4,6	4,0	0,6	15,9	2,7	153,4	258,3	26,1	35,5	42,1
Симазин – 6 кг/га	3,9	3,2	0,7	15,8	2,6	149,8	265,4	28,3	29,1	36,3
Симазин – 8 кг/га	3,8	3,2	0,6	16,0	2,8	131,4	287,4	32,3	21,5	34,5
Симазин – 10 кг/га	3,8	3,2	0,6	15,8	2,6	128,5	301,3	41,5	18,3	28,4
	внесение гербицида до всходов									
Контроль	4,6	4,0	0,6	16,2	2,7	168,9	253,1	24,9	42,9	46,7
Симазин – 4 кг/га	3,5	3,0	0,5	15,4	2,1	161,4	250,7	25,3	40,1	43,5
Симазин – 6 кг/га	3,2	3,0	0,2	15,0	1,9	153,5	249,5	26,8	36,4	41,5
Симазин – 8 кг/га	3,4	3,0	0,4	14,0	1,8	141,3	235,3	29,4	30,2	41,0
Симазин – 10 кг/га	3,0	2,3	0,7	14,0	1,9	139,5	205,8	31,5	24,1	38,5

Симазин в дозах свыше 4 кг/га, особенно при внесении его по всходам, наоборот, уменьшал число клеток эпидермиса на единице поверхности листьев гороха в 1,5–2 раза с одновременным увеличением их размеров. При этом уменьшались число и размеры устьиц, что, по-видимому, вело к торможению процесса фотосинтеза; листья гороха желтели, теряли тургор. Чем чувствительнее были растения к триазинам (яровой ячмень, марь белая) и чем выше были дозы препаратов, тем сильнее нарушалось анатомическое строение эпидермиса листьев при менее выраженном нарушении анатомического строения стебля, особенно при внесении симазина по всходам растений (табл. 19, 20).

Более сильные изменения в анатомическом строении эпидермиса листьев у чувствительных к триазидам растений при внесении их по всходам по сравнению с внесением в почву, а также в листьях по сравнению со стеблями, очевидно, связаны с непосредственным контактом гербицидов с клеточными структурами листовой поверхности растений и более замедленным, продолжительным влиянием препаратов на анатомические элементы, расположенные внутри стеблей растений, при отсутствии такого контакта, особенно при внесении препаратов в почву. Это может также свидетельствовать о значительном отношении нарушений в анатомическом строении листьев и стеблей чувствительных к триазидам растений к механизму ассимиляции углекислоты, что является подтверждением результатов исследований многих авторов (В. Exer [35], А. Gast [36], D.E. Moreland et al [37], F.M. Ashton [38], С.М. Маштаков, Р.А. Прохорчик [39, 40, 41], О.И. Воловик и др. [42], О.И. Воловик [43], М.И. Гагарина и др. [44], Л.Н. Пароменская, Г.Н. Лялин [45], Ю. Мережинский и др. [46], Н.Г. Николаева и др. [33, 34], С.М. Маштаков и др. [47], Ю.В. Круглов и др. [48], Л.М. Фадеева и др. [49]) механизма действия триазинов на чувствительные к ним растения в связи с ингибированием процесса фотосинтеза.

Таким образом, подводя итоги вышеизложенному о влиянии гербицидов на анатомическое и морфологическое строение органов и тканей чувствительных и устойчивых к ним растений в зависимости от доз, сроков и способов их применения, можно заключить, что производные 2,4-Д и триазинов активно вторгаются в процесс построения анатомической и морфологической структуры растений, вызывая различного рода нарушения в строении органов и тканей,

ведущие к усилению или торможению роста и развития растений, степени их жизнедеятельности в зависимости от условий применения препаратов, а в итоге – к их продуктивности. Воздействуя на эти процессы в растениях через условия применения гербицидов в посевах сельскохозяйственных культур, можно практически достигать более усиленного отмирания сорных растений и повышения продуктивности культурных.

2. ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДОВ ПРИ РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ НА ОБМЕН ВЕЩЕСТВ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ И УСТОЙЧИВЫХ К НИМ РАСТЕНИЙ

Проникнув в растения, гербициды вызывают не только существенные изменения в анатомо-морфологическом строении органов и тканей, но и, как уже отмечалось в обзоре литературы, глубоко изменяют обмен веществ, ведущий или к стимулированию их роста и развития, или к их торможению. В то же время, несмотря на большие усилия ученых, вопросы обмена веществ в растениях при воздействии гербицидов, имеющие важное значение в познании механизма и природы их действия, еще до конца не выяснены, что в значительной мере затрудняет теоретическое обоснование безопасного применения гербицидов в производстве.

В опытах Г. Москаленко, В. Зинченко [50] в растениях пшеницы сорта Саратовская 29 под влиянием 2,4-Д, банвела Д и тордона 22 К, внесенных в фазе кущения, первоначальное ингибирование фосфорного обмена сменялось его активацией, при этом повышалось содержание нуклеиновых кислот и нуклеопротеидов.

А.В. Воеводин и Л.И. Невзорова [51,52] установили, что низкие дозы 2,4-Д (0,7–0,8 кг/га д.в.) через 12 часов после опрыскивания вызывают у яровой пшеницы уменьшение содержания общего и кислоторастворимого фосфора, в том числе органического, снижение содержания нуклеинового фосфора, особенно ДНК; при этом увеличивалось количество минерального фосфора, что является, по предположению авторов, результатом усиления процессов минерализации в связи с разрушением фосфоросодержащих соединений. Снижалось содержание фосфора липидной функции, а затем увеличивалось, что, по мнению авторов, является защитной реакцией растений на действие гербицида. Оптимальные дозы 2,4-Д вызывали у растений пшеницы рост РНК-азной активности и

уменьшение содержания нуклеиновых кислот. В то же время, у растений ячменя при малых дозах гербицидов отмечены вначале стимуляции обмена веществ, увеличение содержания общего фосфора и фосфора кислоторастворимой фракции, особенно органического; повышалось содержание нуклеиновых кислот, липидов, а также содержание минерального и остаточного фосфора. При этом снижалась РНК-азная активность растений. Оптимальные и высокие дозы 2,4-Д вызывали рост активности РНК-азы и повышение рН.

Как отмечают Л.И. Невзорова и др. [53], после обработки ярового ячменя в фазе кущения натриевой солью 2,4-Д в стимулирующей (200 мг/л) и гербицидной (400 мг/л) дозах через 120 часов в растениях повышается синтез белка и нуклеиновых кислот, увеличивается содержание рибосомной РНК и уменьшается содержание комплексносвязанной РНК.

О.Н. Сосновая и Э.Ф. Журавская [54] исследовали, что фосфорный обмен у растений при действии гербицидов зависит от уровня питания. В их опытах применение пирамина отдельно и с ТХА на удобренном фоне усиливало поступление питательных веществ и увеличивало содержание подвижных фосфорных соединений в растениях свеклы.

Р. Ройтер и Х. Грезер [55] исследовали, что симазин в высокой концентрации вызывал уменьшение общего содержания РНК в проростках чувствительной к гербициду горчицы, в низкой – повышение содержания РНК, особенно рибосомной. Аналогичные данные с горчицей при действии атразина были получены другими авторами [56]. В то же время, при выращивании в тех же условиях кукурузы, устойчивой к атразину, подавления синтеза РНК не было. Не обнаружили изменений фракционного состава нуклеиновых кислот исследователи, работающие с горчицей и кукурузой [57, 56], при нанесении на листья растений или в зону корней симазина, атразина через 24, 48 часов, однако общее содержание РНК снижалось у горчицы до 91,5 %, у кукурузы – до 92,5 % под влиянием атразина; при действии симазина, наоборот, – повышалось содержание РНК соответственно до 102,41 и 125,33 % к содержанию РНК в контрольных растениях. В то же время, У.Поммер и Х. Грезер [58] наблюдали торможение синтеза нуклеиновых кислот под влиянием симазина у кукурузы сорта ВИР 25. Авторы считают, что продукты превращения симазина в растениях кукурузы являются

антиметаболитами нуклеиновых кислот. Между тем, А.В. Воеводин и др. [31] установили, что симазин и продукты его распада, наоборот, стимулируют синтез ДНК, но снижают биосинтез в целом, особенно функций И-РНК и Т-РНК, однако способствуют синтезу Р-РНК. Г. Штельцел [59] исследовал, что при обработке горчицы в фазе 1-го листа атразином в дозе $5 \cdot 10^{-3} \text{М}$ и $5 \cdot 10^{-5} \text{М}$ через 12 и 24 часа происходит вначале повышение содержания суммарной нуклеиновой кислоты, а через 36 часов ее содержание снижается. В дальнейшем на листьях образуются некрозы. Аналогичные результаты получены Ф.Л. Калининым и В.К. Мусиякой [60] при изучении действия 4-амино-3,5,6-трихлорпиколиновой кислоты на содержание нуклеиновых кислот в кончиках корней гороха.

И. Стоименова [61] указывает на повышение в листьях растений кукурузы при воздействии гербицидов минеральных веществ (азота, фосфора, калия, кальция, натрия, цинка, марганца, меди и железа). Также реагировали на обработку гербицидами растения кормовой свеклы в опытах Козаченко [62] – в листьях увеличивалось содержание белка, K_2O . Содержание MgO и CaO почти не изменялось. В то же время, в опытах Л.В.Посмитной [63] обработка гербицидами ячменя не приводила к изменению содержания азота, фосфора и калия в растениях. К таким же результатам в исследованиях пришла Р.М. Латыпова [64] при изучении действия симазина, прометрина, линурона и арезина на азотный обмен растений кормового люпина. Установлено [65], что атразин и диурон значительно снижают уровень ДНК и РНК в листьях чувствительных к гербицидам растений (горох, просо) и повышают эти показатели в устойчивых к гербициду сорняках.

Й. Николов [66] сообщает, что 2,4-Д вызывает повышение содержания нитратов и нитритов в растениях кукурузы, особенно в сухую и теплую погоду, и, кроме того, при внесении гербицидов без минеральных удобрений. Внесение органических удобрений снижало накопление нитратов в растениях кукурузы. Наибольшее содержание нитратов отмечалось в стеблях, затем в метелках, початках и самое низкое – в листьях и зерне. Однако другие исследователи [67] утверждают, что атразин ингибирует нитритредуктазную активность в ячмене, фасоли и не влияет на восстановление нитрата в растениях устойчивого к атразину биотипа щирицы запрокинутой. В опытах Ярзинской и Бучека [68] симазин не влиял на повышение содержания

нитратов в проростках огурца, однако сильно увеличивал концентрацию нитратов в пшенице (в 5-6 раз).

Имеются сведения [69] о том, что под влиянием 2,4-Д в листьях кукурузы на 87 % возрастает содержание протеина. Однако в опытах Г.Е. Шушу с сотрудниками [70] при дозе 2,4 кг/га д.в. 2,4-Д содержание сырого протеина в зеленой массе кукурузы снижалось на 0,95–0,98 %.

Р.М. Камилова и А.Ф. Идиатулина [71] сообщают, что производные фенилмочевины изменяли направленность физиолого-биохимических процессов в растениях, в том числе азотный обмен, особенно при завышенных дозах гербицидов, приводящих к повреждениям и гибели растений.

Временное ослабление процесса синтеза аминокислот у свеклы наблюдалось В.А. Квасовым и И.М. Никульниковым [72] под действием эптама, пирамина, нортрона. Повышение доз гербицидов приводило к дальнейшему уменьшению наличия свободных аминокислот, что приводило к угнетению растений. Однако в другом сообщении В.А. Квасова и П.Е. Шепетнева [73] сообщается, что эптам в дозе 5 кг/га не оказывал влияния на поступление макроэлементов в сахарную свеклу.

Имеются сведения [74] о том, что под влиянием атразина в растениях *Zemna minor*, L. увеличивается содержание воды, хлорофилла, растворимых белков, общего и растворимого азота. Между тем, другие авторы [75] не обнаружили значительных изменений в содержании азота в корнях и черешках листьев растений редиса, обработанных симазинном, хотя они поглощали азота больше, чем контрольные. Симазин очень мало изменял белковый состав растений.

В.Ф. Ладонин и др. [76] установили, что на ранних этапах роста растений гороха при воздействии 2,4-Д и его смесей с банвелом-Д повышается содержание свободных аминокислот и, кроме того, больше в стеблях и меньше – в листьях. При этом смеси гербицидов действуют физиологически сильнее, чем 2,4-Д. Между тем, в опытах Н.Н. Дюкиной и Л.Н.Самойловой [77] смесь гербицидов 2,4-Д (600 мг/л) + банвел-Д (200 мг/л) тормозила поступление азота в белки листьев, а также включение азота в небелковую фракцию листьев. Т.В. Лапина и др. [78] не установили ингибирующего влияния прометрина на биосинтез ДНК гороха и его качественный состав. М. Лалова [79, 80] исследовала, что прометрин, аресин и игран (1–3

кг/га) вызывают увеличение содержания общего и белкового азота в молодых растениях сои и фасоли, изменяют содержание свободных и связанных аминокислот в растениях, что рассматривается автором как защитная реакция растений.

Н. Недялков, Е. Стойнова [81] отмечают, что при оптимальной почвенной влажности листья кукурузы, обработанной атразином, содержали большее количество как общего и белкового азота, так и свободных аминокислот; на фоне неблагоприятных условий (почвенной влажности) растения кукурузы, обработанные атразином, содержали больше белкового азота и меньше свободных аминокислот. При этом происходили количественные изменения в содержании отдельных аминокислот – пролина, гамма-аминомасляной кислоты, α -аланина и др.

В опытах В.П. Деевой и др. [82] под влиянием 2,4-Д в концентрации, подавляющей на 50 % рост чувствительного сорта кормового люпина, содержание в тканях аминокислот в начальный период действия гербицида (6 час.) повышалось, особенно аспарагиновой кислоты, аланина, глутаминовой кислоты, серина, аспарагина. Позднее, через 12 часов содержание этих аминокислот снижалось, а содержание аспарагина (амида) оставалось на повышенном уровне. В то же время, под влиянием других гербицидов (ТХУ, далапона) в той же концентрации содержание аланина, глутаминовой кислоты, серина, аспарагина снижалось, а содержание аспарагиновой кислоты увеличивалось.

Р.М. Латыпова и Н.С. Вагина [83] указывают на незначительные изменения как общей суммы, так и восстанавливающих сахаров в листьях и клубеньках люпина при использовании симазина и прометрина в оптимальных дозах. В то же время, в опытах Ю.В. Круглова и др. [47] симазин и атразин (0,2 мг/кг) значительно снижали содержание моносахаров в тканях люпина и поступление их в клубеньки.

Установлено [84], что при внесении в почву перед посевом кукурузы прометрина, арезина (1,5–3 кг/га), атразина (5–8 кг/га) в листьях кукурузы в начальных фазах развития повышается содержание восстанавливающих и общих сахаров, крахмала. Между тем, другие авторы [85] отмечают, что в растениях кукурузы, имеющих 6 листьев, через неделю после обработки атразином (2 г/л) содержание глюкозы и фруктозы снижаются соответственно на 24 и 68 %, содержание яблочной кислоты – на 30%, аконитовой – на 63 %.

При этом стимулируется синтез крахмала на 57 %, белка – на 4 %, а содержание аминокислот на 34 %.

Таким образом, вопросы характера действия гербицидов на важнейшие физиолого-биохимические процессы обмена веществ, определяющие жизнедеятельность и продуктивность растений, изучены недостаточно. Многие экспериментальные данные имеют противоречивый характер. Изучались в основном отдельные процессы обмена веществ, что не дает полной картины о реакции растений и взаимосвязи процессов обмена веществ в них в целом при воздействии гербицидов. Исследования проводились преимущественно на культурных растениях и не раскрывают в полной мере закономерностей механизма действия гербицидов на чувствительные и устойчивые к ним растения при одних и тех же условиях применения препаратов. Мало еще исследований проводилось по выяснению характера прохождения обмена веществ в растениях, выращиваемых в разных почвенно-климатических условиях в зависимости от видов, доз, сроков и способов применения гербицидов. Безусловно, решение этих вопросов существенно отразится на правильном и поэтому высокоэффективном, безопасном для окружающей среды применении химических средств защиты культивируемых растений.

Мы изучали действие гербицидов на физиолого-биохимические процессы обмена веществ у культурных и сорных растений в зависимости от доз, сроков и способов внесения, механического и питательного режимов почвы, погодных условий, фаз развития растений при выращивании их в лабораторных, вегетационных и производственных условиях, места культуры в севообороте.

В результате проведенных исследований нами установлено, что одни и те же гербициды действуют по-разному на обмен веществ растений в зависимости от доз, сроков, способов их применения, степени чувствительности растений к химическим препаратам, почвенных условий выращивания культуры.

При внесении аминной соли 2,4-Д по всходам кукурузы в фазе 3–5 листьев и начальных фазах развития сорняков на серых оподзоленных малогумусных (1,3 %) почвах у чувствительных к гербициду растений сорняков (щирца запрокинутая, марь белая, бодяк полевой) значительно нарушались азотный, фосфорный и углеводный обмены при всех испытанных дозах гербицида (0,5–4 л/га). Однако уровни этих нарушений были разными в зависимости

от степени чувствительности сорняков к гербициду и дозам препарата.

У щирицы запрокинутой, наиболее чувствительной к производным 2,4-Д, через сутки после обработки значительно повышалось содержание аминокислот и амидов в листьях растений с повышением доз гербицида до 2 л/га (табл. 21, рис. 21). В то же время, общее содержание азота в листьях растений при этих дозах было ниже, чем на контроле со значительным повышением содержания минерального азота и уменьшением органического (табл. 22), что может свидетельствовать о замедлении поступления азота из почвы в растения, торможении процесса превращения минеральных форм азота в органические и об увеличении содержания аминокислот не за счет их синтеза, а за счет усиления процесса распада белков с воздействием химического агента. При этом в листьях растений через сутки после внесения гербицида уменьшалось содержание дисахаров за счет увеличения количества моносахаров и резкого снижения всех форм сахаров в последующие сроки его действия (табл. 23).

При дозах гербицида более 2 л/га содержание аминокислот и амидов в листьях щирицы запрокинутой через сутки после внесения препарата резко уменьшалось (табл. 21). Так, при 4 л/га гербицида сумма аминокислот составляла лишь 63,7, амидов – 77,4 % по сравнению с контролем. Наибольшие изменения претерпевали аминокислоты: глутаминовая, аспарагиновая, цистеин, гистидин, а также незаменимые – лизин, треонин, триптофан, валин, лейцин, играющие важнейшую роль в жизненных процессах растений. Одновременно уменьшалось содержание общего азота: в 1,7 раза при дозе 3 л/га и в 1,5 раза – при дозе 4 л/га с резким снижением в листьях растений количества органического и минерального азота (табл. 22), редуцирующих сахаров и олигосахаридов (табл. 23).

На третий день после внесения 2,4-ДА в начальных фазах развития щирицы запрокинутой содержание аминокислот и амидов в листьях растений резко снижалось при всех дозах препарата (табл. 24; рис. 22) с одновременным уменьшением против контроля не только общего и органического азота, но и минерального (табл. 25), однако при дозах гербицида 0,5 и 1 л/га процессы снижения этих веществ проходили с меньшей интенсивностью, чем при дозах препарата от 2 до 4 л/га, что свидетельствует не только о значительном вмешательстве производных 2,4-Д в азотный и углеводный обмены

чувствительных к ним растений, но и о зависимости от доз гербицида степени нарушения этих процессов в растениях сорняков, а отсюда – периода их отмирания в посевах сельскохозяйственных культур.

Таблица 21

Содержание свободных аминокислот в листьях щирицы
запрокинутой через сутки после внесения 2,4-ДА в начальных фазах
ее развития в посевах кукурузы, выращиваемой на серых
оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 %,
мг/г сухого вещества

Аминокислоты	Контроль	Дозы гербицида, л/га				
		0,5	1	2	3	4
Цистеин	0,8	1,4	1,6	1,3	0,6	0,4
Лизин	0,6	0,8	0,8	0,7	0,5	0,3
Гистидин	1,1	1,7	1,6	1,7	0,9	0,7
Аспарагин	7,9	11,3	12,1	12,0	6,3	6,0
Аспарагиновая кислота	6,4	6,9	7,9	8,1	4,7	3,2
Глутамин	8,0	10,1	10,9	12,0	7,3	6,3
Аргинин	1,3	1,4	1,7	1,5	1,3	1,0
Серин	1,5	1,3	1,4	1,6	1,5	1,3
Глицин	0,6	0,7	0,5	0,5	0,3	0,4
Глутаминовая кислота	7,3	8,4	9,8	10,1	6,4	5,4
Треонин	0,9	1,4	1,6	1,4	0,6	0,4
α -Аланин	5,8	6,1	7,5	7,3	5,3	4,0
Пролин	0,4	0,7	0,8	0,5	0,3	0,3
Тирозин	0,7	0,7	0,9	0,6	0,4	0,5
Триптофан	0,6	0,8	0,6	0,4	0,3	0,3
Метионин	0,7	0,8	0,9	0,8	0,5	0,5
Валин	0,6	0,6	0,7	0,6	0,4	0,3
Фенилаланин	0,7	0,8	0,7	0,7	0,4	0,5
Лейцин	0,9	0,9	1,0	0,8	0,6	0,5
Сумма аминокислот + амиды, %	100,0	121,4	134,6	133,8	82,5	68,3
Сумма аминокислот, %	100,0	114,6	129,4	124,9	80,9	63,7
Сумма амидов, %	100,0	134,6	144,6	150,9	85,5	77,4
Сумма независимых аминокислот, %	100,0	122,0	126,0	108,0	66,0	56,0

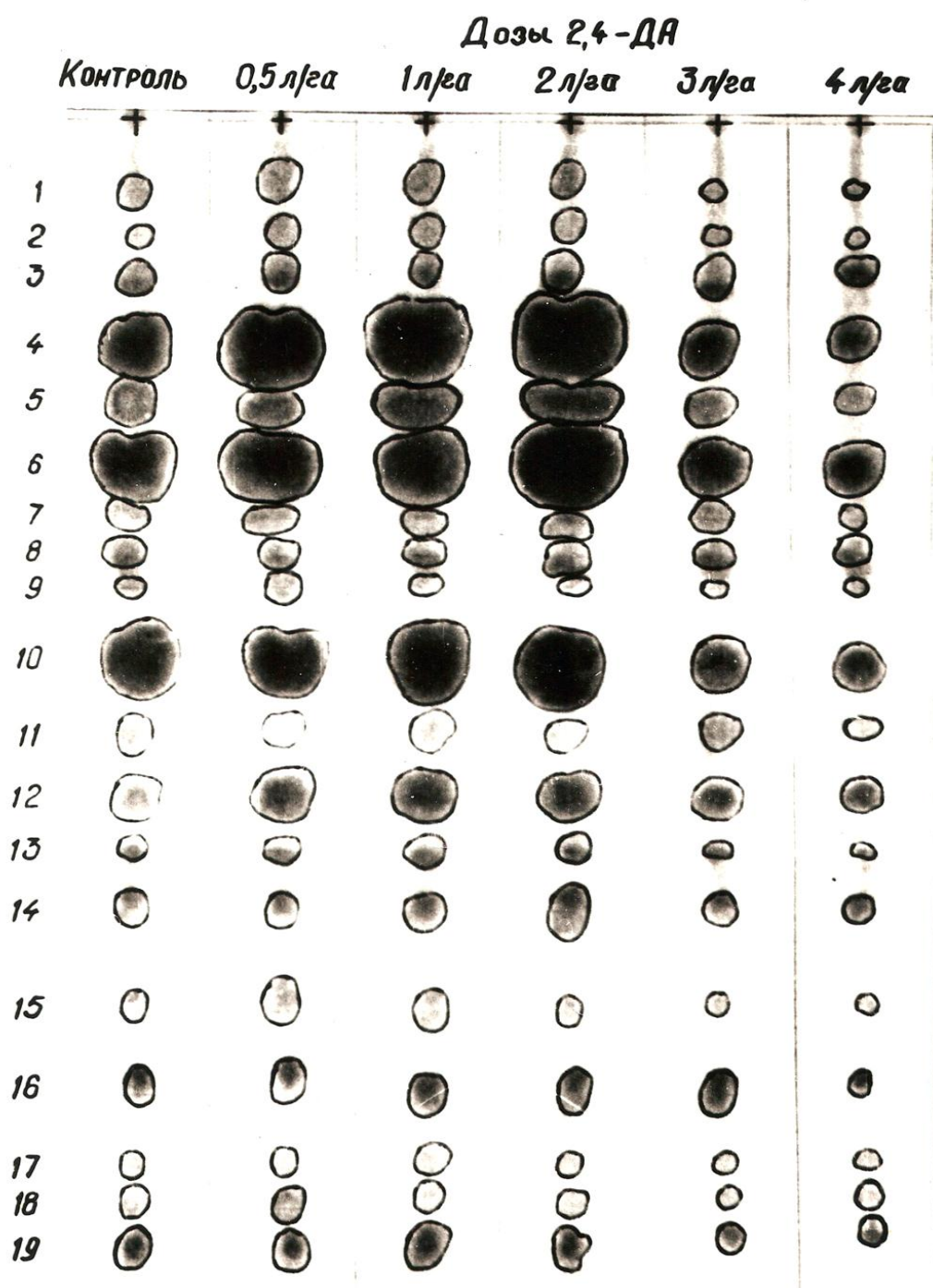


Рис. 21. Хроматограмма свободных аминокислот в листьях щирицы запрокинутой через сутки после внесения 2,4-ДА в начальных фазах ее развития в посевах кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 %: 1—цистеин; 2—лизин; 3— гистидин; 4—аспарагин; 5—аспарагиновая кислота; 6—глутамин; 7—аргинин; 8—серин; 9—глицин; 10—глутаминовая кислота; 11— треонин; 12— α -аланин; 13—пролин; 14—тирозин; 15—триптофан; 16—метионин; 17—валин; 18—фенилаланин; 19—лейцин.

Таблица 22

Содержание азота в листьях сорняков через сутки после внесения 2,4-ДА в начальных фазах их развития в посевах кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 %
мг N/г сухого вещества

Варианты опыта	Щирица запрокинутая						Бодяк полевой					
	общий		минеральный		органический		общий		минеральный		органический	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	40,5	100,0	12,0	100,0	28,5	100,0	34,5	100,0	11,8	100,0	22,7	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	40,0	98,8	14,5	120,8	25,5	89,5	34,2	99,1	13,4	113,6	20,9	92,1
2,4-ДА 1 л/га	33,5	82,7	16,3	135,8	17,2	60,4	30,3	87,8	14,1	119,5	16,2	71,4
2,4-ДА 2 л/га	34,5	85,2	14,7	122,5	19,8	69,5	29,7	86,1	13,9	117,8	15,8	69,6
2,4-ДА 3 л/га	29,7	73,3	10,4	86,7	19,3	67,7	26,2	75,9	10,8	91,6	15,4	67,8
2,4-ДА 4 л/га	26,8	66,2	10,3	85,8	16,5	57,9	24,8	71,9	10,2	87,1	14,6	64,5

Таблица 23

Содержание растворимых углеводов в листьях сорняков после внесения 2,4-ДА в начальных фазах их развития в посевах кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 %, % к сухому веществу

Варианты опыта	Щирица запрокинутая						Бодяк полевой					
	через сутки			через 10 дней			через сутки			через 10 дней		
	сумма сахара-ров	моно-сахара-ра	диса-хара	сумма сахара-ров	моно-сахара-ра	диса-хара	сумма сахара-ров	моно-сахара-ра	диса-хара	сумма сахара-ров	моно-сахара-ра	диса-хара
Контроль	1,73	0,58	1,15	1,71	0,63	1,08	1,83	0,62	1,21	1,80	0,56	1,24
2,4-ДА 0,5 л/га	1,98	0,93	1,05	1,14	0,43	0,71	1,95	0,93	1,02	1,42	0,38	1,04
2,4-ДА 1 л/га	2,13	1,37	0,76	0,51	0,31	0,20	2,08	1,01	1,07	0,87	0,28	0,59
2,4-ДА 2 л/га	2,43	1,45	0,98	0,47	0,18	0,29	2,24	1,16	1,08	0,82	0,25	0,57
2,4-ДА 3 л/га	1,83	1,21	0,62	0,21	0,08	0,13	2,08	1,33	0,75	0,63	0,15	0,48
2,4-ДА 4 л/га	1,24	0,83	0,41	0,05	0	0	1,96	1,00	0,96	0,45	0,12	0,23

Таблица 24

Содержание свободных аминокислот в листьях щирицы
запрокинутой на 3-й день после внесения 2,4-ДА в начальных фазах
ее развития в посевах кукурузы, выращиваемой на серых
оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 %,
мг/г сухого вещества

Аминокислоты	Контроль	Дозы гербицида, л/га				
		0,5	1	2	3	4
Цистеин	0,9	0,6	0,6	0,4	0,2	0,2
Лизин	0,7	0,4	0,5	0,3	0,1	0,2
Гистидин	1,6	0,9	0,7	0,7	0,3	0,1
Аспарагин	8,3	6,3	4,1	4,0	2,3	2,6
Аспарагиновая кислота	10,1	7,4	6,7	4,0	3,1	2,8
Глутамин	9,8	6,3	5,1	3,6	2,3	1,9
Аргинин	2,7	2,1	1,4	1,5	1,0	0,7
Серин	0,8	0,4	0,6	0,3	0,1	0,2
Глицин	0,9	0,7	0,4	0,5	0,3	0,1
Глутаминовая кислота	10,8	7,4	5,4	4,5	2,7	2,4
Треонин	0,8	0,4	0,7	0,5	0,4	0,4
α -Аланин	6,3	4,1	3,9	2,4	1,8	1,3
Пролин	1,8	1,0	0,9	0,6	0,7	0,4
Тирозин	0,9	0,3	0,7	0,4	0,1	0,3
Триптофан	0,8	0,5	0,4	0,5	0,3	0,1
Метионин	0,9	0,7	0,5	0,3	0,4	0,2
Валин	0,8	0,4	0,6	0,4	0,3	0,3
Фенилаланин	0,9	0,7	0,7	0,4	0,3	0,4
Лейцин	1,3	0,8	0,6	0,5	0,2	0,5
Сумма аминокислот + амиды, %	100,0	67,8	56,5	42,2	27,7	24,7
Сумма аминокислот, %	100,0	67,0	68,8	42,3	28,6	24,7
Сумма амидов, %	100,0	69,6	50,8	42,0	25,4	24,9
Сумма независимых аминокислот, %	100,0	62,9	64,5	46,8	32,3	33,9

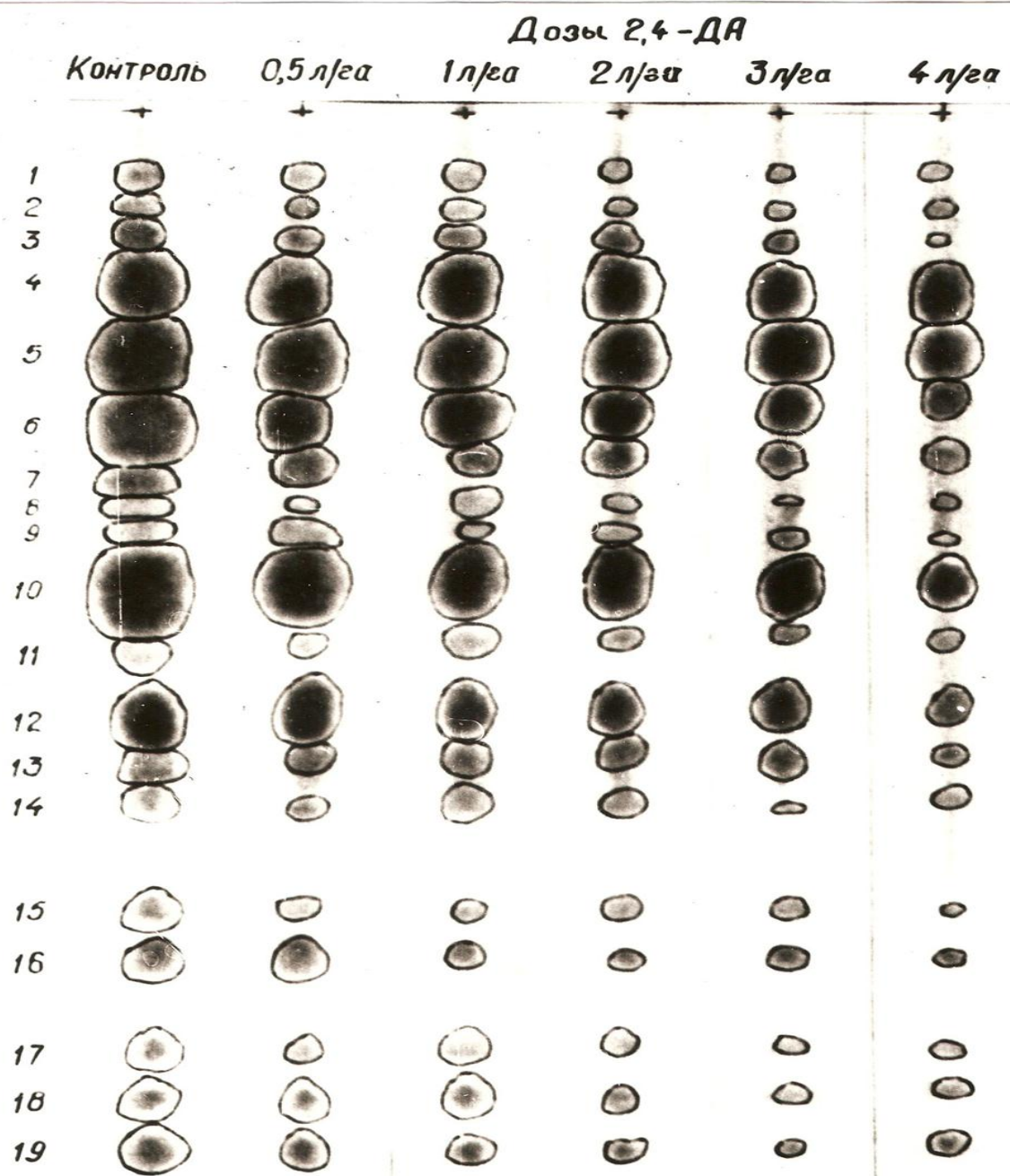


Рис. 22. Хроматограмма свободных аминокислот в листьях щирицы запрокинутой на 3-й день после внесения 2,4-ДА в начальных фазах ее развития в посевах кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 %: 1–цистеин; 2–лизин; 3– гистидин; 4–аспарагин; 5–аспарагиновая кислота; 6– глутамин; 7–аргинин; 8–серин; 9–глицин; 10–глутаминовая кислота; 11– треонин; 12– α -аланин; 13–пролин; 14–тирозин; 15–триптофан; 16–метионин; 17–валин; 18–фенилаланин; 19–лейцин.

Таблица 25

Содержание азота в листьях сорняков через 3 дня после внесения 2,4-ДА в начальных фазах их развития в посевах кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3% мг N/г сухого вещества

174

Варианты опыта	Щирица запрокинутая						Бодяк полевой					
	общий		минеральный		органический		общий		минеральный		органический	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	38,5	100,0	11,8	100,0	29,8	100,0	39,5	100,0	12,1	100,0	27,4	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	35,0	90,9	10,6	89,8	26,3	88,3	38,3	97,0	11,4	94,2	26,9	98,2
2,4-ДА 1 л/га	30,2	78,4	9,4	79,7	18,2	61,1	33,2	84,0	10,4	86,0	22,8	83,2
2,4-ДА 2 л/га	29,2	75,8	8,4	71,2	17,4	58,4	32,7	82,8	10,0	82,6	22,7	82,8
2,4-ДА 3 л/га	25,8	67,0	6,9	58,5	16,7	56,0	29,0	73,4	9,3	76,9	19,7	71,9
2,4-ДА 4 л/га	23,2	60,3	6,6	55,9	16,0	53,7	26,7	67,6	8,9	73,6	17,8	65,0

Под влиянием 2,4-ДА в растениях щирицы запрокинутой происходили также значительные изменения в фосфорном обмене. Уже через сутки после внесения гербицида в листья снижалось общее содержание фосфора, а также его минеральной формы (табл. 26), что может свидетельствовать о замедлении поглощения фосфора корнями растений из почвы при воздействии гербицида. При этом снижалось количество нуклеотидов, фосфатно-липидных и белковых соединений, играющих видную роль в энергетических процессах растений. В то же время, содержание нуклеиновых кислот увеличивалось, в связи с чем повышалось и содержание органического фосфора.

С продлением периода действия гербицида (3-й день после внесения препарата) на растения щирицы запрокинутой процессы снижения содержания фосфорных соединений усиливались (табл. 27). Однако количество нуклеиновых кислот продолжало увеличиваться, причем пропорционально дозам гербицида, с чем, возможно, связаны усиленное деление клеток камбия и, как следствие, – аномальные изменения в морфологическом и анатомическом строении органов и тканей у чувствительных к 2,4-Д двудольных растений, активное прогрессирование процесса, а, следовательно, более быстрое отмирание растений сорняков.

У бодяка полевого, менее чувствительного, чем щирица запрокинутая, вида сорняков к производным 2,4-Д, азотный и углеводный обмены через сутки и в последующие дни (табл. 22, 23, 25) нарушались аналогично характеру изменений органических соединений в листьях щирицы запрокинутой. Однако у бодяка полевого эти нарушения были менее выраженными, чем у щирицы запрокинутой при одних и тех же почвенных условиях применения препарата.

Менее интенсивно, чем у щирицы запрокинутой, изменялся фосфорный обмен у бодяка полевого через сутки после обработки гербицидом в начальных фазах его развития (табл. 28). Не наблюдалось резкого уменьшения содержания минерального фосфора, а также активного увеличения фосфора нуклеиновых кислот. У двух разных видов двудольных сорняков по-разному изменялся также аминокислотный обмен при одних и тех же условиях применения 2,4-ДА.

Таблица 26

Содержание фосфора в листьях щирицы запрокинутой через сутки после внесения 2,4-ДА в начальных фазах ее развития в посевах кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 %, мг Р₂О₅/г сухого вещества

Варианты опыта	Общий		Минеральный		Нуклеотидный		Липидный		Нуклеиновых кислот		Белковый		Сумма органического	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	7,61	100,0	2,80	100,0	1,41	100,0	1,00	100,0	1,21	100,0	1,19	100,0	4,81	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	7,42	97,5	2,31	82,5	1,23	87,2	0,92	92,0	1,83	151,2	1,13	95,0	5,11	106,2
2,4-ДА 1 л/га	7,29	95,8	2,13	76,1	1,30	92,2	0,91	91,0	1,85	152,9	1,10	92,4	5,16	107,3
2,4-ДА 2 л/га	7,03	92,4	1,80	64,3	1,12	79,4	0,89	89,0	2,10	173,6	1,12	94,1	5,23	108,7
2,4-ДА 3 л/га	6,64	87,3	1,65	58,9	1,12	79,4	0,81	81,0	2,13	176,0	0,93	78,2	4,99	103,7
2,4-ДА 4 л/га	6,32	83,0	1,45	51,8	1,03	73,0	0,52	52,0	2,19	181,0	1,13	95,0	4,87	101,2

Таблица 27

Содержание фосфора в листьях щирцы запрокинутой через 3 дня после внесения 2,4-ДА в начальных фазах ее развития в посевах кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 %, мг Р₂О₅/г сухого вещества

177

Варианты опыта	Общий		Минеральный		Нуклеотидный		Липидный		Нуклеиновых кислот		Белковый		Сумма органического	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	6,98	100,0	2,29	100,0	1,30	100,0	0,82	100,0	1,36	100,0	1,21	100,0	4,69	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	6,53	93,6	1,76	76,9	1,01	77,7	0,71	86,6	2,14	157,4	0,91	75,2	4,77	101,7
2,4-ДА 1 л/га	6,44	92,3	1,55	67,7	0,97	74,6	0,69	84,1	2,30	169,1	0,93	76,9	4,89	104,3
2,4-ДА 2 л/га	5,89	84,4	1,20	52,4	0,91	70,0	0,63	76,8	2,39	175,7	0,76	62,8	4,69	100,0
2,4-ДА 3 л/га	5,67	81,2	0,94	41,0	0,83	63,8	0,57	69,5	2,52	185,3	0,81	66,9	4,73	100,9
2,4-ДА 4 л/га	5,29	75,8	0,89	38,9	0,61	46,9	0,48	58,5	2,58	189,7	0,73	60,3	4,40	93,8

Таблица 28

Содержание фосфора в листьях бодяка полевого через сутки после внесения 2,4-ДА в начальных фазах его развития в посевах кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 %, мг Р₂О₅/г сухого вещества

Варианты опыта	Общий		Минеральный		Нуклеотидный		Липидный		Нуклеиновых кислот		Белковый		Сумма органического	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	5,34	100,0	2,08	100,0	1,03	100,0	0,40	100,0	1,00	100,0	0,83	100,0	3,26	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	5,21	97,6	2,08	100,0	0,94	91,3	0,40	100,0	1,02	102,1	0,77	92,8	3,13	96,0
2,4-ДА 1 л/га	5,23	97,9	1,97	94,7	0,93	90,3	0,38	95,0	1,17	117,5	0,78	93,9	3,26	100,0
2,4-ДА 2 л/га	5,05	94,6	1,82	87,5	0,87	84,5	0,38	95,0	1,21	121,3	0,77	92,8	3,23	99,1
2,4-ДА 3 л/га	4,67	87,4	1,47	70,6	0,87	84,5	0,35	87,5	1,29	129,5	0,69	83,1	3,20	98,2
2,4-ДА 4 л/га	4,51	84,5	1,46	70,2	0,82	79,6	0,28	70,0	1,17	117,6	0,78	93,9	3,05	93,6

Так, если содержание аминокислот в листьях щирицы запрокинутой через сутки после внесения гербицида повышалось при дозах: 0,5 л/га – на 14,6; 1 л/га – на 29,4; 2 л/га – на 24,9 % и снижалось при 3 л/га препарата – на 19,1; при 4 л/га – на 36,3 % по сравнению с контролем (табл. 21), то у бодяка полевого при тех же дозах гербицида содержание аминокислот по отношению к контролю изменялось соответственно на 8,7; 14,2; 21,4; 12,7 и 21,1 % (табл. 29; рис. 23). При этом в листьях бодяка полевого, обработанного гербицидом в начальных фазах развития, было повышенным количество амидов (на 2,6 % при дозе 0,5 л/га; 4,6 % – при дозе 1 л/га; 2,5 % – при 2 л/га; 5,9 % – при 3 л/га препарата) по сравнению с содержанием амидов в листьях щирицы запрокинутой, что может свидетельствовать о повышенной защитной реакции растений бодяка полевого в связи с поступлением гербицида и о способности его активизировать резервирование избыточного эндогенного аммиака в безвредные для растения соединения. Возможно, этим можно объяснить слабую чувствительность и низкую степень повреждения и отмирания бодяка полевого при внесении производных 2,4-Д в посевах сельскохозяйственных культур в фазе розетки сорняка. В то же время, при внесении 2,4-ДА в фазе бутонизации бодяка полевого содержание аминокислот в листьях растений через сутки после внесения препарата существенно снижалось по сравнению с содержанием этих веществ в растениях бодяка, обработанных в фазе розетки (табл. 29, 30; рис. 24), и не только при высоких (3 и 4 л/га), но при относительно низких (1 и 2 л/га) дозах препарата). При этом снижалось в пределах испытанных доз гербицида (на 26,2–43,8 %) содержание органического азота и временно повышалось (при 0,5–2 л/га препарата) содержание минерального азота (табл. 31).

Через 3 дня после внесения препарата в фазе бутонизации в листьях бодяка полевого проходили глубокие изменения в аминокислотном составе (табл. 32; рис. 25). Снижалось с увеличением доз (более, чем в 2-3 раза при 3–4 л/га гербицида) содержание незаменимых аминокислот, особенно лизина, триптофана, фенилаланина, а также количество аспарагиновой и глутаминовой кислот, α -аланина, являющегося связующим звеном между углеводным и азотным обменами и источником образования углеводов в растениях.

Таблица 29

Содержание свободных аминокислот в листьях бодяка полевого через сутки после внесения 2,4-ДА в начальных фазах его развития в посевах кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 %, мг/г сухого вещества

Аминокислоты	Контроль	Дозы гербицида, л/га				
		0,5	1	2	3	4
Цистеин	0,9	1,1	1,3	1,1	0,8	0,7
Лизин	0,7	0,9	0,8	0,7	0,5	0,5
Гистидин	1,0	1,2	1,3	1,4	0,8	0,6
Аспарагин	8,3	11,0	11,4	11,7	8,4	7,3
Аспарагиновая кислота	7,4	8,0	7,8	9,3	6,5	5,8
Глутамин	9,1	12,9	14,6	15,0	7,5	5,9
Аргинин	0,9	1,3	0,9	1,5	1,1	0,7
Серин	1,3	1,0	1,5	1,6	1,0	1,1
Глицин	0,7	1,1	1,2	1,1	1,0	0,9
Глутаминовая кислота	8,2	8,0	8,9	8,9	7,0	6,3
Треонин	0,8	1,0	1,3	1,0	0,7	0,5
α -Аланин	6,0	6,3	6,4	6,9	5,4	5,5
Пролин	1,8	2,1	2,0	2,3	1,6	1,4
Тирозин	0,8	1,0	1,2	1,0	0,6	0,4
Триптофан	0,7	0,7	0,9	0,7	0,5	0,4
Метионин	0,7	0,9	0,8	0,9	0,4	0,5
Валин	0,8	0,9	0,8	1,3	0,7	0,8
Фенилаланин	0,9	0,9	1,2	1,4	0,9	0,7
Лейцин	1,0	1,2	1,2	0,9	0,7	0,5
Сумма аминокислот + амиды, %	100,0	118,3	126,0	150,6	88,7	77,9
Сумма аминокислот, %	100,0	108,7	114,2	121,4	87,3	78,9
Сумма амидов, %	100,0	137,4	149,4	153,4	91,4	75,9
Сумма независимых аминокислот, %	100,0	116,1	125,0	123,2	78,6	69,6

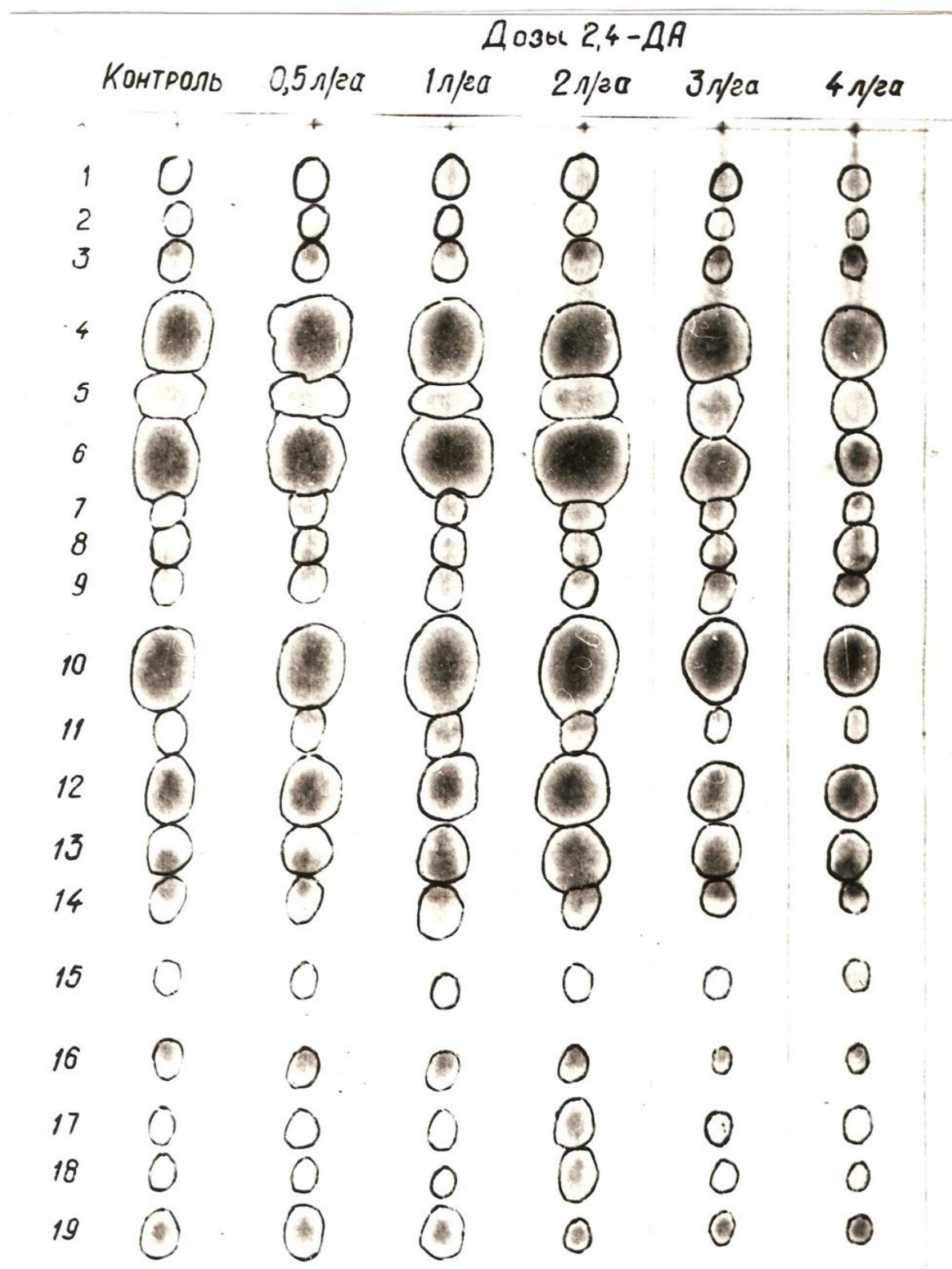


Рис. 23. Хроматограмма свободных аминокислот в листьях бодяка полевого через сутки после внесения 2,4-ДА в начальных фазах его развития в посевах кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3%: 1—цистеин; 2—

лизин; 3–гистидин; 4–аспарагин; 5–аспарагиновая кислота; 6–глутамин; 7–аргинин; 8–серин; 9–глицин; 10–глутаминовая кислота; 11–треонин; 12– α -аланин; 13–пролин; 14–тирозин; 15–триптофан; 16–метионин; 17–валин; 18–фенилаланин; 19–лейцин.

Таблица 30

Содержание свободных аминокислот в листьях бодяка полевого через сутки после внесения 2,4-ДА в фазе бутонизации в посевах кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 %, мг/г сухого вещества

Аминокислоты	Контроль	Дозы гербицида, л/га				
		0,5	1	2	3	4
Цистеин	0,9	1,0	0,9	0,7	0,7	0,5
Лизин	0,9	0,9	1,0	0,8	0,8	0,6
Гистидин	1,0	0,8	0,8	0,6	0,7	0,7
Аспарагин	8,5	8,2	9,2	7,3	6,0	5,3
Аспарагиновая кислота	8,1	8,9	8,3	7,4	7,0	6,5
Глутамин	8,0	10,4	10,0	7,0	6,1	5,7
Аргинин	2,7	2,4	2,1	2,0	1,8	1,7
Серин	0,5	0,5	0,3	0,4	0,4	0,3
Глицин	0,8	0,9	0,7	0,7	0,5	0,5
Глутаминовая кислота	10,3	10,7	9,8	7,5	6,9	5,4
Треонин	0,9	1,1	1,2	0,8	0,7	0,6
α -Аланин	6,3	6,0	5,8	5,4	4,9	4,7
Пролин	1,4	1,6	1,4	1,3	1,0	0,7
Тирозин	0,5	0,7	0,6	0,4	0,4	0,2
Триптофан	0,8	1,0	1,0	1,1	0,9	0,7
Метионин	0,9	1,1	0,9	0,9	0,8	0,9
Валин	0,5	0,8	0,9	0,4	0,3	0,3
Фенилаланин	1,3	1,0	1,1	0,9	0,9	0,7
Лейцин	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5
Сумма аминокислот + амиды, %	100,0	106,5	102,7	83,8	75,0	66,2
Сумма аминокислот, %	100,0	103,9	96,9	82,6	75,6	66,1
Сумма амидов, %	100,0	112,7	116,4	86,7	73,3	66,7
Сумма независимых аминокислот, %	100,0	108,2	109,8	90,2	80,3	70,5

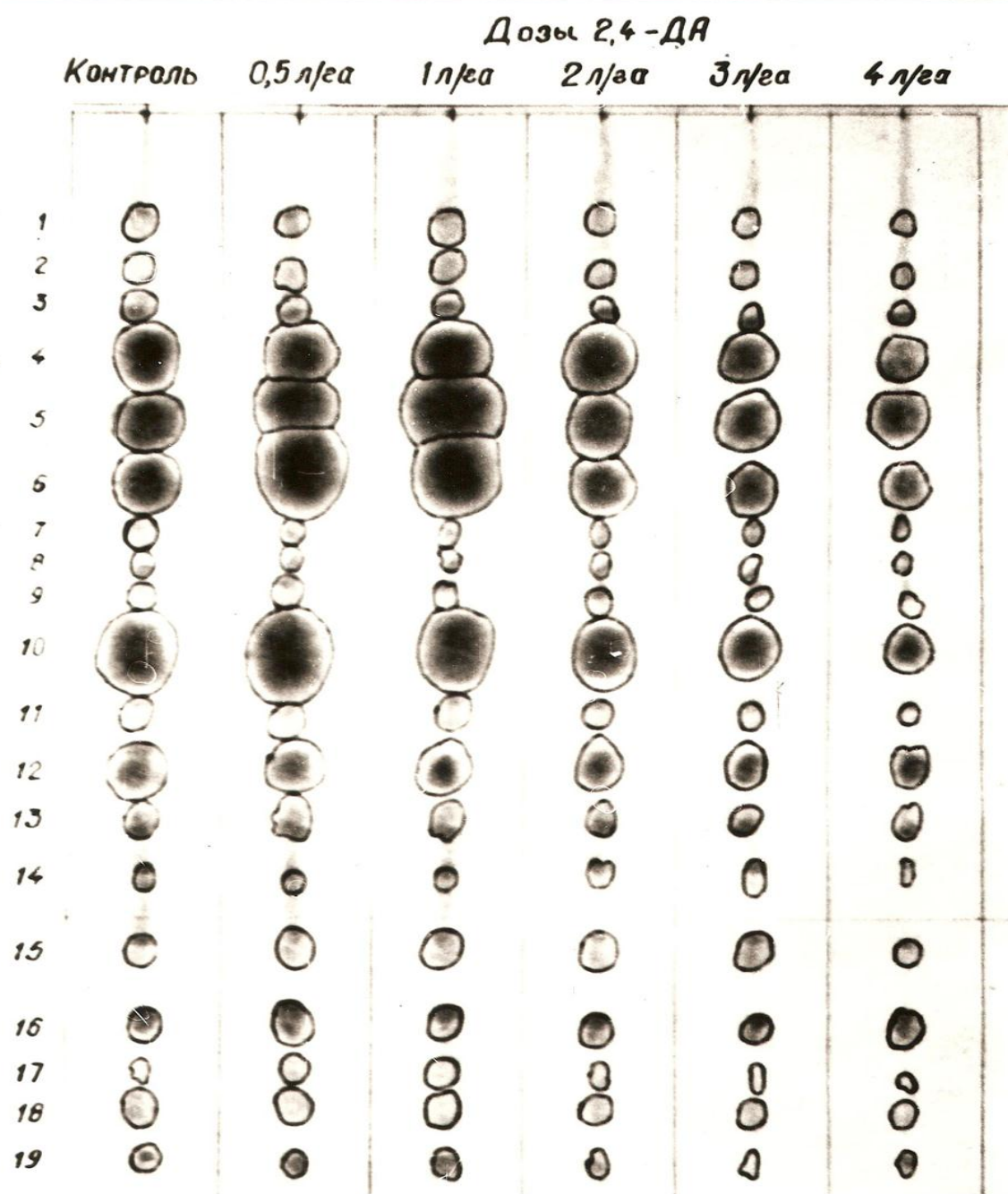


Рис. 24. Хроматограмма свободных аминокислот в листьях бодяка полевого через сутки после внесения 2,4-ДА в фазе бутонизации в посевах кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3%: 1–цистеин; 2–лизин; 3–гистидин; 4–аспарагин; 5–аспарагиновая кислота; 6–глутамин; 7–аргинин; 8–серин; 9–глицин; 10–глутаминовая кислота; 11–треонин; 12– α -аланин; 13–пролин; 14–тирозин; 15–триптофан; 16–метионин; 17–валин; 18–фенилаланин; 19–лейцин.

Таблица 31

Содержание азота в листьях бодяка полевого в разные сроки после внесения 2,4-ДА в фазе бутонизации в посевах кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 % мг N/г сухого вещества

184

Варианты опыта	Через сутки						Через 3 дня					
	общий		минеральный		органический		общий		минеральный		органический	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	38,3	100,0	13,5	100,0	24,8	100,0	36,7	100,0	14,2	100,0	22,5	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	35,0	91,4	16,7	123,5	18,3	73,8	28,3	77,1	10,4	73,2	17,9	79,6
2,4-ДА 1 л/га	31,9	83,3	17,8	131,8	14,1	56,8	25,9	70,6	9,9	69,7	16,0	71,1
2,4-ДА 2 л/га	31,2	81,5	15,5	114,8	15,7	63,3	22,5	61,3	10,2	71,8	12,3	54,7
2,4-ДА 3 л/га	26,7	69,8	12,2	90,3	14,5	58,5	20,0	54,5	8,5	59,9	11,5	51,1
2,4-ДА 4 л/га	24,3	63,4	10,6	78,5	13,7	56,2	17,8	48,5	8,0	56,3	9,8	43,6

При этом содержание амидов, как через сутки при повышенных дозах гербицида, так и на третий день после внесения препарата при всех дозах, значительно снижалось (табл. 30, 32). Одновременно снижалось содержание общего азота, его минеральной и органической форм (табл. 31).

Через 3 дня в листьях бодяка полевого с повышением доз гербицида уменьшалось содержание общего фосфора, его минеральных и органических фракций, особенно нуклеотидной и белковой (табл. 33). При этом независимо от доз препарата, снижалось содержание нуклеиновых кислот.

Степень необратимого нарушения процессов жизнедеятельности растений бодяка полевого при обработке его гербицидом в фазе бутонизации совпадала с активностью поступления в растения меченой по C^{14} 2,4-ДА в этой фазе развития и скоростью их отмирания. В то же время, гербицид также активно поступал в растения щетинника сизого, тем не менее они не гибли и проявляли высокую устойчивость к этому препарату.

Как установлено, через сутки и на третий день после внесения препарата в щетиннике сизом повышалось по сравнению с контролем содержание аминокислот, в том числе незаменимых, пропорционально увеличению доз (до 2 л/га) гербицида (табл. 34, 35; рис. 26, 27). Однако заметных изменений в содержании амидов, как это было у двудольных растений, не происходило. Одновременно в листьях растений увеличивалось содержание общего азота, а также его органических и минеральных форм (табл. 36), что свидетельствует об усилении поглощения азота из почвы устойчивыми к 2,4-Д растениями (при соответствующих дозах и условиях внесения препарата) и активном превращении его в органические азотсодержащие вещества, повышающие уровень жизнедеятельности растений и их сопротивляемость к повреждающему фактору. При этом повышалось содержание общего фосфора, его минеральных и органических фракций, особенно белковой (табл. 37), что может подтверждать предположение ряда авторов (В.А. Земская, Ю.В. Ракитин [86, 22], В.А. Земская [87], В.А. Земская и др. [88, 89]) о способности злаковых растений связывать 2,4-Д с белками.

Таблица 32

Содержание свободных аминокислот в листьях бодяка полевого на 3-й день после внесения 2,4-ДА в фазе бутонизации в посевах кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 %, мг/г сухого вещества

Аминокислоты	Контроль	Дозы гербицида, л/га				
		0,5	1	2	3	4
Цистеин	1,2	1,1	0,8	0,6	0,5	0,4
Лизин	0,8	0,8	0,6	0,7	0,4	0,2
Гистидин	1,8	1,6	1,4	1,2	0,8	0,5
Аспарагин	7,8	6,1	6,0	6,1	4,5	3,0
Аспарагиновая кислота	9,7	7,3	7,9	6,2	5,3	4,5
Глутамин	10,3	8,0	7,8	5,8	4,5	3,7
Аргинин	5,7	5,0	4,1	4,4	3,2	3,3
Серин	0,9	0,7	0,7	0,5	0,4	0,2
Глицин	1,0	0,8	0,8	0,5	0,3	0,1
Глутаминовая кислота	11,4	9,5	8,4	7,3	8,0	4,5
Треонин	0,7	0,5	0,4	0,5	0,4	0,3
α -Аланин	7,4	6,5	5,1	5,0	4,3	3,1
Пролин	2,3	1,9	1,4	1,6	0,9	0,7
Тирозин	0,8	0,6	0,5	0,3	0,4	0,2
Триптофан	0,9	0,5	0,5	0,6	0,4	0,3
Метионин	1,0	0,8	0,6	0,7	0,5	0,4
Валин	0,9	0,6	0,4	0,5	0,4	0,2
Фенилаланин	1,0	0,7	0,5	0,5	0,3	0,3
Лейцин	1,2	0,8	0,8	0,4	0,4	0,3
Сумма аминокислот + амиды, %	100,0	80,5	72,9	65,0	53,7	39,2
Сумма аминокислот, %	100,0	81,5	71,7	64,7	55,2	40,0
Сумма амидов, %	100,0	77,9	76,2	65,7	49,7	37,0
Сумма независимых аминокислот, %	100,0	72,3	58,5	60,0	43,1	30,8

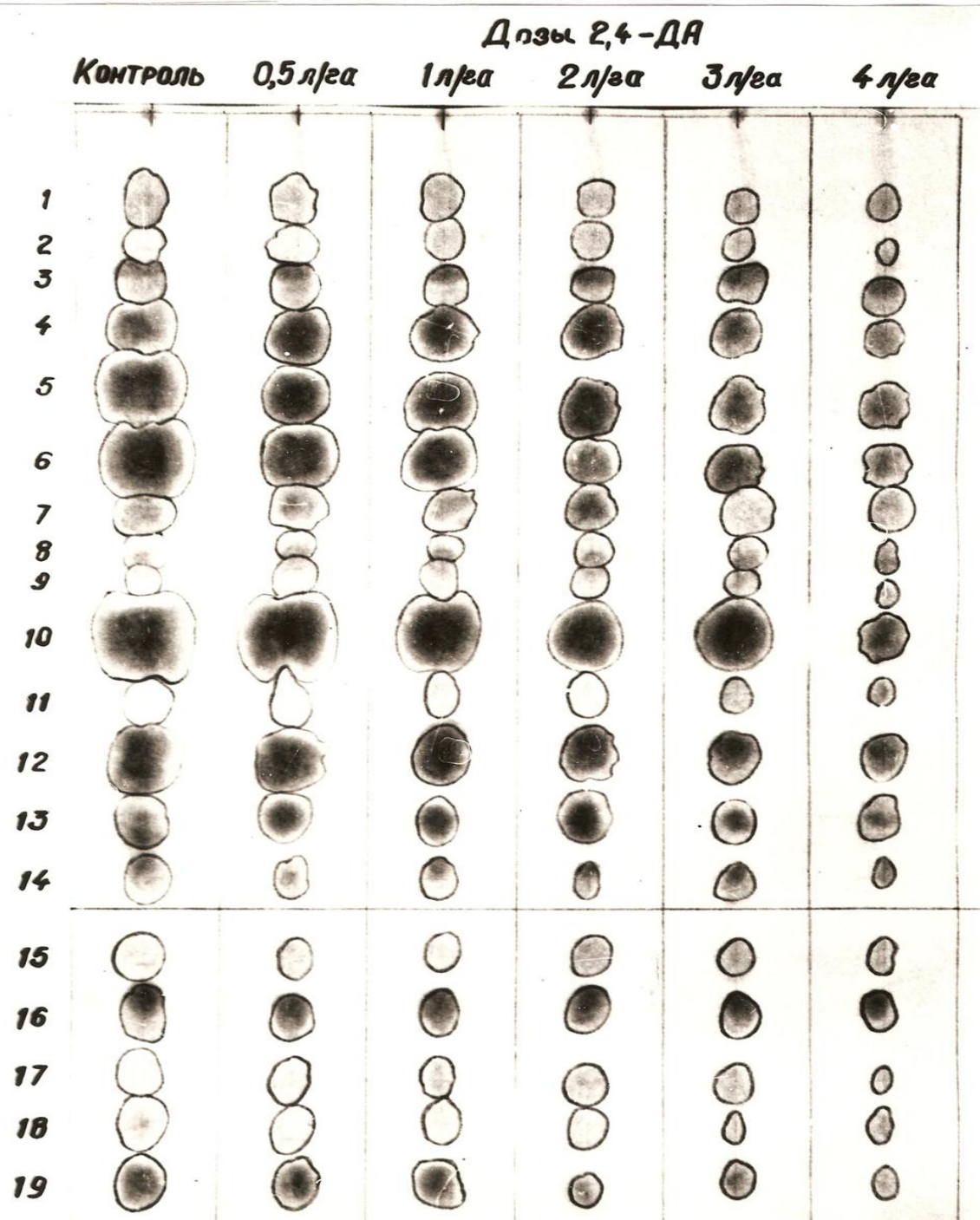


Рис. 25. Хроматограмма свободных аминокислот в листьях бодяка полевого на 3-й день после внесения 2,4-ДА в фазе бутонизации в посевах кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3%: 1–цистеин; 2–лизин; 3–гистидин; 4–аспарагин; 5–аспарагиновая кислота; 6–глутамин; 7–аргинин; 8–серин; 9–глицин; 10–глутаминовая кислота; 11–треонин; 12– α -аланин; 13–пролин; 14–тирозин; 15–триптофан; 16–метионин; 17–валин; 18–фенилаланин; 19–лейцин.

Таблица 33

Содержание фосфора в листьях бодяка полевого через три дня после внесения 2,4-ДА в фазе бутонизации в посевах кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 %, мг Р₂О₅/г сухого вещества

188

Варианты опыта	Общий		Минеральный		Нуклеотидный		Липидный		Нуклеиновых кислот		Белковый		Сумма органического	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	5,81	100,0	2,34	100,0	1,05	100,0	0,49	100,0	0,98	100,0	0,95	100,0	3,47	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	4,96	85,4	2,02	86,3	0,84	80,0	0,41	83,7	0,90	91,8	0,79	83,2	2,94	84,7
2,4-ДА 1 л/га	4,83	83,1	1,83	78,2	0,77	73,3	0,42	85,7	0,92	93,9	0,89	93,7	3,00	86,5
2,4-ДА 2 л/га	4,50	77,5	1,79	76,5	0,72	68,6	0,41	83,7	0,88	89,8	0,70	73,7	2,71	78,1
2,4-ДА 3 л/га	4,04	69,5	1,22	52,1	0,73	69,5	0,46	93,9	0,95	96,9	0,68	71,6	2,82	81,3
2,4-ДА 4 л/га	3,09	53,2	0,97	41,5	0,40	38,1	0,34	69,4	0,78	79,6	0,60	63,2	2,12	61,1

Содержание свободных аминокислот в листьях щетинника сизого через сутки после внесения 2,4-ДА в посевах кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 %, мг/г сухого вещества

Аминокислоты	Контроль	Дозы гербицида, л/га				
		0,5	1	2	3	4
Цистеин	1,4	1,5	1,8	1,6	1,2	1,2
Лизин	0,5	0,6	0,6	0,7	0,5	0,3
Гистидин	1,3	1,6	1,5	1,6	1,2	0,9
Аспарагин	4,3	4,8	4,7	4,6	4,0	3,8
Аспарагиновая кислота	6,2	6,4	6,9	7,0	4,8	3,9
Глутамин	6,3	6,8	7,0	7,4	5,9	6,0
Аргинин	0,9	1,0	1,2	1,0	0,9	0,7
Серин	1,4	1,4	1,9	1,9	1,2	1,3
Глицин	0,9	0,9	0,9	1,2	0,7	0,8
Глутаминовая кислота	6,3	5,9	6,8	7,3	5,8	5,0
Треонин	0,6	0,8	0,8	0,9	0,6	0,4
α -Аланин	2,9	3,2	3,8	4,2	3,0	2,4
Пролин	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1
Тирозин	0,5	0,6	0,7	0,7	0,3	0,3
Триптофан	0,8	0,9	1,1	1,2	0,7	0,7
Метионин	0,5	0,6	0,8	0,9	0,4	0,5
Валин	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,3
Фенилаланин	0,5	0,6	0,7	0,9	0,5	0,4
Лейцин	0,6	0,6	0,8	0,9	0,4	0,5
Сумма аминокислот + амиды, %	100,0	106,3	116,7	122,7	89,6	80,8
Сумма аминокислот, %	100,0	105,0	119,3	126,6	88,0	76,1
Сумма амидов, %	100,0	109,4	110,4	113,2	93,4	92,5
Сумма независимых аминокислот, %	100,0	115,4	133,3	153,8	89,7	79,5

Содержание свободных аминокислот в листьях щетинника сизого на 3-й день после внесения 2,4-ДА в посевах кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 %, мг/г сухого вещества

Аминокислоты	Контроль	Дозы гербицида, л/га				
		0,5	1	2	3	4
Цистеин	1,2	1,4	1,6	1,4	1,2	1,0
Лизин	0,5	0,7	0,7	0,9	0,6	0,3
Гистидин	0,9	0,9	1,2	1,4	0,8	0,6
Аспарагин	3,8	3,6	3,9	4,0	3,4	3,6
Аспарагиновая кислота	4,6	4,3	4,9	5,2	4,7	4,0
Глутамин	5,4	5,8	5,6	5,1	5,1	4,3
Аргинин	1,0	1,2	1,0	1,4	0,8	0,8
Серин	1,2	1,4	1,5	1,0	0,9	0,6
Глицин	0,8	0,8	1,0	0,9	0,6	0,3
Глутаминовая кислота	4,8	5,0	5,3	5,0	4,5	3,9
Треонин	0,9	1,2	1,2	1,4	1,0	0,8
α -Аланин	1,8	1,7	1,9	1,9	1,7	1,4
Пролин	0,8	0,9	0,9	1,0	0,6	0,8
Тирозин	0,6	0,5	0,7	0,8	0,6	0,5
Триптофан	0,8	0,8	1,0	0,9	0,8	0,6
Метионин	0,7	0,9	0,9	1,0	0,7	0,6
Валин	0,5	0,7	0,5	0,7	0,4	0,4
Фенилаланин	0,6	0,6	0,7	0,8	0,6	0,3
Лейцин	0,7	0,8	0,8	0,9	0,5	0,5
Сумма аминокислот + амиды, %	100,0	105,1	111,7	113,0	93,4	80,1
Сумма аминокислот, %	100,0	106,3	115,2	118,8	93,8	77,7
Сумма амидов, %	100,0	102,2	103,3	98,9	92,4	85,9
Сумма независимых аминокислот, %	100,0	121,3	123,4	140,4	97,9	74,5

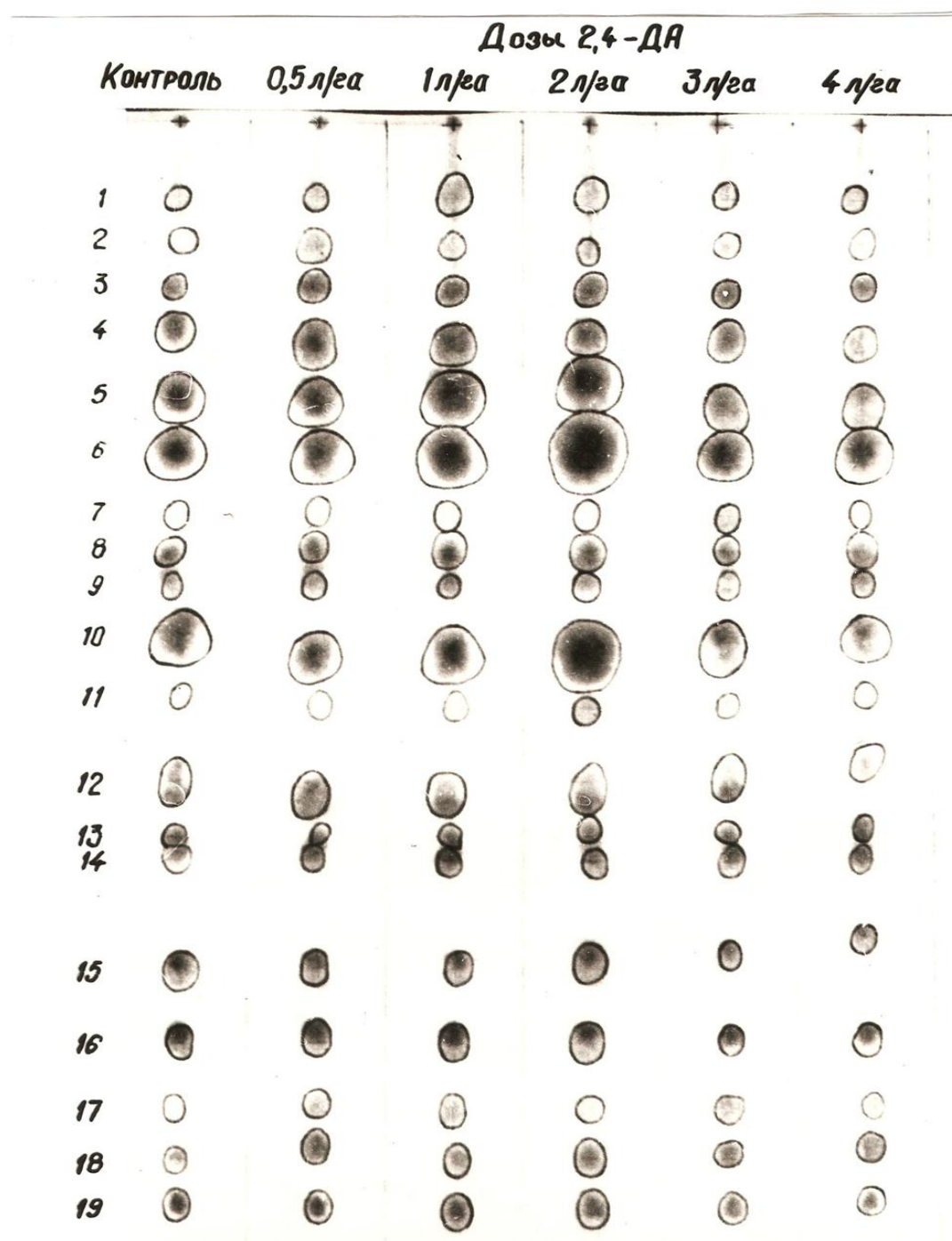


Рис. 26. Хроматограмма свободных аминокислот в листьях щетинника сизого через сутки после внесения 2,4-ДА в посевах кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 %: 1–цистеин; 2–лизин; 3–гистидин; 4–аспарагин; 5–аспарагиновая кислота; 6–глутамин; 7–аргинин; 8–серин; 9–глицин; 10–глутаминовая кислота; 11–треонин; 12– α -аланин; 13–пролин; 14–тирозин; 15–триптофан; 16–метионин; 17–валин; 18–фенилаланин; 19–лейцин.

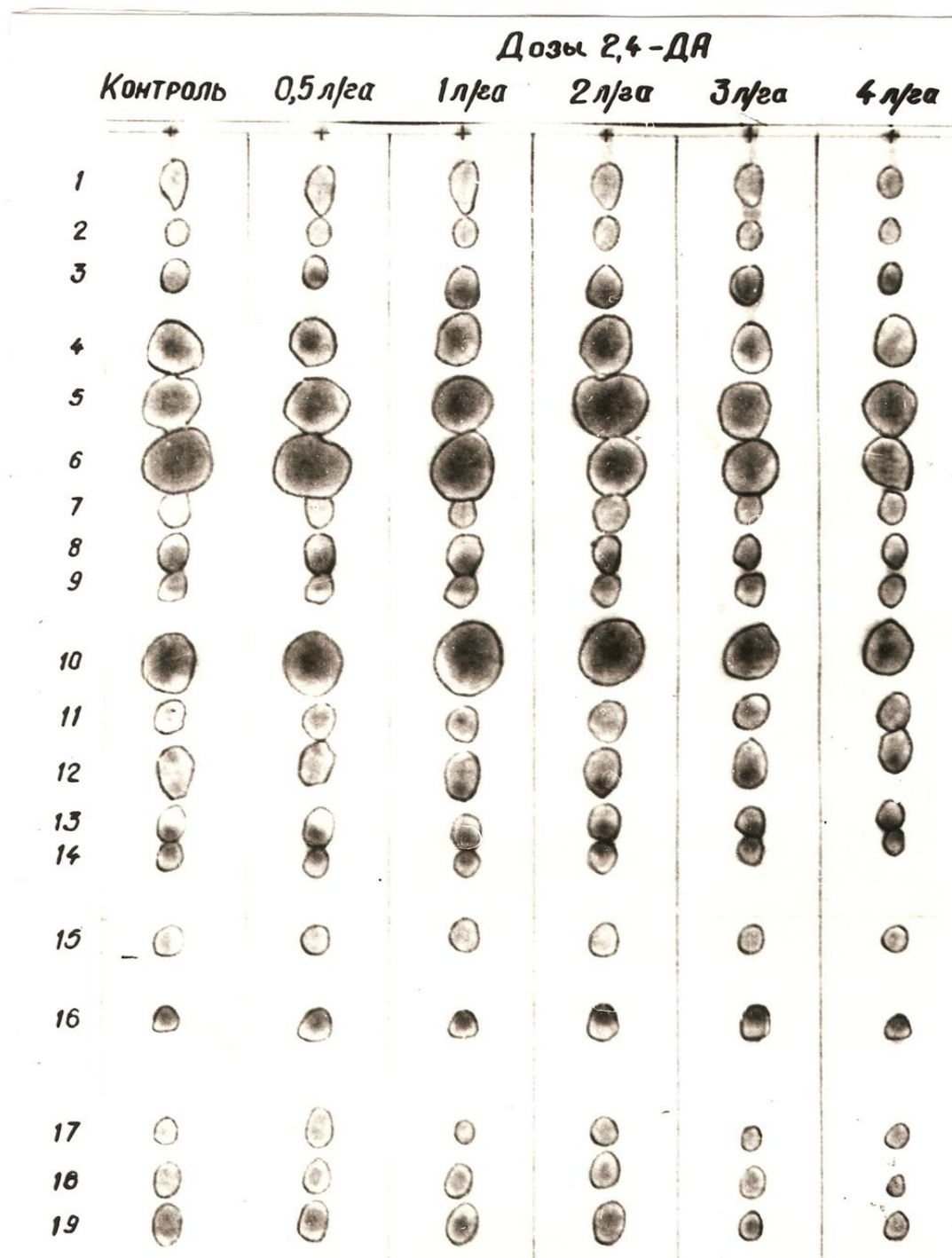


Рис. 27. Хроматограмма свободных аминокислот в листьях щетинника сизого на 3-й день после внесения 2,4-ДА в посевах кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 %: 1—цистеин; 2—лизин; 3—гистидин; 4—аспарагин; 5—аспарагиновая кислота; 6—глутамин; 7—аргинин; 8—серин; 9—глицин; 10—глутаминовая кислота; 11—треонин; 12— α -аланин; 13—пролин; 14—тирозин; 15—триптофан; 16—метионин; 17—валин; 18—фенилаланин; 19—лейцин.

Таблица 36

Содержание азота в листьях щетинника сизого после внесения 2,4-ДА в посевах кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 % мг N/г сухого вещества

Варианты опыта	Через сутки						Через 3 дня					
	общий		минеральный		органический		общий		минеральный		органический	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	38,4	100,0	13,1	100,0	25,3	100,0	36,5	100,0	11,2	100,0	25,3	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	39,8	103,6	13,6	103,8	26,2	103,6	37,3	102,2	11,6	103,6	25,7	101,6
2,4-ДА 1 л/га	41,4	107,8	14,0	106,9	27,4	108,3	40,5	111,0	12,4	110,7	28,1	111,1
2,4-ДА 2 л/га	43,5	113,3	13,8	105,3	29,7	117,4	40,9	112,1	12,5	111,6	28,4	112,3
2,4-ДА 3 л/га	38,1	99,2	13,0	99,2	25,1	99,2	35,1	96,2	11,0	98,2	24,1	95,3
2,4-ДА 4 л/га	36,5	95,1	12,7	96,2	23,8	94,1	35,2	96,4	11,0	98,2	24,2	95,7

С повышением доз 2,4-ДА до 3–4 л/га в листьях щетинника сизого содержание аминокислот и амидов уменьшалось (табл. 34, 35; рис. 26, 27), снижалось количество общего азота и его органической формы (табл. 36). Между тем, и при этих дозах гербицида оставалось повышенным по сравнению с контролем содержание общего фосфора, в том числе органического, и, в частности, нуклеотидного, белкового и фосфора липидной фракции (табл. 37) при снижении количества фосфора минеральной части и фосфора нуклеиновых кислот.

Аналогичные закономерности в обмене веществ наблюдались в растениях устойчивой к 2,4-Д кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах и обработанной гербицидами в фазе 3–5 листьев. Как и в растениях щетинника сизого, у кукурузы через сутки и через 5 дней после нанесения 2,4-ДА при дозах препарата от 0,5 до 2 л/га увеличивалось пропорционально дозам содержание аминокислот (табл. 38, 39), особенно, дикарбоновых (аспарагиновой и глутаминовой), что может свидетельствовать о благоприятном влиянии 2,4-ДА в этих дозах на процесс фотосинтеза растений кукурузы, в результате которого образуется НАДФ-Н, необходимый для синтеза глутаминовой кислоты; увеличивалось в листьях содержание гетероциклических аминокислот (гистидина, триптофана, пролина), а также содержание незаменимых аминокислот, в том числе лизина, имеющего первостепенное значение в явлениях наследственности.

При обработке растений кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах, в фазе 3–5 листьев гербицидом 2,4-ДА в дозах 0,5–2 л/га в листьях растений через сутки и через 5 дней повышалось содержание органической и минеральной форм азота (табл. 40); одновременно активизировался фосфорный обмен: повышалось содержание общего и органического фосфора (табл. 41), в том числе, увеличивалось количество фосфора высокоэнергетических соединений – нуклеотидов, белков, что в целом способствовало повышению уровня жизнедеятельности растений и формированию высоких урожаев кукурузы.

Таблица 37

Содержание фосфора в листьях щетинника сизого через сутки после внесения 2,4-ДА в посевах кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 %, мг Р₂О₅/г сухого вещества

195

Варианты опыта	Общий		Минеральный		Нуклеотидный		Липидный		Нуклеиновых кислот		Белковый		Сумма органического	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	6,31	100,0	2,08	100,0	1,13	100,0	0,87	100,0	1,05	100,0	1,18	100,0	4,23	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	7,02	111,3	2,21	106,3	1,21	107,1	1,14	131,0	1,18	112,4	1,28	108,5	4,81	113,7
2,4-ДА 1 л/га	7,41	117,4	2,26	108,7	1,28	113,3	1,20	137,9	1,21	115,2	1,46	123,7	5,15	121,7
2,4-ДА 2 л/га	7,39	117,1	2,26	108,7	1,28	113,3	1,18	135,6	1,20	114,3	1,47	124,6	5,13	121,3
2,4-ДА 3 л/га	7,01	111,1	2,03	97,6	1,24	109,7	1,35	155,2	1,02	97,1	1,37	116,1	4,98	117,7
2,4-ДА 4 л/га	6,84	108,4	2,04	98,1	1,26	111,5	1,33	152,9	0,93	88,6	1,28	108,5	4,80	113,5

Содержание свободных аминокислот в листьях кукурузы,
 выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса
 1,3 % через сутки после внесения 2,4-ДА в фазе 3–5 листьев,
 мг/г сухого вещества

Аминокислоты	Контроль	Дозы гербицида, л/га				
		0,5	1	2	3	4
Цистеин	0,8	0,9	0,9	1,0	0,7	0,8
Лизин	0,6	0,9	1,0	1,1	0,7	0,5
Гистидин	0,9	1,3	1,5	1,8	0,9	0,7
Аспарагин	4,0	4,0	4,3	4,3	4,8	4,8
Аспарагиновая кислота	4,9	6,3	6,8	7,0	4,9	5,1
Глутамин	5,1	5,3	5,0	6,2	6,0	5,8
Аргинин	1,0	1,4	1,7	1,6	1,7	1,4
Серин	1,2	1,2	1,3	1,3	0,8	0,7
Глицин	0,8	0,8	0,9	1,0	0,5	0,6
Глутаминовая кислота	5,8	6,7	6,7	7,3	6,1	5,4
Треонин	0,6	0,6	0,8	0,9	0,6	0,5
α -Аланин	3,2	3,4	3,4	3,4	2,6	2,8
Пролин	1,1	1,7	1,6	1,7	1,8	1,7
Тирозин	0,5	0,7	0,7	0,8	0,5	0,4
Триптофан	0,7	1,2	1,4	1,4	0,8	0,8
Метионин	0,7	0,8	0,8	0,9	0,5	0,6
Валин	0,5	0,7	0,8	0,8	0,5	0,5
Фенилаланин	0,7	0,8	0,9	0,9	0,5	0,5
Лейцин	0,8	0,9	1,0	0,9	0,4	0,4
Сумма аминокислот + амиды, %	100,0	116,8	122,4	130,7	104,1	100,3
Сумма аминокислот, %	100,0	122,2	129,8	136,3	98,8	94,4
Сумма амидов, %	100,0	102,2	102,2	115,4	118,7	116,5
Сумма независимых аминокислот, %	100,0	128,3	145,7	150,0	87,0	82,6

Содержание свободных аминокислот в листьях кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 % через 3 дня после внесения 2,4-ДА в фазе 3–5 листьев, мг/г сухого вещества

Аминокислоты	Контроль	Дозы гербицида, л/га				
		0,5	1	2	3	4
Цистеин	0,9	1,0	1,0	1,2	0,9	0,7
Лизин	0,6	1,3	1,6	1,3	0,5	0,5
Гистидин	1,4	1,8	1,8	2,3	1,1	0,9
Аспарагин	3,8	3,7	3,8	4,2	4,8	4,7
Аспарагиновая кислота	5,8	6,3	7,0	6,2	5,3	4,9
Глутамин	4,9	4,7	4,9	5,3	5,6	5,3
Аргинин	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,4
Серин	1,2	1,3	1,3	1,7	1,2	1,0
Глицин	0,6	0,5	0,6	0,7	0,5	0,5
Глутаминовая кислота	6,2	6,9	7,4	7,5	6,3	5,2
Треонин	0,5	0,7	0,5	0,8	0,6	0,4
α -Аланин	3,4	3,4	3,6	4,0	4,0	4,5
Пролин	1,2	1,6	1,8	1,6	0,9	0,7
Тирозин	0,6	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6
Триптофан	0,9	1,6	1,8	1,8	0,7	0,7
Метионин	0,6	0,8	0,9	0,8	0,7	0,6
Валин	0,7	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5
Фенилаланин	0,6	0,7	0,7	0,8	0,5	0,5
Лейцин	0,7	0,8	0,7	0,8	1,0	0,6
Сумма аминокислот + амиды, %	100,0	111,2	117,6	121,8	104,5	95,8
Сумма аминокислот, %	100,0	115,9	123,3	125,9	99,6	89,6
Сумма амидов, %	100,0	96,6	100,0	109,2	119,5	114,9
Сумма независимых аминокислот, %	100,0	141,3	147,8	147,8	100,0	82,6

В то же время, 2,4-ДА в дозах 3–4 л/га, внесенная в фазе 3–5 листьев кукурузы на фоне серых оподзоленных почв, через сутки после применения вызывала снижение общего количества

аминокислот: на 1,2 % при дозе 3 л/га и на 5,6 % – при 4 л/га (табл. 38), а также общего содержания азота и фосфора соответственно: на 3,7 и 4,5 % при 3 л/га, на 20,6 и 10,2 % – при 4 л/га (табл. 40, 41). Через 5 дней после применения гербицида в дозах 0,5–2 л/га процессы обмена веществ в листьях кукурузы продолжали активизироваться, хотя при дозе 2 л/га содержание азотистых и фосфорных органических, а также минеральных соединений было меньше, чем при 1 л/га препарата, в то время когда при 3–4 л/га гербицида содержание этих веществ значительно снижалось (табл. 40, 42). Особенно нарушался обмен веществ в листьях кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах, после применения производных 2,4-Д в фазе выхода в стебель. При всех дозах, кроме 0,5 л/га, 2,4-ДА, внесенной в фазе выхода кукурузы в стебель, уже через сутки после применения в листьях уменьшалось на 13,4–32,2 % общее количество аминокислот при увеличении на 5,7–19,5 % содержания амидов (табл. 43), что может свидетельствовать о мобилизации защитных свойств растений кукурузы под воздействием химического агента при неблагоприятных для нее условиях его применения.

Наиболее чувствительными к несвоевременному, запоздалому сроку применения гербицида в посевах кукурузы оказались глицин и серин, содержание которых по сравнению с контролем уменьшалось в 1,5–3,5 раза при увеличении доз препарата, и которые служат исходным продуктом для синтеза ряда веществ в организмах, участвуют в биосинтезе углеводов, а также цистеин, участвующий в окислительно-восстановительных реакциях растений и определяющий работу отдельных ферментных систем [90].

Азотный и фосфорный обмены изменялись и в сторону снижения количества органических соединений (табл. 44, 45), особенно уменьшалось содержание фосфора белковой фракции и нуклеопротеидов.

Таблица 40

Содержание азота в листьях кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 %, после внесения 2,4-ДА в фазе 3–5 листьев, мг N/г сухого вещества

Варианты опыта	Через сутки						Через 3 дня					
	общий		минеральный		органический		общий		минеральный		органический	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	51,9	100,0	21,0	100,0	30,9	100,0	52,6	100,0	20,8	100,0	31,8	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	52,8	101,7	21,6	102,9	31,2	101,0	54,8	104,2	21,6	103,8	33,2	104,4
2,4-ДА 1 л/га	60,5	116,6	26,4	125,7	34,1	110,4	59,9	113,9	24,1	115,9	35,8	112,6
2,4-ДА 2 л/га	56,8	109,4	25,0	119,0	31,8	102,9	53,5	101,7	21,6	103,8	31,9	100,3
2,4-ДА 3 л/га	50,0	96,3	21,5	102,4	28,5	92,2	50,6	96,2	20,1	96,6	30,5	95,9
2,4-ДА 4 л/га	41,2	79,4	20,3	99,5	20,9	67,6	48,2	91,6	20,0	96,2	28,2	88,7

Таблица 41

Содержание фосфора в листьях кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 %, через сутки после внесения 2,4-ДА в фазе 3–5 листьев, мг P₂O₅/г сухого вещества

Варианты опыта	Общий		Минеральный		Нуклеотидный		Липидный		Нуклеиновых кислот		Белковый		Сумма органического	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	6,05	100,0	2,08	100,0	1,07	100,0	0,89	100,0	1,03	100,0	0,98	100,0	3,97	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	6,21	102,6	2,12	101,9	1,11	103,7	0,91	102,2	1,05	101,9	1,02	104,1	4,09	103,0
2,4-ДА 1 л/га	6,72	111,1	2,30	110,6	1,23	115,0	1,00	112,4	1,09	105,8	1,10	112,2	4,42	111,3
2,4-ДА 2 л/га	6,48	107,1	2,21	106,3	1,16	108,4	0,95	106,7	0,99	96,1	1,17	119,4	4,27	107,6
2,4-ДА 3 л/га	5,78	95,5	2,01	96,6	1,01	94,4	0,83	93,3	1,02	99,0	0,91	92,9	3,77	95,0
2,4-ДА 4 л/га	5,43	89,8	1,87	89,9	0,92	86,0	0,81	91,0	1,02	99,0	0,81	82,7	3,56	89,7

Таблица 42

Содержание фосфора в листьях кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 %, через 5 дней после внесения 2,4-ДА в фазе 3–5 листьев, мг Р₂О₅/г сухого вещества

Варианты опыта	Общий		Минеральный		Нуклеотидный		Липидный		Нуклеиновых кислот		Белковый		Сумма органического	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	6,12	100,0	2,14	100,0	1,09	100,0	0,86	100,0	0,98	100,0	1,05	100,0	3,98	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	6,34	103,6	2,22	103,7	1,15	105,5	0,83	96,5	1,03	105,1	1,11	105,7	4,12	103,5
2,4-ДА 1 л/га	7,01	114,5	2,43	113,6	1,28	117,4	0,98	114,0	1,13	115,3	1,19	113,3	4,58	115,1
2,4-ДА 2 л/га	6,89	112,6	2,42	113,1	1,19	109,2	0,96	111,6	1,11	113,3	1,21	115,2	4,47	112,3
2,4-ДА 3 л/га	5,44	88,9	2,00	93,5	0,97	89,0	0,53	61,6	0,91	92,9	1,03	98,1	3,44	86,4
2,4-ДА 4 л/га	5,21	85,1	1,81	84,6	0,92	84,4	0,67	77,9	0,85	86,7	0,96	91,4	3,40	85,4

Содержание свободных аминокислот в листьях кукурузы,
выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса
1,3 % через сутки после внесения 2,4-ДА в фазе выхода в стебель,
мг/г сухого вещества

Аминокислоты	Контроль	Дозы гербицида, л/га				
		0,5	1	2	3	4
Цистеин	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2
Лизин	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5
Гистидин	1,2	1,3	0,9	0,7	0,6	0,6
Аспарагин	3,6	3,9	4,2	4,4	4,9	4,6
Аспарагиновая кислота	4,9	5,3	4,4	4,1	3,2	3,0
Глутамин	5,1	5,3	5,1	5,3	5,0	5,8
Аргинин	1,2	1,3	1,0	1,2	0,9	0,7
Серин	1,4	1,2	0,9	0,8	0,7	0,5
Глицин	0,9	0,8	0,7	0,6	0,3	0,4
Глутаминовая кислота	5,8	5,9	5,7	5,3	4,8	4,7
Треонин	0,7	0,6	0,7	0,5	0,5	0,5
α -Аланин	3,1	3,2	3,0	2,9	3,0	2,8
Пролин	1,2	1,4	1,5	1,4	1,2	1,3
Тирозин	0,7	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
Триптофан	0,8	0,7	0,5	0,6	0,5	0,4
Метионин	0,7	0,6	0,4	0,5	0,4	0,4
Валин	0,8	0,8	0,5	0,6	0,5	0,5
Фенилаланин	0,5	0,6	0,4	0,4	0,3	0,3
Лейцин	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5
Сумма аминокислот + амиды, %	100,0	101,4	91,7	89,4	81,9	80,7
Сумма аминокислот, %	100,0	100,0	86,6	82,0	71,3	67,8
Сумма амидов, %	100,0	105,7	106,9	111,5	113,8	119,5
Сумма независимых аминокислот, %	100,0	94,0	74,0	74,0	66,0	62,0

Через 5 дней после применения 2,4-ДА (0,5–1 л/га) в фазе выхода кукурузы в стебель обмен веществ восстанавливался. При дозах препарата свыше 1 л/га процессы нарушения обмена веществ в листьях кукурузы усиливались: уменьшалось не только общее количество аминокислот, в том числе незаменимых, но и амидов (табл. 46); снижалось в листьях растений общее количество азота и фосфора и не только органического, но и минеральных форм (табл. 44, 47), что может свидетельствовать о торможении поступления азота и фосфора в растения кукурузы из почвы под влиянием ингибитора. Интересным было и то, что через 5 дней после внесения гербицида в высоких дозах (3–4 л/га) в листьях кукурузы увеличивалось (на 4,3 – 10,6 % по сравнению с контролем) содержание нуклеиновых кислот (табл. 47). Все это, как показали наши дальнейшие исследования, существенно влияло не только на анатомо-морфологическое строение органов и габитус растений, но и на формирование урожая и его качество.

Нами установлено, что в растениях кукурузы, выращиваемой на черноземах оподзоленных, нарушения процессов обмена веществ были менее выраженными, чем в растениях, выращиваемых на серых оподзоленных почвах, при одних и тех же дозах, сроках, способах применения гербицидов и фазах их развития. Так, через сутки после внесения 2,4-ДА в фазе 3–5 листьев кукурузы, выращиваемой на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса 4,2 %, в листьях растений существенных изменений в аминокислотном обмене при дозе 0,5 л/га не происходило (табл. 48), в то время, когда в листьях кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 %, при этой дозе гербицида содержание общего количества аминокислот по сравнению с контролем увеличивалось на 22,2 %, а незаменимых – на 28,3 % (табл. 38), что свидетельствует о разной реакции растений на одни и те же дозы вносимых гербицидов в зависимости от почвенных условий.

Таблица 44

Содержание азота в листьях кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3% мг, после внесения 2,4-ДА в фазе выхода в стебель, мг N/г сухого вещества

Варианты опыта	Через сутки						Через 5 дней					
	общий		минеральный		органический		общий		минеральный		органический	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	36,3	100,0	12,2	100,0	24,1	100,0	38,7	100,0	14,8	100,0	23,9	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	36,6	100,8	12,4	101,6	24,2	100,4	39,3	101,6	15,2	102,7	24,1	100,8
2,4-ДА 1 л/га	36,6	100,8	12,8	104,9	23,8	98,8	39,8	102,8	15,6	105,4	24,2	101,2
2,4-ДА 2 л/га	35,4	97,5	13,1	107,4	22,4	92,9	36,6	94,5	14,5	97,9	22,1	92,5
2,4-ДА 3 л/га	33,0	90,9	12,6	103,3	20,4	84,6	36,4	94,1	14,5	98,0	21,9	91,6
2,4-ДА 4 л/га	32,1	88,4	12,1	99,2	20,0	83,0	31,0	80,1	13,7	92,6	17,3	72,4

Таблица 45

Содержание фосфора в листьях кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3%, через сутки после внесения 2,4-ДА в фазе выхода в стебель, мг P_2O_5 /г сухого вещества

Варианты опыта	Общий		Минеральный		Нуклеотидный		Липидный		Нуклеиновых кислот		Белковый		Сумма органического	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	5,08	100,0	2,06	100,0	0,91	100,0	0,48	100,0	0,84	100,0	0,79	100,0	3,02	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	5,16	101,6	2,09	101,5	0,91	100,0	0,51	106,3	0,88	104,8	0,77	97,5	3,07	101,7
2,4-ДА 1 л/га	4,94	97,2	2,09	101,5	0,84	92,3	0,47	97,9	0,81	96,4	0,73	92,4	2,85	94,4
2,4-ДА 2 л/га	4,62	90,9	2,11	102,4	0,70	76,9	0,41	85,4	0,79	94,0	0,61	77,2	2,51	83,1
2,4-ДА 3 л/га	4,39	86,4	2,05	99,5	0,64	70,3	0,39	81,3	0,81	96,4	0,50	63,3	2,34	77,5
2,4-ДА 4 л/га	4,21	81,9	2,00	97,1	0,56	61,5	0,36	75,0	0,82	97,6	0,47	59,5	2,21	73,2

Содержание свободных аминокислот в листьях кукурузы,
выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса
1,3 % через 5 дней после внесения 2,4-ДА в фазе выхода в стебель,
мг/г сухого вещества

Аминокислоты	Контроль	Дозы гербицида, л/га				
		0,5	1	2	3	4
Цистеин	0,8	0,9	0,8	0,5	0,4	0,3
Лизин	0,6	0,7	0,6	0,3	0,4	0,3
Гистидин	0,9	0,9	1,2	0,6	0,6	0,4
Аспарагин	3,1	3,4	3,2	3,5	3,0	2,8
Аспарагиновая кислота	4,6	4,9	4,9	3,7	3,5	3,0
Глутамин	4,9	5,1	4,8	4,4	4,3	4,0
Аргинин	1,0	1,5	1,7	1,3	0,9	0,9
Серин	1,3	1,1	1,2	0,7	0,6	0,4
Глицин	0,8	0,8	0,7	0,4	0,3	0,2
Глутаминовая кислота	5,3	5,4	5,4	5,0	4,1	3,9
Треонин	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5
α -Аланин	2,9	2,7	2,7	2,3	2,0	1,9
Пролин	1,4	1,6	1,8	1,8	1,2	1,2
Тирозин	0,8	0,5	0,8	0,7	0,5	0,5
Триптофан	0,9	0,8	0,9	0,6	0,5	0,4
Метионин	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4
Валин	0,9	0,9	1,0	0,8	0,6	0,5
Фенилаланин	0,6	0,5	0,6	0,4	0,5	0,3
Лейцин	0,9	0,7	0,7	0,4	0,5	0,4
Сумма аминокислот + амиды, %	100,0	101,8	103,0	85,8	74,9	67,4
Сумма аминокислот, %	100,0	100,4	104,0	81,7	69,7	61,8
Сумма амидов, %	100,0	106,3	100,0	98,8	91,3	85,0
Сумма независимых аминокислот, %	100,0	92,5	92,5	66,0	64,2	52,8

Таблица 47

Содержание фосфора в листьях кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,3 %, через 5 дней после внесения 2,4-ДА в фазе выхода в стебель, мг P₂O₅/г сухого вещества

205

Варианты опыта	Общий		Минеральный		Нуклеотидный		Липидный		Нуклеиновых кислот		Белковый		Сумма органического	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	6,12	100,0	2,23	100,0	1,08	100,0	0,84	100,0	0,94	100,0	1,03	100,0	3,89	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	6,34	103,6	2,28	102,2	1,13	104,6	0,86	102,4	0,97	103,2	1,10	106,8	4,06	104,4
2,4-ДА 1 л/га	6,16	100,7	2,26	101,3	1,08	100,0	0,85	101,2	0,93	98,9	1,04	101,0	3,90	100,3
2,4-ДА 2 л/га	5,77	94,3	2,04	91,5	0,98	90,7	0,81	96,4	0,94	100,0	1,00	97,1	3,73	95,9
2,4-ДА 3 л/га	5,69	93,0	2,10	94,2	0,93	86,1	0,73	86,9	0,98	104,3	0,95	92,2	3,59	92,3
2,4-ДА 4 л/га	5,36	87,6	1,88	84,3	0,84	77,8	0,75	89,3	1,04	110,6	0,85	82,5	3,48	89,5

Содержание свободных аминокислот в листьях кукурузы,
выращиваемой на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса
4,2 %, через сутки после внесения 2,4-ДА в фазе 3–5 листьев,
мг/г сухого вещества

Аминокислоты	Контроль	Дозы гербицида, л/га				
		0,5	1	2	3	4
Цистеин	0,7	0,7	0,7	1,2	0,7	0,6
Лизин	0,5	0,5	0,7	0,9	0,5	0,6
Гистидин	0,8	0,8	0,8	1,4	0,9	0,9
Аспарагин	4,2	4,3	4,2	4,9	5,0	4,9
Аспарагиновая кислота	5,1	5,3	6,0	6,9	6,0	5,4
Глутамин	4,7	4,8	4,7	4,9	5,4	5,0
Аргинин	1,4	1,4	1,5	2,5	1,5	1,4
Серин	0,9	0,9	1,5	1,9	1,0	0,9
Глицин	0,7	0,8	0,9	1,5	0,8	0,8
Глутаминовая кислота	5,3	5,3	5,3	6,5	5,2	5,0
Треонин	0,8	0,9	1,0	1,3	0,7	0,6
α -Аланин	2,8	2,7	2,6	3,7	2,6	2,5
Пролин	1,4	1,4	1,6	1,9	1,3	1,3
Тирозин	0,6	0,5	0,8	1,5	0,5	0,6
Триптофан	0,9	0,8	1,2	1,4	0,8	0,7
Метионин	0,8	0,8	0,9	1,1	0,6	0,7
Валин	0,6	0,5	0,9	1,2	0,7	0,5
Фенилаланин	0,6	0,8	1,1	1,3	0,6	0,8
Лейцин	0,9	0,8	0,8	0,9	0,7	0,6
Сумма аминокислот + амиды, %	100,0	100,9	110,4	139,2	105,3	100,3
Сумма аминокислот, %	100,0	100,4	114,1	149,6	101,2	96,4
Сумма амидов, %	100,0	102,2	100,0	110,1	116,9	111,2
Сумма независимых аминокислот, %	100,0	100,0	129,4	158,8	90,2	88,2

Несколько увеличивалось (на 14,1 % по сравнению с контролем) общее количество аминокислот без изменения содержания амидов в листьях кукурузы, выращиваемой на черноземах оподзоленных, при обработке растений гербицидом в дозе 1 л/га, однако увеличение этого показателя было на 15,7 % ниже, чем в растениях, произрастающих на серых оподзоленных почвах и обработанных гербицидом в той же дозе. В то же время, при дозе 2 л/га препарата наличие аминокислот в листьях кукурузы, выращиваемой на черноземах оподзоленных, достигало наиболее высокого уровня и превышало содержание аминокислот в листьях кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с внесением 2 л/га гербицида, на 13,3 % по общему содержанию аминокислот и на 8,8 % – по содержанию незаменимых аминокислот. При этом повышалось по сравнению с контролем (на 10,1 % на черноземах оподзоленных против 15,4 % – на серых оподзоленных почвах) количество амидов (табл. 38, 48).

Не происходило уменьшения общего содержания аминокислот в листьях кукурузы, произрастающей на черноземах оподзоленных, через сутки после внесения препарата в дозе 3 л/га в фазе 3–5 листьев, в то время, когда этот показатель при такой же дозе гербицида составлял 98,8 % от контроля в растениях кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах (табл. 38, 48).

Гербицид в дозе 4 л/га на фоне черноземов оподзоленных вызывал в листьях кукурузы уменьшение общего содержания аминокислот на 3,7 %, а незаменимых – на 12,4 %. При этом содержание амидов в листьях кукурузы увеличивалось по сравнению с контролем на 11,5 % на черноземах оподзоленных против 16,5 % – на серых оподзоленных почвах, что свидетельствует о менее глубоких изменениях в аминокислотном обмене растений кукурузы, выращиваемой на черноземах оподзоленных, по сравнению с растениями кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах, при одних и тех же условиях применения гербицидов.

В зависимости от почвенных условий возделывания культуры и применяемых доз производных 2,4-Д в растениях кукурузы изменялись азотный и фосфорный обмены. Так, если в листьях кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных малогумусных почвах, при дозе 0,5 л/га 2,4-ДА уже через сутки после внесения по всходам растений в фазе 3–5 листьев повышалось содержание общих азота на 1,7 % (табл. 40), фосфора – на 2,6 % (табл. 41), а также

увеличивалось содержание их органических и минеральных форм и этот процесс усиливался через 5 дней после внесения гербицида (табл. 40, 42), то в растениях кукурузы, выращиваемой на черноземах оподзоленных, при этой же дозе гербицида не происходило заметных изменений ни в азотном, ни в фосфорном обменах (табл. 49, 50, 51).

Мало также изменялись эти процессы в растениях кукурузы, выращиваемой на черноземах оподзоленных, при дозе 2,4-ДА 1 л/га, тогда как при этой дозе препарата в растениях кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных малогумусных почвах, процессы азотного и фосфорного обменов проходили наиболее активно. При дозах 2,4-ДА свыше 1 л/га на серых оподзоленных почвах содержание азотных и фосфорных соединений в листьях кукурузы снижались, а при 3–4 л/га препарата их было меньше, чем на контроле (табл. 40, 41, 42). В то же время, в листьях кукурузы, выращиваемой на черноземах оподзоленных, через сутки и 5 дней после внесения гербицида наиболее интенсивно проходили азотный и фосфорный обмены при дозе препарата 2 л/га (табл. 49, 50, 51). На этих почвах в листьях кукурузы не уменьшалось ниже уровня контроля содержание азотных и фосфорных соединений при 3 л/га гербицида; напротив – увеличивалось количество нуклеиновых кислот и в меньшей степени, чем на серых оподзоленных почвах, изменялся обмен веществ в растениях кукурузы при дозе гербицида 4 л/га.

В листьях сорняков также, как и в листьях кукурузы, произрастающих на черноземах оподзоленных с повышенным содержанием гумуса, меньше, чем на серых оподзоленных почвах, нарушались азотный и фосфорный обмены при одних и тех же условиях применения 2,4-ДА (табл. 22, 25, 26, 27, 52, 53, 54).

Таблица 49

Содержание азота в листьях кукурузы, выращиваемой на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса 4,2 % мг, после внесения 2,4-ДА в фазе 3–5 листьев, мг N/г сухого вещества

Варианты опыта	Через сутки						Через 5 дней					
	общий		минеральный		органический		общий		минеральный		органический	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	52,3	100,0	20,2	100,0	32,1	100,0	53,4	100,0	21,4	100,0	32,0	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	52,4	100,2	20,2	100,0	32,2	100,3	54,0	101,1	21,4	100,0	32,6	101,9
2,4-ДА 1 л/га	56,5	108,0	23,3	115,3	33,2	103,4	63,2	118,4	24,3	113,6	38,9	121,6
2,4-ДА 2 л/га	65,0	124,3	25,7	127,2	39,3	122,4	68,5	128,3	27,4	128,0	41,1	128,4
2,4-ДА 3 л/га	54,3	103,8	21,8	107,9	32,5	101,2	60,0	112,4	23,0	107,5	37,0	115,6
2,4-ДА 4 л/га	47,8	91,4	18,5	91,6	29,3	91,3	53,5	100,2	20,4	95,3	33,1	103,4

Таблица 50

Содержание фосфора в листьях кукурузы, выращиваемой на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса 4,2 %, через сутки после внесения 2,4-ДА в фазе 3–5 листьев, мг P₂O₅/г сухого вещества

Варианты опыта	Общий		Минеральный		Нуклеотидный		Липидный		Нуклеиновых кислот		Белковый		Сумма органического	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	6,25	100,0	2,19	100,0	1,09	100,0	0,98	100,0	1,07	100,0	0,88	100,0	4,02	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	6,28	100,4	2,19	100,0	1,10	101,3	0,98	100,0	1,08	100,8	0,85	96,6	4,09	101,7
2,4-ДА 1 л/га	6,77	108,3	2,28	104,2	1,18	108,7	1,05	107,3	1,11	103,9	1,15	130,7	4,49	111,7
2,4-ДА 2 л/га	7,46	119,4	2,57	117,5	1,30	119,5	1,10	112,5	1,27	118,7	1,22	138,6	4,89	121,6
2,4-ДА 3 л/га	6,53	104,5	2,22	101,2	1,15	105,4	1,01	103,5	1,23	115,0	0,92	104,5	4,31	107,2
2,4-ДА 4 л/га	5,93	94,8	2,04	93,2	1,05	97,0	0,98	100,2	1,16	108,5	0,70	79,5	3,89	96,8

Таблица 51

Содержание фосфора в листьях кукурузы, выращиваемой на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса 4,2 %, через 5 дней после внесения 2,4-ДА в фазе 3–5 листьев, мг Р₂О₅/г сухого вещества

210

Варианты опыта	Общий		Минеральный		Нуклеотидный		Липидный		Нуклеиновых кислот		Белковый		Сумма органического	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	6,18	100,0	2,19	100,0	1,01	100,0	0,95	100,0	1,00	100,0	1,03	100,0	3,99	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	6,23	100,8	2,20	100,5	1,03	102,0	0,96	101,1	1,00	100,0	1,04	101,0	4,03	101,0
2,4-ДА 1 л/га	6,63	107,3	2,30	105,0	1,08	106,9	0,97	102,1	1,05	105,0	1,23	119,4	4,33	108,5
2,4-ДА 2 л/га	7,48	121,0	2,60	118,7	1,21	119,8	1,16	122,1	1,18	118,0	1,33	129,1	4,88	122,3
2,4-ДА 3 л/га	6,47	104,7	2,24	102,3	1,06	105,0	0,89	93,7	1,20	120,0	1,08	104,9	4,23	106,0
2,4-ДА 4 л/га	5,76	93,2	2,05	93,6	0,97	96,0	0,77	81,1	1,06	106,0	0,91	88,3	3,71	93,0

Так, в листьях щирицы запрокинутой, произрастающей на черноземах оподзоленных, после повсходового внесения 2,4-ДА увеличивалось по сравнению с растениями щирицы запрокинутой, произрастающей на серых оподзоленных почвах: общее содержание азота на 1,2 % при дозе 0,5 л/га и на 12,2 % при дозе 4 л/га препарата через сутки (табл. 22, 25, 52) и на 9,1 и 15,1% (соответственно дозам) через 3 дня после внесения препарата (табл. 25, 52), а также увеличивалось общее содержание фосфора на 6,4 и 4,3 % (табл. 27, 54). Это свидетельствует о тесной зависимости степени нарушения обмена веществ культурных и сорных растений при внесении гербицидов, а, следовательно, степени их эффективности в посевах сельскохозяйственных культур, от механического состава почвы, содержания в ней гумуса, доз применяемых гербицидов.

При внесении 2,4-ДА совместно с минеральной некорневой подкормкой в посевах кукурузы через сутки и 5 дней после применения препарата обмен веществ в листьях при всех испытанных дозах (0,5–4 л/га) проходил более активно, чем в листьях растений, обработанных гербицидом без минеральных удобрений: более интенсивно накапливались в листьях аминокислоты, в том числе незаменимые, при незначительном повышении количества амидов (табл. 48, 55), повышалось содержание минерального и органического азота (табл. 49, 56), а также минерального и общего фосфора, его органических фракций, особенно нуклеопротеидной и белковой (табл. 51, 57). В то же время при внесении 2,4-ДА совместно с минеральной некорневой подкормкой более сильно, чем при внесении гербицида без удобрений, нарушались азотный и фосфорный обмены у чувствительных к гербициду сорняков, чем, очевидно, можно объяснить более быстрое их отмирание.

Так, в листьях щирицы запрокинутой после обработки ее 2,4-ДА в дозах 0,5 и 4 л/га совместно с минеральными удобрениями уменьшалось по сравнению с контролем соответственно: общего азота – на 3,6 и 3,8 % через сутки, на 5,8 и 46,2 % через 5 дней после внесения гербицида (табл. 58); общего фосфора – на 4,7 и 30,5 % (табл. 59), тогда как при внесении 2,4-ДА без удобрений в листьях щирицы уменьшалось соответственно тем же дозам: содержание общего азота – на 0 и 21,6 % через сутки, на 0 и 24,6 % через 3 дня (табл. 52), общего фосфора – на 0 и 19,9 % через 3 дня после внесения гербицида (табл. 54).

Таблица 52

Содержание азота в листьях щирцы запрокинутой после внесения 2,4-ДА в начальных фазах ее развития в посевах кукурузы, выращиваемой на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса 4,2 %, мг N/г сухого вещества

Варианты опыта	Через сутки						Через 5 дней					
	общий		минеральный		органический		общий		минеральный		органический	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	41,2	100,0	12,8	100,0	28,4	100,0	40,3	100,0	12,7	100,0	27,6	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	41,2	100,0	15,3	119,5	25,9	91,2	40,3	100,0	14,3	112,6	26,0	94,2
2,4-ДА 1 л/га	37,6	91,3	13,9	108,6	23,7	83,5	36,1	89,6	11,4	89,8	24,7	89,5
2,4-ДА 2 л/га	36,8	89,3	14,2	110,9	22,6	79,6	32,8	81,4	11,2	88,2	21,6	78,3
2,4-ДА 3 л/га	33,4	81,1	10,8	84,4	22,6	79,6	31,6	78,4	12,1	95,3	19,5	70,7
2,4-ДА 4 л/га	32,3	78,4	14,2	110,9	18,1	63,7	30,4	75,4	11,5	90,6	18,9	68,5

Таблица 53

Содержание фосфора в листьях щирцы запрокинутой через сутки после внесения 2,4-ДА в начальных фазах ее развития в посевах кукурузы, выращиваемой на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса 4,2 %, мг P₂O₅/г сухого вещества

Варианты опыта	Общий		Минеральный		Нуклеотидный		Липидный		Нуклеиновых кислот		Белковый		Сумма органического	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	7,83	100,0	2,97	100,0	1,35	100,0	1,12	100,0	1,15	100,0	1,24	100,0	4,86	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	7,91	101,0	2,97	100,0	1,21	89,6	0,89	79,5	1,65	143,5	1,19	96,0	4,94	101,6
2,4-ДА 1 л/га	7,83	100,0	2,41	81,1	1,27	94,1	1,22	108,9	1,73	150,4	1,20	96,8	5,42	111,5
2,4-ДА 2 л/га	7,70	98,3	2,18	73,4	1,13	83,7	1,31	117,0	1,90	165,2	1,18	95,2	5,52	113,6
2,4-ДА 3 л/га	7,16	91,4	2,07	69,7	1,12	83,0	0,86	76,8	2,07	180,0	1,04	83,9	5,09	104,7
2,4-ДА 4 л/га	6,84	87,4	1,73	58,2	1,07	79,3	0,95	84,8	2,08	180,9	1,01	81,5	5,11	105,1

Таблица 54

Содержание фосфора в листьях щирицы запрокинутой через 3 дня после внесения 2,4-ДА в начальных фазах ее развития в посевах кукурузы, выращиваемой на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса 4,2%, мг P₂O₅/г сухого вещества

213

Варианты опыта	Общий		Минеральный		Нуклеотидный		Липидный		Нуклеиновых кислот		Белковый		Сумма органического	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	7,12	100,0	2,34	100,0	1,28	100,0	1,12	100,0	1,17	100,0	1,21	100,0	4,78	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	7,12	100,0	2,14	91,5	1,22	95,3	0,88	78,6	1,73	147,9	1,15	95,0	4,98	104,2
2,4-ДА 1 л/га	6,81	95,6	1,84	78,6	1,05	82,0	0,99	88,4	1,79	153,0	1,14	94,2	4,97	104,0
2,4-ДА 2 л/га	6,22	87,4	1,63	69,7	0,95	74,2	0,78	69,6	1,85	158,1	1,01	83,5	4,59	96,0
2,4-ДА 3 л/га	5,98	84,0	1,47	62,8	0,90	70,3	0,85	75,9	1,85	158,1	0,91	75,2	4,51	94,4
2,4-ДА 4 л/га	5,70	80,1	1,48	63,2	0,89	69,5	0,54	48,2	1,89	161,5	0,90	74,4	4,22	88,3

Содержание свободных аминокислот в листьях кукурузы, выращиваемой на черноземах оподзоленных, через сутки после внесения 2,4-ДА совместно с минеральной некорневой подкормкой в фазе 3–5 листьев, мг/г сухого вещества

Аминокислоты	Контроль	Дозы гербицида, л/га				
		0,5	1	2	3	4
Цистеин	0,6	0,6	0,8	1,2	0,8	0,6
Лизин	0,6	0,5	0,8	1,0	0,6	0,5
Гистидин	0,7	0,8	1,0	1,5	0,8	0,6
Аспарагин	4,0	4,2	4,2	4,3	4,9	4,5
Аспарагиновая кислота	5,2	5,3	5,7	6,8	6,0	5,2
Глутамин	4,4	4,3	4,4	4,4	4,6	4,6
Аргинин	1,3	1,2	1,3	2,5	1,6	1,3
Серин	0,8	0,9	1,0	1,6	1,2	0,8
Глицин	0,5	0,6	0,6	1,4	0,9	0,6
Глутаминовая кислота	5,5	5,6	5,8	6,6	5,5	5,5
Треонин	0,7	0,6	0,9	1,3	0,7	0,6
α -Аланин	2,5	2,4	2,6	3,6	2,7	2,4
Пролин	1,2	1,2	1,5	1,9	1,4	1,2
Тирозин	0,5	0,6	0,8	1,5	1,0	0,7
Триптофан	0,8	1,0	1,2	1,4	0,8	0,8
Метионин	0,8	0,9	1,0	1,1	0,7	0,7
Валин	0,7	0,7	0,9	1,3	0,7	0,7
Фенилаланин	0,6	0,7	1,0	1,3	0,7	0,6
Лейцин	0,9	0,8	0,9	0,9	0,6	0,7
Сумма аминокислот + амиды, %	100,0	101,9	112,7	141,2	112,1	100,9
Сумма аминокислот, %	100,0	102,1	116,3	154,4	111,7	98,3
Сумма амидов, %	100,0	101,2	102,4	103,6	113,1	108,3
Сумма независимых аминокислот, %	100,0	102,0	131,4	162,7	94,1	90,2

Таблица 56

Содержание азота в листьях кукурузы, выращиваемой на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса 4,2 %, после внесения 2,4-ДА совместно с минеральной некорневой подкормкой, мг N/г сухого вещества

Варианты опыта	Через сутки						Через 5 дней					
	общий		минеральный		органический		общий		минеральный		органический	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	53,6	100,0	21,4	100,0	32,2	100,0	54,2	100,0	22,8	100,0	31,4	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	54,3	101,3	21,8	101,9	32,5	100,9	55,2	101,8	23,1	101,3	32,1	102,2
2,4-ДА 1 л/га	59,3	110,6	25,2	117,8	34,1	105,9	65,1	120,1	24,8	108,8	40,3	128,3
2,4-ДА 2 л/га	71,0	132,5	28,5	133,2	42,5	132,0	71,5	131,9	29,2	128,1	42,3	134,7
2,4-ДА 3 л/га	58,8	109,7	23,6	110,3	35,2	109,3	61,1	112,7	25,1	110,1	36,0	114,6
2,4-ДА 4 л/га	50,5	94,2	20,4	95,3	30,1	93,5	51,5	95,0	18,1	81,1	33,0	105,1

Таблица 57

Содержание фосфора в листьях кукурузы, выращиваемой на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса 4,2 %, через 5 дней после внесения 2,4-ДА совместно с минеральной некорневой подкормкой в фазе 3–5 листьев, мг P₂O₅/г сухого вещества

Варианты опыта	Общий		Минеральный		Нуклеотидный		Липидный		Нуклеиновых кислот		Белковый		Сумма органического	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	6,21	100,0	2,32	100,0	1,02	100,0	0,82	100,0	1,01	100,0	1,04	100,0	3,89	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	6,28	101,1	2,38	102,6	1,05	102,9	0,78	96,1	1,02	101,0	1,05	101,0	3,90	100,3
2,4-ДА 1 л/га	6,80	109,5	2,48	106,9	1,10	107,8	0,90	109,8	1,07	105,9	1,25	120,2	4,32	111,1
2,4-ДА 2 л/га	7,97	128,3	2,82	121,6	1,24	121,6	1,32	161,0	1,22	120,8	1,37	131,7	5,15	132,4
2,4-ДА 3 л/га	6,68	107,6	2,44	105,2	1,08	105,9	0,86	104,9	1,20	118,8	1,10	105,8	4,24	109,0
2,4-ДА 4 л/га	5,99	96,5	2,14	92,2	0,97	95,1	0,87	106,1	1,08	106,9	0,93	89,4	3,85	99,0

Через сутки и 5 дней после применения 2,4-ДА на кукурузе, выращиваемой на фоне 40 т/га органических удобрений, более активно, чем при совместном внесении гербицида и минеральных удобрений, в листьях ее повышалось содержание общего азота и фосфора, их минеральных и органических форм при всех дозах гербицида, особенно 1,5–2 л/га (табл. 60, 61), что оказывало положительное влияние на рост и развитие кукурузы. При этом увеличивалось также (табл. 62, 63) содержание минеральных и органических форм азотных и фосфорных соединений в листьях сорняков, что уменьшало токсическое действие на них препаратов и увеличивало сопротивляемость сорняков.

Проведенные нами исследования свидетельствуют о значительной зависимости обмена веществ кукурузы и сорных растений от применения гербицидов с одной стороны и от уровня питания растений, видов применяемых удобрений – с другой.

При изучении обмена веществ у зерновых культур под влиянием гербицидов нами установлено, что по степени изменений в содержании азотных и фосфорных соединений в листьях более чувствительной к производным 2,4-Д и диалену по сравнению с кукурузой при одних и тех же условиях применения препаратов является пшеница озимая. Так, через сутки после внесения 2,4-ДА в фазе кущения пшеницы озимой сорта Мироновская 808 сумма аминокислот в листьях растений увеличивалась против контроля: при 1 л/га на 8,3 %, при 2 л/га на 24,5 %.

Препарат в дозе 3 л/га, наоборот, уменьшал сумму аминокислот на 7,9 % (табл. 64). В растениях же кукурузы через сутки после опрыскивания 2,4-ДА в тех же дозах содержание аминокислот в листьях увеличивалось против контроля соответственно на 14,1 и 49,6 % (табл. 48). При дозе препарата 3 л/га уменьшения содержания аминокислот не происходило; наоборот, – их количество увеличивалось на 1,2 %.

Таблица 58

Содержание азота в листьях щирцы запрокинутой после внесения 2,4-ДА совместно с минеральной некорневой подкормкой в начальных фазах ее развития в посевах кукурузы, выращиваемой на черноземах оподзоленных, мг N/г сухого вещества

Варианты опыта	Через сутки						Через 5 дней					
	общий		минеральный		органический		общий		минеральный		органический	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	41,8	100,0	13,1	100,0	28,7	100,0	41,3	100,0	13,6	100,0	27,7	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	40,3	96,4	15,2	116,0	25,1	87,5	38,9	94,2	16,0	117,6	22,9	82,7
2,4-ДА 1 л/га	33,1	79,2	12,6	96,2	20,5	71,4	29,5	71,4	9,7	71,3	19,8	71,5
2,4-ДА 2 л/га	30,6	73,2	11,0	84,0	19,6	68,3	28,7	69,5	11,7	86,0	17,0	61,4
2,4-ДА 3 л/га	26,5	63,4	6,8	51,9	19,7	68,6	24,1	58,4	7,7	56,6	16,4	57,2
2,4-ДА 4 л/га	25,7	61,5	8,0	61,1	17,7	61,7	22,2	53,8	7,4	54,4	14,8	53,4

Таблица 59

Содержание фосфора в листьях щирцы запрокинутой через 3 дня после внесения 2,4-ДА совместно с минеральной некорневой подкормкой в начальных фазах ее развития в посевах кукурузы, выращиваемой на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса 4,2 %, мг P₂O₅/г сухого вещества

Варианты опыта	Общий		Минеральный		Нуклеотидный		Липидный		Нуклеиновых кислот		Белковый		Сумма органического	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	6,95	100,0	2,43	100,0	1,23	100,0	1,04	100,0	1,09	100,0	1,16	100,0	4,52	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	6,62	95,3	2,19	90,1	1,15	93,5	0,85	81,7	1,35	123,9	1,08	93,1	4,43	98,0
2,4-ДА 1 л/га	6,35	91,4	1,78	73,3	0,98	79,7	1,19	114,4	1,43	131,2	0,97	83,6	4,57	101,1
2,4-ДА 2 л/га	5,31	76,4	1,58	65,0	0,83	67,5	0,62	50,6	1,41	129,4	0,87	75,0	3,73	82,5
2,4-ДА 3 л/га	5,07	72,9	1,45	59,7	0,74	60,2	0,77	74,0	1,32	121,1	0,79	68,1	3,62	80,1
2,4-ДА 4 л/га	4,83	69,5	1,44	59,3	0,67	54,5	0,81	77,9	1,29	118,3	0,62	53,4	3,39	75,0

Таблица 60

Содержание азота в листьях кукурузы, выращиваемой на черноземах оподзоленных, после опрыскивания 2,4-ДА в фазе 3–5 листьев на фоне органических удобрений, внесенных под зяблевую вспашку, мг N/г сухого вещества

Варианты опыта	Через сутки						Через 5 дней					
	общий		минеральный		органический		общий		минеральный		органический	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	53,8	100,0	22,4	100,0	31,4	100,0	54,9	100,0	22,8	100,0	32,1	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	54,8	101,9	23,0	102,7	31,8	101,3	55,4	100,9	22,3	97,8	33,1	103,1
2,4-ДА 1 л/га	62,1	115,4	28,2	125,9	33,9	108,0	66,8	121,7	24,9	109,2	41,9	130,5
2,4-ДА 2 л/га	72,3	134,4	30,4	135,7	41,9	133,4	76,0	138,4	31,3	137,3	44,7	139,3
2,4-ДА 3 л/га	60,6	112,6	24,6	109,8	36,0	114,6	65,6	119,5	29,5	129,4	36,1	112,5
2,4-ДА 4 л/га	57,2	106,3	24,8	110,7	32,4	103,2	55,7	101,5	21,4	93,9	34,3	106,9

Таблица 61

Содержание фосфора в листьях кукурузы, выращиваемой на черноземах оподзоленных, через 5 дней после опрыскивания 2,4-ДА в фазе 3–5 листьев на фоне органических удобрений, внесенных под зяблевую вспашку, мг P₂O₅/г сухого вещества

Варианты опыта	Общий		Минеральный		Нуклеотидный		Липидный		Нуклеиновых кислот		Белковый		Сумма органического	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	6,42	100,0	2,43	100,0	1,04	100,0	0,89	100,0	1,02	100,0	1,04	100,0	3,99	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	6,50	101,2	2,50	102,9	1,07	102,9	0,89	100,0	1,03	101,0	1,01	97,1	4,00	100,3
2,4-ДА 1 л/га	7,06	110,0	2,63	108,2	1,12	107,7	1,07	120,2	1,09	106,9	1,15	110,6	4,43	111,0
2,4-ДА 2 л/га	8,44	131,5	3,04	125,1	1,27	122,1	1,31	147,2	1,35	132,4	1,47	141,3	5,40	135,3
2,4-ДА 3 л/га	7,02	109,3	2,63	108,2	1,10	105,8	1,05	118,0	1,09	106,9	1,15	110,6	4,39	110,0
2,4-ДА 4 л/га	6,12	95,3	2,29	94,2	1,00	96,2	0,81	91,0	1,01	99,0	1,01	97,1	3,83	96,0

Таблица 62

Содержание азота в листьях щирцы запрокинутой после обработки 2,4-ДА в посевах кукурузы на фоне органических удобрений, внесенных под зяблевую вспашку, мг N/г сухого вещества

Варианты опыта	Через сутки						Через 5 дней					
	общий		минеральный		органический		общий		минеральный		органический	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	42,3	100,0	14,5	100,0	27,8	100,0	42,8	100,0	14,2	100,0	28,6	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	41,2	97,4	16,3	112,4	24,9	89,6	40,3	94,2	16,6	116,9	23,7	82,9
2,4-ДА 1 л/га	34,4	81,3	12,9	89,0	21,5	77,3	31,5	73,6	10,2	71,8	21,3	74,5
2,4-ДА 2 л/га	32,2	76,1	12,9	89,0	19,3	69,4	30,8	72,0	11,3	79,6	19,5	68,2
2,4-ДА 3 л/га	29,3	69,3	11,1	76,6	18,2	65,5	27,5	64,3	9,5	66,9	18,0	62,9
2,4-ДА 4 л/га	27,3	64,5	9,9	68,3	17,4	62,6	24,4	57,0	8,0	56,3	16,4	57,3

Таблица 63

Содержание фосфора в листьях щирцы запрокинутой через 5 дней после обработки 2,4-Д в посевах кукурузы на фоне органических удобрений, внесенных под зяблевую вспашку, мг P₂O₅/г сухого вещества

Варианты опыта	Общий		Минеральный		Нуклеотидный		Липидный		Нуклеиновых кислот		Белковый		Сумма органического	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	6,83	100,0	2,43	100,0	1,15	100,0	1,04	100,0	1,09	100,0	1,12	100,0	4,40	100,0
2,4-ДА 0,5 л/га	6,61	96,8	2,22	91,4	1,08	93,9	0,94	90,4	1,32	121,1	1,05	93,8	4,39	99,8
2,4-ДА 1 л/га	6,46	94,6	1,82	74,9	0,84	81,7	1,35	129,8	1,35	123,9	1,00	89,3	4,64	105,5
2,4-ДА 2 л/га	5,42	79,4	1,60	65,8	0,79	68,7	0,84	80,8	1,31	120,2	0,88	78,6	3,82	86,8
2,4-ДА 3 л/га	5,09	74,5	1,47	60,5	0,71	61,7	0,73	70,2	1,38	126,6	0,80	71,4	3,62	82,3
2,4-ДА 4 л/га	4,90	71,7	1,39	57,2	0,62	53,9	0,98	94,2	1,31	120,2	0,60	53,6	3,51	79,8

Аналогичная закономерность наблюдалась в содержании незаменимых аминокислот: их было меньше в листьях пшеницы озимой по сравнению с листьями кукурузы: при 1 л/га 2,4-ДА на 27,7 %, при 2 л/га на 38,5 % (табл. 48, 64).

В растениях кукурузы было также больше, чем в растениях пшеницы озимой, амидов при тех же дозах 2,4-ДА (табл. 48, 64), что, возможно, определяет большую защитную реакцию растений кукурузы и ее повышенную устойчивость к гербициду.

Еще большая разница наблюдалась в содержании аминокислот в листьях двух видов культурных злаковых растений через сутки после внесения 2,4-ДА совместно с минеральной некорневой подкормкой.

Так, если в листьях кукурузы содержание аминокислот увеличивалось по сравнению с контролем на 16,3 % при 1 л/га, на 54,4 % при 2 л/га и на 11,7 % при 3 л/га препарата (табл. 55), то в листьях пшеницы озимой сумма аминокислот увеличивалась при дозах 1 и 2 л/га гербицида, внесенного совместно с минеральными удобрениями, соответственно на 7,5 и 23,5 % (табл. 65). При 3 л/га 2,4-ДА, сумма аминокислот в листьях пшеницы озимой через сутки после применения смеси, наоборот, – уменьшалась на 9,7% против контроля (табл. 65).

Аналогичная закономерность наблюдалась и в содержании незаменимых аминокислот. На 3-й день после внесения в посевах пшеницы озимой 2,4-ДА совместно с минеральной некорневой подкормкой содержание общего – соответственно дозам на 21,8 и 24,4 % по сравнению с контролем (табл. 66). При дальнейшем повышении доз гербицида содержание этих веществ уменьшалось, а при 3 л/га препарата, внесенного с НРК, их количество оставалось ниже уровня контроля.

количества аминокислот, в том числе незаменимых, в листьях растений увеличивалось более всего при дозах 1 и 1,5 л/га препарата

У то же время, при внесении 2,4-ДА без минеральных удобрений в фазе кущения пшеницы озимой наибольшее количество аминокислот (125 %), в том числе незаменимых (128,6 % к контролю), накапливалось в листьях при дозе гербицида 2 л/га (табл. 67), а при внесении диалена аминокислотный обмен проходил наиболее интенсивно при дозе 1,5 л/га препарата (табл. 68).

Таблица 64

Содержание свободных аминокислот в листьях пшеницы озимой, выращиваемой на черноземах оподзоленных, через сутки после применения 2,4-ДА в фазе кущения, мг/г сухого вещества

Аминокислоты	Контроль	Дозы гербицида, л/га				
		0,5	1	2	3	4
Цистеин	1,2	1,4	1,6	1,6	1,4	1,0
Лизин	0,5	0,5	0,8	0,9	0,7	0,5
Гистидин	0,9	0,9	1,0	1,3	1,0	0,7
Аспарагин	2,9	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3
Аспарагиновая кислота	3,9	4,1	4,3	4,4	4,0	3,8
Глутамин	2,8	3,0	3,2	3,2	3,4	3,6
Аргинин	1,2	1,3	1,4	1,4	1,1	0,9
Серин	1,4	1,4	1,5	1,5	1,4	1,3
Глицин	0,8	0,8	1,0	0,9	0,8	0,8
Глутаминовая кислота	3,4	3,6	3,8	4,0	2,9	2,7
Треонин	1,3	1,1	1,3	1,2	1,2	1,0
α -Аланин	1,3	1,6	1,8	2,0	1,6	1,6
Пролин	0,9	1,2	1,2	1,2	0,9	0,9
Тирозин	0,7	1,1	1,3	1,5	0,8	0,7
Триптофан	1,1	1,2	1,3	1,3	1,2	1,0
Метионин	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0
Валин	0,8	0,9	1,0	1,0	0,9	0,7
Фенилаланин	0,4	0,5	0,7	0,7	0,7	0,5
Лейцин	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8
Сумма аминокислот + амиды, %	100,0	107,3	117,2	121,6	106,6	98,2
Сумма аминокислот, %	100,0	108,3	119,4	124,5	104,2	92,1
Сумма амидов, %	100,0	103,5	108,8	110,5	115,8	121,1
Сумма независимых аминокислот, %	100,0	103,5	108,8	110,5	115,8	121,1

Содержание свободных аминокислот в листьях пшеницы озимой, выращиваемой на черноземах оподзоленных, через сутки после внесения 2,4-ДА совместно с минеральной некорневой подкормкой в фазе кущения, мг/г сухого вещества

Аминокислоты	Контроль	Дозы гербицида, л/га				
		1	1,5	2	2,5	3
Цистеин	1,0	1,1	1,3	1,6	1,1	0,8
Лизин	0,6	0,9	0,9	0,6	0,5	0,5
Гистидин	0,8	0,9	1,0	1,4	0,8	0,7
Аспарагин	2,8	2,8	2,9	2,8	2,6	2,5
Аспарагиновая кислота	4,1	4,5	4,7	4,7	4,4	4,0
Глутамин	3,0	3,2	3,3	3,3	3,1	3,1
Аргинин	1,1	1,2	1,4	1,6	1,1	1,0
Серин	1,5	1,5	1,5	1,7	1,3	1,1
Глицин	0,9	1,1	1,2	1,4	0,9	0,8
Глутаминовая кислота	4,3	4,6	4,5	4,8	4,4	4,1
Треонин	1,1	1,0	1,2	1,1	1,1	0,8
α -Аланин	1,6	1,6	1,8	1,7	1,5	1,2
Пролин	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,5
Тирозин	0,8	1,0	1,4	1,6	1,0	0,8
Триптофан	1,0	1,1	1,1	1,2	1,0	1,0
Метионин	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0
Валин	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8
Фенилаланин	0,5	0,5	0,7	0,8	0,6	0,6
Лейцин	0,7	0,8	0,9	0,9	0,8	0,7
Сумма аминокислот + амиды, %	100,0	106,7	114,4	119,7	101,4	91,5
Сумма аминокислот, %	100,0	107,5	116,4	123,5	102,2	90,3
Сумма амидов, %	100,0	103,4	106,9	105,2	98,3	96,6
Сумма независимых аминокислот, %	100,0	105,2	115,5	119,0	108,6	93,1

2,4-ДА, внесенная в посевах пшеницы озимой в фазе выхода в трубку, уменьшала в листьях общее содержание аминокислот, в том числе незаменимых, не только при 3 и 2,5, но и при 2 л/га препарата до уровней ниже контроля (табл. 69). При этом снижалось содержание важнейших аминокислот, в том числе лизина, что, как показали наши дальнейшие исследования, значительно отражалось на делении хромосом соматических клеток, их митотическом цикле и качестве урожая пшеницы озимой.

Действие гербицидов на обмен веществ растений проявлялось также при внесении их в почву. Так, при использовании эрадикана 6Е под посев кукурузы, возделываемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,8 %, в дозах от 5 до 9 л/га через месяц и 2 месяца после внесения препарата наибольшее количество общих, минерального и органического азота и фосфора, их составных фракций в листьях было при дозах 5 и 6 л/га (табл. 70, 71). С повышением доз эрадикана 6Е свыше 6 л/га на серых оподзоленных почвах уменьшалось количество азотных и фосфорных соединений в листьях кукурузы, а при 8 и 9 л/га препарата количество всех форм азота и фосфора было меньше, чем на контроле. В то же время, при внесении тех же доз эрадикана 6Е в посевах кукурузы, возделываемой на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса 4,6 %, количество азотных и фосфорных соединений в листьях было наибольшим при 8 и 9 л/га препарата (табл. 72, 73), меньше – при 7 л/га и совсем незначительные изменения происходили в содержании азота и фосфора в листьях кукурузы при 5 и 6 л/га эрадикана 6Е.

Таким образом, как следует из вышеизложенного, гербициды оказывают большое влияние на обмен веществ чувствительных и устойчивых к ним растений. Уровни изменений в обмене веществ, определяющие жизнедеятельность растений и их продуктивность при воздействии гербицидов, находятся в тесной зависимости от степени чувствительности растений к препарату, доз, сроков и способов их применения, механического состава почвы и содержания в ней гумуса, питательного режима и вида применяемых удобрений. Регулируя условиями применения гербицидов, оказывая тем самым соответствующее влияние на обмен веществ культурных и сорных растений можно обеспечить наиболее экологически безопасное их применение в посевах сельскохозяйственных культур и повышать продуктивность растений.

Содержание свободных аминокислот в листьях пшеницы озимой, выращиваемой на черноземах оподзоленных, через 3 дня после применения 2,4-ДА совместно с минеральной некорневой подкормкой в фазе кущения, мг/г сухого вещества

Аминокислоты	Контроль	Дозы гербицида, л/га				
		1	1,5	2	2,5	3
Цистеин	1,2	1,4	1,5	1,6	1,0	0,8
Лизин	0,6	1,0	1,1	1,0	0,8	0,6
Гистидин	0,9	1,3	1,4	1,5	1,0	0,7
Аспарагин	3,1	3,1	3,2	3,3	3,4	3,3
Аспарагиновая кислота	4,4	4,6	4,9	4,9	4,4	4,0
Глутамин	2,9	3,0	3,0	3,2	3,3	3,3
Аргинин	1,3	1,5	1,6	1,7	1,3	1,0
Серин	1,1	1,2	1,3	1,6	1,3	1,0
Глицин	0,8	1,1	1,2	1,4	1,2	0,9
Глутаминовая кислота	4,2	4,4	4,6	4,6	4,3	4,0
Треонин	1,1	1,2	1,2	1,0	1,0	0,9
α -Аланин	1,5	1,9	2,0	2,1	1,9	1,6
Пролин	0,9	1,2	1,4	1,5	1,3	1,0
Тирозин	1,3	1,4	1,5	1,6	1,4	1,2
Триптофан	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,0
Метионин	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1	1,0
Валин	0,8	1,0	1,1	1,1	1,0	0,9
Фенилаланин	0,6	0,8	0,9	0,8	0,8	0,7
Лейцин	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8
Сумма аминокислот + амиды, %	100,0	112,1	118,1	121,1	109,1	96,3
Сумма аминокислот, %	100,0	114,7	121,8	124,4	108,4	92,9
Сумма амидов, %	100,0	101,7	103,3	108,3	111,7	110,0
Сумма независимых аминокислот, %	100,0	117,7	122,6	114,5	108,1	95,2

Таблица 67

Содержание свободных аминокислот в листьях пшеницы озимой, выращиваемой на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса 4,6 %, через 3 дня после внесения 2,4-ДА в фазе кущения, мг/г сухого вещества

Аминокислоты	Контроль	Дозы гербицида, л/га				
		1	1,5	2	2,5	3
Цистеин	1,1	1,2	1,2	1,5	1,2	0,8
Лизин	0,6	0,7	0,9	1,1	0,7	0,6
Гистидин	0,8	1,0	1,1	1,1	0,8	0,7
Аспарагин	3,0	3,1	3,2	3,2	3,4	3,5
Аспарагиновая кислота	4,1	4,5	4,8	4,9	4,5	4,2
Глутамин	2,9	2,9	3,1	3,1	3,3	3,3
Аргинин	1,0	1,2	1,4	1,5	1,2	1,3
Серин	1,2	1,3	1,3	1,3	1,1	1,0
Глицин	0,7	0,8	1,0	1,0	0,8	0,7
Глутаминовая кислота	3,8	4,0	4,1	4,3	4,0	4,0
Треонин	1,2	1,2	1,3	1,3	1,2	1,0
α -Аланин	1,6	1,8	1,8	1,8	1,6	1,5
Пролин	0,8	1,2	1,2	1,1	0,9	0,8
Тирозин	1,0	1,2	1,4	1,4	1,1	0,8
Триптофан	1,2	1,1	1,2	1,3	1,2	1,0
Метионин	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1	0,8
Валин	0,9	0,9	1,1	1,1	0,9	0,6
Фенилаланин	0,5	0,6	0,8	1,0	1,0	0,9
Лейцин	0,8	0,8	1,0	1,1	1,0	0,9
Сумма аминокислот + амиды, %	100,0	108,5	117,0	121,2	109,5	100,4
Сумма аминокислот, %	100,0	110,3	119,6	125,0	108,5	96,4
Сумма амидов, %	100,0	101,7	106,8	106,8	113,6	115,3
Сумма независимых аминокислот, %	100,0	103,2	119,0	128,6	112,7	92,1

Таблица 68

Содержание свободных аминокислот в листьях пшеницы озимой, выращиваемой на черноземах оподзоленных, через 3 дня после внесения диалена в фазе кущения, мг/г сухого вещества

Аминокислоты	Контроль	Дозы гербицида, л/га				
		1	1,5	2	2,5	3
Цистеин	1,1	1,4	1,6	1,3	1,2	1,0
Лизин	0,6	0,8	1,1	1,0	0,8	0,5
Гистидин	0,8	1,0	1,0	0,9	0,9	0,7
Аспарагин	3,2	3,1	3,1	3,2	3,4	3,3
Аспарагиновая кислота	4,1	4,6	4,8	4,7	4,6	4,0
Глутамин	2,9	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2
Аргинин	1,1	1,3	1,6	1,2	1,1	0,9
Серин	0,8	1,2	1,3	1,2	1,0	0,7
Глицин	0,8	1,1	1,2	0,9	0,9	0,9
Глутаминовая кислота	4,0	4,5	4,8	4,5	4,2	3,8
Треонин	1,0	1,1	1,3	1,2	1,1	0,9
α -Аланин	0,9	1,2	1,9	1,2	1,1	1,0
Пролин	0,8	1,0	1,3	1,0	1,0	0,9
Тирозин	1,2	1,4	1,6	0,8	0,8	0,8
Триптофан	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1	0,9
Метионин	1,2	1,2	1,3	1,2	1,1	1,0
Валин	0,9	0,9	1,0	1,0	0,9	0,9
Фенилаланин	0,6	0,7	0,7	0,8	0,6	0,6
Лейцин	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8
Сумма аминокислот + амиды, %	100,0	113,3	124,7	112,2	106,8	96,1
Сумма аминокислот, %	100,0	117,0	131,2	114,7	106,4	93,1
Сумма амидов, %	100,0	100,0	101,6	103,3	108,2	106,6
Сумма независимых аминокислот, %	100,0	109,7	121,0	117,7	103,2	90,3

Таблица 69

Содержание свободных аминокислот в листьях пшеницы озимой, выращиваемой на черноземах оподзоленных, через 3 дня после внесения диаалена в фазе выхода в трубку, мг/г сухого вещества

Аминокислоты	Контроль	Дозы гербицида, л/га				
		1	1,5	2	2,5	3
Цистеин	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	0,8
Лизин	0,6	0,7	0,8	0,6	0,5	0,5
Гистидин	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8	0,6
Аспарагин	2,9	3,2	3,3	3,3	2,9	3,0
Аспарагиновая кислота	4,2	4,4	4,4	4,2	4,0	3,8
Глутамин	3,1	3,4	3,4	3,5	3,0	3,0
Аргинин	1,1	1,3	1,2	1,1	1,0	0,7
Серин	1,0	1,1	1,0	0,9	0,9	0,7
Глицин	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9	0,6
Глутаминовая кислота	3,9	4,2	4,3	4,1	3,9	3,5
Треонин	1,1	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7
α -Аланин	1,2	1,2	1,0	1,1	1,1	0,7
Пролин	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,6
Тирозин	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6
Триптофан	1,1	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7
Метионин	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7
Валин	0,8	0,8	0,9	0,8	0,6	0,6
Фенилаланин	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4	0,5
Лейцин	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7
Сумма аминокислот + амиды, %	100,0	104,7	104,3	100,0	92,0	83,3
Сумма аминокислот, %	100,0	103,2	102,3	96,3	90,3	78,7
Сумма амидов, %	100,0	110,0	111,7	113,3	98,3	100,0
Сумма независимых аминокислот, %	100,0	98,3	101,7	89,7	75,9	75,9

Таблица 70

Содержание азота в листьях кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,8%, после внесения эрадикана 6Е в почву, мг N/г сухого вещества

Варианты опыта	Через месяц						Через 2 месяца					
	общий		минеральный		органический		общий		минеральный		органический	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	37,0	100,0	12,8	100,0	24,2	100,0	37,4	100,0	13,7	100,0	23,7	100,0
Эрадикан 6Е 5 л/га	37,9	102,4	13,3	103,9	24,6	101,7	38,3	102,4	13,3	97,1	25,0	105,5
Эрадикан 6Е 6 л/га	38,1	103,0	13,7	107,0	24,4	100,8	39,8	106,4	14,2	103,6	25,6	108,0
Эрадикан 6Е 7 л/га	37,4	101,1	13,4	104,7	24,0	99,2	36,5	97,6	11,6	84,7	24,9	105,1
Эрадикан 6Е 8 л/га	36,5	98,6	13,0	101,6	23,5	97,1	35,4	94,7	12,3	89,8	23,1	97,5
Эрадикан 6Е 9 л/га	36,6	98,9	12,5	97,7	24,1	99,6	35,4	94,7	12,2	89,1	23,2	97,9

Таблица 71

Содержание фосфора в листьях кукурузы, выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,8%, через месяц после внесения эрадикана 6Е в почву, мг P₂O₅/г сухого вещества

Варианты опыта	Общий		Минеральный		Нуклеотидный		Липидный		Нуклеиновых кислот		Белковый		Сумма органического	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	6,13	100,0	2,16	100,0	1,12	100,0	0,79	100,0	0,91	100,0	1,15	100,0	3,97	100,0
Эрадикан 6Е 5 л/га	6,48	105,7	2,21	102,3	1,13	100,9	0,91	115,2	1,02	112,1	1,21	105,2	4,27	107,6
Эрадикан 6Е 6 л/га	7,01	114,4	2,35	108,8	1,19	106,3	1,09	138,0	1,14	125,3	1,24	107,8	4,66	117,4
Эрадикан 6Е 7 л/га	6,25	102,0	2,23	103,2	1,14	101,8	0,86	108,9	1,01	111,0	1,01	87,8	4,02	101,3
Эрадикан 6Е 8 л/га	6,17	100,7	2,14	99,1	1,08	96,4	0,94	119,0	1,01	111,0	1,00	87,0	4,03	101,5
Эрадикан 6Е 9 л/га	5,97	97,4	2,00	92,6	0,94	83,9	0,95	120,3	1,14	125,3	0,94	81,7	3,97	100,0

Таблица 72

Содержание азота в листьях кукурузы, выращиваемой на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса 4,6 %, после внесения эрадикана 6Е в почву, мг N/г сухого вещества

Варианты опыта	Через месяц						Через 2 месяца					
	общий		минеральный		органический		общий		минеральный		органический	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	38,4	100,0	13,5	100,0	24,9	100,0	38,9	100,0	14,3	100,0	24,6	100,0
Эрадикан 6Е 5 л/га	38,6	100,5	13,5	100,0	25,1	100,8	40,1	103,1	15,5	108,4	24,6	100,0
Эрадикан 6Е 6 л/га	38,7	100,8	13,6	100,7	25,1	100,8	40,1	103,1	15,0	104,9	25,1	102,0
Эрадикан 6Е 7 л/га	40,7	106,0	14,0	103,7	26,7	107,2	41,4	106,4	15,7	109,8	25,7	104,5
Эрадикан 6Е 8 л/га	41,2	107,3	14,3	105,9	26,9	108,0	42,4	109,0	16,0	111,9	26,4	107,3
Эрадикан 6Е 9 л/га	41,4	107,8	14,4	106,7	27,0	108,4	42,7	109,8	16,0	111,9	26,7	108,5

Таблица 73

Содержание фосфора в листьях кукурузы, выращиваемой на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса 4,6 %, через месяц после внесения эрадикана 6Е в почву, мг P₂O₅/г сухого вещества

Варианты опыта	Общий		Минеральный		Нуклеотидный		Липидный		Нуклеиновых кислот		Белковый		Сумма органического	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	6,48	100,0	2,19	100,0	1,08	100,0	0,93	100,0	1,05	100,0	1,23	100,0	4,29	100,0
Эрадикан 6Е 5 л/га	6,49	100,2	2,19	100,0	1,09	100,9	0,91	97,8	1,04	99,0	1,26	102,4	4,30	100,2
Эрадикан 6Е 6 л/га	6,51	100,5	2,21	100,9	1,08	100,0	0,91	97,8	1,06	101,0	1,25	101,6	4,30	100,2
Эрадикан 6Е 7 л/га	6,78	104,6	2,28	104,1	1,12	103,7	0,99	106,5	1,12	106,7	1,27	103,3	4,50	104,9
Эрадикан 6Е 8 л/га	7,18	110,8	2,35	107,3	1,21	112,0	1,13	121,5	1,18	112,4	1,31	106,5	4,83	112,6
Эрадикан 6Е 9 л/га	7,21	111,3	2,40	109,6	1,27	117,6	1,17	125,8	1,08	102,9	1,29	104,9	4,81	112,1

3. ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДОВ ПРИ РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ НА ХРОМОСОМНЫЙ АППАРАТ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И ФЕРТИЛЬНОСТЬ ПЫЛЦЫ

Исследуя влияние гербицидов на обмен веществ культурных и сорных растений и установив четко выраженную зависимость изменения в них содержания азотных и фосфорных соединений, в том числе нуклеопротеидов, являющихся основным энергетическим веществом при делении клеток, аминокислот и, в частности лизина, имеющего большое значение в передаче наследственных признаков растений, от условий применения препаратов, почвенной среды, целесообразным было изучить влияют ли при этом гербициды на хромосомный аппарат в митозе и мейозе зерновых культур, митотическую активность соматических клеток в поколениях растений и фертильность пыльцы, определяющей величину урожая и его качество.

В литературе имеются сведения о мутагенной активности гербицидов и о значительных нарушениях в делении хромосом соматических и половых клеток при воздействии этих соединений. Так, почвенные гербициды ИФК и хлор-ИФК действуют на растения ячменя и ржи как митотические яды [9]; увеличивают количества хромосом в анафазе, блокируют метафазы, образуют ядерные мосты; гербициды контактного действия, производные фенола, вызывают митотические и мейотические нарушения у кормовых бобов и гороха. Препараты типа регуляторов роста, по сообщению тех же авторов, после обработки растений вызывали митотические и мейотические аномалии в клетках пыльцевых зерен ячменя, пшеницы и сорго. Производные триазинов у сорго в меристематических клетках нарушали мейоз, способствовали образованию анеуплоидных и полиплоидных клеток, клеток с микроядрами, повышали (до 12%) количество клеток с абберациями, увеличивали количество соматических клеток с анафазными мостами у ячменя и кормовых бобов. Однако исследователи не наблюдали увеличения количества хлорофильных мутаций и растений со стерильными колосьями при воздействии триазинов, что, по их мнению, свидетельствует о невысокой опасности возникновения мутаций при использовании гербицидов этой группы.

Ю. Мережинский и др. [91] при изучении мутагенной активности симазина, атразина, прометрина, линурона, эптама, трефлана на

кукурузе (линия ВИР–27) установили серьезные нарушения хромосомного аппарата в клетках корешков при воздействии эптама и, особенно трефлана, которые индуцировали высокий процент генетических изменений, выражающихся в изменении окраски растений, структуре соцветий, листа, стебля, початка, эндосперма. Уровень мутирования кукурузы по тесту хромосомных aberrаций увеличивался под действием трефлана в 3–4 раза, высокой дозы линурона и эптама – в 2 раза. Триазिनковые гербициды проявляли низкую мутагенную активность на растениях.

В то же время, в опытах других авторов (N.Loprieno et al. [92]) атразин и его метаболиты оказывали мутагенное действие на микроорганизмы и животных. После подтверждения результатов их исследований другими генетическими лабораториями Европы можно было предположить генетическую опасность триазина и для человека.

А.И. Куринным и М.А. Пилинской [93] получены данные о нарушении хромосомного аппарата соматических клеток человека при действии 2,4-Д. Однако в другой работе [94] отмечается, что 2,4-Д не была причастна к врожденным уродствам детей, но 2,4,5-Т и ее смеси содержали диоксин, который может вызывать такие изменения.

В опытах А.А. Чеботаря и др. [95] гербициды трефлан и прометрин по спектру хромосомных нарушений действовали как химические мутагены – вызывали полиплоидию за счет полного ингибирования ахроматинового веретена, нарушали процесс клеточного деления и индуцировали структурные aberrации хромосом.

Е. Димитрова-Русева [96] установила, что митотический эффект реглона, грамоксона, балана при действии на корни (длиной 0,8–1 см) кормовых бобов зависит от концентраций гербицидов и экспозиций. При этом гербициды подавляли образование митотического веретена и вызывали хромосомные aberrации.

Другие авторы (Н. Hosaka et al., [97]) установили зависимость действия сетоксидима от доз препарата на митотические стадии клеток проростков кукурузы. С повышением концентрации гербицида до $3 \cdot 10^{-6}$ М доля делющихся клеток в кончиках корней кукурузы через 12 часов была очень мало, а профаз и метафаз не было даже через сутки после обработки. Форма же ядерной мембраны была не нормальной. Через 48 часов ни одна из клеток не делилась, они были

сильно вакуолизированы, появлялись клетки с двумя мостами. Меристематическая активность была подавлена.

Действие гербицидов на хромосомный аппарат меристемных тканей проростков кукурузы и озимой пшеницы при разных концентрациях препаратов и условиях питания растений изучали З.М. Грицаенко, Ю.Н. Мишкурин [98], З.М. Грицаенко [99, 100, 101, 102].

Обнаружены неодинаковые типы хромосомных aberrаций соматических клеток при разных дозах 2,4-Д у кормового гороха [103]. Авторы установили значительные цитологические нарушения: мейотические aberrации с образованием фрагментов в метафазе, запаздывание и неравномерное распределение хромосом, слипание хромосом, возрастание количества стерильной пыльцы. Они считают, что хромосомные aberrации, вызываемые 2,4-Д, могут обуславливаться физиологическим взаимодействием в клетках.

В.П. Деева и др. [104, 105] исследовав электрофоретический спектр легкорастворимых белков 17 дителоцентрических линий пшеницы Чайниз Спринг, количественные изменения ДНК, РНК, активность соответствующих ферментов, компонентный состав каталитически активных легко- и труднорастворимых белков родительских форм ячменя, обработанных 2,4-Д, также пришли к заключению о зависимости этих изменений от состояния хромосом в клетках и о роли в результате этих изменений материнской наследственности.

Цитологическими исследованиями установлено [106] отрицательное влияние на процесс клеточного деления пшеницы озимой сортов Безостая, Дакия и Потайсса гербицида ифедина, особенно при использовании его в более поздние фазы развития растений. Ифедин оказывал отрицательное влияние на процесс оплодотворения: больше – у сортов Безостая и Дакия, меньше – у Потайсса. Количество стерильных колосьев у сортов Безостая и Дакия составляло свыше 90 %, у сорта Потайсса – 55 %. Соответственно снижалась урожайность: у сортов Безостая и Дакия на 33,8 и 26,3 ц/га, у сорта Потайсса на 13,7 ц/га.

Установлено [107] значительное влияние гидразина малеиновой кислоты (0,25–0,5 %) и далапона (0,05–0,2 %) на *Capsicum annuum* и *Datura alba*. Препараты ослабляли рост и задерживали цветение растений, вызывали развитие уродливых цветков, снижали размер и количество цветков на растениях. Двукратное применение ГМК в

концентрации 0,5 % до и после появления цветочных почек индуцировало полную стерильность пыльцы у обоих видов растений.

Другие исследователи [108] наблюдали в течение 24 часов после замачивания зерновок пшеницы в 10^{-3} М растворе 2,4-Д глубокую дедифференциацию перицикла, эндодермы и меристемы мезокотила проростков. Интенсивное деление клеток этих тканей приводило к формированию меристематического чехла вокруг зоны проводящих пучков главного корня и центрального цилиндра. В меристематическом чехле закладывались многочисленные зародышевые корни, которые в дальнейшем не получали развития. Внешние симптомы отмеченных гистологических преобразований выражались в увеличении размеров кончиков корней и образовании на поверхности зародыша незначительных по величине галлов. Выяснено также [109] ингибирующее действие 2,4-Д на морфогенез семядолей.

Более устойчивы к гербицидам 2,4-Д, пиклораму, 2,4,5-Т и их смесям, а также к симазину, диурону полиплоидные виды растений [110]. У видов растений, устойчивых к неселективным гербицидам, число соматических хромосом выше, чем у чувствительных.

К. Христов, П. Пресолска [111] изучали мутагенную активность гербицидов эрадикана 6Е и 7Е на семенах инбредных линий кукурузы 23/57 В и С-103. Установлено, что исследуемые линии обладают неодинаковой чувствительностью к этим гербицидам. Для 23/57 В они явились ингибиторами, а для С-103 – стимуляторами. Авторами установлена четко выраженная мутагенная активность эрадикана. Степень естественного мутирования на клеточном уровне удваивалась при концентрации гербицида 0,2 %, а максимум мутирования наблюдался при концентрации 0,4 %. Эрадикан индуцировал преимущественно хроматидные аберрации.

Обнаружены различные хромосомные аберрации и нарушения в кончиках корней овса под влиянием алахлора и метахлора в концентрации 1 мкМ в течение 30 часов после обработки [112]; в кончиках корней лука и ячменя под влиянием пропахлора через 18 и 96 часов после обработки деление клетки приостанавливалось; в кончиках корней гороха под влиянием иоксинила через 1 час экспозиции митоз снижался наполовину. Алахлор и 2,4-Д прерывали митотический цикл в растениях; пронамид через 8 часов после обработки увеличивал почти в 4 раза число клеток в митозе корней

овса по сравнению с контролем. Вызывал увеличение числа остановленных метафаз асулам.

Как отмечается в отчете об исследованиях влияния 2,4-ДА на ячмень Московский 121 в год обработки и в следующих поколениях [113], развивались растения с деформированными колосьями, однако в потомстве обработанных растений в первом и втором поколениях фенотипические отклонения обуславливались сроками обработки гербицида и его дозами, а не деформированностью семян и колосьев. Частота хромосомных aberrаций сохранялась на уровне контроля, что свидетельствует о ненаследуемом характере отмеченных изменений.

3.1. Изменения в хромосомном аппарате озимой пшеницы в поколениях и фертильность пыльцы в зависимости от видов применяемых гербицидов, доз, сроков и способов их внесения, питательного уровня растений, сорта и предшественников

В результате проведенных нами исследований установлено, что при внесении производных 2,4-Д в почву до посева озимой пшеницы сорта Мироновская 808 прогрессивно увеличивается скорость деления хромосомного аппарата и число хромосомных перестроек соматических клеток в первом поколении. Даже при минимальных дозах 2,4-ДА (0,25 и 0,5 л/га) число (в %) хромосомных aberrаций было в 2,5 раза выше, чем на контроле (табл. 74). С увеличением доз гербицида повышалось количество хромосомных перестроек. Так, если на контроле их сумма составляла 0,8 % к числу анафаз, то при дозах препарата 0,25; 0,5; 1; 1,5; 2 и 3 л/га – соответственно 2,02; 2,03; 2,20; 3,13; 3,65 и 4,21 %. Рост частоты aberrаций отмечен, в основном, за счет увеличения числа одиночных мостов, одиночных и двойных микрофрагментов. Наблюдалось также отставание хромосом, чего не было на контроле.

Особенно нарушался процесс деления ядра соматических клеток пшеницы озимой при внесении 2,4-ДА в почву в высоких дозах (табл. 75). И здесь, как и при низких, так и средних дозах препарата, степень нарушения деления хромосом находилась в прямой зависимости от доз. Так, дозам 4; 6; 8; 10; 12 и 14 л/га препарата соответствовало число перестроек 7,40; 9,01; 19,82; 19,11; 18,59 и 20,20 % к числу анафаз или соответственно их количество было в 9,2; 11,2; 24,8; 23,9; 23,2 и 25,2 раза больше, чем на контроле. При этом росло число

разновидностей аббераций с появлением мостов, фрагментов, отставанием и утолщением хромосом.

Незначительным было влияние 2,4-ДА в высоких дозах на деление хромосом пшеницы озимой в профазе и телофазе при внесении препарата в почву (табл. 76). В то же время, число клеток в метафазе увеличивалось и уменьшалось в анафазе по отношению к общему количеству митотических клеток. При этом уменьшалось количество митотических клеток в среднем на один корешок и увеличивалось суммарное количество аббераций в клетках (табл. 75, 76). Заметным также было и то, что семена пшеницы озимой урожая, полученного при выращивании растений с внесением 2,4-ДА в почву, позже прорастали, чем на контроле. И этот срок удлинялся с увеличением доз гербицида. При этом корешки деформировались и укорачивались. А при высоких дозах препарата формировались утолщенные со значительным опушением корни.

Внесение аминной соли 2,4-Д в дозах 0,25–2 л/га в почву перед посевом пшеницы озимой на фоне $N_{90}P_{90}K_{60}$ снижало по сравнению с внесением гербицида без минеральных удобрений число хромосомных аббераций в соматических клетках корешков в F_1 (табл. 74, 77).

С повышением доз гербицида до 3 л/га, вносимого на фоне NPK, по сравнению с неудобренным фоном количество аббераций увеличивалось на 0,31 % по отношению к числу анафаз (табл. 74, 77). При этом прогрессировало образование в клетках одиночных фрагментов.

Производные 2,4-Д, внесенные в почву на фоне органических удобрений (40 т/га), уменьшали в первом поколении общее число перестроек в митотическом цикле хромосом корешков пшеницы озимой по сравнению с минеральным или неудобренным фоном (табл. 78). Здесь при низких (0,25 – 1 л/га) дозах 2,4-ДА, как и на контроле, не наблюдалось хромосомных аббераций с двойными мостами и двойными фрагментами. Эти нарушения проявлялись при внесении гербицида 2,4-ДА в дозах свыше 1 л/га (табл. 78), однако их количество было меньше, чем в клетках растений, выращиваемых с применением гербицида без органических удобрений. При внесении 2,4-ДА в почву на фоне органических удобрений отмечено незначительное увеличение продолжительности профазы в митотическом цикле пшеницы озимой в F_1 по сравнению с контролем (табл. 79).

Не установлено нами цитогенетических нарушений в соматических клетках меристемы корешков как при внесении 2,4-ДА на фоне удобрений, так и без них во втором поколении пшеницы озимой (табл. 80, 81). При этом число аббераций хромосом при разных дозах гербицида незначительно варьировало на уровне контроля.

Таблица 74

Частота и типы aberrаций хромосом в соматических клетках пшеницы озимой (F₁) при внесении 2,4-ДА в почву

Варианты опыта	Число исследованных анафаз	Число aberrантных анафаз		Частота и типы aberrаций хромосом, % к числу анафаз				
		шт.	%	одиночные мосты	двойные мосты	одиночные фрагменты	двойные фрагменты	отставание хромосом
Контроль	719,25	5,75	0,80±0,02	0,49	0	0,31	0	0
2,4-ДА 0,25 л/га	520,00	10,50	2,02±0,04	0,58	0,19	0,58	0,19	0,48
2,4-ДА 0,5 л/га	505,00	10,25	2,03±0,04	0,94	0	0,59	0,20	0,30
2,4-ДА 1,0 л/га	51,25	11,25	2,20±0,05	0,78	0,24	0,73	0,39	0,05
2,4-ДА 1,5 л/га	503,25	15,75	3,13±0,07	0,99	0,35	0,99	0,50	0,30
2,4-ДА 2,0 л/га	506,75	18,50	3,65±0,09	0,99	0,30	1,48	0,39	0,49
2,4-ДА 3,0 л/га	510,75	21,50	4,21±0,10	1,32	0,49	1,62	0,39	0,39

Таблица 75

Частота и типы aberrаций хромосом в соматических клетках пшеницы озимой (F₁) при внесении высоких доз 2,4-ДА в почву

Варианты опыта	Число исследованных анафаз, шт.	Число aberrантных анафаз		Частота и типы aberrаций хромосом, % к числу анафаз								
		шт.	%	одиночные мосты	двойные мосты	тройные мосты	одиночные фрагменты	двойные фрагменты	тройные фрагменты	одиночные мосты+ один фрагмент	одиночные мосты+ два фрагмента	отставание хромосом
Контроль	719,25	5,75	0,80±0,02	0,49	0	0	0,31	0	0	0	0	0
2,4-ДА 4 л/га	716,25	53,00	7,40±0,18	1,22	1,01	1,11	1,61	0,56	0,91	0,39	0	0,59
2,4-ДА 6 л/га	779,75	70,25	9,01±0,20	1,70	1,31	0,10	2,28	1,99	0,99	0	0,32	0,32
2,4-ДА 8 л/га	711,50	141,00	19,82±0,42	3,02	2,42	3,02	3,41	2,71	2,28	1,02	1,20	0,74
2,4-ДА 10 л/га	529,75	101,25	19,11±0,40	3,20	2,78	3,20	3,02	2,88	2,03	1,04	0,58	0,38
2,4-ДА 12 л/га	583,75	108,50	18,59±0,32	3,73	3,00	3,77	3,13	2,65	2,01	0	0	0,30
2,4-ДА 14 л/га	505,00	102,00	20,20±0,41	4,01	2,87	3,76	3,71	3,02	2,03	0,30	0,10	0,40

Таблица 76

Соотношение фаз митоза в соматических клетках пшеницы озимой (F₁) при внесении высоких доз 2,4-ДА в почву

Варианты опыта	Количество корешков, шт.	Количество митотических клеток			Число клеток в митозе							
		всего, шт.	на один корешок		профаза		метафаза		анафаза		телофаза	
			шт.	% к контролю	шт.	% к числу митотических клеток	шт.	% к числу митотических клеток	шт.	% к числу митотических клеток	шт.	% к числу митотических клеток
Контроль	61	3543	58,1	100,0	2707	76,4	177	5,0	281	7,9	378	10,7
2,4-ДА 4 л/га	58	3074	53,0	91,2	2329	75,8	220	7,2	200	6,5	325	10,6
2,4-ДА 6 л/га	21	1122	53,4	91,9	850	75,8	81	7,2	78	7,0	113	10,1
2,4-ДА 8 л/га	30	1753	58,4	100,5	1361	77,6	106	6,0	111	6,3	175	10,0
2,4-ДА 10 л/га	59	3236	54,8	94,3	2463	76,1	195	6,0	230	7,1	348	10,8
2,4-ДА 12 л/га	51	2637	51,7	89,0	2029	76,9	158	6,0	184	7,0	266	10,1
2,4-ДА 14 л/га	31	1595	51,5	88,6	1221	76,6	90	5,6	104	6,5	180	11,3

Частота и типы aberrаций хромосом в соматических клетках пшеницы озимой (F₁)
при внесении 2,4-ДА в почву на фоне NPK

Варианты опыта	Число исследованных анафаз, шт.	Число aberrантных анафаз		Частота и типы aberrаций хромосом, % к числу анафаз						
		шт.	%	один- очные мости	двой- ные мости	один- очные фраг- менты	двой- ные фраг- менты	трой- ные фраг- менты	мост с двумя фраг- ментами	отстава- ние хромо- сом
Контроль	719,25	5,75	0,80±0,02	0,49	0	0,31	0	0	0	0
2,4-ДА 0,25 л/га +NPK	497,25	8,75	1,76±0,03	0,76	0,40	0,40	0	0,20	0	0
2,4-ДА 0,5 л/га +NPK	505,00	9,75	1,93±0,04	0,64	0	0,50	0,20	0,19	0,20	0,20
2,4-ДА 1,0 л/га +NPK	494,50	9,25	1,87±0,03	0,71	0,20	0,51	0,20	0,20	0,05	0
2,4-ДА 1,5 л/га +NPK	503,25	14,75	2,93±0,05	0,70	0,50	0,79	0,39	0,25	0,15	0,15
2,4-ДА 2,0 л/га +NPK	524,75	18,00	3,43±0,08	0,90	0,48	1,00	0,38	0,24	0,24	0,19
2,4-ДА 3,0 л/га +NPK	499,00	22,50	4,51±0,10	0,95	0,60	1,50	0,40	0,26	0,45	0,35
NPK	531,00	6,00	1,13±0,03	0,38	0,19	0,18	0,19	0	0	0,19

Таблица 78

Частота и типы aberrаций хромосом в соматических клетках пшеницы озимой (F₁) при внесении 2,4-ДА в почву на фоне органических удобрений

Варианты опыта	Число исследованных анафаз	Число aberrантных анафаз		Частота и типы aberrаций хромосом, % к числу анафаз				
		шт.	%	одиночные мосты	двойные мосты	одиночные фрагменты	двойные фрагменты	отставание хромосом
Контроль	625,00	3,75	0,60±0,02	0,24	0	0,20	0	0,16
2,4-ДА 0,25 л/га	662,25	10,00	1,51±0,03	0,49	0	0,72	0	0,30
2,4-ДА 0,5 л/га	625,00	9,00	1,44±0,03	0,32	0	0,76	0	0,36
2,4-ДА 1,0 л/га	535,75	9,75	1,82±0,04	0,65	0	0,74	0	0,43
2,4-ДА 1,5 л/га	574,75	15,00	2,61±0,06	0,83	0,22	0,87	0,26	0,43
2,4-ДА 2,0 л/га	548,00	16,00	2,92±0,07	0,82	0,41	0,96	0,32	0,41
2,4-ДА 3,0 л/га	559,00	17,50	3,13±0,07	0,94	0,40	1,07	0,36	0,36

Таблица 79

Соотношение фаз митоза в соматических клетках пшеницы озимой (F₁) при внесении 2,4-ДА
в почву на фоне органических удобрений

Варианты опыта	Коли- чест- во кореш- ков, шт.	Количество митотических клеток			Число клеток в митозе							
		всего, шт	на один корешок		профаза		метафаза		анафаза		телофаза	
			шт.	% к конт- ролю	шт.	% к числу МИТО- тичес- ких клеток	шт.	% к числу МИТО- тичес- ких клеток	шт.	% к числу МИТО- тичес- ких клеток	шт.	% к числу МИТО- тичес- ких клеток
Контроль	57	3518	61,7	100,0	2589	100,0	251	7,1	315	8,9	363	14,0
2,4-ДА 0,25 л/га	61	3806	62,4	101,1	2653	69,7	278	7,3	331	8,7	544	14,3
2,4-ДА 0,5 л/га	59	3717	63,0	102,1	2625	70,6	260	7,0	312	8,4	520	14,0
2,4-ДА 1,0 л/га	54	3445	63,8	103,4	2416	70,1	251	7,3	272	7,9	506	14,7
2,4-ДА 1,5 л/га	62	3949	63,7	103,2	2816	71,3	296	7,5	288	7,3	549	13,9
2,4-ДА 2,0 л/га	58	3555	61,3	99,4	2563	72,1	263	7,4	249	7,0	480	13,5
2,4-ДА 3,0 л/га	61	3782	62,0	100,5	2753	72,8	265	7,0	265	7,0	499	13,2

Таблица 80

Частота и типы aberrаций хромосом в соматических клетках пшеницы озимой (F₂)
при внесении 2,4-ДА в почву

Варианты опыта	Число исследованных анафаз	Число aberrантных анафаз		Частота и типы aberrаций хромосом, % к числу анафаз				
		шт.	%	одиночные мосты	двойные мосты	одиночные фрагменты	двойные фрагменты	отставание хромосом
Контроль	526,25	5,00	0,95±0,03	0,19	0	0,43	0	0,33
2,4-ДА 0,25 л/га	589,75	5,25	0,89±0,02	0,30	0	0,38	0	0,21
2,4-ДА 0,5 л/га	605,25	5,75	0,95±0,03	0,29	0,04	0,33	0	0,29
2,4-ДА 1,0 л/га	564,50	5,25	0,93±0,03	0,31	0	0,44	0	0,18
2,4-ДА 1,5 л/га	612,75	6,25	1,02±0,04	0,37	0	0,53	0	0,12
2,4-ДА 2,0 л/га	541,25	5,25	0,97±0,03	0,42	0	0,46	0,05	0,04
2,4-ДА 3,0 л/га	560,75	6,00	1,07±0,04	0,40	0	0,54	0	0,13

Таблица 81

Частота и типы aberrаций хромосом в соматических клетках пшеницы озимой (F₂) при внесении 2,4-ДА
в почву
на фоне NPK

242

Варианты опыта	Число иссле- дован- ных анафаз, шт.	Число абберантных анафаз		Частота и типы aberrаций хромосом, % к числу анафаз				
		шт.	%	одиночные мосты	двойные мосты	одиночные фрагменты	двойные фрагменты	отставание хромосом
Контроль	526,25	5,00	0,95±0,03	0,19	0	0,43	0	0,33
2,4-ДА 0,25 л/га +NPK	546,75	5,25	0,96±0,03	0,36	0	0,46	0	0,14
2,4-ДА 0,5 л/га +NPK	533,75	4,75	0,89±0,02	0,33	0	0,42	0	0,14
2,4-ДА 1,0 л/га +NPK	530,25	5,25	0,99±0,04	0,42	0,05	0,47	0	0,05
2,4-ДА 1,5 л/га +NPK	514,75	5,25	1,02±0,04	0,44	0,05	0,48	0	0,05
2,4-ДА 2,0 л/га+NPK	618,75	6,25	1,01±0,04	0,36	0	0,49	0,04	0,12
2,4-ДА 3,0 л/га +NPK	612,25	6,00	0,98±0,03	0,32	0	0,46	0,04	0,16

Следует отметить, что на вариантах с внесением 2,4-ДА в почву на фоне удобрений или без них отсутствовали растения пшеницы озимой с деформированными колосьями как в годы внесения гербицида (F_1), так и в следующих поколениях культуры, что свидетельствует о наличии в тканях пшеницы озимой мощных защитных систем от токсического действия гербицида при изученных нами условиях его внесения.

В большей степени, чем при внесении производных 2,4-Д в почву, проходили изменения в хромосомном аппарате соматических клеток пшеницы озимой в F_1 при нанесении препаратов в тех же дозах непосредственно на растения в фазе кущения. Так, увеличивалось общее число аббераций при всех дозах 2,4-ДА – от 0,28 % при 0,5 л/га до 0,4 % при 3 л/га (табл. 74, 82). При этом наблюдали больше типов перестроек: одиночные мосты с фрагментами, утолщенные хромосомы, чего не было в меристематических тканях пшеницы озимой при внесении тех же доз гербицида в почву.

У то же время, при внесении в фазе кущения более сильно, чем 2,4-ДА, действовал на хромосомный аппарат пшеницы озимой диален, который индуцировал (в пределах доз от 0,5 до 3 л/га) общее количество аббераций на 0,11–0,30 % больше (табл. 82, 83). При этом увеличивалось количество отдельных типов аббераций.

При внесении 2,4-ДА и диалена в фазе кущения пшеницы озимой неодинаково также изменялся митотический цикл ее хромосомного аппарата. Так, если при использовании 2,4-ДА в дозах от 0,5 до 2 л/га митотическая активность и соотношение фаз митоза по сравнению с контролем изменялись незначительно, то при внесении диалена уже при дозе 1,5 л/га митотическая активность по сравнению с контролем снижалась на 1,20%; с дальнейшим повышением доз до 2,5 и 3 л/га обоих гербицидов митотическая активность клеток продолжала снижаться. При этом различия между контролем и соответствующими дозами по 2,4-ДА достигали 1,61 и 2,01 %, по диалену – 1,84 и 2,22 % (табл. 84, 85).

Таблица 82

Частота и типы aberrаций хромосом в соматических клетках пшеницы озимой (F₁)
при внесении 2,4-ДА в фазе кушения

Варианты опыта	Число исследованных анафаз, шт.	Число aberrантных анафаз		Частота и типы aberrаций хромосом, % к числу анафаз							
		шт.	%	одиначные мосты	двойные мосты	одиначные фрагменты	двойные фрагменты	одиначные мосты + один фрагмент	одиначные мосты + два фрагмента	утолщение хромосом	отставание хромосом
Контроль	719,25	5,75	0,80±0,02	0,49	0	0,31	0	0	0	0	0
2,4-ДА 0,5 л/га	616,75	14,25	2,31±0,06	0,48	0,36	0,61	0,17	0,24	0	0,24	0,21
2,4-ДА 1,0 л/га	734,75	19,25	2,62±0,06	0,58	0,41	0,58	0,31	0,27	0,10	0,17	0,20
2,4-ДА 1,5 л/га	808,75	27,50	3,40±0,08	0,65	0,77	0,74	0,37	0,35	0	0,28	0,24
2,4-ДА 2,0 л/га	751,25	29,00	3,86±0,09	0,63	0,93	1,04	0,37	0,27	0,13	0,23	0,26
2,4-ДА 2,5 л/га	808,50	32,50	4,02±0,10	0,84	0,80	1,11	0,49	0,31	0	0,25	0,22
2,4-ДА 3,0 л/га	715,75	33,00	4,61±0,10	1,01	0,84	1,19	0,56	0,28	0,10	0,31	0,32

Таблица 83

Частота и типы aberrаций хромосом в соматических клетках пшеницы озимой (F₁)
при внесении диалена в фазе кущения

Варианты опыта	Число исследованных анафаз, шт.	Число aberrантных анафаз		Частота и типы aberrаций хромосом, % к числу анафаз							
		шт.	%	одиначные мосты	двойные мосты	одиначные фрагменты	двойные фрагменты	одиначные мосты + один фрагмент	одиначные мосты + два фрагмента	утолщение хромосом	отставание хромосом
Контроль	719,25	5,75	0,80±0,02	0,49	0	0,31	0	0	0	0	0
Диален 0,5 л/га	681,75	16,50	2,42±0,06	0,52	0,40	0,62	0	0,37	0,11	0,18	0,22
Диален 1,0 л/га	714,25	19,50	2,73±0,07	0,60	0,52	0,66	0,32	0,32	0	0,13	0,18
Диален 1,5 л/га	649,50	23,25	3,58±0,09	0,81	0,85	0,73	0,38	0,31	0	0,12	0,38
Диален 2,0 л/га	717,00	28,75	4,01±0,10	0,66	1,12	0,84	0,59	0,45	0,14	0	0,21
Диален 2,5 л/га	628,00	26,25	4,18±0,10	0,92	0,96	0,95	0,40	0,51	0,16	0,08	0,20
Диален 3,0 л/га	728,00	35,75	4,91±0,12	1,06	1,07	1,06	0,65	0,48	0,21	0,10	0,28

Отмечено также уменьшение продолжительности профазы и метафазы и соответственно – увеличение продолжительности анафазы и телофазы митоза. И это, очевидно, способствует увеличению частоты aberrаций. Поскольку за более короткое время профазы и метафазы, которое наблюдается в этих вариантах опыта по сравнению с контролем, хромосомный аппарат не успевает подготовиться к анафазе, хромосомы оказываются «липкими» и во время расхождения к полюсам образуют больше мостов и отставаний. Все это согласуется с показателями и о более сильном нарушении обмена веществ в растениях при данных дозах применяемых гербицидов, и о торможении ростовых процессов растений при воздействии повышенных доз гербицидов. Отмеченное свидетельствует о тесной взаимосвязи митотической активности меристемных тканей, индуцирования aberrаций, интенсивности ростовых процессов со степенью нарушения обмена веществ, уровнем обеспечения меристемных тканей энергетическим материалом при воздействии гербицидов, а в итоге – с продуктивностью растений.

Применение 2,4-ДА совместно с минеральной некорневой подкормкой по сравнению с применением гербицида без удобрений уменьшало общее число aberrантных анафаз от 0,19% при 0,5 л/га до 0,43 % при 3 л/га. При этом уменьшалась частота некоторых типов aberrаций, особенно двойных мостов при всех дозах гербицида (табл. 82, 86).

Особенно уменьшалось влияние 2,4-ДА и диалена на хромосомный аппарат соматических клеток пшеницы озимой в F_1 в фазе кущения при внесении препаратов совместно с микроэлементами. Так, суммарное количество aberrантных анафаз в меристемных тканях под влиянием гербицидов с микроэлементами по сравнению с внесением тех же гербицидов, но без микроэлементов было меньше: по 2,4-ДА на 0,37 % при дозе 0,5 л/га и 1,88 % при 3 л/га (табл. 82, 87), по диалену – соответственно 0,28 и 1,78 % (табл. 83, 88). Микроэлементы, внесенные в фазе кущения совместно с 2,4-ДА, повышали митотическую активность соматических клеток пшеницы озимой на 0,13–0,95 % в пределах доз гербицида от 0,5 до 3 л/га (табл. 84, 89).

Таблица 84

Митотическая активность и соотношение фаз митоза в соматических клетках пшеницы озимой (F₁)
при внесении 2,4-ДА в фазе кущения

247

Варианты опыта	Число исследованных клеток, шт.		Митоти- ческая актив- ность,%	Число клеток в митозе							
	всего, шт.	из них делящихся, шт.		профаза		метафаза		анафаза		телофаза	
				шт.	% к деля- щимся	шт.	% к деля- щимся	шт.	% к деля- щимся	шт.	% к деля- щимся
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ахтырчанка											
Контроль	1351,00	84,50	6,25±0,08	25,75	30,47	21,25	25,15	17,25	20,41	20,25	23,97
2,4-ДА 0,5 л/га	1363,25	84,25	6,18±0,09	25,50	30,28	21,25	25,22	17,25	20,47	20,25	24,03
2,4-ДА 1,0 л/га	1278,50	78,50	6,14±0,09	23,50	29,94	20,00	25,47	16,25	20,70	18,75	23,89
2,4-ДА 1,5 л/га	1362,00	80,50	5,91±0,08	24,00	29,81	20,25	25,16	17,50	21,74	18,75	23,29
2,4-ДА 2,0 л/га	1385,50	80,50	5,81±0,08	24,00	29,81	19,75	24,53	16,25	20,19	20,50	25,47
2,4-ДА 2,5 л/га	1390,00	64,50	4,64±0,07	17,00	26,36	15,00	23,26	17,50	27,12	15,00	23,26
2,4-ДА 3,0 л/га	1413,25	59,50	4,21±0,06	15,00	25,21	13,75	23,11	17,00	28,57	13,75	23,11
Верхняячская 20											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Контроль	1404,50	87,50	6,23±0,09	26,25	29,90	22,00	25,14	18,50	21,13	20,75	23,83
2,4-ДА 0,5 л/га	1405,00	87,25	6,21±0,09	25,75	29,63	22,00	25,16	18,50	21,07	21,00	24,13
2,4-ДА 1,0 л/га	1361,00	84,25	6,19±0,08	25,00	29,82	21,50	25,48	17,75	21,03	20,00	23,67
2,4-ДА 1,5 л/га	1364,25	82,00	6,01±0,07	24,50	29,87	21,00	25,53	17,25	21,03	19,25	23,57
2,4-ДА 2,0 л/га	1388,75	86,25	6,21±0,07	25,75	29,87	22,00	25,51	18,25	21,06	20,25	23,57
2,4-ДА 2,5 л/га	1410,00	80,00	5,67±0,06	21,00	26,13	19,25	24,12	20,00	25,13	19,75	24,61
2,4-ДА 3,0 л/га	1289,00	62,00	4,81±0,05	15,75	25,43	14,25	23,10	17,00	27,42	15,00	24,03

Таблица 85

Митотическая активность и соотношение фаз митоза в соматических клетках пшеницы озимой
Ахтырчанка (F₁) при внесении диалена в фазе кущения

Варианты опыта	Число исследованных клеток, шт.		Митоти- ческая актив- ность,%	Число клеток в митозе							
	всего, шт.	из них делящихся, шт.		профаза		метафаза		анафаза		телофаза	
				шт.	% к деля- щимся	шт.	% к деля- щимся	шт.	% к деля- щимся	шт.	% к деля- щимся
Контроль	1351,00	84,50	6,25±0,08	25,75	30,47	21,25	25,15	17,25	20,41	20,25	23,97
Диален 0,5 л/га	1469,75	90,25	6,14±0,07	27,25	30,19	22,75	25,21	18,50	20,50	21,75	24,10
Диален 1,0 л/га	1437,25	87,25	6,07±0,07	24,50	28,08	22,00	25,21	18,25	20,92	22,50	25,79
Диален 1,5 л/га	1490,00	75,25	5,05±0,06	20,75	27,57	18,75	24,92	15,75	20,93	20,00	26,58
Диален 2,0 л/га	1393,50	66,75	4,79±0,06	18,25	27,34	16,00	23,97	14,50	21,72	18,00	26,97
Диален 2,5 л/га	1485,25	65,50	4,41±0,05	16,75	25,58	15,00	22,90	18,25	27,86	15,50	23,66
Диален 3,0 л/га	1389,50	56,00	4,03±0,04	13,75	24,55	12,75	22,77	16,50	29,46	13,00	23,22

Таблица 86

Частота и типы aberrаций хромосом в соматических клетках пшеницы озимой (F₁)
при внесении 2,4-ДА совместно с минеральной некорневой подкормкой в фазе кущения

Варианты опыта	Число исследованных анафаз, шт.	Число aberrантных анафаз		Частота и типы aberrаций хромосом, % к числу анафаз							
		шт.	%	одиночные мосты	двойные мосты	одиночные фрагменты	двойные фрагменты	одиночные мосты + один фрагмент	одиночные мосты + два фрагмента	утолщение хромосом	отставание хромосом
Контроль	719,25	5,75	0,80±0,02	0,49	0	0,31	0	0	0	0	0
2,4-ДА 0,5 л/га + NPK	719,25	15,25	2,12±0,04	0,53	0,10	0,70	0	0,13	0	0,24	0,41
2,4-ДА 1 л/га + NPK	630,75	13,75	2,18±0,04	0,59	0,08	0,84	0,20	0,16	0	0	0,31
2,4-ДА 1,5 л/га + NPK	707,50	23,00	3,25±0,05	0,64	0,42	0,99	0,21	0,32	0	0,35	0,32
2,4-ДА 2 л/га + NPK	679,75	22,50	3,31±0,05	0,66	0,55	1,03	0,26	0,37	0	0,14	0,30
2,4-ДА 2,5 л/га + NPK	707,50	26,25	3,71±0,05	0,71	0,67	1,09	0,39	0,39	0,04	0,18	0,25
2,4-ДА 3 л/га + NPK	687,75	28,75	4,18±0,06	0,98	0,72	1,13	0,43	0,22	0,07	0,22	0,41
NPK	710,75	7,25	1,02±0,02	0,63	0	0,35	0	0	0	0	0,04

Таблица 87

Частота и типы aberrаций хромосом в соматических клетках пшеницы озимой (F₁)
при внесении 2,4-ДА совместно с микроэлементами в фазе кущения

Варианты опыта	Число исследованных анафаз, шт.	Число aberrантных анафаз		Частота и типы aberrаций хромосом, % к числу анафаз							
		шт.	%	одиночные мосты	двойные мосты	одиночные фрагменты	двойные фрагменты	одиночные мосты + один фрагмент	одиночные мосты + два фрагмента	утолщение хромосом	отставание хромосом
Контроль	719,25	5,75	0,80±0,02	0,49	0	0,31	0	0	0	0	0
2,4-ДА 0,5 л/га + микроэлементы	631,50	12,25	1,94±0,04	0,47	0	0,63	0	0	0	0	0
2,4-ДА 1 л/га + микроэлементы	714,25	13,50	1,89±0,04	0,49	0	0,70	0,14	0,07	0	0	0,49
2,4-ДА 1,5 л/га + микроэлементы	732,25	14,50	1,98±0,04	0,54	0	0,72	0,13	0	0	0,20	0,38
2,4-ДА 2 л/га + микроэлементы	695,25	14,25	2,05±0,05	0,57	0	0,93	0	0,12	0	0,14	0,29
2,4-ДА 2,5 л/га + микроэлементы	593,00	12,75	2,15±0,05	0,63	0,04	0,97	0,08	0,04	0	0,17	0,22
2,4-ДА 3 л/га + микроэлементы	668,50	18,25	2,73±0,06	0,82	0,41	0,97	0,08	0,11	0	0,15	0,19
Микроэлементы	689,75	6,00	0,87±0,03	0,54	0	0,29	0	0	0	0	0,04

Таблица 88

Частота и типы aberrаций хромосом в соматических клетках пшеницы озимой (F₁)
при внесении диалена совместно с микроэлементами в фазе кущения

251

Варианты опыта	Число исследованных анафаз, шт.	Число aberrантных анафаз		Частота и типы aberrаций хромосом, % к числу анафаз							
		шт.	%	одиночные мосты	двойные мосты	одиночные фрагменты	двойные фрагменты	одиночные мосты + один фрагмент	одиночные мосты + два фрагмента	утолщение хромосом	отставание хромосом
Контроль	719,25	5,75	0,80±0,02	0,49	0	0,31	0	0	0	0	0
Диален 0,5 л/га + микроэлементы	724,25	15,50	2,14±0,05	0,52	0	0,59	0,10	0,31	0,03	0,27	0,32
Диален 1 л/га + микроэлементы	806,50	17,50	2,17±0,05	0,62	0	0,62	0,09	0,28	0,06	0,22	0,28
Диален 1,5 л/га + микроэлементы	715,50	20,25	2,83±0,06	0,77	0,28	0,67	0,31	0,24	0	0,24	0,31
Диален 2 л/га + микроэлементы	612,50	18,25	2,98±0,06	0,90	0,16	0,73	0,49	0,24	0	0,17	0,29
Диален 2,5 л/га + микроэлементы	594,50	18,25	3,07±0,07	0,88	0,63	0,80	0,21	0,38	0	0	0,17
Диален 3 л/га + микроэлементы	611,00	19,25	3,15±0,07	0,94	0,74	0,82	0,12	0,33	0	0,08	0,12
Микроэлементы	689,75	6,00	0,87±0,03	0,54	0	0,29	0	0	0	0	0,04

Полученные нами данные согласуются с выводами Н.Г. Николаевой [114] об антидотных свойствах микроэлементов при внесении их одновременно с гербицидами.

Неодинаковым было влияние гербицидов при внесении их в фазе кущения на хромосомный аппарат меристемных тканей пшеницы озимой (F_1), выращиваемой по разным предшественникам. Так, наибольшее количество хромосомных перестроек под влиянием 2,4-ДА индуцировалось в соматических клетках пшеницы озимой, возделываемой по кукурузе на силос, меньшее – по гороху и наименьшее – по многолетним травам (табл. 90).

Неясным было то, почему пшеница, возделываемая по черному пару, имела в соматических клетках большее количество хромосомных перестроек, чем при выращивании ее по гороху и многолетним травам. Возможно, при этом имеет значение накопление в почве растениями-предшественниками продуктов обмена, физиологически активных соединений, образующихся в ризосфере растений в связи с активной жизнедеятельностью микроорганизмов, что способствует не только росту и развитию последующих за ними культур, но и усилению инактивации гербицидов, внесенных в посевах последующих культур.

В меристемных тканях пшеницы озимой, возделываемой по черному пару при воздействии 2,4-ДА, преобладали одиночные и двойные мосты, одиночные фрагменты, в то время как при выращивании пшеницы озимой по другим предшественникам преобладали иные типы аберраций: одиночные мосты с фрагментами, утолщения и отставания хромосом.

При изучении действия разных видов повсходовых гербицидов, внесенных в оптимальных дозах в фазе кущения, на хромосомный аппарат соматических клеток пшеницы озимой в F_1 установлено также их неодинаковое влияние на частоту и типы аберраций хромосом (табл. 91).

Таблица 89

Митотическая активность и соотношение фаз митоза в соматических клетках пшеницы озимой (F₁)
при внесении 2,4-ДА совместно с микроэлементами в фазе кущения

253

Варианты опыта	Число исследованных клеток, шт.		Митоти- ческая актив- ность,%	Число клеток в митозе							
	всего, шт.	из них делящихся, шт.		профаза		метафаза		анафаза		телофаза	
				шт.	% к деля- щимся	шт.	% к деля- щимся	шт.	% к деля- щимся	шт.	% к деля- щимся
Контроль	1351,00	84,50	6,25±0,08	25,75	30,47	21,25	25,15	17,25	20,41	20,25	23,97
2,4-ДА 0,5 л/га + микроэлементы	1414,50	89,25	6,31±0,08	27,75	31,09	23,25	26,05	18,00	20,16	20,25	22,70
2,4-ДА 1,0 л/га + микроэлементы	1379,50	86,50	6,27±0,08	26,25	30,35	22,00	25,43	17,50	20,23	20,75	23,99
2,4-ДА 1,5 л/га + микроэлементы	1346,00	82,25	6,11±0,06	24,25	29,49	20,50	24,92	16,75	20,36	20,75	25,23
2,4-ДА 2,0 л/га + микроэлементы	1276,75	77,25	6,05±0,06	23,00	29,77	19,75	25,56	16,25	21,05	18,25	23,62
2,4-ДА 2,5 л/га + микроэлементы	1366,25	70,50	5,16±0,05	21,50	30,50	17,25	24,47	17,00	24,11	14,75	20,92
2,4-ДА 3,0 л/га + микроэлементы	1447,00	72,50	5,01±0,05	21,00	28,97	18,00	24,82	18,25	25,17	15,25	21,04

Таблица 90

Частота и типы aberrаций хромосом в соматических клетках пшеницы озимой F₁,
 возделываемой по разным предшественникам, при внесении 2,4-ДА в фазе кущения

Предшест- венники	Числ о иссле- дован- ных ана- фаз, шт.	Число абберантных анафаз		Частота и типы aberrаций хромосом, % к числу анафаз							
		шт.	%	одинач- ные мости	двойн- ые мости	одинач- ные фраг- менты	двойн- ые фраг- менты	одинач- ные мости + один фрагме- нт	одинач- ные мости + два фрагме- нта	утолщ- ение хромо- сом	отста- вание хромо- сом
Черный пар	806,2 5	28,75	3,57±0,0 9	1,02	0,43	1,16	0,25	0,13	0,24	0,12	0,22
Многолет- ние травы	786,2 5	21,50	2,73±0,0 6	0,12	0,13	0,10	0	0,92	0,70	0,41	0,35
Кукуруза на силос	804,5 0	29,50	3,67±0,0 9	0,19	0,31	0,09	0	1,18	0,87	0,53	0,50
Горох	837,0 0	25,25	3,02±0,0 8	0,12	0	0,12	0	1,04	0,87	0,48	0,39

Так, наибольшее количество aberrаций индуцировалось при внесении диалена, меньшее – при действии базагрона и 2,4-Д и наименьшее количество aberrаций образовывалось при действии лонтрела. Промежуточное положение занимали 2,4-ДМ и банвел Д. При этом разные гербициды по-разному индуцировали отдельные формы aberrаций: при внесении диалена и 2,4-ДА зарегистрированы преимущественно одиночные и двойные мосты, одиночные фрагменты; при действии базагрона в большинстве обнаружены одиночные и двойные фрагменты, одиночные мосты с одним фрагментом; банвел Д индуцировал больше одиночные и двойные мосты, в то время как 2,4-ДМ способствовала образованию повышенного количества одиночных фрагментов, одиночных мостов с одним фрагментом и отстающих хромосом; действие лонтрела по сравнению с другими гербицидами в наименьшей степени вызывало образование aberrантных анафаз в целом, в том числе с двойными мостами, мостами с фрагментами (табл. 91).

Неодинаково также проходили изменения в хромосомном аппарате соматических клеток у разных сортов пшеницы озимой в F_1 при внесении гербицида 2,4-ДА в фазе кущения. Так, более сильно и к тому же с увеличением доз 2,4-ДА, индуцировались хромосомные перестройки с образованием одиночных и двойных мостов, одиночных фрагментов у сорта Ахтырчанка и менее активно – у сорта Верхняцкая 20 (табл. 92). У сорта Ахтырчанка по сравнению с сортом Верхняцкая 20 было больше стерильной пыльцы, непродуктивных стеблей и деформированных колосьев.

Наиболее интенсивно нарушалось деление хромосомного аппарата соматических клеток пшеницы озимой при внесении гербицидов в фазы выхода в трубку на V и VI этапах органогенеза во время формирования цветков в соцветии и образования микроспор. Так, при внесении 2,4-ДА и диалена количество aberrаций при всех дозах гербицидов, внесенных в фазе выхода в трубку пшеницы озимой, было выше (табл. 93, 94), чем при внесении их в фазе кущения (табл. 82, 83).

Таблица 91

Частота и типы aberrаций хромосом в соматических клетках пшеницы озимой (F₁) при внесении разных повсходовых гербицидов в оптимальных дозах в фазе кушения

Варианты опыта	Число исследованных анафаз, шт.	Число aberrантных анафаз		Частота и типы aberrаций хромосом, % к числу анафаз							
		шт.	%	одиначные мосты	двойные мосты	одиначные фрагменты	двойные фрагменты	одиначные мосты + один фрагмент	одиначные мосты + два фрагмента	утолщение хромосом	отставание хромосом
Контроль	801,25	6,25	0,78±0,02	0,22	0	0,31	0	0	0	0,12	0,12
Базагран 3 л/га	744,75	28,75	3,86±0,09	0,30	0,27	1,24	0,87	0,92	0	0,13	0,13
Диален 2 л/га	853,25	34,75	4,07±0,10	1,03	1,08	1,05	0,29	0,27	0,12	0	0,23
2,4-ДА 2 л/га	794,75	29,25	3,68±0,08	0,79	0,85	1,07	0,41	0,22	0,06	0,12	0,16
Лонтрел 0,5 л/га	854,00	20,75	2,43±0,05	0,27	0,26	0,94	0,26	0,20	0,09	0,18	0,23
Банвел Д 0,5 л/га	785,00	23,00	2,93±0,07	0,99	0,83	0,41	0	0,32	0,13	0,16	0,10
2,4-ДМ 3 л/га	791,75	22,25	2,81±0,06	0,22	0	0,88	0	0,92	0,22	0,10	0,47

Таблица 92

Частота и типы aberrаций хромосом в соматических клетках разных сортов пшеницы озимой (F₁)
при внесении 2,4-ДА в фазе кущения

Варианты опыта	Число иссле- дован- ных ана- фаз, шт.	Число аберрантных анафаз		Частота и типы aberrаций хромосом, % к числу анафаз							
		шт.	%	одинач- ные мосты	двойны е мосты	одинач- ные фраг- менты	двойны е фраг- менты	одинач- ные мосты + один фрагме- нт	одинач- ные мосты + два фрагме- н-та	утолще- ние хромо- сом	отста- вание хромо- сом
Ахтырчанка											
Контроль	795,00	5,00	0,63±0,02	0,22	0	0,19	0	0	0	0,13	0,09
2,4-ДА 2 л/га	739,00	30,25	4,09±0,10	1,05	0,95	1,12	0,20	0,20	0,17	0,20	0,20
2,4-ДА 3 л/га	794,25	40,75	5,13±0,13	1,42	1,04	1,23	0,31	0,37	0,19	0,25	0,31
Верхнячская 20											
Контроль	816,25	4,75	0,58±0,02	0,18	0	0,15	0	0	0	0,12	0,12
2,4-ДА 2 л/га	724,50	25,25	3,48±0,09	0,83	0,83	1,01	0,20	0,17	0,14	0,14	0,17
2,4-ДА 3 л/га	745,75	30,50	4,09±0,11	1,14	0,90	1,07	0,24	0,20	0,17	0,17	0,20

Таблица 93

Частота и типы aberrаций хромосом в соматических клетках пшеницы озимой (F₁) при внесении 2,4-ДА в фазе выхода в трубку

Варианты опыта	Число исследований анафаз, шт.	Число aberrантных анафаз		Частота и типы aberrаций хромосом, % к числу анафаз										
		шт.	%	оди-ноч-ные мос-ты	двой-ные мос-ты	трой-ные мос-ты	оди-ноч-ные фраг-мен-ты	двой-ные фраг-мен-ты	трой-ные фраг-мен-ты	оди-ноч-ные мосты + один фраг-мент	оди-ноч-ные мосты + два фраг-мента	утол-ще-ние хро-мо-сом	отста-вание хро-мо-сом	ган-теле-вид-ные ядра
Контроль	719,25	5,75	0,80±0,02	0,49	0	0	0,31	0	0	0	0	0	0	0
2,4-ДА 0,5 л/га	714,25	19,50	2,73±0,06	0,66	0,28	0	0,63	0,32	0	0,35	0	0,28	0,21	0
2,4-ДА 1 л/га	778,50	22,50	2,89±0,06	0,71	0,51	0	0,71	0,22	0	0,29	0,06	0,13	0,26	0
2,4-ДА 1,5 л/га	655,25	25,75	3,93±0,08	1,03	1,07	0	0,84	0,15	0	0,38	0	0,23	0,23	0
2,4-ДА 2 л/га	524,75	23,25	4,43±0,10	0,95	1,05	0,19	0,90	0,29	0,19	0,38	0,10	0,19	0,19	0
2,4-ДА 2,5 л/га	714,25	37,00	5,18±0,11	1,08	0,98	0,18	0,98	0,32	0,18	0,63	0,10	0,24	0,32	0,18
2,4-ДА 3 л/га	634,75	40,50	6,38±0,14	1,18	1,10	0,32	1,30	0,51	0,04	0,55	0	0,51	0,63	0,24

Таблица 94

Частота и типы aberrаций хромосом в соматических клетках пшеницы озимой (F₁) при внесении диалена в фазе выхода в трубку

Варианты опыта	Число исследований анафаз, шт.	Число aberrантных анафаз		Частота и типы aberrаций хромосом, % к числу анафаз										
		шт.	%	оди-ноч-ные мос-ты	двой-ные мос-ты	трой-ные мос-ты	оди-ноч-ные фраг-мен-ты	двой-ные фраг-мен-ты	трой-ные фраг-мен-ты	оди-ноч-ные мосты + один фраг-мент	оди-ноч-ные мосты + два фраг-мента	утол-ще-ние хро-мо-сом	отста-вание хро-мо-сом	ган-теле-вид-ные ядра
Контроль	719,25	5,75	0,80±0,02	0,49	0	0	0,31	0	0	0	0	0	0	0
Диален 0,5 л/га	631,50	17,75	2,81±0,07	0,55	0,52	0	0,72	0,08	0	0,40	0,16	0,23	0,16	0
Диален 1 л/га	713,00	21,25	2,98±0,07	0,60	0,70	0	0,70	0,10	0	0,46	0,18	0,14	0,10	0
Диален 1,5 л/га	767,00	33,75	4,40±0,10	0,91	1,24	0	0,91	0,26	0	0,59	0,13	0,23	0,13	0
Диален 2 л/га	809,25	39,25	4,85±0,11	1,05	1,08	0,25	0,93	0,31	0	0,62	0,18	0,18	0,25	0
Диален 2,5 л/га	715,50	41,00	5,73±0,13	1,15	1,12	0,31	1,22	0,42	0,14	0,56	0,21	0,14	0,28	0,18
Диален 3 л/га	690,50	45,50	6,59±0,15	1,23	1,23	0,43	1,45	0,62	0,18	0,62	0,29	0,18	0,14	0,22

В этом варианте опытов наряду с увеличением частоты уже отмеченных нами ранее типов нарушений обнаружены и другие их разновидности: множественные мосты, в отдельных случаях формирующие гантелевидные и реституционные бабочковидные ядра, трехполюсный и четырехполюсный митозы, приводящие к возникновению реституционных ядер повышенной ploидности при наличии различного количества микроядер (рис. 28).

Внесение гербицидов в фазе выхода в трубку пшеницы озимой приводило в F_1 к более сильным, чем при внесении в фазе кущения, изменениям хромосомного аппарата в мейозе (табл. 95). Так, в анафазе I это превышение по числу aberrантных анафаз для дозы 0,5 л/га 2,4-ДА составляло 0,87%, для 3 л/га 2,57 %. Основными типами нарушений при этом являлись: чаще – отставание хромосом, хромосомные мосты, забегание хромосом; значительно реже – выброс хромосом в цитоплазму и микроядра.

Нарушение редукционного деления хромосом, очевидно, являлось основной причиной низкой фертильности пыльцы пшеницы озимой в F_1 при внесении гербицидов в фазе выхода в трубку по сравнению с фазой кущения, а также при внесении их в повышенных дозах, особенно в фазе выхода в трубку (табл. 96).

Применение 2,4-ДА совместно с микроудобрениями, минеральной некорневой подкормкой макроудобрениями или на фоне органических удобрений повышало жизнедеятельность пыльцы при всех дозах гербицида и в разные сроки их внесения (табл. 96), что, очевидно, связано с повышением в клетках растений уровня углеводного, азотного и фосфорного обменов под влиянием дополнительного фактора питания, увеличения притока питательных веществ, а отсюда – повышение защитных свойств тканей, в том числе генеративных органов и пыльцевых клеток. Степень уменьшения фертильности пыльцы в зависимости от изученных нами условий применения гербицидов соответствовала уровню снижения урожая пшеницы озимой.

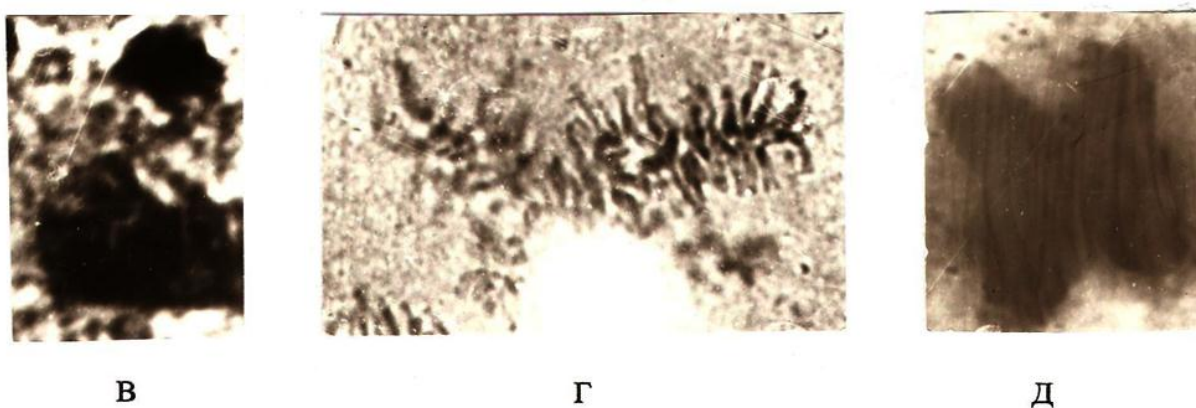


Рис. 28. Типы aberrаций соматических клеток озимой пшеницы (F_1) при внесении 2,4-ДА в фазе выхода в трубку: а – одиночные мосты анафазы-телофазы; б – двойные мосты; в – неравное расхождение хромосом; г– 4-х полюсный митоз; д – бабочковидное реституционное ядро. Гематоксилин Эрлиха. Ув. об. 40^x .

Таблица 95

Частота aberrаций в анафазе I мейоза пшеницы озимой (F₁) при внесении 2,4-ДА в разные фазы ее развития

262

Варианты опыта	Фаза кущения			Фаза выхода в трубку		
	число исследованных анафаз I, шт.	число aberrантных анафаз		число исследованных анафаз I, шт.	число aberrантных анафаз	
		шт.	%		шт.	%
Контроль	742,50	6,25	0,84±0,02	742,50	6,25	0,84±0,02
2,4-ДА 0,5 л/га	711,25	6,50	0,91±0,02	687,50	12,25	1,78±0,04
2,4-ДА 1 л/га	734,00	8,00	1,09±0,03	703,75	15,25	2,17±0,04
2,4-ДА 1,5 л/га	719,25	8,50	1,18±0,03	683,75	19,75	2,89±0,06
2,4-ДА 2,0 л/га	684,00	9,75	1,42±0,03	674,50	20,75	3,08±0,07
2,4-ДА 2,5 л/га	681,50	13,25	1,94±0,04	649,25	25,50	3,93±0,08
2,4-ДА 3 л/га	732,75	18,50	2,52±0,05	702,50	35,75	5,09±0,11

Таблица 96

Фертильность пыльцы пшеницы озимой (F₁) при внесении 2,4-ДА отдельно и совместно с микроэлементами в разные фазы ее развития

Варианты опыта	2,4-ДА			2,4-ДА + микроэлементы		
	число исследо- ванных пыльцевых зерен, шт.		фертиль- ность пыльцы, %	число исследо- ванных пыльцевых зерен, шт.		фертиль- ность пыльцы, %
	всего	из них про- росших		всего	из них про- росших	
	Фаза кущения					
Контроль	760,50	650,00	85,47±0,28	760,50	650,00	85,47±0,28
2,4-ДА 0,5 л/га	772,00	675,00	87,43±0,29	799,25	706,75	88,43±0,28
2,4-ДА 1 л/га	772,00	675,00	88,40±0,28	703,75	624,25	88,70±0,29
2,4-ДА 1,5 л/га	711,25	632,50	88,93±0,31	877,50	791,00	90,14±0,30
2,4-ДА 2 л/га	678,75	613,00	90,31±0,30	797,50	729,00	91,41±0,32
2,4-ДА 2,5 л/га	789,00	674,00	85,42±0,28	764,00	668,75	87,53±0,29
2,4-ДА 3 л/га	835,50	605,25	72,44±0,24	722,50	586,75	81,21±0,27
Микроэлементы	-	-	-	785,25	687,25	87,52±0,25
	Фаза выхода в трубку					
Контроль	760,50	650,00	85,47±0,28	760,50	650,00	85,47±0,28
2,4-ДА 0,5 л/га	702,50	578,00	82,35±0,26	703,75	596,25	84,72±0,28
2,4-ДА 1 л/га	678,75	512,00	75,43±0,25	730,00	594,50	81,44±0,27
2,4-ДА 1,5 л/га	779,00	491,75	63,13±0,21	528,75	395,00	74,70±0,24
2,4-ДА 2 л/га	704,75	418,50	59,39±0,19	781,25	509,00	65,15±0,21
2,4-ДА 2,5 л/га	553,75	242,00	43,70±0,13	763,25	466,25	61,08±0,20
2,4-ДА 3 л/га	703,25	243,00	34,55±0,11	704,75	318,00	45,12±0,15
Микроэлементы	-	-	-	785,25	687,75	87,52±0,29

Применение повсходовых гербицидов в посевах пшеницы озимой, особенно в фазе выхода в трубку, и в повышенных дозах препаратов, внесенных в фазе кущения, вызывало образование до 12,5 % и более в F₁ деформированных колосьев с фасциациями, ветвистостью, недоразвитостью, искривлениями.

При изучении хромосомного аппарата соматических клеток проростков зерна аномальных колосьев F₁ по сравнению с нормальными (без видимых морфологических изменений) с делянок, где вносили разные гербициды, мы установили статистически существенное повышение частоты и числа разновидностей хромосомных aberrаций в F₁ (табл. 91, 97).

Существенных различий между отдельными гербицидами по общему числу перестроек в митозе клеток меристемных тканей проростков зерна из уродливых колосьев не отмечено (табл. 97).

Растения пшеницы озимой сортов Ахтырчанка и Верхняячская 20, выращенные из зерна аномальных колосьев, под влиянием разных гербицидов в F_1 не унаследовали в F_2 деформированности колоса (рис. 29 – 42).

Всходы семян из деформированных колосьев появлялись одновременно со всходами из семян нормальных колосьев, где гербициды не вносились (контроль) или, – где гербициды вносились, но колосья формировались без аномалий. Ростовые процессы растений, выращенных из зерна деформированных колосьев, не только не отставали от контрольных, но по многим показателям в некоторых вариантах применения гербицидов превышали их (табл. 98, 99).

Не обнаружено статистически существенных различий в частоте аббераций и числе абберантных анафаз соматических клеток пшеницы озимой (F_2), выращенной из зерна деформированных колосьев, между контролем и вариантами с внесением 2,4-ДА и диаалена (табл. 100, 101). Все это дает основание заключить, что изменения, возникающие в хромосомном аппарате и морфологическом строении органов растений пшеницы озимой при воздействии изучаемых нами доз гербицидов, носят не генотипический, а фенотипический характер.

Регулируя режимом питания растений, почвенными условиями, сортовыми особенностями растений, местом культуры в севообороте и условиями применения гербицидов можно влиять на уровень фенотипических изменений, жизнеспособность пыльцы и в целом – на продуктивность растений.

Таблица 97

Частота и типы aberrаций хромосом в соматических клетках пшеницы озимой с аномальными колосьями (F₁) при внесении по всходам гербицидов в оптимальных дозах

265

Варианты опыта	Число исследованных анафаз, шт.	Число aberrантных анафаз		Частота и типы aberrаций хромосом, % к числу анафаз									
		шт.	%	одиночные мосты	двойные мосты	одиночные фрагменты	двойные фрагменты	одиночные мосты + один фрагмент	одиночные мосты + два фрагмента	утолщение хромосом	отставание хромосом	слипание хромосом	гантелевидные ядра
Контроль	801,25	6,25	0,78±0,02	0,22	0	0,31	0	0	0	0,12	0,12	0	0
Базагран	784,25	37,25	4,75±0,11	0,89	0,32	1,18	0,51	0,64	0,41	0,13	0,23	0,22	0,22
Диален	704,00	34,25	4,86±0,12	1,14	1,14	1,06	0,35	0,25	0,28	0,07	0,11	0,18	0,28
2,4-ДА	728,50	33,00	4,53±0,11	0,93	0,96	1,13	0,52	0,26	0,10	0,14	0,21	0,07	0,21
Лонтрел	793,75	36,25	4,57±0,10	1,01	0,47	1,48	0,44	0,25	0,13	0,13	0,25	0,13	0,28
Банвел Д	756,25	35,75	4,73±0,12	1,09	0,79	1,52	0,40	0,20	0,17	0,13	0,16	0,27	0
2,4-ДМ	804,25	39,50	4,91±0,12	1,02	0,87	1,62	0,44	0,31	0,16	0,16	0,12	0,12	0,09

Таблица 98

Морфологическая характеристика растений (F₂) из семян аномальных колосьев пшеницы озимой сорта
Верхняячская 20, полученных в результате внесения гербицидов по всходам (F₁)

F ₁		F ₂					
гербициды	формы колосьев	высота растений, см	число стеблей, шт. на 1 растение	число листьев, шт. на 1 стебель	масса растений, г	длина корней, см	число кор- ней, шт.
Контроль	без аномалий	15,2	1,6	2,4	0,21	8,3	4,2
Базагран	без аномалий	17,2	2,7	3,0	0,40	7,2	4,5
Базагран	аномальные	17,8	2,1	3,0	0,45	9,2	4,5
Диален	без аномалий	17,1	2,1	2,9	0,45	10,1	5,4
Диален	аномальные	18,9	2,9	3,2	0,48	8,9	4,6
2,4-ДА	без аномалий	17,2	2,7	2,8	0,47	9,8	5,3
2,4-ДА	аномальные	16,3	2,7	3,5	0,38	9,6	4,9
Лонтрел	без аномалий	17,8	2,5	3,2	0,43	8,3	4,2
Лонтрел	аномальные	15,4	1,6	2,6	0,34	8,7	4,4
Банвел Д	без аномалий	16,8	2,7	3,8	0,40	9,0	5,3
Банвел Д	аномальные	14,1	1,6	2,8	0,20	9,9	4,6
2,4-ДМ	без аномалий	11,5	1,8	2,5	0,28	9,5	4,0
2,4-ДМ	аномальные	14,2	2,0	3,4	0,34	8,4	4,5

Таблица 99

Морфологическая характеристика растений (F_2) из семян аномальных колосьев пшеницы озимой сорта Ахтырчанка, полученных в результате внесения гербицидов по всходам (F_1)

F_1		F_2					
гербициды	формы колосьев	высота растений, см	число стеблей, шт. на 1 растение	число листьев, шт. на 1 стебель	масса растений, г	длина корней, см	число корней, шт.
Контроль	без аномалий	16,5	2,6	3,0	0,30	9,5	4,3
Базагран	без аномалий	17,4	2,8	3,3	0,35	11,8	5,7
Базагран	аномальные	18,1	2,2	3,2	0,34	7,9	4,2
Диален	без аномалий	16,9	2,7	2,4	0,44	8,2	4,1
Диален	аномальные	16,1	2,4	3,0	0,40	10,7	4,6
2,4-ДА	без аномалий	18,6	2,3	3,5	0,38	8,4	5,3
2,4-ДА	аномальные	18,4	2,7	4,1	0,37	11,0	5,1
Лонтрел	без аномалий	16,9	1,7	2,8	0,35	10,1	5,2
Лонтрел	аномальные	16,3	1,5	2,8	0,34	10,3	3,8
Банвел Д	без аномалий	17,4	1,6	2,8	0,38	11,4	4,0
Банвел Д	аномальные	17,9	1,9	2,7	0,44	9,7	4,3
2,4-ДМ	без аномалий	16,2	2,2	3,0	0,42	9,2	4,4
2,4-ДМ	аномальные	17,2	1,8	3,2	0,41	7,9	3,8

Таблица 100

Частота и типы aberrаций хромосом в соматических клетках пшеницы озимой (F₂) при внесении 2,4-ДА
в фазе кушения

Варианты опыта	Число исследованных анафаз, шт.	Число aberrантных анафаз		Частота и типы aberrаций хромосом, % к числу анафаз							
		шт.	%	одиначные мосты	двойные мосты	одиначные фрагменты	двойные фрагменты	одиначные мосты + один фрагмент	одиначные мосты + два фрагмента	утолщение хромосом	отставание хромосом
Контроль	806,50	7,50	0,93±0,02	0,25	0	0,43	0	0	0	0,12	0,13
2,4-ДА 0,5 л/га	714,25	6,50	0,91±0,02	0,24	0	0,39	0	0,04	0	0,10	0,14
2,4-ДА 1 л/га	721,50	7,00	0,97±0,04	0,17	0	0,42	0,04	0	0	0,07	0,27
2,4-ДА 1,5 л/га	726,75	6,25	0,86±0,03	0,24	0	0,31	0	0	0	0,14	0,17
2,4-ДА 2 л/га	694,50	6,25	0,90±0,03	0,26	0	0,36	0	0	0	0,14	0,14
2,4-ДА 2,5 л/га	670,00	6,50	0,97±0,04	0,26	0,03	0	0,03	0	0,08	0	0,15
2,4-ДА 3 л/га	725,75	6,75	0,93±0,03	0,28	0	0,34	0	0,10	0	0,07	0,14

Таблица 101

Частота и типы aberrаций хромосом в соматических клетках пшеницы озимой (F₂) при внесении диалена в фазе кущения

Варианты опыта	Число исследованных анафаз, шт.	Число aberrантных анафаз		Частота и типы aberrаций хромосом, % к числу анафаз							
		шт.	%	одиначные мосты	двойные мосты	одиначные фрагменты	двойные фрагменты	одиначные мосты + один фрагмент	одиначные мосты + два фрагмента	утолщение хромосом	отставание хромосом
Контроль	806,50	7,50	0,93±0,03	0,25	0	0,43	0	0	0	0,12	0,13
Диален 0,5 л/га	815,25	7,50	0,92±0,02	0,21	0	0,40	0	0,03	0	0,09	0,18
Диален 1 л/га	779,50	7,25	0,93±0,03	0,22	0	0,38	0	0	0	0,16	0,16
Диален 1,5 л/га	841,25	8,75	1,04±0,04	0,27	0,03	0,42	0	0	0	0,12	0,21
Диален 2 л/га	725,75	6,75	0,93±0,03	0,21	0	0,41	0	0	0	0,14	0,17
Диален 2,5 л/га	690,50	7,25	1,05±0,05	0,25	0	0,47	0	0	0,04	0,14	0,14
Диален 3 л/га	586,75	5,75	0,98±0,03	0,21	0	0,43	0,04	0	0	0	0,30



Рис. 29. Морфологическое строение колосьев пшеницы озимой Ахтырчанка при внесении диалена по всходам в F_1 : а – контроль в F_1 ; б – anomальные колосья в F_1 ; в – контроль в F_2 ; г – колосья в F_2 , выращенные из зерна anomальных колосьев F_1



Рис. 30. Морфологическое строение колосьев пшеницы озимой Ахтырчанка при внесении 2,4-ДА по всходам в F_1 : а – контроль в F_1 ; б – anomальные колосья в F_1 ; в – контроль в F_2 ; г – колосья в F_2 , выращенные из зерна anomальных колосьев F_1



а

б

в

г

Рис. 31. Морфологическое строение колосьев пшеницы озимой Ахтырчанка при внесении базагрانا по всходам в F_1 : а – контроль в F_1 ; б – аномальные колосья в F_1 ; в – контроль в F_2 ; г – колосья в F_2 , выращенные из зерна аномальных колосьев F_1



Рис. 32. Морфологическое строение колосьев пшеницы озимой Ахтырчанка при внесении лонтрела по всходам в F_1 : а — контроль в F_1 ; б — аномальные колосья в F_1 ; в — контроль в F_2 ; г — колосья в F_2 , выращенные из зерна аномальных колосьев F_1



Рис. 33. Морфологическое строение колосьев пшеницы озимой Ахтырчанка при внесении банвела Д по всходам в F_1 : а – контроль в F_1 ; б – аномальные колосья в F_1 ; в – контроль в F_2 ; г – колосья в F_2 , выращенные из зерна аномальных колосьев F_1

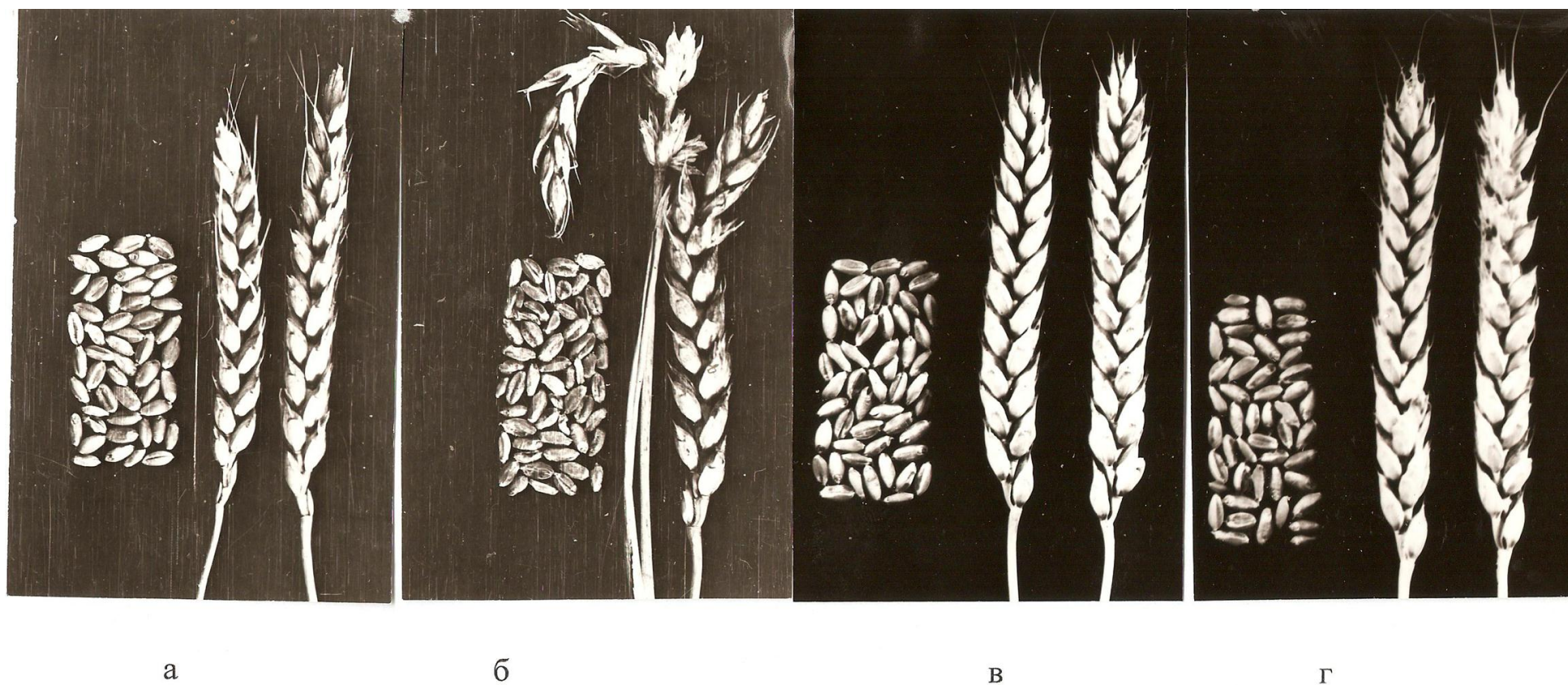
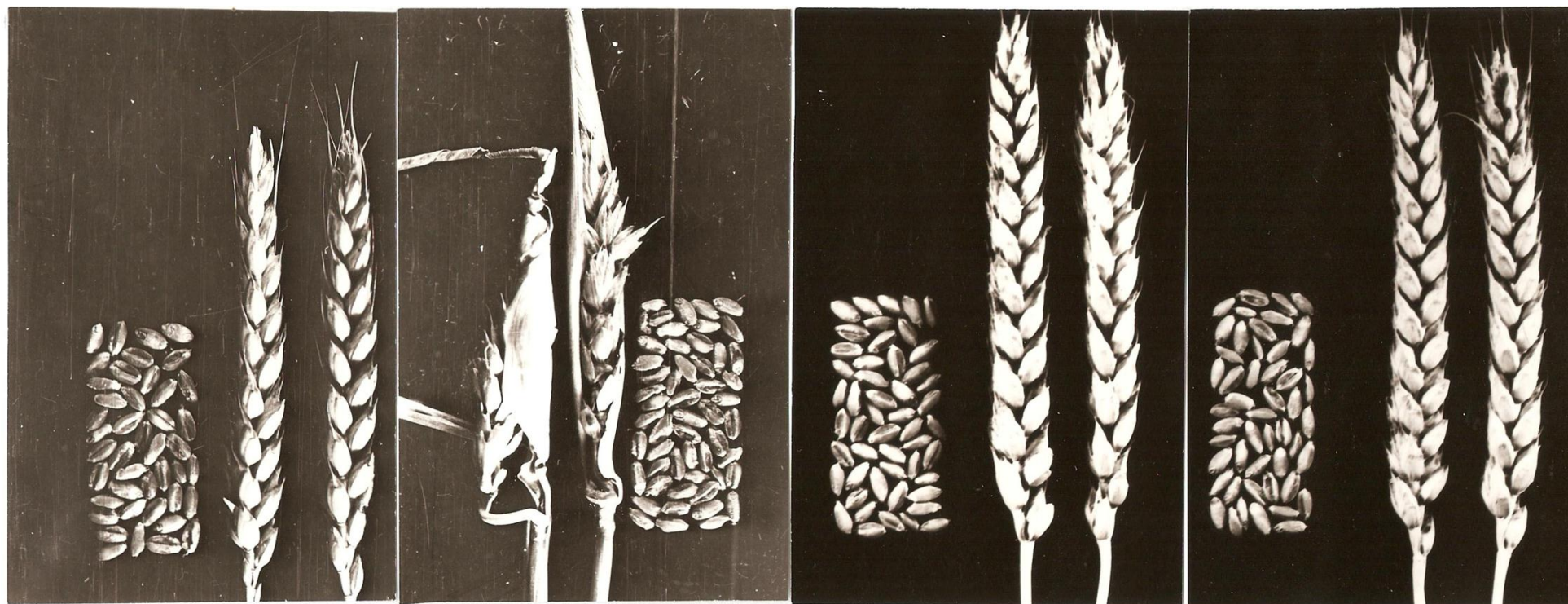


Рис. 34. Морфологическое строение колосьев пшеницы озимой Ахтырчанка при внесении 2,4-ДМ по всходам в F_1 : а – контроль в F_1 ; б – аномальные колосья в F_1 ; в – контроль в F_2 ; г – колосья в F_2 , выращенные из зерна аномальных колосьев F_1



Рис. 35. Морфологическое строение колосьев пшеницы озимой Верхняячская 20 при внесении диалена по всходам в F_1 : а – контроль в F_1 ; б – аномальные колосья в F_1 ; в – контроль в F_2 ; г – колосья в F_2 , выращенные из зерна аномальных колосьев F_1



а

б

в

г

Рис. 36. Морфологическое строение колосьев пшеницы озимой Верхняячская 20 при внесении 2,4-ДА по всходам в F_1 : а – контроль в F_1 ; б – anomальные колосья в F_1 ; в – контроль в F_2 ; г – колосья в F_2 , выращенные из зерна anomальных колосьев F_1



Рис. 37. Морфологическое строение колосьев пшеницы озимой Верхняячская 20 при внесении базагрانا по всходам в F_1 : а – контроль в F_1 ; б – anomальные колосья в F_1 ; в – контроль в F_2 ; г – колосья в F_2 , выращенные из зерна anomальных колосьев F_1



Рис. 38. Морфологическое строение колосьев пшеницы озимой Верхняячская 20 при внесении лонтрела по всходам в F_1 : а – контроль в F_1 ; б – аномальные колосья в F_1 ; в – контроль в F_2 ; г – колосья в F_2 , выращенные из зерна аномальных колосьев F_1



Рис. 39. Морфологическое строение колосьев пшеницы озимой Верхняячская 20 при внесении банвела Д по всходам в F_1 : а – контроль в F_1 ; б – anomальные колосья в F_1 ; в – контроль в F_2 ; г – колосья в F_2 , выращенные из зерна anomальных колосьев F_1



Рис. 40. Морфологическое строение колосьев пшеницы озимой Верхнячская 20 при внесении 2,4-ДМ по всходам в F_1 : а – контроль в F_1 ; б – аномальные колосья в F_1 ; в – контроль в F_2 ; г – колосья в F_2 , выращенные из зерна аномальных колосьев F_1

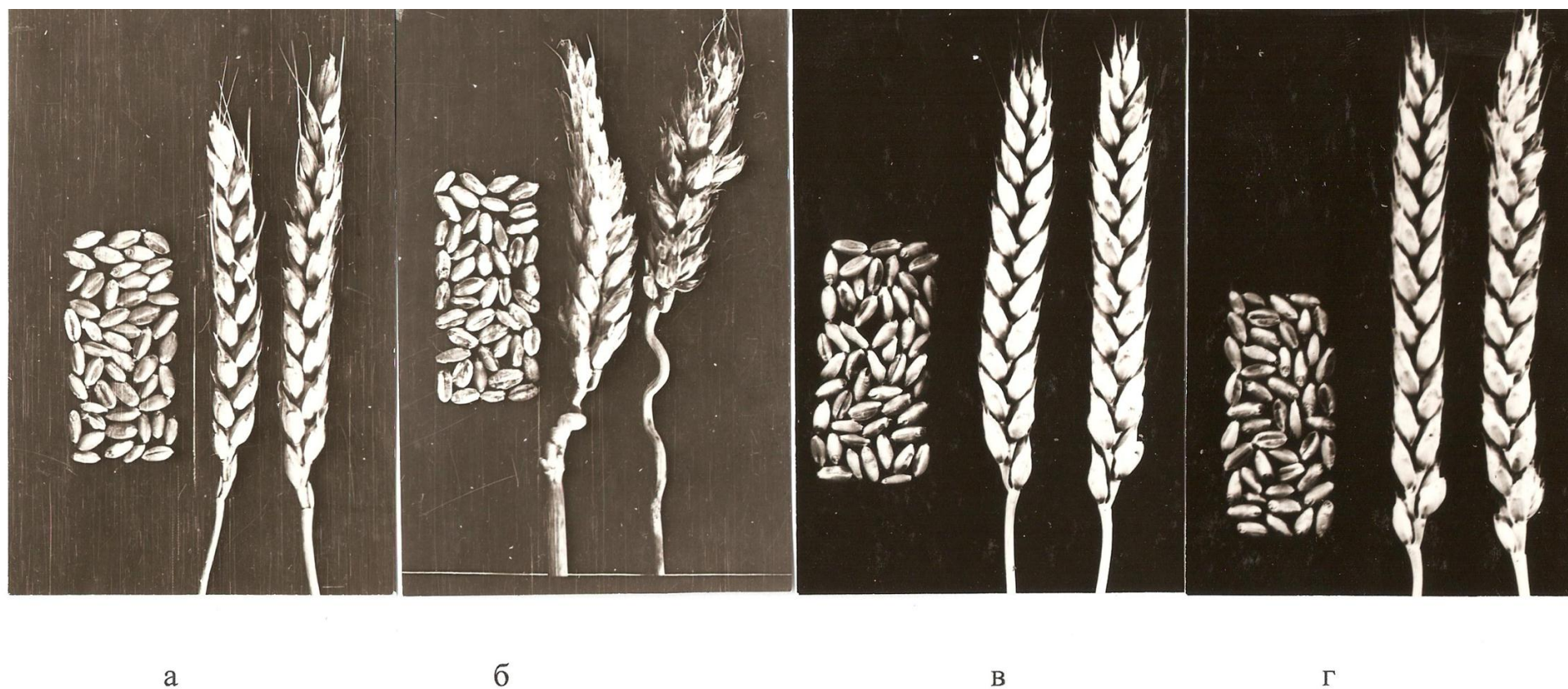


Рис. 41. Морфологическое строение колосьев пшеницы озимой Ахтырчанка при внесении смеси диалена с банвелом Д по всходам в F_1 : а – контроль в F_1 ; б – аномальные колосья в F_1 ; в – контроль в F_2 ; г – колосья в F_2 , выращенные их зерна аномальных колосьев F_1



Рис. 42. Морфологическое строение колосьев пшеницы озимой Верхняячская 20 при внесении смеси диалена с банвелом Д по всходам в F_1 : а – контроль в F_1 ; б – аномальные колосья в F_1 ; в – контроль в F_2 ; г – колосья в F_2 , выращенные из зерна аномальных колосьев F_1

3.2. Изменения в хромосомном аппарате и фертильность пыльцы кукурузы в зависимости от питательного режима почвы, видов гербицидов и условий их применения

При изучении частоты и типов aberrаций хромосом в соматических клетках кукурузы, их митотической активности нами установлено, что одни и те же гербициды, внесенные в почву, действуют на деление хромосомного аппарата меристемных тканей кукурузы и его митотическую активность по-разному в зависимости от доз препарата, сроков и способов внесения, почвенных условий возделывания культуры. Так, при внесении симазина в почву перед посевом кукурузы, выращиваемой на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса свыше 3 %, число aberrантных анафаз в соматических клетках кукурузы в F_1 , при дозе 4 кг/га было незначительным и составляло 0,58 %, в то время, когда при такой же дозе гербицида у кукурузы, возделываемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса ниже 3 %, – 1,21 % (табл. 102, 103).

С увеличением доз препарата увеличивалось число aberrантных клеток у кукурузы на обоих типах почв, однако при выращивании ее на черноземах оподзоленных оно было ниже, чем на серых оподзоленных почвах. При этом разными были также митотическая активность соматических клеток и продолжительность фаз митоза (табл. 104, 105). Так, самым интенсивным было деление клеток у кукурузы, возделываемой на серых оподзоленных почвах при дозе симазина 6 кг/га и на черноземах оподзоленных – при 8 кг/га препарата. Возможно, эта закономерность проявлялась и в дальнейшем росте и развитии растений кукурузы при этих дозах симазина, поскольку на отмеченных вариантах опыта более быстро проходили этапы органогенеза кукурузы, в том числе конусов нарастания (рис. 43 – 46), что в итоге приводило к более ранним срокам созревания початков.

Таблица 102

Частота и типы aberrаций хромосом в соматических клетках кукурузы (F_1), возделываемой на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса 4,8 %, при внесении симазина

Варианты опыта	Число исследованных анафаз, шт.	Число aberrантных анафаз		Частота и типы aberrаций хромосом, % к числу анафаз							
		шт.	%	одиночные мосты	двойные мосты	одиночные фрагменты	двойные фрагменты	одиночные мосты + один фрагмент	одиночные мосты + два фрагмента	отставание хромосом	слипание хромосом
Контроль	853,75	3,50	$0,41 \pm 0,01$	0,13	0	0,17	0	0	0	0	0,11
Симазин 4 кг/га	769,75	4,50	$0,58 \pm 0,02$	0,16	0	0,16	0	0	0	0,13	0,13
Симазин 6 кг/га	698,25	9,25	$1,32 \pm 0,03$	0,22	0,11	0,28	0	0,14	0,14	0,22	0,22
Симазин 8 кг/га	791,50	14,25	$1,80 \pm 0,06$	0,25	0,16	0,38	0,12	0,25	0,19	0,23	0,22
Симазин 10 кг/га	789,25	19,00	$2,40 \pm 0,08$	0,48	0,32	0,48	0,16	0,27	0,22	0,28	0,19

Таблица 103

Частота и типы aberrаций хромосом в соматических клетках кукурузы (F₁), возделываемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,5 %, при внесении симазина

Варианты опыта	Число исследованных анафаз, шт.	Число aberrантных анафаз		Частота и типы aberrаций хромосом, % к числу анафаз							
		шт.	%	одио- чные мости	двой- ные мости	одио- чные фраг- менты	двой- ные фраг- менты	одио- чные мости + один фрагме- нт	одио- чные мости + два фрагме- нта	отстав- ание хромо- сом	слипа- ние хромо- сом
Контроль	813,0 0	3,50	0,43±0,0 1	0,15	0	0,12	0	0	0	0	0,15
Симазин 4 кг/га	711,0 0	8,50	1,20±0,0 4	0,21	0,07	0,35	0	0,18	0	0,18	0,21
Симазин 6 кг/га	814,2 5	18,75	2,30±0,0 7	0,28	0,18	1,01	0,12	0,09	0	0,31	0,31
Симазин 8 кг/га	743,0 0	21,50	2,89±0,0 9	0,50	0,21	1,08	0,10	0,13	0,13	0,37	0,37
Симазин 10 кг/га	810,2 5	25,25	3,12±0,0 8	0,74	0,18	0,97	0,15	0,18	0,18	0,40	0,31

Таблица 104

Митотическая активность и соотношение фаз митоза в соматических клетках кукурузы (F₁), возделываемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,5 %, при внесении симазина

Варианты опыта	Число исследованных клеток, шт.		Митоти- ческая актив- ность,%	Число клеток в митозе							
	всего, шт.	из них делящихся, шт.		профаза		метафаза		анафаза		телофаза	
				шт.	% к деля- щимся	шт.	% к деля- щимся	шт.	% к деля- щимся	шт.	% к деля- щимся
Контроль	1289,00	70,00	5,43±0,12	16,50	23,57	19,75	28,21	18,25	26,07	15,50	22,15
Симазин 4 кг/га	1315,00	76,50	5,82±0,13	17,25	22,55	21,50	28,10	20,50	26,80	17,25	22,55
Симазин 6 кг/га	1294,00	79,25	6,12±0,14	17,50	22,08	22,00	27,76	22,50	28,39	17,25	22,89
Симазин 8 кг/га	1285,00	73,00	5,68±0,12	14,75	20,21	19,00	26,02	21,25	29,11	18,00	24,66
Симазин 10 кг/га	1317,00	62,25	4,73±0,11	12,50	20,08	15,50	24,90	18,25	29,32	16,00	25,70

Таблица 105

Митотическая активность и соотношение фаз митоза в соматических клетках кукурузы (F₁), возделываемой на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса 4,8 %, при внесении симазина

288

Варианты опыта	Число исследованных клеток, шт.		Митоти- ческая актив- ность,%	Число клеток в митозе							
	всего, шт.	из них делящихся, шт.		профаза		метафаза		анафаза		телофаза	
				шт.	% к деля- щимся	шт.	% к деля- щимся	шт.	% к деля- щимся	шт.	% к деля- щимся
Контроль	1310,00	71,75	5,48±0,12	17,00	23,69	20,25	28,22	18,75	26,13	15,75	21,96
Симазин 4 кг/га	1314,00	72,50	5,52±0,12	17,00	23,45	20,25	27,93	19,00	26,20	16,25	22,42
Симазин 6 кг/га	1263,25	76,75	6,08±0,14	17,50	22,80	21,00	27,36	20,75	27,03	17,50	22,81
Симазин 8 кг/га	1263,75	85,00	6,73±0,16	19,25	22,65	22,50	26,47	24,00	28,23	19,25	22,65
Симазин 10 кг/га	1315,00	79,00	6,00±0,14	17,50	22,15	20,50	25,95	23,00	29,11	18,00	22,78

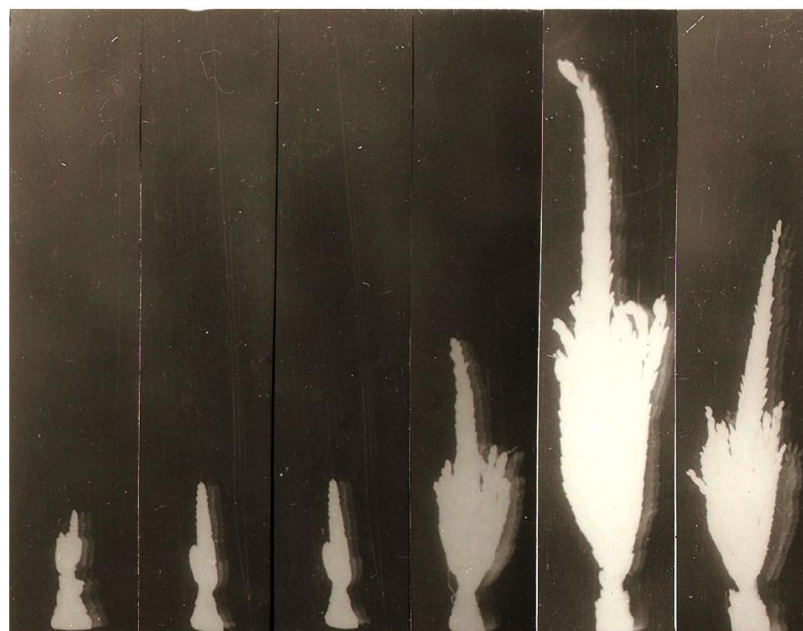
Нами также установлено [98], что симазин, внесенный в почву в оптимальных для товарных посевов кукурузы дозах, на гибридных участках кукурузы при выращивании гибрида Буковинский 3 более сильно нарушал деление клеток меристемных тканей в F_1 у отцовской самоопыляемой линии ВИР-44 и менее сильно – у материнской формы Глория Янецкого.

Частота хромосомных нарушений у гибрида Буковинский 3 в F_1 , полученного в результате скрещивания родительских форм, возделываемых с применением симазина, была в 1,5 раза выше, чем у гибрида Буковинский 3, выращиваемого с внесением симазина в почву непосредственно под гибридную кукурузу. Кроме того, гибрид Буковинский 3, полученный от родительских форм, под которые вносили симазин, обладал меньшей устойчивостью к вредителям и болезням по сравнению с контролем.

Нами также выявлено, что алирокс, применяемый в почву под посев родительских форм кукурузы гибрида Жеребковский 86МВ, снижает фертильность пыльцы отцовской формы «Искра» по сравнению с контролем, в то время когда при внесении эрадикана 6Е, агелона, примэкстры жизнеспособность пыльцы, наоборот, повышается (табл. 106). Полученные данные дают основание более осторожно подходить к подбору и применению гербицидов на гибридных участках кукурузы.

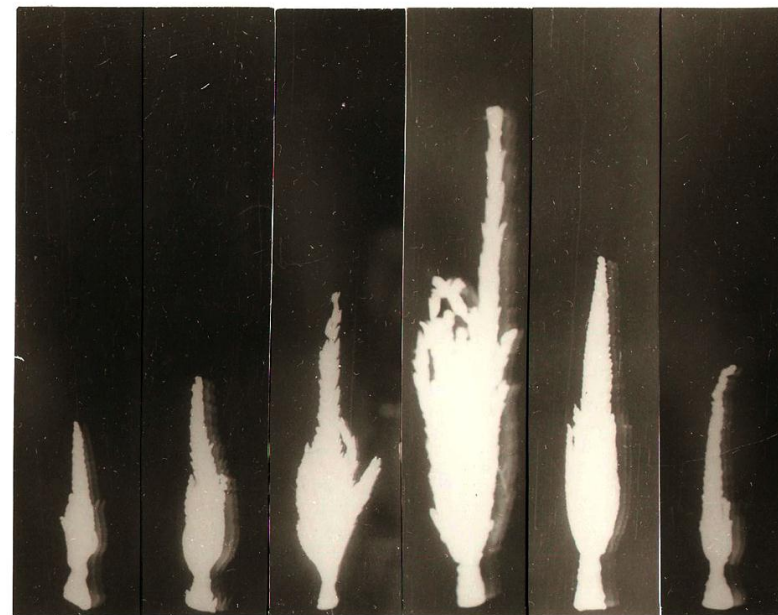
При изучении влияния эрадикана 6Е и алирокса в дозах от 5 до 10 л/га, внесенных отдельно и в смеси с симaziном (1,5; 2; 2,5; 3; 3,5 кг/га), примэкстрой и агелоном (5–8 кг/га) при сплошном и ленточном опрыскивании почвы на деление хромосомного аппарата соматических клеток кукурузы в F_1 и F_2 , возделываемых на разных по содержанию гумуса почвах, мы установили [99, 102], что эрадикан 6Е вызывает хромосомные нарушения в митозе меристемных тканей кукурузы в F_1 : одиночные и двойные мосты, слипание хромосом, одиночные и двойные микрофрагменты, отставание хромосом.

Частота аберраций повышается, а число их разновидностей увеличивается с повышением доз препарата. Так, если на контроле перестройки в митозе составляли 0,78 %, то при дозах эрадикана 6Е 5, 7, 8 и 10 л/га – соответственно 1,5; 2; 2,3 и 3,1 %.



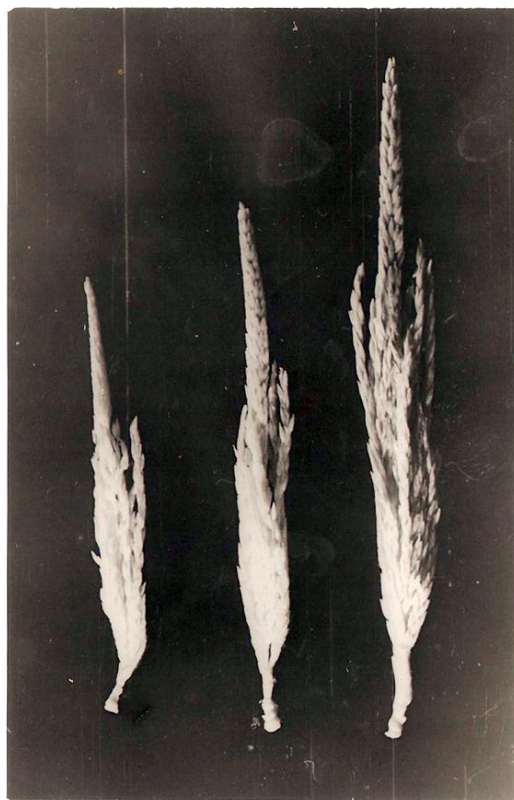
а б в г д е

Рис. 43. Конусы нарастания метелок кукурузы в F_1 (7.VII), выращиваемой на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса 4,8 %, при внесении симазина: а – контроль; б – 4 кг/га; в – 5 кг/га; г – 6 кг/га; д – 8 кг/га; е – 12 кг/га.



а б в г д е

Рис. 44. Конусы нарастания метелок кукурузы в F_1 (7.VII), выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,5 %, при внесении симазина: а – контроль; б – 4 кг/га; в – 5 кг/га; г – 6 кг/га; д – 8 кг/га; е – 12 кг/га.



а б в

Рис. 45. Конусы нарастания метелок кукурузы в F_1 (18.VII), выращиваемой на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса 4,8 %, при внесении симазина: а – контроль; б – 6 кг/га; в – 8 кг/га



а б в

Рис. 46. Конусы нарастания метелок кукурузы в F_1 (18.VII), выращиваемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,5 %, при внесении симазина: а – контроль; б – 6 кг/га; в – 8 кг/га

Фертильность пыльцы гибрида кукурузы Жеребковский 86МВ (F₁) при внесении гербицидов на гибридных участках в почву

Гербициды	Число исследованных пыльцевых зерен, шт.		Фертильность пыльцы
	всего	из них проросших	
Контроль	830,50	692,75	83,41±0,26
Алирокс 7 л/га	875,25	668,25	76,35±0,25
Эрадикан 6Е 7 л/га	909,75	813,75	89,44±0,28
Агелон 6 кг/га	841,00	749,50	89,12±0,29
Примэкстра 6 кг/га	917,50	777,25	84,71±0,28

Количество aberrаций увеличивалось и при совместном внесении в почву эрадикана 6Е с атразином пропорционально возрастанию доз препаратов, а при 10 л/га эрадикана в смеси с 4 кг/га атразина достигало 3,8 % к числу анафаз. Чем больше содержалось в почве гумуса и чем интенсивнее развивались растения, тем менее отрицательно было влияние гербицидов на изучаемый показатель.

Так, суммарное количество aberrаций у кукурузы, возделываемой на почвах с содержанием 5,6 % гумуса, при сплошном внесении разных гербицидов составляло: примэкстры (6 кг/га) – 2,4 %, агелона (6 кг/га) – 2,1 %, эрадикана 6Е (7 л/га) – 2,1 %, алирокса (7 л/га) – 2,7 %; на фоне почв с 1,5 % гумуса при использовании тех же препаратов и доз суммарная частота aberrаций равнялась соответственно 3,1; 3,2; 2,6 и 3,1 %.

Количество aberrантных хромосом под влиянием гербицидов снижалось в F₁ при внесении в почву органических удобрений (30 т/га) на низкогумусных почвах, а также при полном минеральном удобрении почв с разным содержанием гумуса и при внесении гербицидов ленточным способом.

Таким образом, из вышеизложенного экспериментального материала следует, что гербициды, применяемые в посевах кукурузы, активно влияют на хромосомный аппарат и фертильность пыльцы гибридов кукурузы и ее родительских форм в F₁. Уровень этого влияния зависит от применяемых видов гербицидов, доз, сроков и способов их внесения, почвенных условий (содержание гумуса и

обеспеченности растений питательными веществами). Чем благоприятнее питательный режим растений и чем интенсивнее растения развиваются, тем меньше влияют гербициды на хромосомный аппарат и фертильность пыльцы кукурузы. Регулируя условиями жизнедеятельности растений, создавая благоприятную среду для их развития с учетом специфического действия гербицидов на растения и условий их применения можно активно управлять процессами митоза, способствовать повышению фертильности пыльцы и формированию высоких урожаев кукурузы.

4. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕРБИЦИДОВ С РАСТЕНИЯМИ И ПОЧВОЙ ПРИ РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТОВ И ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К НИМ ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ КУЛЬТУР

Изучив действие отдельных видов гербицидов на растительные организмы, важным было также определить реакцию почвенного микронаселения на воздействие химических препаратов при разных условиях применения в посевах сельскохозяйственных культур, поскольку микробный ценоз находится в тесном взаимодействии с почвой и растениями и от того, насколько глубоко будут нарушаться процессы жизнедеятельности почвенной биоты под влиянием химических агентов, будет зависеть состояние плодородия и уровень питательного режима почвы, а отсюда – развитие и продуктивность растений.

Учеными нашей страны и зарубежных стран проводятся широкие исследования по изучению влияния гербицидов на микробиологические процессы и питательный режим почвы, участия микроорганизмов в инаktivации химических препаратов, используемых в посевах сельскохозяйственных культур.

В опытах И. Циркова [115] нортрон после внесения его в почву сильно подавлял аммонифицирующие бактерии в течение 150 дней, актиномицеты – 90 дней, грибы – 120 дней. В то же время, в исследованиях Д. Бакаливанова, А. Бойчева [116] далапон не влиял отрицательно на почвенные организмы, а в дозе 20 кг/га даже временно стимулировал их развитие.

Л.Е. Одус [117] не обнаружил в своих опытах отрицательного влияния на микроорганизмы феноксипроизводных (2,4-Д; 2М-4Х) в дозах, в 100 раз превышающих оптимальные. В его опытах не

изменялось также общее количество микроорганизмов под влиянием монурона, диурона, далапона, пиклорама, трихлорацетата натрия, дактала, пирамина, ИФК.

В исследованиях Е. Гавриловой [118] гербицид 2М-4Х в дозах 1,5–4,5 кг/га также не оказывал отрицательного влияния на общее количество микроорганизмов на корнях пшеницы. Не обнаружено ингибирующего влияния гербицидов на основные группы микроорганизмов в опытах А.М. Грималовского [119] при многолетнем применении препаратов в посевах бессменного возделывания кукурузы.

В.Ф. Непомилуев и др. [120] установили угнетение микроорганизмов в почве вначале действия гербицидов хлоразина, циклулона, диносеба, а позже – их стимуляцию. Аналогичные результаты получены А.А. Рахимовым, В.К. Рыбиной [121], А.П. Улановым, А.В. Воеводиным [122].

А.В.Воеводин [123] считает, что изменение общего количества микрофлоры и ее отдельных групп является результатом суммарного действия разных факторов, в том числе и гербицидов. Подтверждением этому могут быть результаты опытов, проведенных З.Р. Мовсумовым и С.А. Дунямалиевым [124] при изучении микробиологических процессов в почве под влиянием эрадикана, внесенного на фоне минеральных и органических удобрений. Авторы не установили отрицательного действия эрадикана на микробиологические процессы на удобренных почвах.

На благоприятное влияние совместного внесения гербицидов с органическими (40 т/га) и минеральными удобрениями на рост микроорганизмов указывают В. Ранков и Б. Велев [125]. Положительно также влияли гербициды на развитие микроорганизмов в посевах гороха при совместном внесении их с микроэлементами в опытах З.М. Грицаенко и Г.Г. Герасименко [126].

Не обнаружили резких различий в развитии микрофлоры на разных почвах при действии атразина, симазина и прометрина в дозах 2-10 кг/га на протяжении вегетационного периода А.В. Манорик и С.М. Маличенко [127]. В то же время, А. Миловска и др., Т.И. Курындина и др.; Д. Кулинска (цит. по А.В. Воеводину [121]) отмечают, что вначале гербициды угнетают нарастание численности микроорганизмов, затем стимулируют. Аналогичные результаты получены В.И. Петровой [128], в опытах которой через три недели после внесения в почву под кукурузу прометрина снижалась

численность гетеротрофных бактерий и актиномицетов, а через 90 дней увеличивалось количество всех групп бактерий, использующих минеральные формы азота; при этом повышалось число нитрифицирующих бактерий.

В исследованиях Н.Г. Николаевой и др. [34] в оптимальных дозах 2,4-Д и триазины оказывали благоприятное влияние на нитрифицирующие бактерии в посевах кукурузы; высокие дозы этих препаратов кратковременно ингибировали нитрификационные процессы.

Г.К. Тюрюканова и др. [129] установили снижение биомассы микроорганизмов в посевах сахарной свеклы через неделю после внесения гербицидов в разных дозах на 8-16 %, а к концу вегетационного периода – на 18-33 %.

На снижение деятельности микроорганизмов на протяжении вегетационного периода сахарной свеклы, возделываемой на орошаемых участках при внесении смесей гербицидов в повышенных дозах, указывает В.А. Квасов [130].

В.П. Ступаков и В.В. Грицик [131] установили, что степень нарушения микробиологических процессов в посевах сахарной свеклы при внесении пирамина, ТХА, ДХМ и их смесей зависит от доз препаратов, погодных условий и времени их определения.

Зависимость жизнедеятельности микроорганизмов от доз, сроков и способов применения гербицидов в посевах сельскохозяйственных культур, питательного режима, содержания гумуса и механического состава почвы изучала З.М. Грицаенко [132, 133, 134, 135, 100].

В опытах И.И. Либерштейна [136] внесенные в почву на паровом поле разные гербициды не одинаково влияли на развитие общего количества бактерий и их физиологических групп. Так, через 5 часов после внесения трефлан, ДХМ и атразин незначительно уменьшали количество бактерий; на вторые-третьи сутки после внесения трефлан, ДХМ и атразин увеличивали число аммонификаторов, дифенамид, наоборот, угнетал их развитие. В его опытах ДХМ при высоких дозах подавлял нитрификационные процессы в посевах свеклы вначале вегетации, однако, затем содержание нитратов восстанавливалось и даже превосходило уровень контрольного фона.

На увеличение содержания нитратного азота в почве при внесении триазинов в посевах кукурузы указывает И.В. Веселовский [137]. В его опытах триазины угнетали развитие грибов, а при

внесении линурона общее количество бактерий в слое почвы 10-20 см по сравнению с контролем уменьшалось на 32-48 %.

О значительном влиянии гербицидов на нитрификационные процессы в почве при внесении гербицидов сообщают А.Т. Шуткина и Н.Г. Николаева [138]. В проведенных ими исследованиях на винограднике под влиянием симазина первоначально увеличивалось накопление нитратов по сравнению с контролем, а через месяц – ингибировалось. Атразин, наоборот, через месяц после внесения стимулировал процессы нитрификации в почве. В лабораторных опытах посевов гороха [139] на карбонатном черноземе через три дня после внесения атразина содержание нитратов увеличивалось на 42 %, а при внесении симазина – уменьшалось на 14 %. В дальнейшем содержание нитратов в почве по отношению к видам триазинов изменялось или в сторону снижения их количества, или – повышения. Н.Г. Николаева [114] также установила, что большие дозы гербицидов и многократное их применение на одном и том же участке резко нарушают процесс нитрификации, то ингибируя, то стимулируя его. При этом нарушается характерное для данной почвы и культуры соотношение $N : P : K$.

На изменение питательного режима почвы при воздействии гербицидов указывает Ж.И. Николаенко [140, 141]. В ее опытах в посевах сахарной свеклы высокие дозы алипура, мурбетол, пирамина, тиллама, эптама снижали в первый период после внесения гербицидов содержание нитратного азота и усвояемой фосфорной кислоты. По мере детоксикации гербицидов, через один-два месяца после внесения, влияние препаратов на питательный режим почвы было почти незаметным. Оптимальные дозировки этих гербицидов существенно не влияли на питательный режим почвы.

А.М. Грималовский и Н.Г. Николаева [139] указывают, что гербициды, уничтожая или сильно подавляя сорняки, улучшают условия питания культурных растений. К аналогичным выводам пришли В.Ф. Ладонин и др. [142], а также Г.С. Груздев [143], в опытах которого сорняки без применения гербицидов использовали 65 % азота, 44 % фосфора и 56 % калия, внесенных с удобрениями в севообороте; при внесении гербицидов вынос питательных веществ сорняками был значительно меньше – азота 16,4, фосфора 11,3 и калия 13,6 %.

Б.А. Гусейнов [144], С.Д. Цветкова [145], В.И. Заварзин и Т.В. Беляева [146] считают, что количество основных элементов

питания в почве при внесении гербицидов заметно увеличивается, что связано со стимуляцией микробиологических процессов и уменьшением выноса их сорняками.

На изменения количественного состава микроорганизмов, их физиологических групп при внесении гербицидов в посевах сельскохозяйственных культур и влияние их на питательный режим почвы указывают и другие авторы: Л.Д.Киперман-Резник и А.М. Грималовский [147], Р.Р. Олейников [148], Е. Собошаньски и др. [149], Р. Донкова и др. [150], С.А. Толочкина, С.Я. Мехтиев [151], Е.И. Маркс и В.Ф. Ладонин [152], А.К. Свирскене [153], Ф.А. Агаев [154], В.В. Рассохина и В.А. Кузьминская [155], В.А. Зинченко [156], Ж.Ф. Адиятова и др. [157], З.В. Вишнякова [158].

Таким образом, несмотря на большой, имеющийся в литературе экспериментальный материал по изучению влияния гербицидов на микробиологические процессы и питательный режим почвы, исследований в этой области проводится все же недостаточно и в большинстве случаев без связи с окружающей средой – с почвенными, климатическими и агротехническими условиями выращивания сельскохозяйственных культур, с питательным режимом почвы и ее механическим составом, уровнем чувствительности возделываемых культур к гербицидам, что в целом отражается на правильном, научно-обоснованном подходе к применению гербицидов в посевах сельскохозяйственных культур, возделываемых в полевых и производственных условиях конкретной зоны.

У результате проведенных нами исследований установлено, что на разных по механическому составу и содержанию гумуса почвах одни и те же гербициды и их дозы по-разному влияют на микробиологическую активность почвы в ризосфере и междурядьях культурных растений. Так, при внесении эрадикана 6Е в посевах кукурузы, возделываемой на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса 4,6 %, с повышением доз гербицида через 20 дней после применения препарата увеличивалось по сравнению с контролем количество бактерий и грибов как в ризосфере, так и в междурядьях (табл. 107, 108; рис. 47, 48). Наиболее интенсивно развивались микроорганизмы на черноземах оподзоленных при дозах эрадикана 6Е 8 и 9 л/га. При этом по отношению к контролю в большей мере в ризосфере, чем в междурядьях кукурузы, увеличивалось число бактерий; повышалось по сравнению с

контролем количество спорообразующих микроорганизмов – аммонификаторов, целлюлозоразрушающих бактерий и грибов при незначительном снижении количества беспоровых нитрифицирующих бактерий и азотобактера (табл. 107,108,109; рис. 49).

Повышение доз эрадиана 6Е до 10 л/га на черноземах оподзоленных снижало общее количество микроорганизмов по сравнению с предшествующей дозой препарата преимущественно за счет беспоровых форм бактерий. При этом не угнетался рост бацилл-аммонификаторов и грибов. Более чувствительными к повышенной дозе эрадикана 6Е оказались целлюлозоразрушающие микроорганизмы, количество которых через 20 дней после применения гербицида заметно снижалось: больше – в междурядьях, меньше – в ризосфере кукурузы.

Через 30 дней после внесения эрадикана 6Е на черноземах оподзоленных продолжал активизироваться рост более устойчивых к препарату микроорганизмов и грибов как в ризосфере, так и в междурядьях кукурузы. При этом значительно увеличивалось также число более чувствительных к свидетельствует о создавшихся через месяц после применения гербицида благоприятных условиях для жизнедеятельности важнейших групп микроорганизмов, участвующих в создании плодородия почвы и способствующих более интенсивному развитию растений не только при оптимальных для их роста на черноземах оподзоленных дозах (8–9 л/га) эрадикана 6Е, но и при повышенных (10 л/га).

По-иному проходило развитие микроорганизмов при тех же дозах эрадикана 6Е, внесенного под посев кукурузы на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,8 %. Так, если на черноземах оподзоленных в посевах кукурузы оптимальными дозами эрадикана 6Е, при которых наиболее интенсивно в почве проходили микробиологические процессы, были 8–9 л/га препарата, то на серых оподзоленных почвах при этих же дозах гербицида микробиологические процессы проходили менее активно, а общее число микроорганизмов в междурядьях кукурузы было даже ниже, чем на контроле (табл. 110, 111).

Таблица 107

Влияние эрадикана 6Е на микробиологическую активность почвы в ризосфере кукурузы, возделываемой на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса 4,6 %

299

Варианты опыта	Численность микроорганизмов, тыс. шт. в 1 г почвы									
	через 20 дней					через 30 дней				
	бактерии				грибы	бактерии				грибы
	общее количество	аммонификаторы	целлюлозоразрушающие	нитрификаторы		общее количество	аммонификаторы	целлюлозоразрушающие	нитрификаторы	
Контроль	4680	2015	953	740	2210	4920	2315	1050	910	2315
Эради кан 6Е 5 л/га	4820	2185	1043	815	2415	5015	2420	1180	908	2520
Эради кан 6Е 6 л/га	4797	2220	1096	897	2613	5310	2480	1170	940	2830
Эради кан 6Е 7 л/га	6943	2497	1168	890	2810	7020	2610	1350	1050	3040
Эради кан 6Е 8 л/га	8920	2956	1463	715	2800	9130	3090	1520	1145	3090
Эради кан 6Е 9 л/га	8989	2880	1495	680	2915	9750	3140	1586	1290	3215
Эради кан 6Е 10 л/га	7988	2910	1187	520	3010	9810	3210	1485	1175	3200

Таблица 108

Влияние эрадикана 6Е на микробиологическую активность почвы в междурядьях кукурузы, возделываемой на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса 4,6 %

Варианты опыта	Численность микроорганизмов, тыс. шт. в 1 г почвы									
	через 20 дней					через 30 дней				
	бактерии				грибы	бактерии				грибы
	общее количество	аммонификаторы	целлюлозоразрушающие	нитрификаторы		общее количество	аммонификаторы	целлюлозоразрушающие	нитрификаторы	
Контроль	3848	1150	765	430	1315	4080	1230	910	515	1610
Эрадикан 6Е 5 л/га	3915	1195	769	435	1410	4155	1315	908	540	1600
Эрадикан 6Е 6 л/га	3987	1243	815	476	1460	4260	1305	940	535	1710
Эрадикан 6Е 7 л/га	4750	1450	980	469	1940	4900	1610	1080	563	2050
Эрадикан 6Е 8 л/га	6470	2015	1310	415	2015	7105	2315	1520	590	2180
Эрадикан 6Е 9 л/га	6415	2180	1315	357	2150	7230	2715	1610	610	2310
Эрадикан 6Е 10 л/га	5145	2290	930	310	2070	7450	2740	1400	515	2500

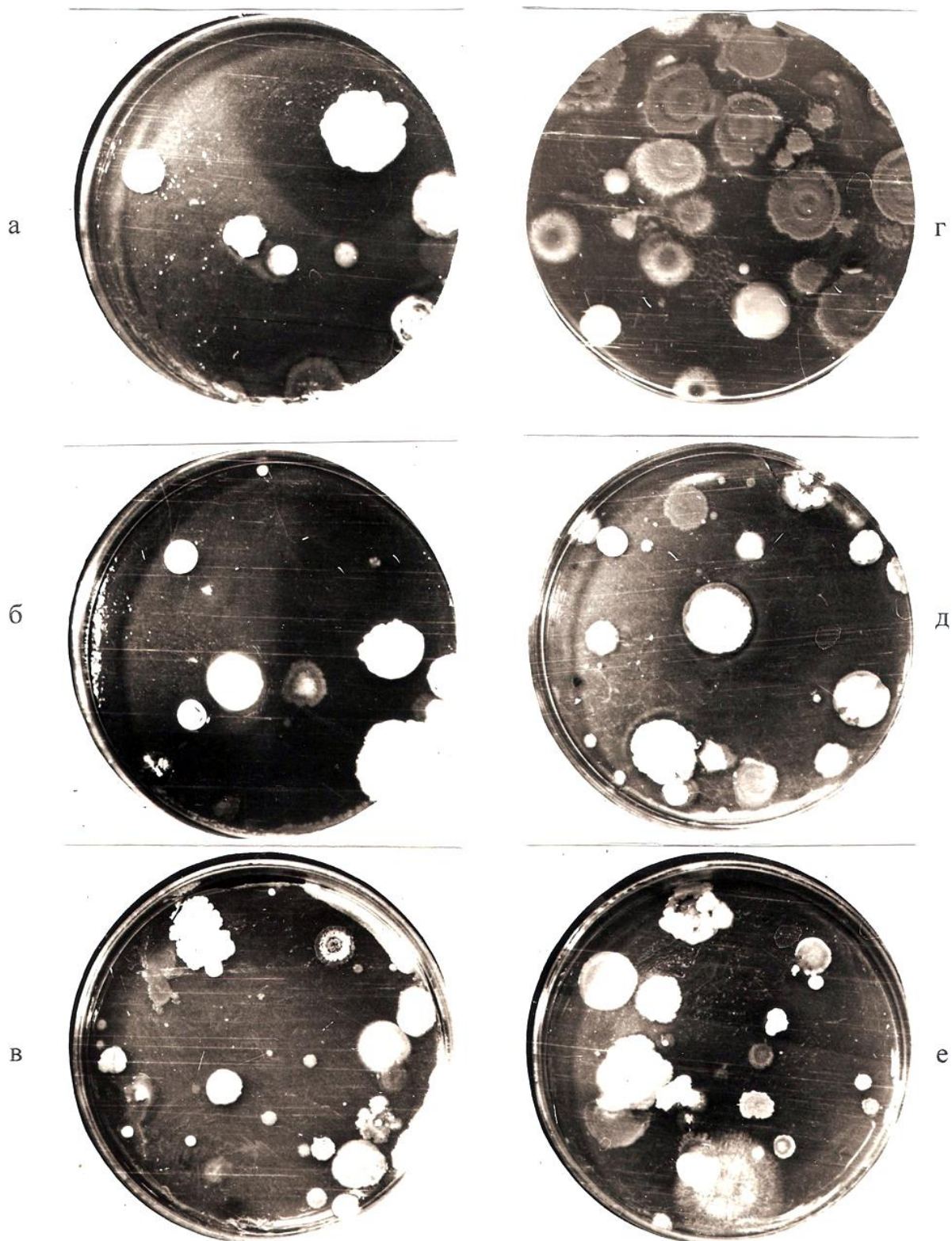


Рис. 47. Развитие бактерий ризосферы кукурузы, возделываемой на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса 4,6 %, через 20 дней после внесения эрадикана 6Е: а – контроль, б – 6 л/га, в – 7 л/га, г – 8 л/га, д – 9 л/га, е – 10 л/га.

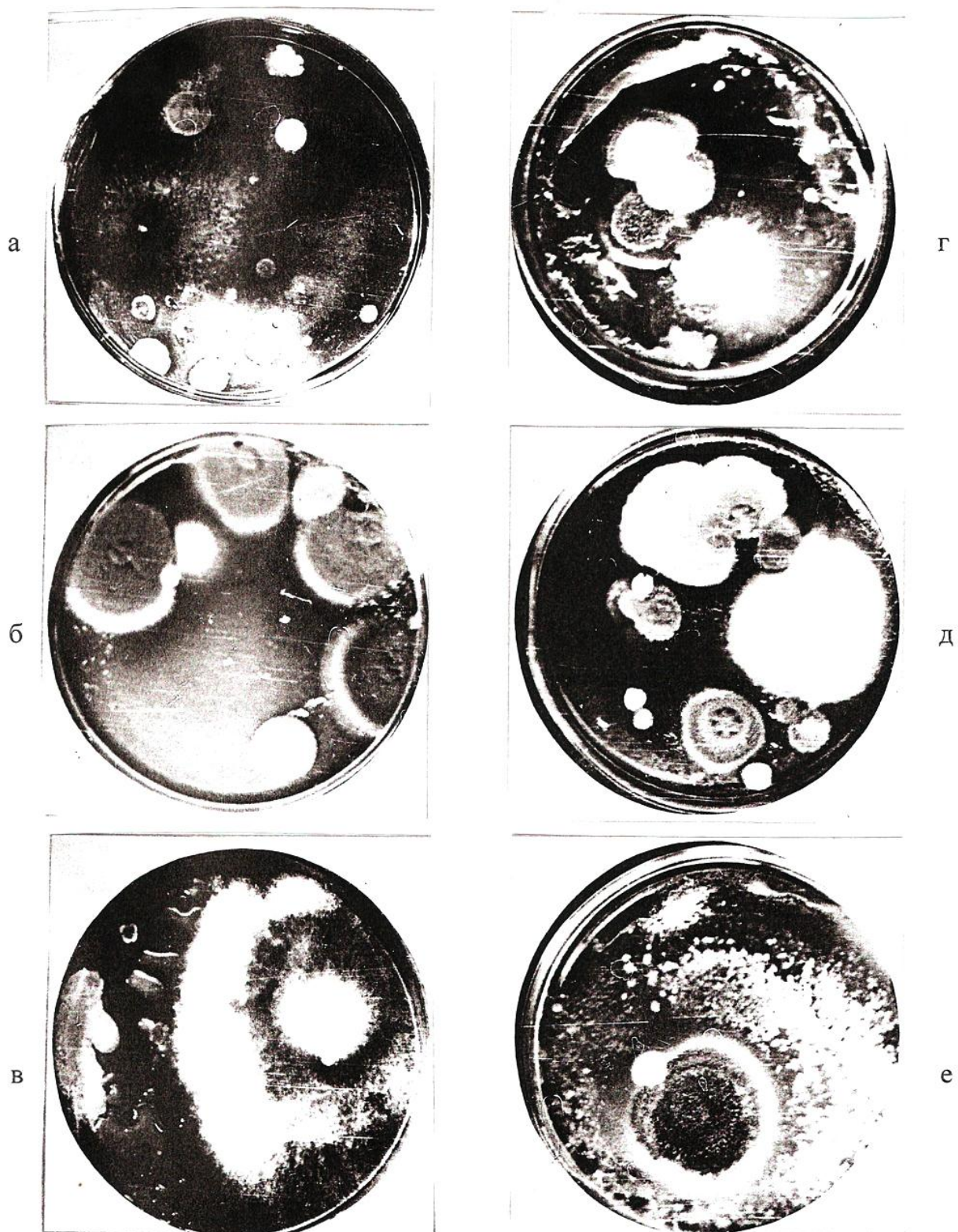


Рис. 48. Развитие грибов ризосферы кукурузы, возделываемой на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса 4,6 %, через 20 дней после внесения эрадикана 6Е: а – контроль, б – 6 л/га, в – 7 л/га, г – 8 л/га, д – 9 л/га, е – 10 л/га.

Таблица 109

Развитие азотобактера в разных почвах при возделывании кукурузы и внесении эрадикана 6Е

303

Варианты опыта	Численность микроорганизмов, % к числу посеянных комочков почвы							
	черноземы оподзоленные с содержанием гумуса 4,6 %				серые оподзоленные почвы с содержанием гумуса 1,8 %			
	через 20 дней		через 30 дней		через 20 дней		через 30 дней	
	в ризо-сфере	в между-рядьях	в ризо-сфере	в между-рядьях	в ризо-сфере	в между-рядьях	в ризо-сфере	в между-рядьях
Контроль	83,4	78,9	85,3	81,3	81,5	75,4	79,5	74,1
Эрадикан 6Е 5 л/га	84,8	81,4	85,8	81,5	86,3	75,9	81,9	76,2
Эрадикан 6Е 6 л/га	84,6	83,0	87,1	82,4	87,4	76,2	81,4	77,5
Эрадикан 6Е 7 л/га	85,3	83,4	86,9	83,0	80,1	73,4	80,6	77,0
Эрадикан 6Е 8 л/га	84,4	80,3	87,0	83,7	73,1	69,5	80,4	74,5
Эрадикан 6Е 9 л/га	82,7	73,8	88,5	82,5	69,4	56,3	80,7	73,6
Эрадикан 6Е 10 л/га	75,7	69,3	86,2	82,1	58,5	51,5	79,8	72,8

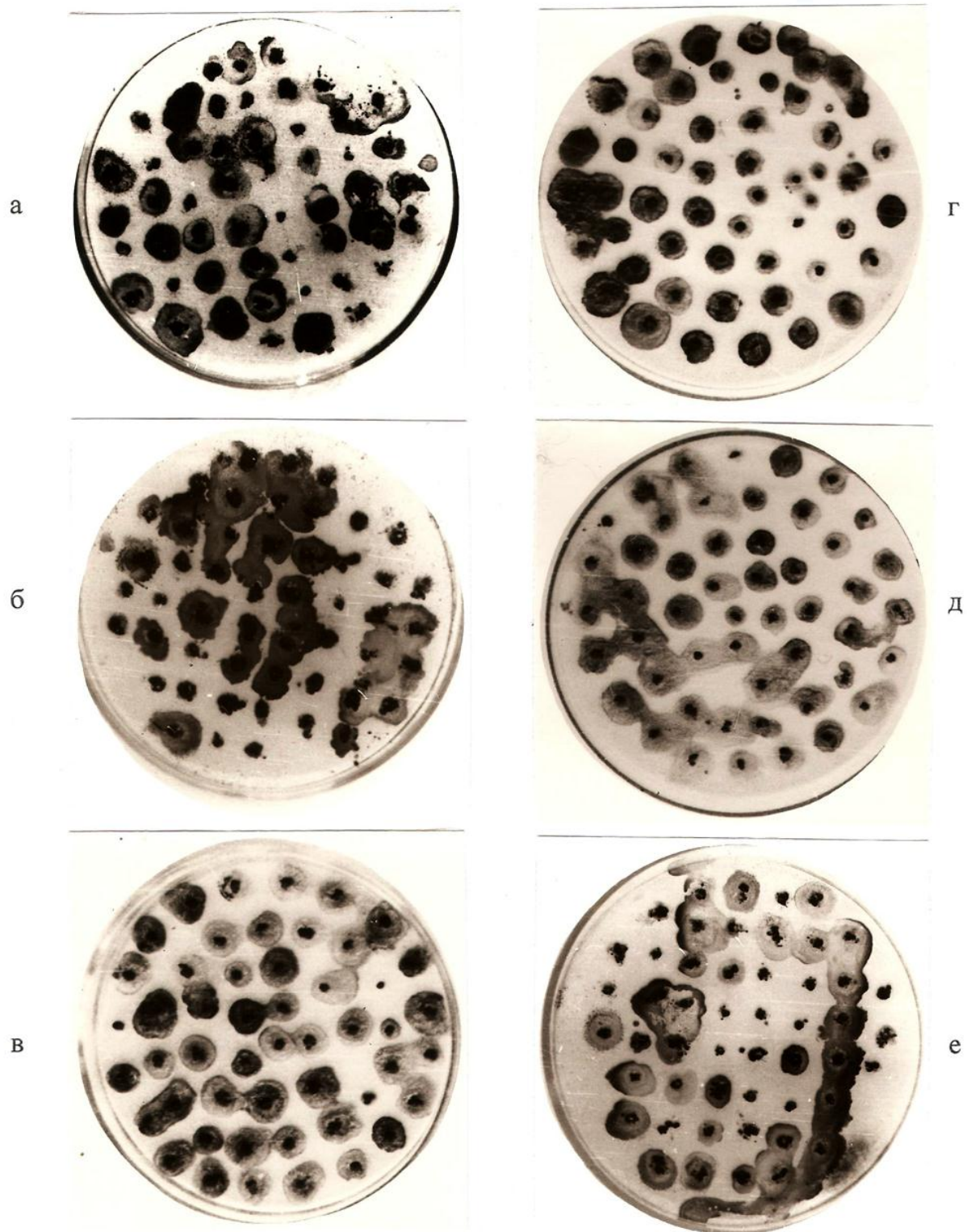


Рис. 49. Развитие азотобактера ризосферы кукурузы, возделываемой на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса 4,6 %, через 20 дней после внесения эрадикана 6Е: а – контроль, б – 6 л/га, в – 7 л/га, г – 8 л/га, д – 9 л/га, е – 10 л/га.

При этом уменьшалось по сравнению с предшествующей дозой эрадикана 6Е число аммонификаторов, целлюлозоразрушающих бактерий и, особенно, тормозился рост азотобактера (табл. 109; рис. 50). При 10 л/га эрадикана 6Е через 20 дней после внесения на серых оподзоленных почвах общее количество микроорганизмов и их физиологических групп (кроме олигонитрофилов в ризосфере), а также число грибов находились на уровнях ниже контроля и не только в зоне междурядий, но и в ризосфере кукурузы. В то же время, на серых оподзоленных почвах через 20 дней после внесения эрадикана 6Е наиболее активно развивались все виды микроорганизмов, особенно в ризосфере кукурузы, при дозах гербицида 5–6 л/га (табл. 109, 110, 111; рис. 50, 51, 52), тогда как при таких же концентрациях эрадикана 6Е на черноземах оподзоленных общее количество микроорганизмов и их физиологических групп по сравнению с контролем повышалось незначительно (табл. 107, 108, 109).

Через 30 дней после внесения эрадикана 6Е в посевах кукурузы на серых оподзоленных почвах активно развивались бактерии и грибы в ризосфере и междурядьях кукурузы при дозах препарата: 5; 6 и 7 л/га. В то же время, эрадиан 6Е при 9–10 л/га частично тормозил рост нитрифицирующих бактерий и азотобактера в междурядьях кукурузы; замедленным был рост беспоровых форм бактерий, а также целлюлозоразрушающих микроорганизмов в ризосфере кукурузы (табл. 109, 110, 111).

Важным было проследить, как развиваются в посевах кукурузы, возделываемой на разных почвах с внесением эрадикана 6Е денитрифицирующие микроорганизмы, которые превращают в почве в анаэробных условиях минеральные азотсодержащие вещества из доступных для питания растений форм в недоступные и этим самым снижают питательный режим почвы.

Таблица 110

Микробиологическая активность почвы в ризосфере кукурузы, возделываемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,8 %, при внесении эрадикана 6Е

Варианты опыта	Численность микроорганизмов, тыс. шт. в 1 г почвы									
	через 20 дней					через 30 дней				
	бактерии				грибы	бактерии				грибы
	общее количество	аммонификаторы	целлюлозоразрушающие	нитрификаторы		общее количество	аммонификаторы	целлюлозоразрушающие	нитрификаторы	
Контроль	3250	1080	747	510	1310	3410	1118	854	548	1511
Эрадикан 6Е 5 л/га	4840	1985	1015	815	1605	4640	2050	1010	715	1628
Эрадикан 6Е 6 л/га	5650	2043	1241	910	1825	5815	2185	1120	843	2010
Эрадикан 6Е 7 л/га	4153	1227	1005	715	1610	4917	2210	1040	763	1847
Эрадикан 6Е 8 л/га	4030	1195	835	614	1418	3970	1817	897	678	1715
Эрадикан 6Е 9 л/га	3895	1121	773	545	1340	3514	1805	848	539	1625
Эрадикан 6Е 10 л/га	3212	1018	689	697	1214	3408	1615	830	514	1610

Таблица 111

Микробиологическая активность почвы в междурядьях кукурузы, возделываемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,8 %, при внесении эрадикана 6Е

307

Варианты опыта	Численность микроорганизмов, тыс. шт. в 1 г почвы									
	через 20 дней					через 30 дней				
	бактерии				грибы	бактерии				грибы
	общее количество	аммонификаторы	целлюлозоразрушающие	нитрификаторы		общее количество	аммонификаторы	целлюлозоразрушающие	нитрификаторы	
Контроль	2890	970	625	390	1105	3040	1050	725	443	1210
Эрадикан 6Е 5 л/га	3945	1240	845	540	1210	4256	1650	915	715	1417
Эрадикан 6Е 6 л/га	4850	1380	890	575	1280	4305	1940	1014	814	1498
Эрадикан 6Е 7 л/га	3215	1050	715	418	1120	4270	1815	981	704	1370
Эрадикан 6Е 8 л/га	2685	998	670	405	975	3910	1516	748	501	1315
Эрадикан 6Е 9 л/га	2630	983	614	376	893	3615	1310	714	430	1320
Эрадикан 6Е 10 л/га	2510	875	593	325	815	3072	1121	695	415	1240

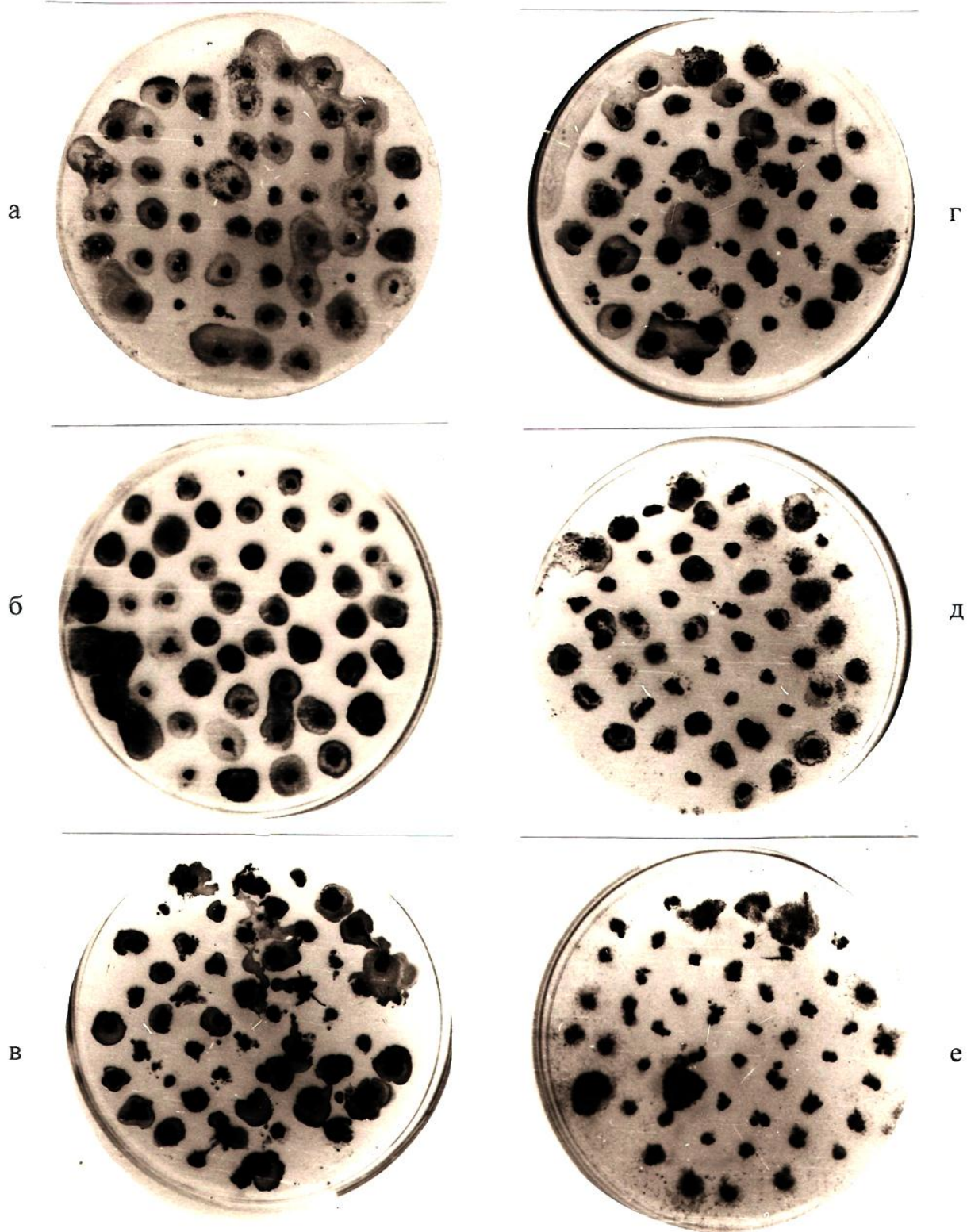


Рис. 50. Развитие азотобактера ризосферы кукурузы, возделываемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,8 %, через 20 дней после внесения эрадикана 6Е: а – контроль, б – 6 л/га, в – 7 л/га, г – 8 л/га, д – 9 л/га, е – 10 л/га

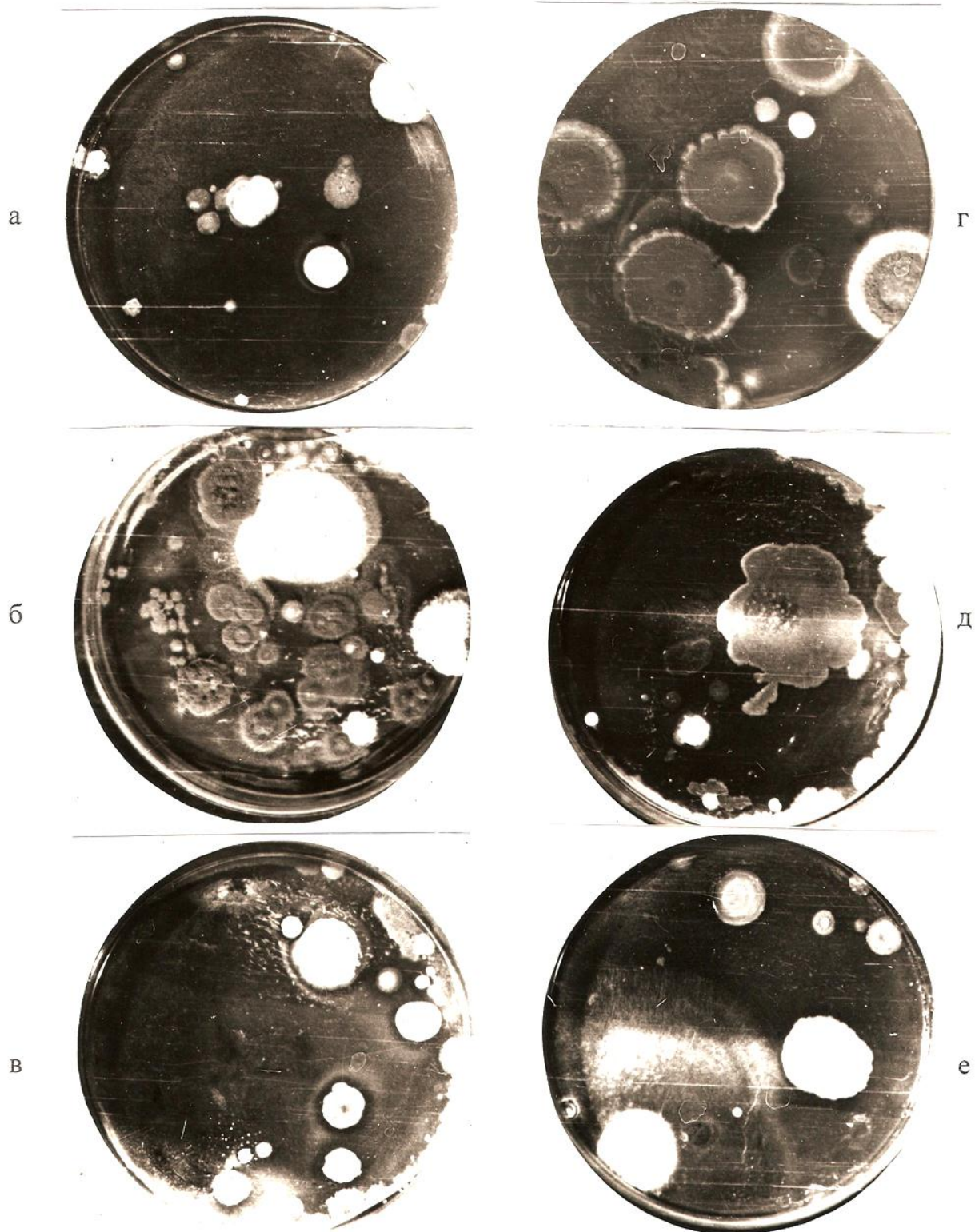


Рис. 51. Развитие бактерий ризосферы кукурузы, возделываемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,8 %, через 20 дней после внесения эрадикана 6Е: а – контроль, б – 6 л/га, в – 7 л/га, г – 8 л/га, д – 9 л/га, е – 10 л/га

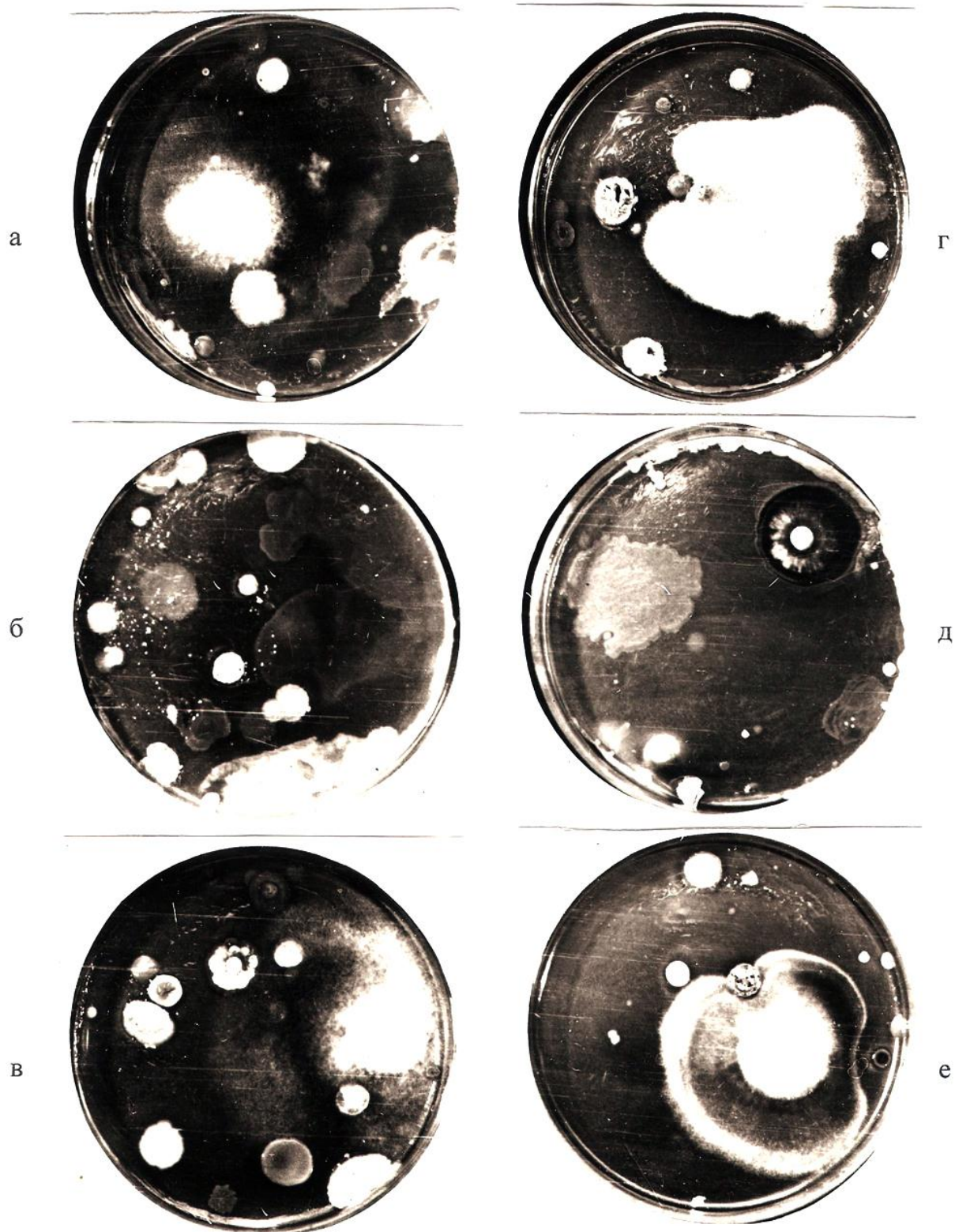


Рис. 52. Развитие грибов ризосферы кукурузы, возделываемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,8 %, через 20 дней после внесения эрадикана 6Е: а – контроль, б – 6 л/га, в – 7 л/га, г – 8 л/га, д – 9 л/га, е – 10 л/га

Как видно из данных таблицы 112, через 20 дней после внесения эрадикана 6Е при всех испытанных нами дозах препарата на разных по химическому составу и наличию гумуса почвах развитие денитрификаторов проходило более активно, чем на контроле. С увеличением доз гербицида их количество росло, что свидетельствует о способности эрадикана 6Е стимулировать развитие этого вида бактерий. При этом более активно увеличивалось число денитрификаторов в междурядьях кукурузы по сравнению с черноземами оподзоленными, что еще раз свидетельствует об усиленной ответной реакции денитрификаторов на гербицид и увеличении их активности при повышенном количестве препарата в почве. В это время в посевах кукурузы уменьшалось содержание нитратного и аммиачного азота, причем более интенсивно в зоне междурядий и менее интенсивно в ризосфере кукурузы (табл. 113, 114), что согласовалось с активностью денитрификаторов в этих зонах.

Между тем, через 30 дней после внесения эрадикана 6Е в посевах кукурузы на черноземах оподзоленных как в ризосфере, так и в междурядьях количество денитрифицирующих микроорганизмов восстанавливалось и было близким к контролю при всех дозах препарата; на серых же оподзоленных почвах число денитрификаторов превышало контроль в междурядьях кукурузы при дозах 6–10 л/га гербицида и при 8–10 л/га препарата – в ризосфере (табл. 112), что и через 30 дней после внесения гербицида в этих дозах на серых оподзоленных почвах заметно снижало содержание нитратного и аммиачного азота в зоне междурядий и ризосферы кукурузы.

Таблица 112

Развитие денитрификаторов в разных почвах при возделывании кукурузы и внесении эрадикана 6Е

Варианты опыта	Численность микроорганизмов, тыс. шт. в 1 г почвы							
	черноземы оподзоленные с содержанием гумуса 4,6%				серые оподзоленные почвы с содержанием гумуса 1,8%			
	через 20 дней		через 30 дней		через 20 дней		через 30 дней	
	в ризо-сфере	в между-рядьях	в ризо-сфере	в между-рядьях	в ризо-сфере	в между-рядьях	в ризо-сфере	в между-рядьях
Контроль	3350	2340	3280	2150	2070	1215	2171	1310
Эрадикан 6Е 5 л/га	4150	3190	3278	2210	2185	1408	2165	1340
Эрадикан 6Е 6 л/га	4495	3645	3305	2180	2315	1613	2183	1508
Эрадикан 6Е 7 л/га	4650	3903	3295	2165	2540	1869	2185	1615
Эрадикан 6Е 8 л/га	5110	4393	3305	2206	2890	2218	2496	1680
Эрадикан 6Е 9 л/га	5485	4788	3290	2205	3145	2502	2505	1795
Эрадикан 6Е 10 л/га	5950	5271	3300	2225	3418	2798	2589	1890

Таблица 113

Содержание нитратного и аммиачного азота в ризосфере кукурузы, возделываемой на разных почвах, при внесении эрадикана 6Е, мг/100 г почвы

Варианты опыта	Черноземы оподзоленные с содержанием гумуса 4,6%				Серые оподзоленные почвы с содержанием гумуса 1,8%			
	через 20 дней		через 30 дней		через 20 дней		через 30 дней	
	NO ₃	NH ₄	NO ₃	NH ₄	NO ₃	NH ₄	NO ₃	NH ₄
Контроль	1,99	0,83	2,13	0,98	1,27	0,81	1,31	0,89
Эрадикан 6Е 5 л/га	1,97	0,85	2,17	0,99	1,21	0,79	1,44	0,91
Эрадикан 6Е 6 л/га	1,73	0,73	2,14	0,97	0,93	0,66	1,35	0,87
Эрадикан 6Е 7 л/га	1,84	0,81	2,48	1,02	0,91	0,69	1,29	0,87
Эрадикан 6Е 8 л/га	1,53	0,65	2,13	0,97	0,94	0,63	1,21	0,78
Эрадикан 6Е 9 л/га	1,64	0,61	2,21	0,94	0,84	0,59	1,14	0,73
Эрадикан 6Е 10 л/га	1,43	0,52	2,14	0,95	0,60	0,53	1,09	0,67

Таблица 114

Содержание нитратного и аммиачного азота в междурядьях кукурузы, возделываемой на разных почвах, при внесении эрадикана 6Е, мг/100 г почвы

Варианты опыта	Черноземы оподзоленные с содержанием гумуса 4,6%				Серые оподзоленные почвы с содержанием гумуса 1,8%			
	через 20 дней		через 30 дней		через 20 дней		через 30 дней	
	NO ₃	NH ₄	NO ₃	NH ₄	NO ₃	NH ₄	NO ₃	NH ₄
Контроль	1,83	0,75	1,98	0,76	1,18	0,85	1,27	0,83
Эрадикан 6Е 5 л/га	1,80	0,75	2,05	0,80	1,08	0,78	1,29	0,83
Эрадикан 6Е 6 л/га	1,54	0,62	2,00	0,79	1,01	0,54	1,30	0,79
Эрадикан 6Е 7 л/га	1,51	0,64	1,94	0,76	0,72	0,57	1,16	0,76
Эрадикан 6Е 8 л/га	1,18	0,58	1,94	0,78	0,68	0,61	1,09	0,81
Эрадикан 6Е 9 л/га	1,03	0,53	1,97	0,76	0,71	0,58	1,04	0,75
Эрадикан 6Е 10 л/га	0,01	0,47	1,98	0,74	0,64	0,54	0,96	0,72

При внесении разных, в том числе высоких доз эрадикана 6Е в посевах кукурузы, возделываемой на серых оподзоленных низкогумусных почвах на фоне органических удобрений (40 т/га), по сравнению с внесением тех же доз гербицида без органических удобрений, через 20 и 30 дней повышались микробиологическая активность почвы, содержание в ней элементов питания растений в ризосфере и междурядьях кукурузы (табл. 110, 111, 113, 114, 115, 116, 117). При этом в междурядьях кукурузы через 20 дней после внесения гербицида увеличивалось общее количество бактерий с увеличением доз препарата до 7 л/га и грибов – до 9 л/га включительно. При более высоких дозах гербицида численность бактерий и грибов соответствовала контролю или была несколько ниже его (табл. 116), в то время когда при таких же дозах препарата, внесенного без органических удобрений, общее число бактерий и грибов в междурядьях кукурузы через 20 дней было значительно ниже контроля (табл. 111).

На фоне органических удобрений эрадикан 6Е благоприятнее, чем в почве без удобрений, действовал как в ризосфере, так и в междурядьях кукурузы на развитие аммонификаторов, целлюлозоразрушающих бактерий, олигонитрофилов и азотобактера (табл. 109, 110, 111, 115, 116, 118), число которых по сравнению с контролем уменьшалось только в зоне междурядий кукурузы при 10 л/га препарата через 20 дней после внесения гербицида.

Важным оказалось и то, что при всех дозах эрадикана 6Е накладка фона органических удобрений снижала по сравнению с контролем развитие денитрификаторов, что, очевидно, связано с нарушением условий их жизнедеятельности в связи с повышением аэрации почвы, а это значительно повышало содержание нитратного и аммиачного азота в почве (табл. 113, 114, 117). Однако наиболее высокое пуло микроорганизмов как в ризосфере, так и в междурядьях кукурузы на серых оподзоленных почвах с внесением органических удобрений было при дозе эрадикана 6Е 7 л/га, при которой наиболее интенсивно развивались все полезные формы физиологических групп микроорганизмов и в наибольшем количестве повышалось содержание элементов питания растений.

Таблица 115

Микробиологическая активность ризосферы кукурузы, возделываемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,8 %, при внесении эрадикана 6Е на фоне органических удобрений

Варианты опыта	Численность микроорганизмов, тыс. шт. в 1 г почвы											
	через 20 дней						через 30 дней					
	бактерии					грибы	бактерии					грибы
	общее количество	аммонификаторы	целлюлозоразрушающие	нитрификаторы	денитрификаторы		общее количество	аммонификаторы	целлюлозоразрушающие	нитрификаторы	денитрификаторы	
Контроль	4110	1125	930	540	1125	1510	4080	1215	981	615	1306	1380
Эрадикан 6Е 5 л/га	5835	1875	1080	605	1240	1570	4750	2143	1080	790	1340	1405
Эрадикан 6Е 6 л/га	6670	1910	1175	680	1185	1615	4785	2315	1215	915	1286	1545
Эрадикан 6Е 7 л/га	6683	2050	1350	678	1270	1810	5350	2410	1304	940	1315	1680
Эрадикан 6Е 8 л/га	6145	1810	1140	545	1315	1750	4475	2050	1201	801	1310	1695
Эрадикан 6Е 9 л/га	5170	1615	947	527	1295	1780	4480	1910	978	815	1380	1686
Эрадикан 6Е 10 л/га	4350	1415	915	498	1310	1540	4385	1860	935	708	1365	1720

Таблица 116

Микробиологическая активность междурядий кукурузы, возделываемой на серых оподзоленных почвах с содержанием гумуса 1,8 %, при внесении эрадикана 6Е на фоне органических удобрений

Варианты опыта	Численность микроорганизмов, тыс. шт. в 1 г почвы											
	через 20 дней						через 30 дней					
	бактерии					грибы	бактерии					грибы
	общее количество	аммонификаторы	целлюлозоразрушающие	нитрификаторы	денитрификаторы		общее количество	аммонификаторы	целлюлозоразрушающие	нитрификаторы	денитрификаторы	
Контроль	3150	1010	780	490	1080	1320	3210	1150	805	570	1215	1470
Эрадикан 6Е 5 л/га	3810	1340	910	580	1115	1315	4405	1710	940	680	1200	1465
Эрадикан 6Е 6 л/га	4140	1415	1050	585	1210	1390	4504	2050	1080	750	1270	1510
Эрадикан 6Е 7 л/га	4310	1610	1090	615	1240	1445	4809	2310	1150	980	1305	1780
Эрадикан 6Е 8 л/га	3180	1070	885	500	1350	1470	4310	1915	945	786	1310	1790
Эрадикан 6Е 9 л/га	3145	1080	778	495	1390	1390	3520	1810	915	615	1280	1650
Эрадикан 6Е 10 л/га	3090	980	715	447	1415	1305	3540	1450	884	640	1405	1705

Таблица 117

Содержание нитратного и аммиачного азота в серой оподзоленной почве с содержанием гумуса 1,8 % при внесении эрадикана 6Е на фоне органических удобрений в посевах кукурузы, мг/100 г почвы

Варианты опыта	В ризосфере				В междурядьях			
	через 20 дней		через 30 дней		через 20 дней		через 30 дней	
	NO ₃	NH ₄	NO ₃	NH ₄	NO ₃	NH ₄	NO ₃	NH ₄
Контроль	3,41	1,13	3,21	1,18	3,18	1,05	3,01	1,12
Эрадикан 6Е 5 л/га	3,40	1,28	3,38	1,21	3,25	1,12	3,28	1,45
Эрадикан 6Е 6 л/га	3,95	1,47	3,47	1,27	3,21	1,21	3,48	1,51
Эрадикан 6Е 7 л/га	4,65	1,85	4,29	1,35	3,24	1,45	4,05	1,85
Эрадикан 6Е 8 л/га	3,48	1,23	3,83	1,21	3,05	1,17	3,18	1,37
Эрадикан 6Е 9 л/га	3,29	1,17	3,75	1,18	2,97	1,02	3,05	1,09
Эрадикан 6Е 10 л/га	3,21	1,05	3,17	1,13	2,81	0,93	2,17	0,98

Таблица 118

Развитие азотобактера в серой оподзоленной почве с содержанием гумуса 1,8 % при внесении эрадикана 6Е на фоне органических удобрений в посевах кукурузы

Варианты опыта	Численность микроорганизмов, % к числу посеянных комочков почвы			
	через 20 дней		через 30 дней	
	в ризосфере	в междурядьях	в ризосфере	в междурядьях
Контроль	94,5	92,7	95,3	93,2
Эрадикан 6Е 5 л/га	94,9	91,5	96,1	94,1
Эрадикан 6Е 6 л/га	95,3	91,6	95,8	93,4
Эрадикан 6Е 7 л/га	96,1	92,1	95,3	94,0
Эрадикан 6Е 8 л/га	94,8	93,4	96,0	93,8
Эрадикан 6Е 9 л/га	94,7	89,5	95,8	93,8
Эрадикан 6Е 10 л/га	89,3	87,4	95,4	93,7

Полученные данные дают основание считать возможным повышение дозы эрадикана 6Е до 7 л/га на серых оподзоленных почвах с внесением органических удобрений при высокой засоренности посевов кукурузы.

Исследуя влияние других видов гербицидов на микробиологическую активность почвы в посевах кукурузы, мы установили, что на черноземах оподзоленных тяжелосуглинистых разные гербициды и их дозы также по-разному влияют на развитие бактерий и грибов в ризосфере и в междурядьях кукурузы в разные сроки после их внесения. Так, через 10 дней после применения атразина, симазина и бутилового эфира 2,4-Д под предпосевную культивацию кукурузы в дозах от минимальных (1 кг(л)/га) до максимальных (50 кг(л)/га) в зоне ризосферы количество микроорганизмов уменьшалось только при высоких дозах гербицидов: по триазинам при 10–50 кг/га; по эфиру 2,4-Д при 5–50 л/га (табл. 119).

В междурядьях кукурузы в слое почвы с гербицидами через 10 дней после их применения число микроорганизмов снижалось и при более низких дозах препаратов (табл. 120). При этом еще большая разница наблюдалась в действии отдельных видов гербицидов на развитие бактерий: при внесении атразина общее число бактерий по сравнению с контролем уменьшалось уже при дозе 1 кг/га препарата и продолжало уменьшаться с увеличением доз гербицидов до 50 кг/га; при внесении симазина снижение числа микроорганизмов в междурядьях кукурузы через 10 дней наступало при дозе 10 кг/га препарата, и в меньшей степени, чем при действии тех же доз атразина, снижалась численность бактерий с повышением доз гербицида. На вариантах опыта с внесением бутилового эфира 2,4-Д торможение роста микроорганизмов в междурядьях кукурузы через 10 дней после применения гербицида начиналось с 4 л/га, однако при высоких дозах препарата (10–50 л/га) развитие микроорганизмов подавлялось гораздо сильнее, чем при действии тех же доз атразина и симазина (табл. 120).

Таблица 119

Микробиологическая активность ризосферы кукурузы, выращиваемой на черноземах оподзоленных, при внесении гербицидов в почву

319

Дозы гербицидов, кг(л)/га	Численность микроорганизмов, млн. шт. в 1 г почвы								
	атразин			симазин			бутиловый эфир 2,4-Д		
	через 10 дней	через 20 дней	через 29 дней	через 10 дней	через 20 дней	через 29 дней	через 10 дней	через 20 дней	через 29 дней
Контроль	48,4	39,8	53,8	48,4	39,8	53,8	48,4	39,8	53,8
1	49,1	40,5	52,0	47,4	39,8	51,7	45,4	41,5	59,1
2	-	-	-	-	-	-	52,1	42,1	69,6
3	-	-	-	-	-	-	47,4	37,7	61,1
4	48,3	36,3	54,7	49,2	47,1	54,7	47,5	44,3	58,6
5	-	-	-	-	-	-	46,7	43,4	49,7
6	50,1	41,5	68,9	46,7	52,1	52,4	-	-	-
8	48,1	32,0	75,6	35,0	41,6	59,9	-	-	-
10	46,1	34,5	73,9	47,0	36,1	59,1	44,3	31,7	54,6
20	44,8	22,0	78,3	50,1	29,7	62,7	41,3	28,3	49,5
30	44,7	25,3	83,1	44,9	22,5	68,9	43,6	19,7	50,1
50	45,0	21,7	58,6	48,0	25,1	55,7	41,1	21,1	48,5

Таблица 120

Микробиологическая активность междурядий кукурузы, выращиваемой на черноземах оподзоленных, при внесении гербицидов в почву

320

Дозы гербицидов, кг(л)/га	Численность микроорганизмов, млн. шт. в 1 г почвы								
	атразин			симазин			бутиловый эфир 2,4-Д		
	через 10 дней	через 20 дней	через 29 дней	через 10 дней	через 20 дней	через 29 дней	через 10 дней	через 20 дней	через 29 дней
Контроль	34,5	27,1	43,7	34,5	27,1	43,7	34,5	27,1	43,7
1	33,6	26,4	42,8	36,2	27,0	46,0	38,0	-	46,4
2	-	-	-	-	-	-	33,8	28,1	45,2
3	-	-	-	-	-	-	35,8	29,8	-
4	32,1	26,3	45,4	39,1	28,7	42,4	31,5	28,0	44,0
5	-	-	-	-	-	-	29,7	14,4	40,0
6	31,7	28,4	48,0	36,8	29,9	46,0	-	-	-
8	29,8	27,8	47,4	34,5	28,4	48,4	-	-	-
10	24,0	28,9	44,4	33,2	28,9	48,4	23,8	19,8	48,4
20	6,0	20,0	48,2	23,7	16,3	40,6	15,8	21,4	38,5
30	16,0	14,7	53,2	12,5	16,6	55,4	14,3	13,4	37,4
50	11,5	16,3	56,0	15,8	17,4	54,4	9,8	8,8	39,2

Через 20 дней после применения гербицидов в зоне междурядий кукурузы действие их на развитие бактерий ослаблялось, однако по разным препаратам в разной степени: более всего – при действии симазина, при дозах которого в 1–10 кг/га количество микроорганизмов находилось на уровне контроля или превышало его; меньше – при действии атразина; менее всего – при действии бутилового эфира, при котором число микроорганизмов восстанавливалось до уровня контроля только при дозах препарата 1–4 л/га (табл. 120).

По-иному, чем в междурядьях, изменялась численность микроорганизмов через 20 дней после внесения гербицида в зоне ризосферы кукурузы. В это время наблюдалось значительное угнетение бактерий при действии атразина в дозах 8–50 кг/га, симазина в дозах 10–50 кг/га и бутилового эфира 2,4-Д в дозах 10–50 л/га (табл. 119).

Через 20 дней после применения гербицидов численность микроорганизмов в ризосфере кукурузы при внесении атразина и симазина восстанавливалась до уровня контроля, при внесении бутилового эфира 2,4-Д количество микроорганизмов превышало контроль при дозах 1–10 л/га препарата, а при 20–50 л/га находилось ниже уровня контроля.

При изучении влияния гербицидов на развитие отдельных физиологических групп микроорганизмов нами установлено, что разные их виды неодинаково реагируют на действие отдельных химических препаратов, а количество их изменяется в зависимости от доз и времени активного действия гербицида в почве. Наиболее чувствительным к гербицидам среди других физиологических групп микроорганизмов оказался азотобактер, однако рост его при разных гербицидах и их дозах был разным. Так, если через 10 дней после внесения атразина и симазина численность азотобактера в ризосфере кукурузы стабильно уменьшалась при дозах 10–50 кг/га, то угнетающее действие бутилового эфира на развитие азотобактера наблюдалось даже при низких дозах препарата (табл. 121).

В большей мере, чем триазины, угнетал азотобактер бутиловый эфир 2,4-Д и через 20 дней после применения. Однако через 29 дней после внесения препаратов тормозящее действие этих гербицидов на азотобактер прекращалось, а при большинстве доз препаратов переходило даже в стимуляцию. Азотобактер, как и общее количество микроорганизмов, также сильнее угнетался в

междурядьях кукурузы (табл. 122) и период его угнетения наступал раньше, чем в зоне ризосферы.

Неодинаковую чувствительность к разным гербицидам и их дозам проявляли и актиномицеты (табл. 123). Так, если при дозе 4 кг/га симазина и атразина через 20 дней после их применения численность актиномицетов в зоне ризосферы была даже больше, чем на контроле, и уменьшение их количества началось при достижении дозы 6 кг/га препаратов, то при действии эфира 2,4-Д существенное уменьшение количества актиномицетов началось уже с дозы 3 л/га. При 4-х л/га препарата количество их было более чем в два раза меньше по сравнению с контролем. Однако через месяц после применения гербицидов угнетающее их действие на актиномицеты можно было наблюдать только при дозах 30 и 50 л/га.

Более устойчивыми к гербицидам оказались аммонификаторы (табл. 124). Уменьшение их количества в зоне ризосферы наблюдалось лишь через 20 дней после внесения 30 и 50 кг/га симазина и атразина. Наиболее токсичным оказался бутиловый эфир 2,4-Д, который угнетал развитие аммонификаторов через 10 дней после внесения в дозах 10–50 л/га; через 20 дней в дозах 3–50 л/га и через 29 дней в дозе 50 л/га.

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что атразин и симазин даже в дозах 50 кг/га во все сроки определения не проявляли отрицательного действия на грибную флору почвы ризосферы кукурузы. При некоторых дозах, к тому же высоких, развитие грибов, наоборот, было многим лучше, чем на контроле. В то же время, бутиловый эфир 2,4-Д заметно снижал численность грибов через 10 дней после внесения в дозах 3–50 л/га, через 20 дней – в дозах 4–50 л/га и даже через 29 дней – в дозах 30–50 л/га (табл. 125).

Таблица 121

Развитие азотобактера ризосферы кукурузы, возделываемой на черноземах оподзоленных, при внесении гербицидов в почву

323

Дозы гербицидов, кг(л)/га	Численность колоний микроорганизмов, % к числу посеянных комочков почвы								
	атразин			симазин			бутиловый эфир 2,4-Д		
	через 10 дней	через 20 дней	через 29 дней	через 10 дней	через 20 дней	через 29 дней	через 10 дней	через 20 дней	через 29 дней
Контроль	67,8	98,1	94,5	67,8	98,1	94,5	67,8	98,1	94,5
1	63,8	87,1	93,5	75,5	93,7	95,7	64,3	90,3	96,2
2	-	-	-	-	-	-	63,5	93,7	95,5
3	-	-	-	-	-	-	63,0	89,0	100,0
4	68,7	80,2	94,1	80,7	100,0	94,1	74,0	90,6	99,8
5	-	-	-	-	-	-	62,4	87,1	98,0
6	62,9	77,5	98,8	81,0	91,4	98,9	-	-	-
8	76,0	96,0	94,0	72,8	85,4	94,5	-	-	-
10	61,6	86,9	97,5	55,7	78,7	98,3	65,7	80,4	97,2
20	62,0	82,0	93,0	63,0	78,7	95,4	51,4	79,0	94,3
30	43,8	78,6	91,4	71,3	88,1	96,0	41,6	78,3	96,2
50	34,7	75,5	86,3	50,0	89,0	91,0	49,9	78,0	100,0

Таблица 122

Развитие азотобактера междурядий кукурузы, возделываемой на черноземах оподзоленных, при внесении гербицидов в почву

324

Дозы гербицидов, кг(л)/га	Численность колоний микроорганизмов, % к числу посеянных комочков почвы								
	атразин			симазин			бутиловый эфир 2,4-Д		
	через 10 дней	через 20 дней	через 29 дней	через 10 дней	через 20 дней	через 29 дней	через 10 дней	через 20 дней	через 29 дней
Контроль	56,1	82,6	90,1	56,1	82,6	90,1	56,1	82,6	90,1
1	37,9	81,4	93,7	50,0	82,0	96,0	36,0	84,0	88,0
2	-	-	-	-	-	-	26,9	82,0	89,6
3	-	-	-	-	-	-	32,0	83,0	94,4
4	29,0	88,0	97,0	47,1	88,5	95,6	34,0	78,0	93,0
5	-	-	-	-	-	-	32,6	85,2	97,2
6	47,9	92,9	96,9	44,0	82,0	91,0	-	-	-
8	41,0	85,0	97,0	32,3	85,4	93,7	-	-	-
10	43,0	87,0	89,0	25,9	77,9	100,0	25,5	85,3	89,6
20	53,0	52,0	91,4	37,0	80,0	93,0	27,6	80,4	82,3
30	26,6	52,0	87,9	25,9	66,7	89,0	24,0	62,0	84,0
50	13,0	50,0	88,0	23,0	73,0	87,0	27,0	63,4	87,4

Таблица 123

Развитие актиномицетов ризосферы кукурузы, возделываемой на черноземах оподзоленных, при внесении гербицидов в почву

325

Дозы гербицидов, кг(л)/га	Численность актиномицетов, тыс. шт. в 1 г почвы					
	атразин		симазин		бутиловый эфир 2,4-Д	
	через 20 дней	через 29 дней	через 20 дней	через 29 дней	через 20 дней	через 29 дней
Контроль	70	25	70	25	70	25
1	92	30	70	28	72	30
2	-	30	-	-	70	30
3	-	35	-	-	41	25
4	75	30	78	31	30	30
5	-	32	-	-	30	30
6	56	30	49	31	-	-
8	45	31	59	30	-	-
10	40	25	45	35	27	30
20	40	30	40	35	25	30
30	30	23	39	26	25	20
50	31	21	36	23	20	19

Таблица 124

Развитие аммонификаторов ризосферы кукурузы, возделываемой на черноземах оподзоленных, при внесении гербицидов в почву

Дозы гербицидов, кг(л)/га	Численность микроорганизмов, тыс. шт. в 1 г почвы								
	атразин			симазин			бутиловый эфир 2,4-Д		
	через 10 дней	через 20 дней	через 29 дней	через 10 дней	через 20 дней	через 29 дней	через 10 дней	через 20 дней	через 29 дней
Контроль	350	300	350	350	300	350	350	300	350
1	350	350	350	350	350	350	350	350	350
2	-	-	-	-	-	-	350	300	350
3	-	-	-	-	-	-	350	250	350
4	350	300	350	350	350	350	360	250	350
5	-	-	-	-	-	-	350	200	350
6	350	350	350	350	300	350	-	-	-
8	350	300	350	360	350	350	-	-	-
10	360	300	350	390	300	350	250	200	350
20	360	300	360	390	300	360	200	200	360
30	350	260	350	350	250	360	250	150	350
50	350	200	350	350	200	350	200	150	200

Исследуя вопрос при каких факторах почвенной среды и каких дозах применения производных триазинов и 2,4-Д не угнеталось бы развитие микроорганизмов в первые дни после их внесения в почву, в период повышенной потребности в элементах минерального питания в продуктах обмена микроорганизмов для начального роста и развития растений, нами установлено, что через 10 дней после применения симазина, атразина, эфиров 2,4-Д в посевах кукурузы на фоне органических удобрений (30–40 т/га) активизируются микробиологические процессы в ризосфере и междурядьях кукурузы при разных дозах гербицидов по сравнению с внесением их без органических удобрений (табл. 119, 120, 126, 127). Однако степень повышения численности микронаселения почвы была разной в зависимости от вида гербицида и применяемых доз.

Наиболее интенсивно развивались микроорганизмы через 10 дней при внесении симазина и атразина при всех испытываемых нами дозах и, особенно при 8–10 кг/га, при которых число биоты в ризосфере кукурузы по сравнению с контролем увеличивалось по симазину на 28–43 % и на 25–40 % – по атразину, а в междурядьях – соответственно на 22,0–24,3 и 16,5–20,6 %, в то время, когда при внесении этих же гербицидов без органических удобрений увеличения численности микроорганизмов ни в ризосфере, ни в междурядьях не наблюдалось.

Бутиловый эфир 2,4-Д, внесенный на фоне органических удобрений, также способствовал повышению жизнедеятельности микроорганизмов через 10 дней после его внесения, однако количество бактерий, превышающее их численность на контроле, наблюдалось лишь при дозах препарата 1–5 л/га в ризосфере и при 1–4 л/га – в междурядьях.

Через 20 и 29 дней после внесения гербицидов на фоне органических удобрений активность почвенной микрофлоры была повышенной при всех дозах симазина и атразина; усиливалась также жизнедеятельность бактерий при повышенных дозах бутилового эфира 2,4-Д.

Таблица 125

Развитие грибов ризосферы кукурузы, возделываемой на черноземах оподзоленных, при внесении гербицидов в почву

328

Дозы гербицидов, кг(л)/га	Численность микроорганизмов, тыс. шт. в 1 г почвы								
	атразин			симазин			бутиловый эфир 2,4-Д		
	через 10 дней	через 20 дней	через 29 дней	через 10 дней	через 20 дней	через 29 дней	через 10 дней	через 20 дней	через 29 дней
Контроль	110,97	225,00	406,00	110,97	225,00	406,00	110,97	225,00	406,00
1	108,25	479,25	500,00	137,50	134,25	312,00	130,75	290,35	510,00
2	-	-	-	-	-	-	252,00	210,15	482,50
3	-	-	-	-	-	-	150,00	250,00	428,50
4	137,25	389,50	533,40	118,80	109,50	625,00	140,35	205,00	315,00
5	-	-	-	-	-	-	250,40	150,20	420,15
6	155,00	330,50	465,00	143,76	390,00	775,00	-	-	-
8	127,75	577,50	429,50	147,22	203,02	353,75	-	-	-
10	120,82	292,50	576,50	184,02	825,00	633,75	150,30	100,27	513,00
20	102,00	250,00	755,50	575,45	900,75	584,00	57,50	125,00	529,00
30	262,50	502,00	404,50	287,55	650,00	750,00	0	75,10	353,00
50	120,37	425,00	515,00	119,50	255,00	410,00	25,27	25,00	307,00

Таблица 126

Микробиологическая активность ризосферы кукурузы, возделываемой на черноземах оподзоленных, при внесении гербицидов в почву на фоне органических удобрений

329

Дозы гербицидов, кг(л)/га	Численность микроорганизмов, млн. шт. в 1 г почвы								
	атразин			симазин			бутиловый эфир 2,4-Д		
	через 10 дней	через 20 дней	через 29 дней	через 10 дней	через 20 дней	через 29 дней	через 10 дней	через 20 дней	через 29 дней
Контроль	48,4	39,8	53,8	48,4	39,8	53,8	48,4	39,8	53,9
1	49,4	42,4	53,8	49,0	41,9	54,0	50,3	42,4	58,3
2	-	-	-	-	-	-	50,7	44,0	59,5
3	-	-	-	-	-	-	51,4	44,0	68,1
4	51,3	43,5	54,7	52,5	44,6	56,0	50,5	45,3	61,3
5	-	-	-	-	-	-	49,9	43,8	54,8
6	58,7	43,4	54,9	59,5	45,1	56,9	-	-	-
8	60,5	51,4	57,5	62,0	53,0	58,4	-	-	-
10	67,8	53,3	59,3	69,2	54,8	59,7	46,5	40,3	50,7
20	49,7	48,4	55,5	51,5	51,3	56,3	46,0	37,5	52,4
30	49,6	47,5	55,7	52,7	50,1	56,0	45,7	36,4	49,7
50	49,8	46,2	54,8	51,4	49,4	55,3	44,3	31,5	49,6

Таблица 127

Микробиологическая активность почвы междурядий кукурузы, возделываемой на черноземах оподзоленных, при внесении гербицидов в почву на фоне органических удобрений

330

Дозы гербицидов, кг(л)/га	Численность микроорганизмов, млн. шт. в 1 г почвы								
	атразин			симазин			бутиловый эфир 2,4-Д		
	через 10 дней	через 20 дней	через 29 дней	через 10 дней	через 20 дней	через 29 дней	через 10 дней	через 20 дней	через 29 дней
Контроль	34,5	27,1	43,7	34,5	27,1	43,7	34,5	27,1	43,7
1	34,9	28,3	44,8	34,0	30,1	44,0	36,3	28,7	45,0
2	-	-	-	-	-	-	36,0	29,0	46,5
3	-	-	-	-	-	-	36,8	28,8	46,4
4	35,8	29,7	44,0	37,3	30,5	45,2	35,1	29,5	47,9
5	-	-	-	-	-	-	34,8	31,4	51,5
6	39,7	29,7	45,3	40,1	31,4	46,4	-	-	-
8	40,2	34,5	45,0	42,1	36,5	47,0	-	-	-
10	41,6	37,9	46,4	42,9	37,9	47,4	34,2	28,4	44,8
20	38,5	37,0	43,5	43,0	38,1	45,0	31,7	27,5	41,2
30	36,4	31,5	42,8	37,5	34,5	41,8	30,2	24,0	41,0
50	32,5	28,4	42,7	34,0	30,2	42,3	28,9	23,5	41,0

Нами также установлено, что действие гербицидов на микрофлору в ризосфере культурных растений зависит от чувствительности их к препаратам (табл. 128, 129). Так, после внесения аминной соли 2,4-Д в почву под посев кукурузы, озимой пшеницы и гороха наиболее активно развивалась микрофлора при всех испытанных нами дозах (1–6 л/га) в ризосфере кукурузы, наиболее устойчивой культуры к 2,4-Д (табл. 128). В тоже время, в посевах пшеницы озимой, культуры более чувствительной, чем кукуруза к производным 2,4-Д, микробиологическая активность в ризосфере была выше, чем на контроле только при дозах 2,4-ДА 1–3 л/га. С увеличением доз препарата численность микроорганизмов снижалась во все сроки определения и при 6 л/га она составляла через 10 дней 77,4 %, через 20 дней – 86,2% и через месяц – 93,8 % к контролю.

Наиболее чувствительной к 2,4-ДА оказалась микрофлора ризосферы гороха, культуры менее всего устойчивой к препарату. Через 10 и 20 дней только при дозах 1–2 л/га микрофлора ризосферы гороха развивалась на уровне контроля. С повышением концентрации препарата число микроорганизмов значительно снижалось и при 6 л/га составляло через 10 дней 65,4 %, через 20 дней – 59,4 % по сравнению с контролем.

Через месяц после внесения 2,4-ДА микробиологическая активность в ризосфере гороха с повышением доз гербицида также снижалась, а при 5 и 6 л/га препарата в связи с гибелью растений к этому времени из-за его высоких концентраций микроорганизмов в ризосфере не обнаружено (табл. 128).

Еще более выраженной была зависимость активности микробиологических процессов в ризосфере от степени чувствительности возделываемых культур к гербициду при внесении атразина в посевах кукурузы, пшеницы озимой и гороха (табл. 129). Здесь, как и при действии 2,4-ДА наиболее активно, и к тому же с увеличением доз атразина до 6 кг/га, развивалась микрофлора во все сроки определения в ризосфере кукурузы.

У то же время, в ризосфере гороха через 10 дней развитие микроорганизмов проходило на уровне контроля или несколько превышало его при дозах атразина 1–2 кг/га. С повышением концентрации атразина число микроорганизмов через 10 и 20 дней значительно снижалось, а через месяц при дозах 5 и 6 кг/га препарата составляло соответственно 55,2 и 53,6 % по отношению к контролю.

Таблица 128

Микробиологическая активность ризосферы разных по чувствительности к 2,4-ДА сельскохозяйственных культур

Дозы гербицида, л/га	Численность микроорганизмов, млн. шт. в 1 г почвы								
	через 10 дней			через 20 дней			через месяц		
	кукуруза	пшеница озимая	горох	кукуруза	пшеница озимая	горох	кукуруза	пшеница озимая	горох
Контроль	36,7	31,4	29,5	28,1	30,5	31,5	34,5	32,5	32,8
1	37,5	32,4	30,1	30,0	31,3	31,6	35,6	32,8	32,0
2	37,0	33,1	30,0	32,0	32,8	32,3	35,0	33,5	32,3
3	39,5	31,6	27,5	35,0	33,5	29,1	36,3	34,7	30,7
4	40,3	28,5	25,0	34,9	30,0	28,5	38,5	32,3	24,5
5	41,8	27,0	21,4	35,8	28,0	21,5	37,9	31,5	0
6	41,0	24,3	19,3	36,1	26,3	18,7	37,8	30,5	0

Таблица 129

Микробиологическая активность ризосферы разных по чувствительности к атразину сельскохозяйственных культур

Дозы гербицида, кг/га	Численность микроорганизмов, млн. шт. в 1 г почвы								
	через 10 дней			через 20 дней			через месяц		
	кукуруза	пшеница озимая	горох	кукуруза	пшеница озимая	горох	кукуруза	пшеница озимая	горох
Контроль	36,7	31,4	29,5	28,1	30,5	31,5	34,5	32,5	32,8
1	37,4	30,5	31,5	28,7	28,4	32,0	35,8	23,5	31,0
2	37,8	28,4	30,8	31,5	27,5	30,8	36,4	21,4	30,5
3	38,3	26,5	29,0	31,0	24,3	28,1	36,3	21,6	30,4
4	38,9	20,4	27,5	34,5	21,3	27,5	37,1	18,1	29,3
5	40,0	18,5	26,3	33,8	0	24,0	37,8	0	18,1
6	41,4	18,0	24,5	35,1	0	18,7	38,3	0	17,6

Наиболее активно изменялась численность микроорганизмов под влиянием атразина в ризосфере одной из самых чувствительных к триазинам культур – озимой пшеницы. Уже при дозе 1 кг/га атразина через 10 дней после его внесения количество микроорганизмов в зоне ризосферы было ниже контроля и еще больше снижалось – с повышением доз препарата. С продолжением действия атразина в почве эта закономерность снижения микробиологической активности в ризосфере пшеницы озимой сохранялась, а при дозах 5 и 6 кг/га препарата через 20 дней и через месяц после внесения атразина в почву, в связи с гибелью растений к этому времени из-за его высоких концентраций, микроорганизмы в ризосфере пшеницы озимой не развивались.

Полученные данные свидетельствуют о тесной взаимосвязи гербицидов, применяемых в посевах сельскохозяйственных культур, с растениями и микронаселением почвы.

Чем чувствительнее возделываемая культура к гербициду, тем сильнее нарушаются микробиологические процессы в ризосфере растений, особенно при повышенных дозах препаратов, что должно иметь значение в определении статуса устойчивости растений к гербициду и механизме их действия на чувствительные и устойчивые к ним растения.

Таким образом, из вышеизложенного экспериментального материала о влиянии гербицидов на микробиологические процессы в ризосфере и междурядьях сельскохозяйственных культур и взаимодействии их с растениями и микронаселением почвы следует, что гербициды эрадикан бЕ, производные триазинов и 2,4-Д, применяемые в посевах сельскохозяйственных культур, оказывают активное влияние на микробиологические процессы и питательный режим почвы в ризосфере и междурядьях возделываемых культур. Степень действия их на микробиологические процессы почвы зависит от почвенных условий – механического состава и содержания в них гумуса, наличия в почве органических веществ, видового состава применяемых гербицидов, доз, сроков, способов их применения и степени чувствительности возделываемых культур к гербициду. Регулируя этими факторами, внося органические удобрения, создавая благоприятные условия для развития растений и микроорганизмов почвы можно свести к минимуму отрицательное действие гербицидов на их развитие.

ВЫВОДЫ

1. Аминная соль 2,4-Д оказывает активное влияние на анатомическое и морфологическое строение двудольных растений. Оно сопровождается усиленным делением камбия, ведущим к разного рода аномалиям и деформации стеблей. При этом уменьшается количество клеток и устьиц на единице поверхности листьев с увеличением их размеров, что указывает на повышенный расход влаги.
2. У однодольных (кукуруза, озимая пшеница), внесенная в оптимальных дозах и в оптимальные сроки 2,4-ДА, стимулирует развитие проводящей системы и рост корней. При повышенных дозах и поздних сроках внесения по всходам культур ослабляется развитие механических тканей стеблей, обуславливающих прочность и устойчивость растений к полеганию, уменьшается число сосудисто-волокнистых пучков и количество устьиц листьев, деформируется корневая система, нарушается морфологическое строение початков и колоса.
3. Родительские формы гибридов кукурузы, особенно отцовские, проявляют высокую чувствительность к нарушению оптимальных условий применения 2,4-ДА на гибридных участках. Гибриды, полученные в результате скрещивания родительских форм с нарушенным строением анатомо-морфологических признаков растений под влиянием гербицида менее устойчивы в первом поколении к гербицидам и заболеваниям, чем гибриды, полученные при скрещивании отцовских и материнских особей, не проявивших чувствительности к препарату во время их обработки.
4. Симазин и атразин, внесенные по всходам кукурузы, вызывают усиленное образование механических тканей в стеблях, что снижает питательную ценность силоса; внесение препаратов в почву до посева кукурузы способствует росту количества и площади сосудисто-волокнистых пучков.
5. Макро- и микроудобрения, внесенные совместно с гербицидами оказывают благоприятное влияние на анатомо-морфологическое строение злаковых растений.
6. В растениях под влиянием гербицидов происходят нарушения в азотном, фосфорном и углеводном обменах. Уровень этих изменений находится в прямой зависимости от вида растений, степени их чувствительности к препарату, почвенных и погодных факторов, обеспеченности элементами питания, доз, сроков и способов применения гербицидов. Чем выше уровень питания растений, чем интенсивнее их рост и развитие, тем в меньшей

степени проявляется токсическое действие препаратов на обмен веществ.

7. 2,4-ДА и диален вызывают хромосомные aberrации и нарушения в митотическом цикле соматических клеток озимой пшеницы, а также снижают фертильность пыльцы в первом поколении (F_1). Степень этих нарушений зависит от доз, сроков и способов применения препаратов. Озимая пшеница во втором поколении (F_2), выращенная из семян деформированных колосьев в F_1 , не наследует аномалий в морфологическом строении колоса и хромосомных aberrаций в соматических клетках.
8. Примэкстра, агелон, эрадикан 6Е и алирокс, вносимые в почву на черноземах оподзоленных с содержанием гумуса свыше 3%, меньше, чем на серых оподзоленных низкогумусных почвах, вызывают в соматических клетках кукурузы хромосомных aberrаций.
9. Применение гербицидов совместно с макро- и микроэлементами, а также на фоне органических удобрений или полной нормы NPK снижало отрицательное влияние препаратов на хромосомный аппарат озимой пшеницы и кукурузы.
10. Микробиологическая активность ризосферы и междурядий растений при использовании гербицидов зависит от условий применения гербицидов, питательного режима почвы и содержания в ней гумуса, чувствительности растений к препарату. Чем богаче почва органическими веществами, чем интенсивнее развиваются растения, тем в меньшей степени проявляется токсическое действие гербицидов в междурядьях и ризосфере культурных растений и сорняков. В ризосфере более чувствительных к гербициду растений сильнее, чем в ризосфере менее чувствительных и устойчивых растений, ингибируется рост микроорганизмов.
11. Эрадикан 6Е, особенно на бедных гумусом почвах, способствует активизации денитрификаторов, что влияет на содержание нитратного и аммиачного азота в почве. Внесение органических удобрений повышает микробиологическую активность почвы, снижает рост анаэробов-денитрификаторов, что в целом увеличивает в почве содержание элементов минерального питания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ладонин В.Ф. О влиянии 2,4-Д на водный режим растений В.Ф.Ладонин // Эффективность гербицидов в системе мер борьбы с сорняками . Тр. ВНИИ удобрений и агропочвоведения. – 1962. – Вып. 39. – С. 205–211.
2. Торчинская В.М. Действие 2,4-Д на некоторые процессы, протекающие в проростках растений / В.М.Торчинская // Химия в сельском хозяйстве. – 1966. – Т.4. – №5. – С. 38–42.
3. Wort D.J. Effects of herbicides on plant composition and metabolism // The Physiol. and Biochem. of herbicides / D.J. Wort // ed by L.I. Audust. – Academic Press. – 1964. – P. 313–324.
4. Мелехов Е.И. Влияние 2,4-Д на проводимость корней, поглощение воды и транспирацию / Е.И.Мелехов // Физиология растений. – 1979. – Т.26. – Вып. 5. – С. 1001–1006.
5. Sharma M.P. Effects of Postemergence wild oat herbicides on the transpiration of wild oats / M.P. Sharma, W.H. Vander Born, D.K. Mcpeath // Can. J. Plant Sci. – 1977. – V. 57. – №1. – P. 127–132.
6. Фисюнов А.В. Справочник по борьбе с сорняками / А.В.Фисюнов. – М.: Колос, 1984. – 254 с.
7. Nilson L. Vad paverkar sprutresultatet / L.Nilson // Sweriges Lantbruksuniv. – 1979. – №7. – P. 1–9.
8. Dunleavy P.J. In Chenopodium album L. The influence of stomata in bentazone action in Chenopodium album L. / P.J. Dunleavy // Proc. Crop. Prot. Conf. – Weeds. – 1982. – P. 187–192.
9. Bachthaler G., Trischibeck G. Mutagene wirkung von Herbiciden bei Kulturfanzenkritische Wertung cles aktuellen Kenntnisstandes / G. Bachthaler, G. Trischibeck // Machhrichtenblat. – 1979. – V.31. – №2. – P. 22–27.
10. Kennedy C., Stewart R. The effect of 2,4-D –Dichlorophenoxyacetic acid on ion uptake by maize roots / C. Kennedy, R. Stewart // J. Exper. Boot. – 1980. – V.31. – №120. – P. 135–150.
11. Meray D.H. Kinetice of auxin interaction / D.H. Meray, K.J. Ferater, J. Benner // Plant Physiology. – 1953. – V. 28. – №3. – P. 343.
12. Артеменко Е.Н. Изменение активности оксидазы индолилуксусной кислоты и содержание ее ингибитора в растениях гороха под действием 2,4-Д / Е.Н. Артеменко, Д.И.Чкаников, В.И.Костина // Агрохимия. – 1966. – №5. – С. 120–125.
13. Overbeek J. van. Physiology and biochemistry of herbicides/ J. van Overbeek // Parasitica. – 1963. – V. 19. – №1. – P. 12–26.
14. Carns H.R.The effects of herbicides on endogenous regulator system / H.R. Carns, F.T.Addicott // Physiology and Biochemistry of Herbicides. – Landon. – N.Y., Academic Press. – 1964. – P. 343–356.
15. Overbeek J. van. Transe einnamic acid asan anti-auxin / J. van Overbeek, R. Blodeau, V. Horne // Amer, J. Bot. – 1951. – V.38. – №8. – P. 589–595.

16. Hamner C.L. Selective inhibition of the growth of green plants and fungi by beta methyl umbelliferone / C.L. Hamner, H.M. Sell, M. Eloprens, S.R. Vaughn // Bot. Gaz. – 1950. – V.11. – №1. – P. 135–137.
17. Key J.L. Relation of 2,4-D – induced growth aberrations to changes in nucleic acid metabolism in soybean seedlings / J.L. Key, C.Y. Lin, E.M. Gifford, R. Dengler // Bot. Gaz. – 1966. – V.127. – №2–3. – P. 87–94.
18. Cardenas J. Physiological changes accompanying the death of Cocklebur plants treated with 2,4-D / J. Cardenas, F.W. Slife, J.B. Hanson, H. Butter // Weeds. Sci. – 1968. – V.16. – №1. – P. 96–100.
19. Chrispeels M.J., Hanson I.B. The increase in ribonucleic acid content of cytoplasmic particulates of soybean hypocotyl induced by 2,4-dichlorophenoxyacetic acid / M.J. Chrispeels, I.B. Hanson // Weeds. – 1962. – V.10. – №1. – P. 123–125.
20. Кожемякин Е.В. Биологические основы применения гербицида 2,4-Д в посевах яровой пшеницы: Автореф. дис. канд. с.-х. наук. – Саратов, 1967. – 24 с.
21. Liao. Shu-Huci. Intracellular localization of growth hormones in plants / Shu-Huci Liao, R.H. Hamilton // Science. – 1966. – V. 151. – №3712. – P. 822–824.
22. Земская В.А. Локализация 2,4-Д в клетках листьев кукурузы и подсолнечника / В.А.Земская, Ю.В.Ракитин // Физиология растений. – 1967. – Т.14. – Вып. 6. – С. 1011–1016.
23. Kirkwood R.C. Differential absorption as a factor influencing the selective toxicity of MCPA and MCPB / R.C. Kirkwood, M.H. Robertson, J.E. Smith // Isotopes in weed Research. Proceeding of a symposium. International atomic energy agency. – Vienna, 1966. – P. 45–57.
24. Чкаников Д.И. Влияние галоидфеноксикислот на фотосинтетические процессы / Д.И.Чкаников, В.И.Костина // Химия в сельском хозяйстве. – 1968. – Т.6. – №7. – С. 56–59.
25. Чкаников Д.И. К вопросу об избирательности гербицидного действия 2,4-Д / Д.И.Чкаников, А.М.Макеев, Н.Н.Павлова // Химия в сельском хозяйстве. – 1968. – Т.6. – №1. – P. 41–43.
26. Земская В.А. Борьба с широколистными сорняками в посевах злаковых культур / В.А.Земская // Химические средства стимуляции и торможения процессов растений. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – С. 492–547.
27. Рубин С.С. Влияние гербицидов на анатомическое строение вегетативных органов кукурузы / С.С.Рубин, З.М.Грицаенко // Вестник с.-х. науки. – 1964. – №11. – С.42–45.
28. Рубин С.С. Поступление, передвижение и распределение гербицида 2,4-Д в однодольных и двудольных растениях / С.С.Рубин, З.М.Грицаенко // Химические меры борьбы с сорняками. Тр. ХСХИ. – Киев: Урожай, 1967. – Т. 69. – С. 7–11.
29. Рубин С.С. Влияние 2,4-Д дихлорфеноксиуксусной кислоты на строение некоторых растений / С.С.Рубин, З.М.Грицаенко // Ботанический журнал. – Л.: Наука, 1968. – Т. 53. – С. 377–378.
30. Грицаенко З.М. Применение гербицидов на посевах кукурузы / З.М.Грицаенко // Секция химических средств регулирования роста и защиты

растений. IX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии: Реф. докл. и сообщ. – М.: Наука, 1965. – №2. – С. 94–95.

31. Грицаенко З.М. О влиянии гербицида 2,4-Д на анатомическое строение двудольных и однодольных растений / З.М.Грицаенко // Науч. основы увеличения производства сельскохозяйственной продукции. – Киев: Урожай, 1967. – С. 158–160. На укр. яз.

32. Грицаенко З.М. О механизме действия некоторых гербицидов на двудольные и однодольные растения / З.М.Грицаенко // Агротехнические и химические меры борьбы с сорняками на Украине: Материалы респ. науч.-теоретич. конф. учебных и научно-исслед. учрежд. Украины. – Киев, 1968. – С. 26–31.

33. Николаева Н.Г. Применение гербицидов на семенных участках кукурузы/ Н.Г.Николаева, Л.Д.Киперман, Г.Е.Шушу // Гербициды: Сб. науч. тр. – Кишинев: КСХИ, 1970. – Т.76. – С. 35–59.

34. Николаева Н.Г. Физиологические особенности растений кукурузы в связи с применением гербицидов в полевых условиях / Н.Г.Николаева, Г.Е.Шушу, Л.Д.Киперман // Гербициды: Сб. науч. тр. – Кишинев: КСХИ, 1970. – Т.76. – С. 60–95.

35. Exer B. Uber Pflanzenwachstumaregulatoren Uber weitere Phytotoxische triazine / B.Exer // Experientia. – 1958. – V. 14. – №4. – P. 136–137.

36. Gast A. Beitrag zur Kenntnis der Phytotoxischen Wirkung von Triasinen /A.Gast // Experientia. – 1958. – V. 14. – №4. – P. 134–136.

37. Moreland D.E. Studies on the mechanism of herbicidal action of 2-chloro-4,6-bis(ethylamino)-S-triazine / D.E. Moreland, I.L. Genter, K. Hilton // Plant Physiology. – 1959. – v.34. – №4. – P. 432–435.

38. Ashton F.M., Zweig C., Mason G.W. The effect of certain triazines on $C^{14}O_2$ fixation in red kidney beans / F.M. Ashton, C.Zweig, G.W. Mason // Weeds. – 1960. – V.8. – №3. – P. 448.

39. Маштаков С.М. Исследование производных триазина как регуляторов роста растений. Влияние симазина и атразина на содержание хлорофилла в листьях культурных растений / С.М.Маштаков, Р.А.Прохорчик // Докл. АН БССР. – 1962. – Т. 6. – №8. – С. 517–520.

40. Маштаков С.М. Исследование производных триазина как регуляторов роста растений IV. Изменение интенсивности фотосинтеза и дыхания растений под влиянием симазина и атразина / С.М.Маштаков, Р.А.Прохорчик // Докл. АН БССР. – 1963. – Т. 7. – №6. – С. 418.

41. Маштаков С.М. О природе селективного действия симазина и атразина / С.М.Маштаков, Р.А.Прохорчик // Биохимические основы защиты растений. – М., 1966. – С. 158.

42. Воловик О.И. Симазин и атразин как ингибиторы фотосинтеза / О.И.Воловик, Ф.А.Калинин, Г.С.Пономарев // Фотосинтез и пигменты как факторы урожая. – Киев, 1965. – С. 123–127.

43. Воловик О.И. Превращение углерода при фотосинтезе и некоторые окислительные реакции у растений под действием производных симметричного

триазины: Автореф. дис. канд. биол. наук / АН УССР. Ин-т ботаники. – Киев, 1966. – 27 с.

44. Гагарина М.И. Гербицидные производные гидроксилamina. Сообщение VIII. Влияние метоксиамино-симм-триазинов на реакцию Хилла / М.И.Гагарина, А.С.Куприянова, И.А.Мельникова, Ю.А.Баскаков // Агрохимия. – 1968. – №3. – С. 114.

45. Пароменская Л.Н. Влияние симазина на фотосинтетические пигменты зеленых водорослей / Л.Н.Пароменская, Г.Н.Лялин // Физиология растений. – 1968. – Т. 15. – Вып. 6. – С. 1002.

46. Мережинский Ю., Калинин Ф., Воловик О. Нарушение углеродного обмена и процессов фотосинтеза при комплексном применении симтриазинов и 2,4-Д / Ю.Мережинский, Ф.Калинин, О.Воловик // Теоретические основы действия физиологически активных веществ и эффективность удобрений, их содержащих. – Днепропетровск, 1969. – С. 195–198.

47. Физиологическое действие некоторых гербицидов на растения/ [С.М.Маштаков, В.П.Деева, А.П.Волинец и др.]. – Минск: Наука и техника, 1971. – 251 с.

48. Круглов Ю.В. О действии гербицидов на бобовые растения/ Ю.В.Круглов, Л.Н.Пароменская, Л.Г.Багиян // Механизм действия гербицидов и синтетических регуляторов роста растений и их судьба в биосфере: Материалы X Междунар. симп. стран-членов СЭВ, Пущино, 15-17 апр. 1975 г. – Пущино, 1975. – Ч.1. – С. 43–47.

49. Фадеева Л.М. Влияние гербицидов на первичные процессы фотосинтеза в изолированных хлоропластах гороха / Л.М.Фадеева, Д.Н.Маторин, Т.Е.Кренделева // Физиология растений. – 1977. – Т. 24. – №3. – С. 560–565.

50. Москаленко Г. Действие многолетнего применения гербицидов на обмен фосфорсодержащих соединений у пшеницы Саратовской 29 / Г.Москаленко, В.Зинченко // Известия ТСХА. – 1982. – Вып. 4. – С. 62–67.

51. Воеводин А.В. Различия в действии 2,4-Д и симазина на фосфорный обмен гороха и некоторых злаков / А.В.Воеводин, Л.И.Невзорова // Механизм действия гербицидов и синтетических регуляторов роста растений и их судьба в биосфере: Материалы X Междунар. симп. стран-членов СЭВ, Пущино, 15-17 апр. 1975 г. – Пущино, 1975. – Ч.1. – С. 64–70.

52. Воеводин А.В. Действие гербицида 2,4-Д на обмен нуклеиновых кислот и других фосфорсодержащих соединений пшеницы / А.В.Воеводин, Л.И.Невзорова // Тр. ВНИИ защиты растений. – 1977. – №52. – С. 11–18.

53. Невзорова Л.И. Влияние гербицида 2,4-Д на биосинтез нуклеиновых кислот ярового ячменя / Л.И.Невзорова, А.В.Воеводин, Е.М.Казарина // Бюл. ВНИИ защиты растений. – 1976. – №36. – С. 74–78.

54. Сосновая О.Н. Влияние гербицидов на поступление питательных веществ и фосфорный обмен сахарной свеклы/ О.Н.Сосновая, З.Ф.Журавская // Физиология и биохимия культурных растений. – 1974. – Т. 6. – Вып. 4. – С. 409–413.

55. Ройтер Р. Воздействие симазина на рибонуклеиновую кислоту семядолей этиолированных проростков горчицы / Р.Ройтер, Х.Грезер // Механизм действия гербицидов: Тр. Междунар. симп., Варна, 1971 г. – София: БАН, 1975. – С. 121–128.

56. Илиев Л.К. Влияние симазина и атразина на нуклеиновые кислоты зеленых побегов кукурузы и горчицы / Л.К.Илиев // РЖ. Биология ОЧГ. Физиология растений. – 1977. – №4. – С. 44.

57. Илиев Л. Влияние атразина (2-хлор-4-этиламино-6-изопропил-амино-5-триазина) на включение P^{32} в рРНК и ТВ-РНК листьев кукурузы и семядолей горчицы / Л.Илиев, Х.Грезер // РЖ. Биология ОЧГ. Физиология растений. – 1976. – №6. – С. 45.

58. Поммер У. Триазиновые гербициды (симазин) в качестве антиметаболитов обмена нуклеиновых кислот / У.Поммер, Х.Грезер // Механизм действия гербицидов: Тр. Междунар. симп., Варна, 1971 г. – София: БАН, 1975. – С. 113–119.

59. Штельцел Г. Действие атразина на обмен нуклеиновых кислот у белой горчицы (*sinapis alba* L.) / Г.Штельцел // Механизм действия гербицидов: Тр. Междунар. симп., Варна, 1971 г. – София: БАН, 1975. – С. 183–186.

60. Калинин Ф.Л. Изменение содержания нуклеиновых кислот под действием 4-амино-3,5,6-трихлорпиколиновой кислоты в зонах корней гороха / Ф.Л.Калинин, В.К.Мусияка // Физиология и биохимия культурных растений. – 1974. – Т. 6. – Вып. 4. – С. 365.

61. Стоименова И. Влияние на хербицидни смеси върху химичния състав на листата, добива и качеството на царевичното зърно / И. Стоименова // Растен. Науки. – 1984. – Т. 21. – №4. – С. 108–115.

62. Kozaczenco H. Wpływ zaniejszonych dawek herbicydów stosowanych dolistnie na stopień sacławsesenia i skład chemiczny buraków pastewnych / H. Kozaczenco // Ochr. Rosl. – 1980. – V.24. – №6. – P. 5–6.

63. Посмитная Л.В. Урожай и качество зерна ячменя при применении гербицидов на различных уровнях минерального питания / Л.В.Посмитная // Урожай и качество зерна при длительном применении удобрений. – М., 1984. – С. 116–122.

64. Латыпова Р.М. Азотный обмен у растений люпина при обработке посевов гербицидами / Р.М.Латыпова // Тр. БСХА. – 1977. – Вып. 34. – С. 97–101.

65. Santakumari M. Influence of diuron or atrazine on the leaf and chloroplast nitrogen metabolism of some crop and weed species / M. Santakumari, Das V.S. Pama // Indian J. Exp. Biol. – 1977. – V.15. – №11. – P. 1016–1021.

66. Николов Й. Проучване влиянието на хербицида 2,4-Д върху нитратно-нитритното съдържание на церицигата / Й. Николов // Растен. Науки. – 1981. – №18. – С. 15–19.

67. Finke R.L. Effect of herbicides in vivo nitrate and nitrite reduction / R.L. Finke, R.L. Warner, T.J. Musik // Weed Sci. – 1977. – V. 25. – №1. – P. 18–22.

68. Jarzynska J. Influence of simazine on nitrate uptake and nitrate reductase activity in triticum aestivum (L.) and Cucumis sativus (L.) seedling / J.Jarzynska, J.Baczek // *Acta Soc. Bot. Polon.* – 1984. – V. 53. – №2. – P. 247–256.
69. Oka L. Ecological effects of 2,4-D herbicide: increased corn pest problems/ L.Oka, D.Pimentel // *Central Res. Inst. Agr. Bogor, Indonesia.* – 1979. – V. 49. – P. 1–17.
70. Шушу Г.Е. Влияние гербицидов на качество урожая кукурузы/ Г.Е.Шушу, Л.Д.Киперман, Н.Г.Николаева // *Гербициды: Сб. науч. тр.* – Кишинев: КСХИ, 1970. – Т. 76. – С. 96–123.
71. Камилова Р.М. Изменение физиолого-биохимических процессов в надземных органах растений под влиянием производных фенилмочевины/ Р.М.Камилова, А.Ф.Идиатулина // *Действие, последствие гербицидов на растения и поиск новых соединений для борьбы с сорной растительностью.* – Ташкент: ФАН, 1976. – С. 3–30.
72. Квасов В.А. Влияние гербицидов на аминокислотный состав свеклы при орошении / В.А.Квасов, И.Н.Никульников // *Сахарная свекла.* – 1985. – №11. – С. 30–31.
73. Квасов В.А. Влияние эптама на содержание основных элементов питания в сахарной свекле при орошении / В.А.Квасов, П.Е.Шепетнев // *Агрохимия.* – 1985. – №1. – С. 92–94.
74. Beaumont G. Effects physiologiques de l'atrazine a doses subletales sur Lemna minor L.I.Influence sur la croissance, la tenene en chlorophylle, en proteines et en azote soluble et total / G.Beaumont, R.Bastin, H.R.Therrien // *Natur. can.* – 1976. – V.103. – № 6. – P. 527–533.
75. Gnanarethnam John L. Quelques aspects de la physiologie des radis (Raphanus sativus L.) trailes par la simazine. III. Evolution de l'azote / John L. Gnanarethnam // *Weed Res.* – 1976. – V. 16. – №4. – P. 255–262.
76. Ладонин В.Ф. Предварительные данные исследования содержания 2,4-Д и продуктов ее обмена в листьях ячменя и гороха, выращиваемых на двух уровнях фосфорного питания / В.Ф.Ладонин, Н.Б.Пронина, И.В.Демидова // *Бюл. ВНИИ удобрений и агропочвоведения.* – 1976. – №30. – С. 29–43.
77. Дюкина Н.Н. Изменение некоторых процессов азотистого обмена растений гороха под влиянием смеси гербицидов / Н.Н.Дюкина, Л.Н.Самойлов // *Бюл. ВНИИ удобрений и агропочвоведения.* – 1976. – №29. – С. 95–97.
78. Лапина Т.В. О механизме действия изометрина на растения / Т.В.Лапина, Л.В.Ходеева, Ю.Г.Мережинский // *Физиология и биохимия культурных растений.* – 1981. – Т. 13. – №3. – С. 301.
79. Лалова М. Влияние арезина, прометрина и играна на азотный обмен в растениях фасоли /М. Лалова // *Механизм действия гербицидов: Тр. Междунар. симп., Варна, 1971. – София: БАН, 1975. – С. 75–82.*
80. Лалова М. Влияние арезина, прометрина и играна на азотный обмен сои / М.Лалова // *РЖ. Биология ОЧГ. Физиология растений.* – 1976. – №3. – С. 42.

81. Недялков Н. Азотный обмен в листьях кукурузы, обработанной атразином, в различных условиях водоснабжения / Н.Недялков, Е.Стойнова // Физиология растений. – 1977. – Вып. 3. – №4. – С. 62–71. На болг. яз.
82. Деева В.П. Изменение содержания свободных аминокислот в растениях при воздействии некоторыми гербицидами / В.П.Деева, З.И.Шелег, Л.Н.Мельникова, Н.В.Санько // Физиолого-биохимические аспекты роста и развития растений. – Минск: Наука и техника, 1978. – С. 94–101.
83. Латыпова Р.М. Содержание углеводов в растениях люпина при обработке производными симм-триазинов / Р.М.Латыпова, Н.С.Вагина // Тр. БСХА. – 1976. – Вып. 23. – С. 62–67.
84. Vintila R. Effectul erbicidelor prometrin, atrazin si argezin (pitezin) asupra continutului in hidrati de carbon la porumb (HD220) / R. Vintila, M. Keul // Contrib. bot. University Babes-Bolyai, Cluji – 1976. – P. 257–260.
85. Janauer G.A. Der Einfluss von Atrazin anf den stoffwechselder Konlenhydrate, Organischen Sauren und Stickstoffverbindungen von Zea mays L./ G.A. Janauer, H. Kinzel // Z. Pflanzenphysiol. – 1976. – V. 78. – №1. – P. 52–57.
86. Земская В.А. О детоксикации 2,4-Д в растениях подсолнечника и овса / В.А.Земская, Ю.В.Ракитин // Агрохимия. – 1964. – №7. – С. 101–112.
87. Земская В.А. О природе селективного действия 2,4-Д / В.А.Земская // Секция химических средств регулирования роста и защиты растений. IX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии: Реф. докл. и сообщ. – М.: Наука, 1965. – №2. – С. 113–114.
88. Земская В.А. К вопросу о способности белков листьев кукурузы связывать некоторые производные феноксиуксусной кислоты/ В.А.Земская, К.С.Бокарев, Л.М.Черникова, З.В.Калиберная // Физиология растений. – 1973. – Т. 20. – Вып. 2. – С. 398.
89. Земская В.А. О распределении и превращении 2,4-Д в тканях злаковых растений / В.А.Земская, Ю.В.Ракитин, Л.М.Черникова, З.И.Калиберная // Физиология растений. – 1977. – Т. 24. – №6. – С. 123–124.
90. Плешков Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений / Б.П.Плешков. – М.: Агропромиздат, 1987. – 494 с.
91. Мережинский Ю. Мутагенная активность некоторых гербицидов / Ю.Мережинский, Т.Лапина, Н.Григоренко // Экологические последствия применения агрохимикатов. – Пущино, 1982. – С. 76–81.
92. Loprieno N. Resalts of mutagenicity tests on the herbicide atrazine / N. Loprieno, R. Barale, L. Miriani and other // Mutat. Res. – 1980. – V. 74. – №3. – P. 165–168.
93. Куринный А.И. Исследование пестицидов как мутагенов внешней среды / А.И.Куринный, М.А.Пилинская. – Киев: Наук. думка, 1976. – 114 с.
94. Pemberton J. 2,4-D and 2,4,5-T reasons for comfort and concern / J. Pemberton // J. Austral. Inst. Agr. Sc. – 1979. – V. 45. – №3. – P. 165–168.
95. Чеботарь А.А. О полиплоидизирующем действии гербицидов на примере *Pisum sativum* L / А.А.Чеботарь, А.И.Суружиу, Б.И.Бухар // Изв. АН Молд. ССР. Сер. Биол. и хим. науки. – 1980. – №4. – С. 70–71.

96. Димитрова-Русева Е. Цитологичен ефект на хербицидите реглон, грамоксон и балан/ Е. Димитрова-Русева // Генет. селекция. – 1978. – Т.11. – №5. – С. 330–337.

97. Hosaka H. Morphological and histological effects sethosidim on corn (*Zea mays*) seeding / H. Hosaka, H. Inaba, A.Satch, H.Ishikawa // Weed Sc. – 1984. – V.32. – №6. – P. 711–721.

98. Грицаенко З.М. Цитогенетический эффект гербицидов 2,4-ДА и симазина на хромосомный аппарат клеток растений кукурузы / З.М.Грицаенко, Ю.Н.Мишкоров // III съезд генетиков и селекционеров Украины, Киев, апрель 1976 г.: Тез. докл. – Киев: Наук. думка, 1976. – Ч. 1. – С. 95–96.

99. Грицаенко З.М. Цитологические исследования действия разных доз гербицида эрадикана 6Е в смеси с атразином на кукурузу / З.М.Грицаенко // Четвертый съезд ВОГиС им. Н.И.Вавилова, Кишинев, 1–5 февр. 1982 г.: Тез. докл. – Кишинев: Штиинца, 1982. – Ч.2. – С. 128–129.

100. Грицаенко З.М. Сравнительная оценка эффективности гербицидов при разных условиях применения в полевом севообороте Правобережной Лесостепи УССР/ З.М.Грицаенко // Биологическая и химическая защита растений от вредителей, болезней и сорняков УССР: Сб. науч. тр. – Киев: УСХА, 1985. – С. 185–192.

101. Грицаенко З.М. Влияние производных гербицидов группы 2,4-Д при разных условиях применения на хромосомный аппарат озимой пшеницы / З.М.Грицаенко // V съезд генетиков и селекционеров Украины, Умань, июнь 1986 г.: Тез докл. – Киев: Наук. думка, 1986. – Ч. 4. – С. 94–95.

102. Грицаенко З.М. Цитологические исследования действия гербицидов и их смесей на кукурузу в зависимости от питательного режима почвы, доз и способов применения препаратов / З.М.Грицаенко // V съезд ВОГиС им. Н.И.Вавилова, Москва, 24–28 нояб. 1987 г.: Тез. докл. – М., 1987. – Т.4. – Ч.1. – С. 113.

103. Mohan G.R. Cytological effects of 2,4-D on cowpea / G.R.Mohan, J.Nizam // Proc. Symp. Nud. Techn. Stud. Metabolism Effects and Degrad. Pestic. Jirupati. – 1978. – S.1. – s.a. – 1978. – P. 203–207.

104. Деева В.П. Изменения наследственной информации у генетических форм растений при воздействии 2,4-Д / В.П.Деева, Е.И.Бадулина, О.М.Гриб, З.И.Шелег // Реализация наследственной информации: Тез. Всесоюз. Симп., Паланга, 1980г. – Паланга, 1980. – С. 29.

105. Деева В.П. Генетический контроль изменения компонентного состава легкорастворимых белков растений пшеницы, обработанных 2,4-Д / В.П.Деева, Л.В.Хотылева, З.И.Шелег, Н.В.Санько // Докл. АН БССР. – 1980. – Т. 24. – №9. – С. 851–854.

106. Lobontiu J. Cersetari privind influenta epocii de aplica a icedinului eapra divisinnii colulare reductionale la grin si implicatiile as pra productiei / J. Lobontiu, N.Sarpe // Folosery rationala a erbicidelor. – Graiova. – 1982. – P. 245–250.

107. Chaunhen S.V.S. Effects of Maleic hydrazide, FW-450 and dalpon on growth, Flowering and pollen vialility of Capsicam annuum L, and Datura alba L. /

S.V.S. Chaunhen, S.P. Singh // Indian J. Plant Physiology. – 1972. – V.15. – №1–2. – P. 138–147.

108. Gaspar Th. Localisation histologique des effets du 2,4-D sur les plantules de *Tricicum* en germination / Th. Gaspar, M. Bouillenne-Warland, G. Fooz // Meded Rijksac. landbouwetensch Cent. – 1969. – V. 34. – №3. – P. 494–503.

109. Auquiere J.P. Modifications morphologiques et vasculaires induites par le 2,4-D ches *Brassica juncea* (L) Czern / J.P. Auquiere, P.Moens, M. Ferense // Cellule. – 1979. – V. 73. – №1. – P. 11–25.

110. Tomkins D., Graut. Morphological and genetic factors influencing the respons of weed species to herbicides / D. Tomkins // Canad. J. Bot. – 1978. – V. 56. – №12. – P. 1466–1471.

111. Христов К. Физиологично и цитогенетично действие на хербицида эрадикан 6,7-Е върху царевица / К. Христов, П.Пресолска // Генетика и селекция. – 1979. – Т.12. – №6. – С. 423–429.

112. Hess P. Mode of action of herbicides that affect cell division / P. Hess // Pesticide chem.: Suman Welfare Environm. Oxford ets. – 1983. – №3. – P. 79–84.

113. Отчет Индекс А // Исследование влияния 2,4-ДА на ячмень Московский 121 в год обработки и в следующих поколениях / МЦ НТИ МСИС НИР. – № 581541. – Инв. № Б943592. – М., 1981. – 4 с.

114. Николаева Н.Г. Микроэлементы в роли антидотов при «гербицидоутомлении» почвы / Н.Г.Николаева // Эффективность применения гербицидов на полевых культурах и в многолетних насаждениях: Сб. науч. ст. – Кишинев: КСХИ, 1984. – С. 6–13.

115. Цирков И. Действие на хербицида нортрон върху микрофлората в почвата / И.Цирков // Растен. науки. – 1982. – Т.19. – №7. – С. 87–93.

116. Бакаливанов Д. Детоксикация на хербицида далапон в чернозем-смолинца и влиянието му върху почвената микрофлора / Д.Бакаливанов, А.Бойчев // Почвовзнание и агрохимия. – 1979. – Т.14. – №2. – С. 98–103.

117. Audus L.J. Microbiological breakdown of herbicides in solis / L.J.Audus // Herbicides and Soil. – Oxford, 1960. – P.1.

118. Гаврилова Е. Влияние гербицидов – производных феноксиалкил-карбоновых кислот на микрофлору и кормовую гниль яровой пшеницы / Е.Гаврилова // Бюлл. ВНИИ с.-х. микробиологии. – Л., 1979. – №32. – С. 104–105.

119. Грималовский А.М. Влияние гербицидов на биологическую активность почвы при бессменном возделывании кукурузы на неполивных землях / А.М.Грималовский // Агрохимия. – 1988. – №1. – С. 93–100.

120. Непомилуев В.Ф. Влияние симазина на микрофлору и микробиологические процессы в зерново-подзолистой почве при различных способах ее обработки / В.Ф.Непомилуев, И.П.Гречин, Т.И.Кузякина // Известия ТСХА. – 1966. – Вып. 2. – С. 128–136.

121. Рахимов А.А. Влияние некоторых гербицидов на микрофлору почвы / А.А.Рахимов, В.К.Рыбина // Узбек. биол. журнал. – 1963. – №6. – С. 74–76.

122. Уланов А.П. Влияние далапона и трихлорацетата натрия на микрофлору почвы/ А.П.Уланов, А.В.Воеводин // Бюлл. ВНИИ защиты растений. – 1974. – №27. – С. 24–28.
123. Воеводин А.В. Влияние гербицидов на микрофлору почвы / А.В. Воеводин // Защита растений. – 1986. – №11. – С. 34–37.
124. Мовсумов З.Р. Эффективность удобрений в сочетании с эрадианом / З.Р.Мовсумов, С.А. Дунямалиев // Кукуруза и сорго. – 1985. – №6. – С. 23–24.
125. Ранков В. Взаимодействие метрибузина с почвенными микроорганизмами на различном фоне удобрений / В.Ранков, Б.Велев // Механизм действия гербицидов и синтетических регуляторов роста растений и их судьба в биосфере: Материалы X Междунар. симп. стран-членов СЭВ, Пущино, 15–17 апр. 1975 г. – Пущино, 1975. – Ч.2. – С. 37–42.
126. Грицаенко З.М. Влияние микроэлементов при совместном внесении с гербицидами на биологию развития гороха и микроорганизмы почвы / З.М. Грицаенко, Г.Г. Герасименко // Микроэлементы и урожай сельскохозяйственных культур в Полесье и Лесостепи УССР: Науч. тр. УСХА. – Киев: УСХА, 1973. – Вып. 114. – С. 146–152.
127. Манорик А.В. Инактивация гербицидов в почве / А.В.Манорик, С.М.Мамеченко. – Киев: Наук. думка, 1975. – 85 с. На укр. яз.
128. Петрова В.И. Действие прометрина на микрофлору почвы кукурузного пара / В.И.Петрова // Химия в сельском хозяйстве. – 1986. – Т. 24. - №5. – С. 67–68.
129. Тюрюканова Г.К. Влияние гербицидов, используемых на посевах сахарной свеклы, на почвенные микроорганизмы / Г.К.Тюрюканова, Н.Д.Ананьева, А.Шалы, С. Калуз // Агрохимия. – 1987. – №4. – С. 93–97.
130. Квасов В.А. Гербициды и биологическая активность почвы при орошении / В.А.Квасов // Агрохимия. – 1988. – №2. – С. 78–79.
131. Ступаков В.П. Влияние гербицидов на микробиологические процессы в почве, содержание нитратов в ней, сорняки и продуктивность сахарной свеклы в условиях Львовской области / В.П.Ступаков, В.В.Грицик // Растение, почва и гербициды: Сб. науч. тр. – Кишинев: КСХИ, 1977. – С. 20–25.
132. Грицаенко З.М. Микробиологическая активность почвы под влиянием симазина, атразина и производных 2,4-Д в зоне ризосферы и междурядий кукурузы / З.М.Грицаенко // Тез. докл. науч. конф. По итогам научно-исслед. работы за 1965 год, Белая Церковь, 2–4 июля 1966 г. – Белая Церковь, 1966. – С. 94–95.
133. Грицаенко З.М. Влияние симазина, атразина и производных 2,4-Д на микробиологическую активность почвы / З.М.Грицаенко // Земледелие: Респ. межвед. тем. науч. сб. – Киев, Урожай, 1967. – Вып. 6: Сорняки и борьба с ними. – С. 36–42. На укр. яз.
134. Грицаенко З.М. Влияние динитроортокрезола на развитие микроорганизмов в ризосфере и междурядьях гороха / З.М.Грицаенко // Наука – производству: Материалы XXIV науч. конф. – Киев, 1970. – С. 81–83. На укр. яз.

135. Грицаенко З.М. Развитие микроорганизмов почвы и растений гороха под влиянием различных доз и способов внесения динитроортокрезола в посевах гороха/ З.М.Грицаенко // Пути повышения урожайности зерновых и кормовых культур: Науч. тр. УСХА. – Киев: УСХА, 1972. – Вып. 66. – С. 143–149.
136. Либерштейн И.И. Гербициды на полевых культурах в Молдавии / И.И.Либерштейн. – Кишинев: Штиинца, 1973. – 296 с.
137. Веселовский И.В. Разработка и обоснование химических мер борьбы с сорняками в посевах кукурузы, сои и их смеси в Правобережной Лесостепи УССР при индустриальной технологии возделывания: Дис. ...Киев, 1985. – 50 с.
138. Шуткина А.Т. Результаты изучения действия гербицидов на винограднике / А.Т.Шуткина, Н.Г.Николаева // Гербициды: Сб. науч. тр. – Кишинев: КСХИ, 1970. – Т. 76. – С. 3–34.
139. Грималовский А.М. Изучение некоторых вопросов применения гербицидов в посевах гороха / А.М.Грималовский, Н.Г.Николаева // Гербициды: Сб. науч. тр. – Кишинев: КСХИ, 1970. – Т. 76. – С. 124–158.
140. Николаенко Ж.И. Разработка способов применения гербицидов на посевах сахарной свеклы в связи с их влиянием на почвенную микрофлору: Автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. – Киев, 1968. – 23 с.
141. Николаенко Ж.И. Пути рационального использования гербицидов на посевах сахарной свеклы в связи с микробиологическим фактором почвенного плодородия: Автореф. дис. ...д-ра с.-х. наук. – Кишинев, 1988. – 48 с.
142. Ладонин В.Ф. Применение ^{14}N для изучения действия гербицидов на культурные и сорные растения / В.Ф.Ладонин, Г.А.Чесалин, Л.Н.Самойлов // Агрохимия. – 1980. – №8. – С. 13–18.
143. Груздев Г.С. Проблемы борьбы с сорняками на современном этапе / Г.С.Груздев // Актуальные вопросы борьбы с сорной растительностью. – М.: Колос, 1980. – С. 3–15.
144. Гусейнов Б.А. Влияние гербицидов почвенного (корневого) действия на элементы питания растений в почве / Б.А.Гусейнов // Агрохимия. – 1965. – №1. – С. 102–104.
145. Цветкова С.Д. Действие симазина и атразина на агрохимические свойства почвы / С.Д.Цветкова // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1966. – №2. – С. 125–127.
146. Заварзин В.И. Влияние гербицидов на содержание в почве элементов минерального питания растений / В.И.Заварзин, Т.В.Беляева // Химия в сельском хозяйстве. – 1966. – Т.4. – №10. – С. 34–36.
147. Киперман-Резник Л.Д. Влияние гербицидов, применяемых в посевах сахарной свеклы, на нитрификационную способность почвы / Л.Д. Киперман-Резник, А.М.Грималовский // Гербициды: Сб. науч. тр. – Кишинев КСХИ, 1974. – Т. 127. – С. 48–54.
148. Олейников Р.Р. Влияние пропанида на азотфиксирующую активность почвы рисового поля / Р.Р.Олейников // Механизм действия гербицидов и

синтетических регуляторов роста растений и их судьба в биосфере: Материалы X Междунар. симп. стран-членов СЭВ, Пущино, 15–17 апр. 1975 г. – Пущино, 1975. – Ч. 2. – С. 42–47.

149. Собещаньски Е. Взаимодействие гербицидов и почвенной микрофлоры / Е. Собещаньски, Ю.Роля, Р. Стемпневич, Т. Косьцюкевич // Механизм действия гербицидов и синтетических регуляторов роста растений и их судьба в биосфере: Материалы X Междунар. симп. стран-членов СЭВ, Пущино, 15–17 апр. 1975 г. – Пущино, 1975. – Ч. 2. – С. 26–33.

150. Донкова Р. Влияние на хербицидите вензар и пирамин върху биологичната активност на почвата / Р.Донкова, Т. Ханъмова, С. Върбанова // Почвознание. Агрохимия растит. Защита. – 1985. – Т. 20. – №6. – С. 46–55.

151. Толочкина С.А. Влияние гербицидов при органоминальном удобрении на микрофлору биокосной системы / С.А.Толочкина, С.Я.Мехтиев // РЖ. Сер. 13. Сорные растения и борьба с ними. – 1987. – №12. – С. 4.

152. Маркс Е.И. Эффективность гербицидов и урожай пшеницы при разных уровнях минерального питания / Е.И.Маркс, В.Ф.Ладонин // Агрохимия. – 1987. – №4. – С. 74–83.

153. Свирскене А.К. Микробный ценоз и ферментативная активность при систематическом применении гербицидов в севообороте / А.К.Свирскене // Бюл. ВНИИСХМ. – 1987. – Т. 46. – С. 41–46.

154. Агаев Ф.А. Влияние гербицидов на микрофлору почвы пасленовых культур / Ф.А.Агаев // РЖ. Сер. 13. Сорные растения и борьба с ними. – 1988. – №6. – С. 3.

155. Рассохина В.В. Влияние гербицидов на засоренность посевов кукурузы, численность и состав почвенных микроорганизмов / В.В.Рассохина, В.А. Кузьминская // РЖ. Сер. 13. Сорные растения и борьба с ними. – 1988. – №2. – С.15.

156. Зинченко В.А. Методологические и агрохимические аспекты изучения действия гербицидов на зерновые культуры при обработках ряда поколений: Автореф. дис. канд. биол. наук. – М., 1988. – 32 с.

157. Адиятова Ж.Ф. Влияние гербицида и навоза на антагонистические свойства почвенных актиномицетов / Ж.Ф.Адиятова, С.Ш.Хожамуратова, Н.И.Колокова и др. // Тр. АН КазССР/ Ин-т микробиологии и вирусологии. – 1988. – Т. 33. – С. 166– 170.

158. Вишнякова З.В. Влияние гербицидов на плодородие почвы / З.В. Вишнякова // РЖ. Сер. 16. Сорные растения и борьба с ними. – 1989. – №2. – С. 2.

Содержание

Меченые атомы в исследованиях с гербицидами – 3

Поступление, передвижение и локализация гербицидов –производных 2,4-д и триазинов, меченых по c^{14} , у чувствительных и устойчивых к ним растений в зависимости от условий применения – 4

Поступление, передвижение и локализация производных триазина, меченых по c^{14} , у чувствительных и устойчивых к ним растений в зависимости от питательного, температурного и водного режимов почвы, фаз развития растений, места нанесения гербицида и времени вегетационного периода – 72

Выводы – 115

Список литературы – 117

Физиолого-биохимические процессы в растениях и почве при разных условиях применения гербицидов и биологически активных препаратов – 120

Анатомические и морфологические изменения органов и тканей у однодольных и двудольных растений под влиянием производных арилоксиуксусных кислот и триазинов при разных условиях применения – 121

Влияние производных 2,4-д при разных дозах, сроках и способах применения на анатомическое и морфологическое строение органов и тканей однодольных и двудольных растений – 121

Изменение анатомического строения органов и тканей озимой пшеницы под влиянием производных 2,4-д, внесенных совместно с минеральными удобрениями – 145

Влияние производных триазинов при разных дозах, сроках и способах применения на анатомическое и морфологическое строение чувствительных и устойчивых к ним растений – 149

Влияние гербицидов при разных условиях применения на обмен веществ чувствительных и устойчивых к ним растений – 162

влияние гербицидов при разных условиях применения на хромосомный аппарат зерновых культур и фертильность пыльцы – 230

Изменения в хромосомном аппарате озимой пшеницы в поколениях и фертильность пыльцы в зависимости от видов применяемых гербицидов, доз, сроков и способов их внесения, питательного уровня растений, сорта и предшественников – 234

Изменения в хромосомном аппарате и фертильность пыльцы кукурузы в зависимости от питательного режима почвы, видов гербицидов и условий их применения – 284

Взаимодействие гербицидов с растениями и почвой при разных условиях применения препаратов и чувствительности к ним возделываемых культур – 293

Выводы – 334

Список литературы – 336

Навчальне видання

Зінаїда Мартинівна Грицаєнко

доктор сільськогосподарських наук, професор, академік

Віталій Станіславович Кравченко

кандидат сільськогосподарських наук

**МЕЧЕННЫЕ АТОМЫ
В ИССЛЕДОВАНИЯХ С ГЕРБИЦИДАМИ**

ТОМ 1

**ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В
РАСТЕНИЯХ И ПОЧВЕ ПРИ РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ
ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ И БИОЛОГИЧЕСКИ
АКТИВНЫХ ПРЕПАРАТОВ**

ТОМ 2

Видається в авторській редакції та верстці

Підписано до друку 30.11.2016 р. Формат 60x84/16.

Папір офсетний. Ум. друк. арк. 20,46

Тираж 100 прим. Замовлення № 2198

Видавничо-поліграфічний центр «Візаві»

20300, м. Умань, вул. Тищика, 18/19

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 2521 від 08.06.2006.

тел. (04744) 4-64-88, 4-67-77, (067) 104-64-88

vizavi-print.jimdo.com

e-mail: vizavi08@mail.ru