

УДК 633.16:632.954:631.432

УРОВЕНЬ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ В ПОСЕВАХ ЯЧМЕНЯ КАК ФАКТОР ЭФФЕКТИВНОСТИ 2,4-Д

Г. И. БАЗДЫРЕВ, Б. А. СМИРНОВ, Л. И. ЗОТОВ
(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

По мере повышения культуры земледелия уменьшается зависимость сельскохозяйственного производства от окружающей среды. Однако и в этих условиях абсолютные колебания урожаев по годам в Нечерноземной зоне — зоне достаточного увлажнения — еще довольно велики, и необходимы поиски путей смягчения действия неблагоприятных метеорологических факторов, повышения устойчивости растений к ним. Следует признать, что эффективность гербицидов также значительно колеблется по годам [7—9, 11, 12]. К числу условий, определяющих ее, необходимо прежде всего отнести уровни питания и влагообеспеченности растений. Если влияние первого фактора относительно хорошо изучено, то влияние второго исследовано недостаточно, не разработаны рекомендации по применению гербицидов в зависимости от влагообеспеченности растений.

Многие авторы [8, 12, 15] считают, что только гибкая агротехника, соответствующая условиям погоды, способна придать большую устойчивость урожайности и уменьшить ее падение в неблагоприятные годы. К тому же дифференцированная агротехника позволит более полно и эффективно использовать потенциальные возможности выращиваемых культур. Применение такой агротехники требует знания количественных агрометеорологических характеристик, показывающих целесообразность использования тех или иных агротехнических приемов в конкретных ситуациях.

В связи с этим целью нашей работы было определение зависимости между эффективностью аминной соли 2,4-Д в посевах ячменя и уровнем влагообеспеченности растений.

Условия и методика

Исследования проводили в многолетнем трехфакторном стационарном полевом опыте, в котором изучались основные приемы интенсификации земледелия — севооборот, удобрение, применение гербицидов (методика подробно описана в работе [10]), и в вегетационных опытах в песчаной культуре на питательной смеси Гельригеля. Варианты уровней влагообеспеченности в вегетационных опытах были следующими:

10; 30; 40 и 70 % ППВ. Использовались сосуды емкостью 6 кг песка. Опыты проводились в 5-кратной повторности. Изучаемой культурой был ячмень сорта Московский 121, в отдельных опытах — белая горчица и горец развесистый. Гербицид — аминная соль 2,4-Д в дозе 0,8 кг/га. Остатки 2,4-Д в растениях определяли по методу Земской [4].

Результаты исследований

За 11 лет наблюдений коэффициент вариации урожайности ячменя составил 30,5 %, а прибавок от 2,4-Д — 76,3 %.

Известно, что особенно важным фактором при формировании урожая яровых зерновых является сумма июньских осадков [7].

Как видно из табл. 1, прибавка урожая зерна от 2,4-Д была тем выше, чем больше в июне выпало осадков. Эти данные подтверждают результаты полевых опытов, проведенных в 1970 г. в условиях орошения [9], в которых эффективность 2,4-Д в посевах ячменя увеличивалась при улучшении влагообеспеченности. Прибавка урожая от 2,4-Д составила 4,1 ц/га (урожай в контроле 36,7 ц/га). Повышение урожай-

Зависимость эффективности 2,4-Д в посевах ячменя от осадков в июне.
Полевые опыты.

Год	Осадки в июне, мм	Число сорняков перед применением 2,4-Д, шт/м ²	Гибель сорняков от 2,4-Д, %	Урожайность, ц/га		
				без гербицидов	с 2,4-Д	прибавка от 2,4-Д
1970	66,8	127	64	31,3	36,6	5,3
1971	34,4	171	91	31,6	34,8	3,2
1972	24,7	118	92	21,3	21,8	0,5
1973	55,6	495	66	23,7	28,1	4,4
1974	49,9	301	94	37,6	38,5	0,9
1975	32,0	351	47	15,2	14,8	-0,4
1976	139,6	209	86	24,5	32,5	8,0
1977	55,3	340	81	30,8	34,1	3,3
1978	87,5	147	46	21,4	29,4	8,0
1979	22,4	216	49	11,4	12,5	1,1
1980	85,7	151	77	24,8	31,7	6,9

Примечание. Сумма осадков в июне в среднем за много лет—68 мм.

ности связано, видимо, с тем, что в условиях большей влажности культурные растения способны в более короткий срок преодолеть депрессию в росте и развитии, вызванную воздействием гербицидов, которые применяют обычно в конце мая — начале июня. Следует отметить, что общий уровень урожайности, а также гибель сорняков от гербицида не так значительно зависели от суммы осадков за вегетацию. В то же время рассчитанный нами коэффициент корреляции (0,871) говорит о сильной зависимости между эффективностью 2,4-Д (прибавка урожая) и уровнем влагообеспеченности в июне. Судя по значению коэффициента детерминации (0,76), степень сопряженности прибавок урожая ячменя от гербицида и июньских осадков довольно высока и составляет 76 %.

В практических целях необходимо знать, как количественно меняется резульативный признак при изменении факториального. Как показал регрессионный анализ, коэффициент регрессии равен 7 кг/га. Это означает, что на каждый миллиметр осадков, выпавших в июне, можно ожидать 7 кг зерна ячменя в виде прибавки от применения 2,4-Д. Уравнение линейной регрессии имеет вид $y = 7x - 55,70$.

Можно предположить, что разный уровень эффективности 2,4-Д в посевах ячменя в данном случае мог определяться разной степенью устойчивости культурных и сорных растений к гербициду, что обусловлено как уровнем влагообеспеченности в годы исследований, так и водным режимом, складывающимся до и после применения гербицида. В целях уточнения причин колебаний эффективности препарата был проведен ряд вегетационных опытов, в которых изучали действие 2,4-Д на ячмень, горчицу белую и горец развесистый при разных уровнях обеспеченности влагой.

Из табл. 2 видно, что уровень содержания влаги оказывал большое влияние на направленность обмена веществ у ячменя, а также на его рост и развитие. Так, в вариантах без гербицидов урожай зерна в среднем на сосуд составил при влажности песка 70 % ППВ 13,8 г, 40 % — 10,4; 10 % — 5,7. Не менее интересные данные получены в вариантах, где уровень влагообеспеченности изменялся в сторону ухудшения или улучшения в фазу полного кошения, по времени совпадающую со сроками опрыскивания 2,4-Д. Особенно сильно недостаток влаги сказался в варианте 70—10 % ППВ, в котором урожай зерна составил всего 3,3 г и был в 3—6 раз ниже, чем в вариантах, где влагообеспеченность улучшали в критические для роста и развития ячменя периоды.

Показатели продуктивности ячменя при обработке 2,4-Д в зависимости от уровня влагообеспеченности. Вегетационные опыты (средние за 1973—1974 гг.)

Влажность, % ППВ	Продуктивная кустистость	Масса соломы, г	Масса зерна, г		Число зерен, шт.		Масса 1000 зерен, г	
			с гл. колоса	с боковых колосов	в гл. колосе	в боковом колосе	с гл. колоса	с бокового колоса
70 — в период вегетации	1,8 1,7	21,8 21,5	8,4 7,7	5,4 4,6	11,4 10,9	9,7 9,1	48,2 46,5	37,0 36,5
40 — в тот же период	1,6 1,3	14,8 13,5	8,2 8,7	2,2 0,8	10,9 11,4	6,8 4,9	45,4 45,4	30,2 28,5
10 — в тот же период	1,6 1,3	15,4 13,6	2,3 2,3	3,4 2,6	3,9 4,7	6,9 8,0	43,4 37,1	25,6 24,1
40 — до опрыскивания, 70 — после	1,6 1,4	15,2 13,8	8,3 9,0	2,2 1,7	14,3 15,7	8,2 9,7	39,9 38,8	30,1 26,0
70 — до опрыскивания, 40 — после	1,3 1,2	12,4 12,2	9,2 9,0	0,9 0,6	14,5 14,1	6,9 6,0	42,1 41,4	26,0 29,1
10 — до опрыскивания, 70 — после	2,6 2,5	21,9 21,9	7,5 6,4	11,2 10,3	8,5 7,2	9,5 8,2	44,4 46,7	36,1 39,9
70 — до опрыскивания, 10 — после	1,6 1,8	23,2 23,0	0,6 0,5	2,7 1,1	4,3 2,8	4,6 4,8	31,6 35,7	21,9 21,1

Примечание. В числителе — без гербицида, в знаменателе — с 2,4-Д.

Реакция ячменя на гербицид в зависимости от уровня влагообеспеченности была различной. С уменьшением влагообеспеченности наблюдалось повышение чувствительности растений к гербициду — снижались урожай зерна, накопление органической массы, масса 1000 зерен и другие показатели. Необходимо заметить, что урожай зерна при действии 2,4-Д в вариантах 70 и 40 % ППВ снижался практически одинаково — почти на 10 %. Растения проявили большую чувствительность к гербициду при самой низкой влагообеспеченности в течение всей вегетации — 10 % ППВ.

В научной литературе имеются данные о том, что при недостатке воды ингибируются процессы накопления органического вещества, фотофосфорилирование, повышаются содержание белкового, небелкового азота и всех свободных аминокислот в сумме. Многими авторами [2, 6, 13, 14, 16] было неоднократно подтверждено, что аналогичные процессы наблюдаются при обработке растений гербицидами.

Таким образом, в условиях недостатка влаги и применения гербицидов отрицательное влияние этих двух процессов усиливается, в результате интенсивность обмена веществ снижается, ростовые процессы угнетаются и продуктивность растений уменьшается.

Для практики земледелия представляет интерес установить, можно ли, регулируя влагообеспеченность растений, изменить токсическое действие гербицидов на растение и восстановить его нормальное состояние.

Полученные в опытах данные свидетельствуют о том, что если до применения гербицидов растение находилось в условиях оптимальной влажности, а после его применения влагообеспеченность резко снижалась, отрицательное действие препарата на формирование генеративных органов усиливается. Так, в варианте, где ячмень до опрыскива-

ния выращивался при 70 % влажности, а после — в условиях недостатка влаги — 10 %, отмечалось снижение урожая более чем наполовину (на 51,6 %).

Вместе с тем если растение до применения гербицида росло в условиях недостаточной влажности, улучшение влагообеспеченности после его применения способствовало более быстрому преодолению токсического эффекта, восстановлению физиологических функций растительного организма и снижению отрицательного действия гербицида на формирование генеративных органов и урожая в целом. Это наблюдалось в вариантах, когда растения переводили из засушливых в оптимальные условия влажности (с 40 на 70 % и с 10 на 70 %). В данных случаях наблюдалось даже повышение урожая.

Многие исследователи [1—3, 5, 6] отмечают весьма существенные зональные различия в действии гербицидов. Эти различия обусловлены многими причинами, но в первую очередь — климатическими и почвенными особенностями. Увеличение засоренности посевов при повышении влагообеспеченности является одной из причин низкого эффекта орошения. Использование гербицидов не всегда результативно потому, что научные основы их применения в условиях орошения и различных складывающихся метеорологических условиях практически не разработаны. Так независимо от условий погоды на богарных и орошаемых посевах рекомендуются одни и те же дозы и сроки применения 2,4-Д.

До сих пор неясен характер взаимодействия сорных растений с гербицидами в зависимости от влагообеспеченности. Вместе с тем знание его важно для того, чтобы направленно регулировать эффективность гербицидов.

В этой связи нами были проведены аналогичные опыты с горчицей белой (*Sinapis alba* L.), чувствительной к 2,4-Д, и со сравнительно устойчивым горцем развесистым (*Polygonum lapatifolium* L.). Результаты исследований представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Сырая (в числителе) и сухая (в знаменателе) масса горчицы белой (г/сосуд) при обработке 2,4-Д в зависимости от уровня влагообеспеченности

Части растения	Влажность, % от ППВ					
	10		40		70	
	2,4-Д	контроль	2,4-Д	контроль	2,4-Д	контроль
Через 3 сут после опрыскивания						
Стебли	7,3	6,5	28,2	23,4	30,3	24,5
	0,7	0,6	1,4	1,3	1,3	1,0
Листья	7,4	7,4	17,1	17,8	18,0	21,8
	0,8	1,0	1,1	1,4	1,1	1,5
Корни	2,2	5,1	4,6	8,4	3,9	7,0
	1,2	1,1	1,3	1,5	1,2	1,8
Все растение	16,9	19,0	49,9	49,6	52,2	53,3
	2,7	2,7	3,8	3,2	3,6	4,3
Фаза созревания						
Стебли	9,4	13,2	13,4	22,5	11,3	31,1
	3,6	4,3	6,5	8,8	6,4	13,8
Корни	2,7	3,5	5,5	6,1	2,3	8,8
	0,5	0,6	1,1	1,3	0,5	1,9
Все растение	12,1	16,7	18,9	28,6	13,6	39,9
	4,1	4,9	7,6	10,1	6,9	15,7
Семена	0,3	1,0	0,6	2,4	0,3	3,2

Сырая (в числителе) и сухая (в знаменателе) масса горца развесистого (г/сосуд) при обработках 2,4-Д в зависимости от уровня влагообеспеченности

Части растения	Влажность, % от ППВ					
	10		40		70	
	2,4-Д	контроль	2,4-Д	контроль	2,4-Д	контроль
Через 3 сут после опрыскивания						
Стебли	2,0	1,4	20,0	16,7	38,8	34,9
	0,3	0,2	1,8	1,7	3,0	2,9
Листья	3,2	3,1	17,1	19,4	26,9	27,9
	0,6	0,5	2,1	2,9	3,2	3,7
Корни	5,2	2,2	13,1	15,1	24,1	21,3
	0,8	1,1	1,0	1,9	2,5	2,2
Все растение	10,4	6,7	50,2	51,2	89,8	84,1
	1,7	1,8	4,9	6,5	8,7	8,8
Фаза созревания						
Стебли	1,8	19,5	34,9	62,2	63,9	97,8
	1,1	3,9	9,4	10,5	13,9	16,6
Корни	1,9	6,6	18,0	20,7	22,0	29,0
	0,4	1,0	2,5	3,7	2,5	4,5
Все растение	3,7	26,1	52,9	82,9	85,9	126,8
	1,5	4,9	11,9	14,2	16,4	21,1
Семена	0	6,0	2,9	16,4	5,7	23,8

Норма полива оказывала влияние на рост и развитие растений с момента появления всходов. Оптимальным вариантом оказался уровень влагообеспеченности 70 % ППВ.

Угнетающее действие гербицида во всех вариантах проявилось к первому сроку учета — через 3 дня после опрыскивания, когда в растение поступает максимум гербицида. Наблюдалось изменение содержания воды в тканях разных частей растения. Так, резко увеличивалась обводненность стеблей растений, причем по мере улучшения обеспеченности влагой она возрастала. В то же время обводненность листьев контрольных и опрыснутых растений была практически одинаковой. Содержание воды в корнях растений, обработанных 2,4-Д, уменьшалось или оставалось на уровне контроля. Отмечались значительные различия в содержании воды на единицу сухого вещества: оно возрастало с улучшением водного режима.

В горце развесистом в контроле при 10 % влажности песка на 1 г сухого вещества приходилось 2,7 г воды, при 40 % — 6,9; 70 % — 8,6 г. Аналогичная картина наблюдалась и в опытах с горчицей белой. Что касается вариантов с 2,4-Д, то в этом случае содержание воды несколько увеличивалось и у горца развесистого при 10; 40 и 70 % влажности песка составляло соответственно 5,2; 9,2 и 9,3, а у горчицы — 5,3; 12,1 и 13,5 г на 1 г сухого вещества.

В дальнейшем реакция на гербицид у горчицы белой и горца развесистого была различной. Горец развесистый проявил большую чувствительность к гербициду при самой низкой влагообеспеченности в течение всей вегетации (10 % влажности). В этом варианте масса растений ко времени созревания была на 85,8 % ниже, чем в контроле, а его семена вообще не успели сформироваться. С улучшением влагообеспеченности действие гербицида ослабевало, снижение массы уменьшалось, растения давали семена. Снижение сухой массы у горца развесистого при 40 % влажности составило всего 16,2 %, при 70 % ППВ — 22,3 % по сравнению с контролем.

Содержание 2,4-Д в горчице белой (мкг на 1 г сухого вещества)

Части растения	Влажность, % от ППВ		
	10	40	70
Листья	21 (44)	72 (49)	110 (51)
Стебли	14 (30)	54 (37)	89 (41)
Корни	12 (26)	20 (14)	17 (8)
Все растение	47 (100)	146 (100)	216 (100)

Пр и м е ч а н и е. В скобках дано содержание гербицида в процентах.

У горчицы белой по мере повышения влажности от 10 до 40 и 70 % ППВ действие 2,4-Д несколько возрастало: снижение массы растений при 10, 40 и 70 % ППВ составило соответственно 27,5; 33,9 и 65,9 % по сравнению с контрольными вариантами, а выход семян уменьшился на 70; 76 и 91 %.

С целью изучения причин изменения влияния гербицида на изучаемые растения в зависимости от уровня влагообеспеченности мы проследили за проникновением препарата в растение и его распределением по органам. Анализ стеблей, листьев и корней на содержание 2,4-Д через 3 дня после опрыскивания показал, что количество препарата сильно варьирует по вариантам и частям растений (табл. 5). Так, у горчицы белой с возрастанием уровня влагообеспеченности увеличивалось содержание 2,4-Д в листьях и стеблях и уменьшалось — в корнях. Что касается горца развесистого, то у него через 3 дня после опрыскивания при влагообеспеченности 10 % содержание 2,4-Д было в 3,5 раза выше, чем при 70 % ППВ.

Полученные данные позволяют утверждать, что уровень влагообеспеченности является фактором, изменяющим фитотоксичность гербицида для культурных и сорных растений. Улучшение или ухудшение водного режима может способствовать ослаблению или усилению действия гербицида на растительный организм.

Заключение

К числу условий, определяющих эффективность гербицида 2,4-Д в посевах ячменя, необходимо отнести уровень влагообеспеченности, в зависимости от которого изменяется фитотоксичность гербицида. Улучшение водного режима сразу после применения повсходовых системных гербицидов ослабляет токсический эффект, способствует восстановлению физиологических функций и снижению отрицательного действия гербицида на формирование генеративных органов ячменя. Уровень влагообеспеченности влияет на интенсивность поступления гербицида в растения и распределение его по органам, что является одной из причин изменения фитотоксичности гербицида.

Корреляционный и регрессионный анализы говорят о сильной зависимости между эффективностью 2,4-Д и уровнем влагообеспеченности растений в сроки применения гербицидов, особенно в июне. На каждый миллиметр осадков, выпавших в июне, можно ожидать получения 7 кг зерна ячменя в расчете на гектар как прибавку от применения 2,4-Д. Уровнение линейной регрессии имеет вид $y = 7x - 55,7$.

Зная складывающиеся и ожидаемые условия погоды на ближайший после опрыскивания период, можно прогнозировать эффективность системных и повсходовых гербицидов в посевах яровых зерновых культур, что имеет особенно большое значение в тех случаях, когда приме-

нение химических средств ограничено или когда нужно обосновать агроэкономический эффект гербицидов в посевах зерновых колосовых культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Актуальные вопросы борьбы с сорными растениями. — Науч. тр. ВАСХНИЛ. М.: Колос, 1980. — 2. Гунар И. С., Березовский М. Я. Химические средства борьбы с сорняками. М.: Сельхозгиз, 1952, с. 95—99. — 3. Захаренко В. А. Агроэкономическая эффективность гербицидов на посевах зерновых колосовых культур. — Сельск. хоз-во за рубежом, 1974, вып. 2, с. 18—23. — 4. Земская В. А. — В кн.: Методы определения регуляторов роста и гербицидов. М.: Наука, 1967, с. 177—182. — 5. Крафтс А., Роббинс У. Химическая борьба с сорняками. М.: Колос, 1964, с. 86. — 6. Кыдрев Т. Г. Влияние витаминов, аденина, индолил-3-уксусной и 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты на урожай растений, перенесших засуху. — Физиол. раст., 1966, т. 13, вып. 1, с. 52—55. — 7. Научные основы интенсивного земледелия в Нечерноземной зоне (под ред. Б. А. Доспехова). М.: Колос, 1976, с. 49—55. — 8. Николаева Н. Г. и др. Дифференцированное применение 2,4-Д на посевах кукурузы в Молдавии. — Химия в сельск. хоз-ве, 1978, вып. 9, с. 29—32. — 9. Смирнов Б. А., Баздырев Г. И., Лыгач А. П. Действие 2,4-Д на однодольные и двудольные растения при разной влагообеспеченности. — В сб.: Биолог. основы повышения урожайности с.-х. культур. ТСХА, 1976, с. 149—151. — 10. Смирнов Б. А., Баздырев Г. И., Синюков В. П., Сафонова Л. И., Аксенов А. А. Действие высоких доз удобрений на количество и видовой состав сорняков в бессменных посевах озимой пшеницы, ячменя и картофеля. — Изв. ТСХА, 1975, вып. 5, с. 129—141. — 11. Соколов М. С., Изубенко В. В. Факторы, влияющие на эффективность гербицидов при послевсходовом применении. М.: ВНИИТЭИСХ, 1969. — 12. Федосеев А. П. Агротехника и погода. Л.: Гидрометеоиздат, 1979, с. 5. — 13. Ходоровский Ю. М. Значение влажности почвы для чувствительности растений к 2,4-Д. — Автореф. канд. дис. Л., 1968. — 14. Чкаников Д. И., Соколов М. С. Гербицидное действие 2,4-Д и других галоидфеноксикислот. М.: Наука, 1973, с. 17. — 15. Шевелуха В. С. Периодичность роста с.-х. раст. и пути ее регулирования. М.: Колос, 1980, с. 383. — 16. Shahi H. U. — Intensive Pest Contr., 1975 vol. 17, p. 13—17.

Статья поступила 12 мая 1981 г.

SUMMARY

Investigations conducted in 1970—1980 at the Williams Soil-agronomy Station within the system of long-term stationary and plot experiments showed high correlation between the efficiency of 2,4-D in barley stands and the level of moisture supply; the latter affects the intensiveness of entering and the distribution of the herbicide in the plant, which is one of the factors causing changes in its phytotoxicity.

If one knows the expected weather conditions for the period after spraying, it is possible to forecast the efficiency of systemic herbicides. The increase in yield resulting from 2,4-D depends on the moisture supply in June. The equation of linear regression is $y=7x-55.7$.