

Изобретение относится к области сельского хозяйства, а именно к комплексному использованию химических средств защиты сельскохозяйственных культур от сорной растительности.

Комплексирование гербицидов широко используется в практике сельского хозяйства. Первоначально этот прием использовали исключительно для расширения спектра уничтожаемых сорных растений. С открытием эффекта взаимодействия гербицидов составление комплексов проводится с учетом этого эффекта. В результате взаимодействия гербицидов в комплексе фитотоксичность может возрастать (синергизм), либо уменьшаться (антагонизм). При отсутствии взаимодействия препаратов, когда фитотоксическое действие компонентов складывается, говорят об аддитивности. Очевидно, что при подборе компонентов гербицидного комплекса желательно, чтобы они характеризовались синергическим взаимодействием, чтобы фитотоксичность комплекса усиливалась, или, хотя бы аддитивным, чтобы эффективность уничтожения сорняков не уменьшалась. Тем не менее, большой интерес представляет и антагонистическое взаимодействие, так как выявление антагонистов открывает пути поиска антидотов, способных защищать определенные виды культурных растений от действия гербицидов. Изучение эффекта взаимодействия гербицидов при комплексировании проводится несколькими способами.

Все эти способы включают в себя определение фитотоксичности каждого компонента и целого комплекса с использованием определенного критерия оценки фитотоксичности [1,2,3,4], а затем проводится сравнение фитотоксичности отдельных компонентов и всего комплекса с помощью определенной методики. Различия между существующими способами определения эффекта взаимодействия гербицидов заключается именно в использовании различных методов сравнения фитотоксичности отдельных компонентов и целого комплекса.

Наибольшее распространение получил метод Колби [2], выбранный нами в качестве прототипа. Согласно этому методу, на основании данных о фитотоксичности отдельных компонентов вычисляют ожидаемый эффект действия комплекса по формуле

$$I_{12}^{\circ} = 100 - K_1 K_2 / 100,$$

где I_{12}° - выраженное в % ингибирующее действие комплекса гербицидов;

K_1 и K_2 - выраженное в % к контролю значение избранного критерия фитотоксичности при действии первого и второго компонентов гербицидного комплекса.

Полученное ожидаемое значение ингибирующего действия комплекса сравнивают с фактическим, которое определяют по формуле

$$I_{12}^{\Phi} = 100 - K_{12},$$

где I_{12}^{Φ} - фактическое ингибирующее действие комплекса, выраженное в %;

K_{12} - выраженное в % к контролю значение избранного критерия фитотоксичности при действии комплекса гербицидов.

На основании сравнения ожидаемого и фактического значений ингибирующего действия комплекса гербицидов делают вывод о наличии синергизма ($I_{12}^{\circ} < I_{12}^{\Phi}$), аддитивности ($I_{12}^{\circ} = I_{12}^{\Phi}$) или антагонизма ($I_{12}^{\circ} > I_{12}^{\Phi}$). Достоинством метода Колби является его простота. Однако для получения надежных результатов при использовании метода Колби необходимо выбирать определенную концентрацию входящих в комплекс гербицидов, а именно, концентрацию, вызывающую ингибирование роста растений примерно на 50% (ИД 50%), т.е. значения K_1 и K_2 должны быть близки к 50%. В противном случае формула 1 должна быть изменена с тем, чтобы учесть нелинейность концентрационной кривой ингибирующего действия гербицидов. Помимо расчета, определенную сложность при использовании метода Колби, равно как и других методов определения эффекта взаимодействия гербицидов, представляет выбор критерия оценки фитотоксичности. Наиболее надежным и адекватным критерием является интегральный критерий: количество всходов или масса растений сорняков на единице площади, образованной гербицидами, в сравнении с контролем, где обработка не проводилась. Однако и при использовании этого критерия возможны ошибки, так как эффективность уничтожения сорняков в большей степени будет зависеть от спектра видов сорных растений, чем от величины и направленности эффекта взаимодействия. Для того, чтобы избежать этой ошибки, необходимо проводить учет по отдельным видам сорных растений, что очень трудоемко. Поэтому чаще при определении эффекта взаимодействия гербицидов пользуются физиологическими критериями оценки фитотоксичности, а в качестве модельного объекта используют один или несколько видов растений. Обычно выбирают растения, среднеустойчивые к исследуемым гербицидам. Наиболее простыми и распространенными физиологическими критериями оценки фитотоксичности гербицидов являются масса проростков или растений и линейные размеры корня или проростка. Однако эти критерии не всегда можно использовать, так как многие гербициды, например трефлан, оказывают свое действие, не влияя непосредственно на накопление массы сырого вещества. Кроме того, используемые для комплексирования гербициды могут различаться по времени развития фитотоксического действия и тогда в принципе трудно пользоваться одним критерием оценки фитотоксичности.

Мы предлагаем следующий способ определения эффекта взаимодействия гербицидов при комплексировании. Согласно предлагаемому нами способу в качестве критерия оценки фитотоксичности необходимо использовать физиологические реакции, специфичные для каждого компонента комплекса. Для подавляющего большинства используемых в практике гербицидов, с той или иной степенью глубины, известна направленность их фитотоксического действия. Одни гербициды являются ингибиторами синтеза белка, другие - липидов, третьи - реакций фотосинтеза. Для многих гербицидов известны даже конкретные ферментные системы, представляющие собой мишень фитотоксического действия препарата. Поэтому практически для всех основных групп гербицидов, используемых при составлении комплексов, можно подобрать физиологические критерии оценки фитотоксичности так, чтобы каждая из избранных реакций была специфична к одному из компонентов комплекса. При этом специфичная физиологическая реакция будет отражать действие одного компонента и не будет чувствительна к действию второго компонента. Например, для гербицидов из группы динитроанилинов, исходя из сведений о механизме их действия, критерием фитотоксичности может быть реакция полимеризации микротрубочек, для гербицидов, производных арилокси-феноксипропионовой кислоты - синтез липидов, для симтриазинов - фотохимические реакции в

хлоропластах. Естественно, что при подборе критериев оценки фитотоксичности необходимо учитывать оба компонента комплекса. Если гербициды, входящие в исследуемый комплекс, сильно различаются по направленности действия, то в качестве критериев оценки фитотоксичности можно использовать реакции, лишь в основном отражающие направленность действия каждого гербицида. Например, если в комплекс входят препараты, один из которых действует на стадии прорастания, а второй - ингибирует фотосинтез, то для первого в качестве критерия можно выбрать всхожесть семян, а для второго - газообмен CO_2 или транспорт электрона. Если же комплексируемые препараты близки по направленности фитотоксического действия, то, соответственно, должна возрастать и степень специфичности избираемых в качестве критерия фитотоксичности реакций.

После того, как будут выбраны критерии оценки фитотоксичности для каждого компонента комплекса, необходимо определить фитотоксическое действие каждого из компонентов на каждую из избранных реакций, а затем с помощью тех же реакций необходимо оценить фитотоксическое действие комплекса гербицидов. При высокой степени специфичности избранных критериев каждый из компонентов будет действовать лишь на специфичную для него реакцию и по ее изменению в результате комплексирования можно определить изменение фитотоксичности данного гербицида в результате взаимодействия препаратов. При меньшей степени специфичности избранных критериев, в принципе, возможно будет проявляться чувствительность физиологической реакции не только к одному, но и ко второму компоненту комплекса. Однако степень этого влияния должна существенно различаться, в противном случае данный критерий нельзя считать специфичным. В случае, когда проявляется чувствительность избранных физиологических реакций к обоим компонентам, необходимо по формуле I вычислить ожидаемый эффект действия комплекса по обоим реакциям и сравнить полученные результаты с фактическими. Сравнение ожидаемого значения с фактическим по данному критерию укажет изменение фитотоксичности соответствующего компонента, для которого специфична эта реакция.

Таким образом, предлагаемый способ обладает значительно большей информативностью, чем способ Колби. Если при использовании последнего взаимодействие может быть охарактеризовано лишь как синергизм, антагонизм или аддитивность, то с помощью предлагаемого способа можно установить изменение фитотоксичности каждого компонента. В случае, когда фитотоксичность компонентов изменяется однонаправленно, например, увеличивается, то это будет соответствовать определяемому по способу Колби синергизму. В случае однонаправленного уменьшения фитотоксичности - антагонизму. Однако изменение фитотоксичности компонентов не обязательно однонаправленно, фитотоксичность одного компонента может возрастать, а другого - уменьшаться, либо у одного компонента фитотоксичность не изменяется, а у другого уменьшается или увеличивается. Такого рода информации в принципе невозможно получить с помощью способа Колби или других существующих способов изучения эффекта взаимодействия гербицидов. С этим, по-видимому, связаны противоречия в данных разных авторов, которые по-разному характеризуют взаимодействие одних и тех же препаратов.

В практике часто используют комплексы гербицидов, включающие в себя препараты, направленные на уничтожение однодольных и двудольных сорняков. К первым относятся гербициды из групп динитроанилинов (трефлан), ацетанилидов (дуал), тиокарбама-тов (эптам, тиллам); ко вторым, - производные симтриазина (атразин, прометрин, симазин), производные урацила (ленацил). Очевидно, что характер взаимодействия названных выше гербицидов представляет большой интерес. Однако с использованием существующих методов определения эффекта взаимодействия гербицидов исследовать этот вопрос достаточно сложно, так как практически невозможно выбрать подходящий физиологический критерий, который характеризовал бы фитотоксичность обоих компонентов комплекса. Дело в том, что время развития фитотоксического действия у гербицидов, входящих в подобные комплексы, сильно разнесено. Антизлаковые препараты являются ингибиторами прорастания (ИП), а препараты, поражающие двудольные сорняки, - ингибиторами фотосинтеза (ИФ). Поэтому при использовании способа Колби приходится применять интегральный критерий фитотоксичности - количество сорных растений на единице площади.

В табл. 1 приведены данные о влиянии гербицидов дуала, тиллама, ленацила, атразина и бинарных комплексов этих препаратов на засоренность. В качестве контроля использовался участок, не подвергавшийся обработке гербицидами.

Видно, что при комплексировании дуала с атразином и ленацилом взаимодействие этих препаратов по способу Колби можно охарактеризовать как аддитивность, так как ожидаемое ингибирующее действие комплекса в пределах ошибки опыта не отличается от фактического. В комплексах тиллама с ленацилом и атразином наблюдается синергизм, так как ожидаемое ингибирующее действие комплексов меньше фактического. Сравним этот результат с данными, полученными при помощи предлагаемого нами способа.

Пример 1. Для комплексов, включающих гербициды ИП и ИФ, не составляет сложности подобрать достаточно специфические критерии фитотоксичности. Для препарата ИП таким критерием может быть всхожесть семян, а для ИФ - транспорт электрона в хлоропласте. В табл. 2 приведены данные о влиянии гербицидов дуала, атразина, ленацила и их комплексов на всхожесть семян ячменя. Ячмень был выбран нами в качестве тестовой культуры, так как для него легко подобрать концентрации гербицидов, вызывающих примерно 50% ингибирование роста. В качестве контроля использовали семена, не обработанные гербицидами.

Видно, что атразин и ленацил сами по себе практически не влияют на всхожесть семян ячменя. Тем не менее, при комплексировании этих препаратов с дуалом фитотоксичность комплекса оказывается существенно выше, чем у одного дуала. Это говорит о том, что в комплексах дуала с атразином и ленацилом его фитотоксичность синергически возрастает.

В табл. 3 приведены данные о влиянии тех же препаратов и комплексов на транспорт электрона в хлоропластах ячменя. В качестве контроля использовали растения, не обработанные гербицидами.

Видно, что дуал очень слабо влияет на транспорт электрона в хлоропластах, а атразин и ленацил практически полностью ингибируют этот процесс. В комплексе же, как оказалось, фитотоксическое действие

ИФ резко снижается, то есть дуал антагонистически снижает фитотоксичность атразина и ленацила.

Таким образом, взаимодействие ИП дуала с ИФ атразином и ленацилом можно охарактеризовать следующим образом: фитотоксичность дуала синергически возрастает, а фитотоксичность атразина и ленацила антагонистически уменьшается. По способу Колби эффект взаимодействия в этих комплексах был определен как аддитивность, то есть на основании результатов определения по способу Колби необходимо было сделать вывод об отсутствии взаимодействия в комплексах дуала с атразином и ленацилом. В действительности же взаимодействие имеет место, но изменение токсичности компонентов разнонаправленно. В результате взаимокомпенсации изменений фитотоксичности взаимодействие этих гербицидов, определяемое по способу Колби, выглядит как аддитивное.

Пример 2. При определении эффекта взаимодействия в комплексах тиллама с атразином и ленацилом все операции аналогичны описанным в примере 1. В табл. 4 и 5 приведены, соответственно, данные о влиянии тиллама, атразина и ленацила и комплексов этих гербицидов на всхожесть семян ячменя и на транспорт электрона в хлоропластах.

Видно, что как и в комплексах с дуалом, фитотоксичность тиллама при комплексовании с атразином и ленацилом синергически усиливается. Фактическая фитотоксичность комплекса, определяемая по влиянию на всхожесть семян ячменя, достоверно выше ожидаемого значения ингибирующего действия, которое, из-за отсутствия влияния атразина и ленацила на всхожесть, равно ингибирующему действию одного тиллама.

Ингибирующее действие тиллама на транспорт электрона было несколько больше, чем у дуала, но также незначительно в сравнении с действием ИФ атразина и ленацила. В отличие от дуала тиллам не влиял на фитотоксичность ИФ, которая в комплексе проявилась также, как и при действии одних атразина и ленацила. Таким образом, в комплексах тиллама с атразином и ленацилом наблюдается синергическое усиление токсичности тиллама и отсутствие изменения токсичности атразина и ленацила. По способу Колби взаимодействие в этих комплексах было охарактеризовано как синергизм, что отвечает результату, полученному по предлагаемому способу, так как увеличение фитотоксичности одного компонента при отсутствии изменений токсичности второго соответствует синергизму.

Можно констатировать, что с помощью предлагаемого способа определения эффекта взаимодействия гербицидов при их комплексовании получены результаты, сравнимые с результатами, полученными по способу Колби. Однако из приведенных примеров видно, насколько предлагаемый способ более информативен, чем способ Колби.

При этом результаты, полученные по предлагаемому способу, значительно более надежны и достоверны, так как основные ошибки в способе Колби сопряжены с расчетом ожидаемого ингибирующего действия комплекса. Вследствие нелинейности зависимости ингибирующего действия гербицидов от их концентрации применение формулы I может быть некорректным и привести к ошибке. Предлагаемый же способ практически исключает этап расчета, так как при использовании специфических реакций в качестве критериев оценки фитотоксичности в большинстве случаев ожидаемое фито-токсическое действие комплекса просто равно действию компонентов. Тем самым, помимо большей информативности, достигается и более высокая надежность результатов.

Таблица 1

Вариант, доза кг/га д.в.	Количество растений сор- няков на м ²	Ингибирующее действие	Ожидаемое ин- гибирующее действие
	в % к контро- лю	в %	в %
Дуал 1,5	64	36	-
Тиллам 1,0	72	28	-
Атразин 1,0	80	20	-
Ленацил 0,5	74	26	-
Дуал (1,5) - антразин (1,0)	49	51 \approx	49
Дуал (1,5) - ленацил (0,5)	42	58 \approx	53
Тиллам (1,0) - атразин (1,0)	48	52 $>$	42
Тиллам (1,0) - ленацил (0,5)	42	58 $>$	47
Наименьшая существенная разность	5	5	7

Таблица 2

Вариант, доза кг/га д.в.	Всхожесть	Ингибирующее действие	Ожидаемое ин- гибирующее действие
	в % к контролю	в %	в %
Дуал 1,5	47	53	-
Атразин 1,0	100	0	-
Ленацил 0,5	100	0	-
Дуал (1,5) - антразин (1,0)	21	79 $>$	53
Дуал (1,5) - ленацил (0,5)	16	84 $>$	53
Наименьшая существенная разность	4	4	6

Таблица 3

Вариант, доза кг/га д.в.	Электронный транспорт	Ингибирующее действие	Ожидаемое ин- гибирующее действие
	в % к контролю	в %	в %
Дуал 1,5	90	10	-
Атразин 1,0	5	95	-
Ленацил 0,5	0	100	-
Дуал (1,5) – атразин (1,0)	80	20 <<	95,5
Дуал (1,5) – ленацил (0,5)	70	30 <<	100
Наименьшая существенная разность	3	3	4

Таблица 4

Влияние гербицидов тиллама, атразина, ленацила и комплексов этих гербицидов на всхожесть семян ячменя

Вариант, доза кг/га д.в.	Всхожесть	Ингибирующее действие	Ожидаемое ин- гибирующее действие
	в % к контро- лю	в %	в %
Тиллам 1,0	63	37	-
Атразин 1,0	100	0	-
Ленацил 0,5	100	0	-
Тиллам (1,0) – атразин (1,0)	42	58 >	37
Тиллам (1,0) – ленацил (0,5)	32	68 >	37
Наименьшая существенная разность	5	5	7

Таблица 5

Влияние гербицидов тиллама, атразина, ленацила на транспорт электрона в хлоропластах ячменя

Вариант, доза кг/га д.в.	Электронный транспорт	Ингибирующее действие	Ожидаемое ин- гибирующее действие
	в % к контролю	в %	в %
Тиллам 1,0	83	17	-
Атразин 1,0	5	95	-
Ленацил 0,5	0	100	-
Тиллам (1,0) – атразин (1,0)	0	100	96
Тиллам (1,0) – ленацил (0,5)	0	100	100
Наименьшая существенная разность	3	3	4