

ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Известия ТСХА, выпуск 4, 2007 год

УДК 632.954:633.1+632.950.24

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ГЕРБИЦИДОВ В ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Л.Э. ГУНАР, к. б. н.; Н.А. ЛИСИЦЫНА, И.К. ХОХЛОВА, к. с.-х. н.

(Кафедра хранения, переработки и товароведения продукции растениеводства, кафедра химических средства защиты растений)

Установлен характер последствия системных гербицидов на посевные качества семян зерновых культур и первичные реакции фотосинтеза проростков при кратковременном (1 год) и длительном (3 года) хранении зерна; изучена перспективность метода ускоренного старения семян, действующего как стрессовый фактор, метода термолюминесценции (ТЛ) и медленной индукции флуоресценции (МИФ) для ускоренного выявления изменений, наблюдавшихся в семенах и проростках при последствии гербицидов.

Гарантией безопасного применения пестицидов является их рациональное использование с учетом биологических особенностей культурных растений. В настоящее время постоянно расширяется ассортимент применяемых гербицидов, в основном импортных. В рекомендациях по их применению, как правило, отсутствуют данные об их воздействии на культуру. Однако имеются научные данные о негативном в той или иной мере воздействии пестицидов на важнейшие физиологические процессы в защищаемом растении.

Установлено, что применение гербицидов в посевах зерновых культур оказывало отрицательное воздействие на защищаемую культуру. Это проявилось в снижении урожайности [7, 8], изменении в синтезе фосфорных и азотных соединений [9, 12]. Под действием гербицидов снижалось поступление элементов питания в растения пшеницы [4, 5]. При последствии некоторых гербицидов происходило снижение полевой всхожести семян на 20-50% [14].

Особо актуально изучение последствия гербицидов на посевные качества семян зерновых культур, так как семеноводческие и производственные посевы практически повсеместно обрабатываются гербицидами. В связи с этим очень важно определение истинной жизнеспособности семян, включая их способность к прорастанию в полевых условиях, продуктивность, а также способность к длительному хранению.

Для выяснения данного обстоятельства был применен метод ускоренного старения семян. Известно, что наибольшие изменения в жизнедеятельности живых организмов от воздействия каких-либо внешних или внутренних факторов проявляются в экстремальных условиях. Есть основания полагать, что путем ускоренного старения семян можно выявить специфичность последствия обработок гербицидами. Данный метод позволяет определить не только жизнеспособность семян, но также скрытые дефекты, которые невозможно устано-

вить при изучении посевных качеств по ГОСТу.

При оптимальных условиях хранения жизнеспособность семян сохраняется достаточно долго. Стрессовые воздействия в период выращивания культуры снижают жизнеспособность семян, ускоряют деградацию зародыша, что проявляется в появлении ненормальных проростков [10]. Прямым отражением физиологического состояния растений является функциональное состояние их фотосинтетического аппарата, которое самым тесным образом связано с разнообразными факторами. К таким факторам относятся и воздействие гербицидов. Получены данные, свидетельствующие о том, что гербициды ингибируют процесс фотосинтеза не только у чувствительных к ним растений (сорняков), но и у устойчивых (культура) [3].

Важнейшую роль в фотосинтезе играют его первичные процессы, которые заключаются в поглощении света молекулами хлорофилла, образовании НАДФ с последующим его участием в цикле Кальвина. От интенсивности прохождения первичных реакций фотосинтеза зависит ход и результативность прохождения продукционного процесса растений. В настоящее время показана возможность использования физических методов исследований при изучении механизмов поражения фотосинтетических объектов, а также устойчивости растений к гербицидам [14].

Методика

В опытах изучали последствие обработок гербицидами разных химических групп на озимую пшеницу сортов Мироновская 808 и Инна в полевых опытах. Исследовали изменения в протекании первичных реакций фотосинтеза проростков следующей репродукции методами термолюминесценции (ТЛ) и

медленной индукции флуоресценции (МИФ). Одновременно с этим определяли посевные качества семян [6].

Ускоренное старение семян проводили по методике [11]. Отобранные семена помещали в бьюксы с закрытыми крышками и экспонировали в термостате при температуре 37°C в течение 30–56 сут, регулярно отбирая пробы (по 200 шт.) для проращивания в рулонах и определения энергии прорастания и лабораторной всхожести [6]; измерение длины корней проростков производили по методике [1].

Для определения МИФ и ТЛ из отобранных семян выращивали 10-дневные проростки пшеницы. Метод термолюминесценции позволяет получать информацию о запасании световой энергии в хлоропластах высших растений. Для измерения ТЛ использовали высечки из середины листа среднего яруса 10-дневных проростков пшеницы. Кривые ТЛ записывали на установке, подробно описанной в работе [17].

В качестве основного параметра медленной индукции флуоресценции использовали отношение F_M/F_T , где F_M — интенсивность флуоресценции в максимуме индукционной кривой, F_T — стационарный уровень флуоресценции. Предполагается, что высокие значения интенсивности флуоресценции в первые секунды освещения связаны с восстановлением первичных акцепторов электронов фотосистемы 2 (ФС2). В последующий период за счет ряда регуляторных механизмов достигается оптимальное функционирование системы фотосинтетических реакций и флуоресценция уменьшается. Эти механизмы связаны с наработкой АТФ в ходе циклического и нециклического электронного транспорта, перераспределением подвижных светособирающих комплексов между двумя фотосистемами, активацией ферментов био-

* Измерения проводил ст. науч. сотр. кафедры биофизики МГУ М.К. Солнцев.

химических реакций цикла Кальвина и др. Параметр F_M/F_T МИФ, очевидно, может служить количественным показателем всей совокупности этих регуляторных изменений.

Были исследованы семена в следующих вариантах полевых опытов:

1995-1996 гг., пшеница сорта Мирововская 808 урожая 1994 г.

Осеннее применение — дикуран-форте 80% с.п. 2,0 кг/га; МОН 18533 30% к.э. 0,42 л/га.

Весеннее применение — дуплозан KW 60% в.р. 2,0 л/га; МОН 18533 30% к.э. 0,42 л/га, сатис 18% с.п. 0,15 кг/га, контроль без обработки.

1998 г., пшеница сорта Инна урожая 1995 г.

Весной (фаза кушения) — сатис 18% 0,2 кг/га; 2,4-ДА 40% в.р. 2 л/га, контроль без обработки.

Пшеница сорта Мирововская 808 урожая 1996 г.

Весной (фаза кушения) — сатис 18% 0,2 кг/га; 2,4-ДА 40% в.р. 2 л/га, контроль без обработки.

1999 г., пшеница сорта Инна урожая 1998 г.

Весной (фаза кушения) — дифезан 50% в.р. 0,2 л/га; фенфиз 26% к.э. 1,3 л/га; 2,4-ДА 40% в.р. 2 л/га + лонтрел 300 в.р. 30% 0,3 л/га, контроль без обработки.

Результаты и их обсуждение

В полевом опыте 1994 г. гербициды дуплозан и сатис не оказывали отрицательного действия на рост и развитие пшеницы, а МОН ингибировал развитие озимой пшеницы сорта Мирововская 808. Это проявилось в достоверном (на 5,1 ц/га) снижении урожайности по сравнению с контролем при обоих сроках применения (НСР₀₃ — 3,9 ц/га).

После одного года хранения (в 1995 г.) в серии опытов, проведенных

с проростками, выращенными из семян полученного урожая при помощи метода ТЛ было установлено, что все примененные препараты по-разному воздействовали на характеристики ТЛ растений пшеницы следующей репродукции.

Показатель $S_c/S_{общ}$ (отношение светосуммы пика С к общей светосумме кривой ТЛ), по мнению ряда исследователей, характеризует устойчивость фотосинтетического аппарата к любому воздействию. Установлено, что в основе формирования пика С лежат разрушительные процессы и чем выше пик С, тем хуже чувствует себя растение, т.е. по показателю $S_c/S_{общ}$ можно судить об устойчивости растений к какому-либо воздействию [16].

В наших исследованиях все препараты способствуют повышению этого показателя, особенно МОН при осеннем и дуплозан при весеннем применении. Анализируя рис.1 по показателю $S_c/S_{общ}$, можно сделать вывод о том, что примененные препараты оказывали некоторое отрицательное воздействие, которое, возможно, связано со снижением прочности мембран хлоропластов [14].

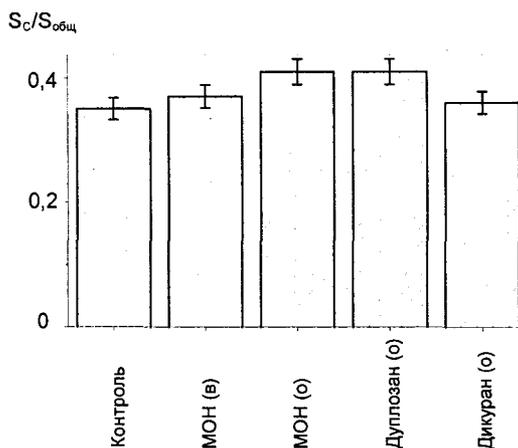


Рис. 1. Влияние последствия обработок пшеницы в полевом опыте на параметр $S_c/S_{общ}$ кривых ТЛ при весенней (в) и осенней (о) обработках

Обработка гербицидом МОН пшеницы в полевом опыте 1994 г. способствовала достоверному снижению ее урожайности по сравнению с контролем, и это отразилось на последующей репродукции. ТЛ-характеристики проростков, выращенных из семян полученного урожая, свидетельствуют о снижении устойчивости растений к воздействию гербицида. Нами также было отмечено, что дуплозан не снижал урожайность пшеницы, но оказал последствие, которое проявилось в ухудшении ТЛ-характеристик проростков.

Последствие гербицидов отразилось и на посевных качествах семян: уменьшились энергия прорастания (на 2~4%), а также всхожесть и число проростков с наибольшей длиной корней. Особенно значительно снизился данный показатель при последствии МОН (в 2 раза по сравнению с контролем), что свидетельствует об ухудшении состояния зародышей.

В 1996 г. исследовали семена урожая 1995 г. Моделирование процессов естественного старения позволило получить более четкую картину воздействия примененных гербицидов на физиологическое состояние проростков следующей репродукции.

Продолжительность экспозиции семян в термостате отразилась на ТЛ-характеристиках листьев проростков. Характер кривых ТЛ зависел как от времени нахождения семян в термостате при повышенной температуре, так и от примененных гербицидов. В контроле максимальные значения пика А наблюдались через 14 сут после начала инкубации. У проростков из семян обработанных гербицидами растений в этот срок отмечали увеличение данного показателя по сравнению с контролем, что говорит о возрастании интенсивности фотосинтеза при последствии гербицидов. На основании анализа данных табл. 1 можно сделать вывод, что после 14 сут инкубирования семян в термостате интенсив-

Таблица 1
Зависимость относительной светосуммы полосы А (S_A) кривых ТЛ листьев пшеницы от времени термообработки семян по сравнению с контролем ($S_{A\text{контр}}$)

Вариант	Время термообработки, дни				
	0	14	21	42	49
Контроль	100	140	50	90	100
Дикуран	100	140	70	70	110
Дуплозан	100	100	60	75	100
МОН	100	170	90	100	155
Сатис	100	140	70	45	130

ность фотосинтеза у проростков увеличилась на 40% при последствии дикурана и сатиса и на 70% — при последствии МОН. Картина изменилась после 21 сут инкубирования семян в термостате. Во всех вариантах, включая контроль, данный показатель снизился по сравнению с вариантом без прогревания.

В целом изменение отношения $S_A/S_{A\text{контр}}$ носило волнообразный характер. Через 49 сут интенсивность фотосинтеза возросла во всех вариантах последствия гербицидов и достигла уровня контроля (дуплозан) и даже превысила контроль при последствии дикурана, сатиса и МОН на 10, 30 и 55% соответственно.

Полученные результаты хорошо согласуются с данными, приведенными на рис. 2. Показатель $(S_A/S_{a+b}) / (S_A/S_{a+b})_{\text{контр}}$ также находился в прямой пропорциональной зависимости от интенсивности фотосинтеза. Наибольшим этот показатель был в варианте с последствием МОН, наименьшим — в варианте с сатисом при 21-42-дневной экспозиции в термостате. Через 14 дней интенсивность фотосинтеза возросла во всех вариантах, включая контроль. Через 21 и 42 сут экспозиции данный показатель резко уменьшился. Интересен тот факт, что после 49-суточной экспозиции интенсивность фотосинтеза в контроле и варианте с дуплозаном снизилась до уровня исходной, отмечавшейся до помещения семян в термостат, тогда как в вариантах с

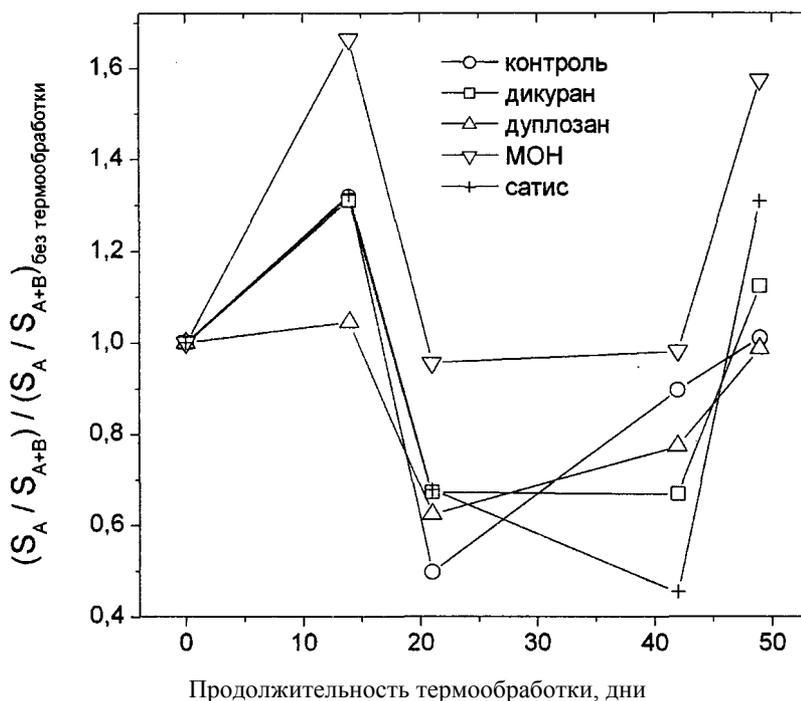


Рис. 2. Зависимость светосуммы полосы А относительно общей светосуммы полос А и В кривых ТЛ листьев пшеницы от продолжительности термообработки

последствием других гербицидов значительно повысилась в сравнении с исходной.

Полученные данные позволяют сделать предположение о том, что в семенах озимой пшеницы в процессе ускоренного старения под воздействием повышенной температуры физиологические процессы изменяются, в том числе первичные реакции фотосинтеза, которые являются важнейшей составляющей интенсивности процесса фотосинтеза. Измерение ТЛ листьев проростков озимой пшеницы в течение длительного, 49-дневного периода позволило установить, что показатели ТЛ изменяются немонотонным образом. Сначала наблюдается стимуляция (14 сут), затем спад (21-42 сут) и снова стимуляция фотосинтетической активности. Интересен факт, что через 49 сут прогревания семян в термостате ТЛ-характеристики проро-

стков опять снизились до уровня, который был отмечен через 14 сут экспозиции.

Полученные методом ТЛ данные в некоторых случаях согласуются с изменением энергии прорастания и лабораторной всхожести.

Последствие гербицидов на посевные качества семян проявилось отчетливо. В течение всего инкубационного периода, равного 49 сут, наиболее высокую энергию прорастания и лабораторную всхожесть отмечали в контрольном варианте, где отсутствовало последствие гербицида. Следовательно, несмотря на снижение влажности семян за 10 мес хранения на 3,3%, энергия прорастания, т.е. способность зародышей и семян к быстрой активации ферментных систем и клеточного деления, при отсутствии последствие гербицидов сохранялась высокой. В среднем энергия пророста-

ния в контроле была на 10-14% выше (по срокам инкубации), чем в вариантах с последствием гербицидов.

Следует отметить, что прогревание семян при шадящей температуре оказывало, как правило, стимулирующее воздействие на зародыши и энергия прорастания семян к концу инкубирования во всех вариантах увеличивалась на 10-16% по сравнению с исходной. Только в варианте с МОН энергия прорастания незначительно (на 4%) снизилась по сравнению с исходной. Это позволяет предположить, что при последствии МОН способность зародышей противостоять воздействию посторонних факторов, в данном случае повышенной температуре, снижается. Аналогичная ситуация наблюдалась в опыте предыдущего года, когда при последствии МОН (осеннее применение в полевом опыте) энергия прорастания семян была незначительно (на 4%) ниже, чем в контроле.

Лабораторная всхожесть во всех вариантах была несколько (на 3-4%) выше энергии прорастания, в целом она изменялась так же, как и энергия прорастания. Количество ненормальных проростков было высоким во всех вариантах. В среднем минимальное их количество (9,1%) отмечали в контроле. При последствии гербицидов количество их увеличивалось на 2,6 — 3,5%. Аналогично изменялось количество наиболее сильных проростков,

имеющих хорошо развитые зародышевые корни. В контрольном варианте в среднем отмечали максимальное число сильных проростков — 64%. При последствии гербицидов число их уменьшилось на 11-15%, что свидетельствует о снижении полевой всхожести и продуктивности семян озимой пшеницы в этих вариантах.

Учитывая четко установленное наличие отрицательного последствия некоторых системных гербицидов на ТЛ-характеристики и посевные качества семян озимой пшеницы Мироновская 808 урожая 1994 г. и усиление данного эффекта по мере хранения семян, весной 1998 г. для исследований использовали семена озимой пшеницы сорта Инна с полевого опыта, проведенного в 1995 г. В опыте использовали гербициды двух разных химических групп для того, чтобы сравнить степень их воздействия на культуру, а также семена сорта Мироновская 808 урожая 1996 г. (один год хранения) после применения на посевах тех же гербицидов (табл. 2).

Анализ данных по урожайности показал отсутствие отрицательного воздействия примененных препаратов на культуру, этим в определенной степени объясняется ее высокая урожайность.

Определение ТЛ у проростков из семян, полученных в полевом опыте, показало, что при 2-летнем хранении интенсивность фотосинтеза оставалась

Т а б л и ц а 2

Посевные качества и сила роста семян озимой пшеницы

Сорт, год урожая, срок хранения	Гербицид	Энергия прорас- тания, %	Лабораторная всхожесть, %			
			нор- мально пророс- шие	ненор- мально пророс- шие	за- гнив- шие	набух- шие, про- росшие
Инна 1995, 2 года	Контроль без гербицидов	91	97	1	1	2
	2,4-Д, 2,0 л/га	90	96	1	1	1
	Сатис 0,2 кг/га	90	97	0	2	1
Мироновская 808 1996, 1 год	Контроль без гербицидов	93	98	0	2	0
	2,4-Д, 2,0 л/га	91	95	1	2	1
	Сатис 0,2 кг/га	92	96	1	1	1

высокой как в контроле, так и в вариантах с применением гербицидов. Обработки озимой пшеницы сорта Инна в полевом опыте гербицидами 2,4-Д и сатис не отразились на посевных качествах семян следующей репродукции.

В отличие от предыдущих исследований, когда в семенах озимой пшеницы урожая 1994 г. четко проявилось отрицательное последствие системных гербицидов, относящихся к разным химическим группам, посевные качества семян озимой пшеницы урожая 1995 и 1996 гг. были высокими в контроле и во всех остальных вариантах (см. табл. 2). Следовательно, отрицательное последствие данных гербицидов в условиях полевых опытов не накапливалось. Семена имели низкую всхожесть (9,5%), высокую энергию прорастания и лабораторную всхожесть, вследствие чего прогревание не повлияло на них, так что через 7, 14, 21 и 35 сут экспозиции данные показатели сохранились практически такими же, какими были до прогревания.

Таким образом, в 1998 г. применение метода искусственного старения семян позволило выявить отсутствие отрицательного воздействия примененных гербицидов на физиологические показатели семян. Продолжительность прогревания по-разному отразилась на ТЛ-характеристиках проростков контрольных и обработанных в полевом опыте растений. Показатель $S_A/S_{общ}$ контрольных растений несколько увеличился через одну неделю, но к концу 3-й недели был на прежнем уровне (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Отношение светосуммы пика А (S_A) к общей светосумме ($S_{общ}$) у 12-дневных проростков озимой пшеницы сорта Инна

Вариант	Экспозиция, дни			
	0	7	14	21
Контроль	0,88	0,95	0,88	0,89
2,4-Д	0,95	0,91	0,87	0,87
Сатис	0,92	0,85	0,89	0,82

Установлено, что существует прямая зависимость между интенсивностью фотосинтеза и величиной пика А. Показатель $S_A/S_{общ}$ является мерой интенсивности фотосинтеза.

В вариантах с 2,4-Д и сатисом происходило плавное незначительное снижение этого показателя с 0,95 и 0,92 до 0,87 и 0,82 соответственно. Существенных различий в действии на этот показатель между гербицидами двух разных химических групп обнаружено не было. С показателем $S_C/S_{общ}$ непосредственным образом связана устойчивость пшеницы к воздействию гербицидов. Увеличение данного отношения в вариантах с гербицидами в 2-3 раза через 2-3 недели прогревания свидетельствует в некоторой степени об уменьшении устойчивости пшеницы к 2,4-Д и сатису. Так, через неделю прогревания семян в термостате отношение $S_C/S_{общ}$ увеличилось с 0,05 до 0,09 в варианте с 2,4-Д и с 0,08 до 0,15 в варианте с сатисом (табл. 4). Через три недели это увеличение стало еще большим: 0,13 и 0,18 соответственно. Также можно судить о более сильном воздействии сатиса на этот показатель.

Т а б л и ц а 4

Отношение светосуммы пика С (S_C) к общей светосумме ($S_{общ}$)

Вариант	Экспозиция, дни			
	0	7	14	21
Контроль	0,12	0,05	0,12	0,11
2,4-Д	0,05	0,09	0,13	0,13
Сатис	0,08	0,15	0,11	0,18

Таким образом, гербициды сатис и 2,4-Д не оказали отрицательного действия на продукционный процесс пшеницы в полевом опыте и на посевные качества семян, однако результаты исследований отчетливо иллюстрируют возможность более глубокого изучения состояния семян с помощью метода ТЛ. Уже через 7 сут после прогревания семян в термостате относительная светосумма полосы С (S_C)

была почти в 2 раза больше у семян с последствием сатиса и 2,4-Д по сравнению с контрольным вариантом, что свидетельствовало об ухудшении фотосистемы в данных случаях. При более длительном прогревании (14 и 21 сут) данный показатель ухудшился и в контроле, но в значительной степени — при последствии гербицидов, т.е. устойчивость семян к неблагоприятным факторам (повышенной температуре) при последствии гербицида заметно снижалась.

В 1999 г. использовали семена пшеницы сорта Инна с полевого опыта, обработанного в 1998 г. препаратами дифезан, фенфиз и смесью 2,4-Д + лонтрел. Урожайность пшеницы была невысокой из-за неблагоприятных метеоусловий: контроль — 17,9 ц/га; дифезан — 17,4 ц/га и фенфиз — 18,5 ц/га (НСР_{0,5} — 0,52 ц/га). Прогревание и проращивание семян проводили через 12 мес после уборки (один год хранения).

Как показал метод ТЛ, применение гербицидов в полевом опыте отразилось на ТЛ-характеристиках листьев проростков пшеницы следующей репродукции. Из семян, не подвергавшихся прогреванию в термостате, были

получены проростки с четко дифференцированными ТЛ-характеристиками (табл.5, 6): отношение $S_A/S_{общ}$ увеличивалось при последствии гербицидов в 2-3 раза в сравнении с контролем (см. табл.5).

Прогревание семян в термостате способствовало улучшению ТЛ-характеристик контрольных растений. Так, через 14 сут $S_A/S_{общ}$ увеличилось с 0,14 до 0,38. Через 17 дней отношение $S_A/S_{общ}$ несколько уменьшилось, хотя оставалось почти в 2 раза выше, чем в контроле без прогревания.

Обработки растений пшеницы в полевом опыте гербицидами отразились на ТЛ-характеристиках проростков следующей репродукции. Так, через 7 дней $S_A/S_{общ}$ уменьшилось в 1,5-2 раза, а $S_C/S_{общ}$ соответственно увеличивалось (см. табл.6), что свидетельствует о снижении интенсивности первичных реакций фотосинтеза. Через 17 дней прогревания семян в термостате обработки пшеницы в полевом опыте гербицидами дифезан и фенфиз не отражались на показателе $S_A/S_{общ}$ однако последствие обработки пшеницы смесью 2,4-Д + лонтрел проявилось в ухудшении ТЛ-характеристик листьев проростков: $S_A/S_{общ}$ снизилось

Таблица 5

Отношение светосуммы пика А (S_A) к общей светосумме ($S_{общ}$)

Вариант	Срок прогревания в термостате, сут					
	0	3	7	10	14	17
Контроль без гербицидов	0,14	0,25	0,14	0,30	0,38	0,26
Дифезан	0,30	0,35	0,18	0,22	0,24	0,30
Фенфиз	0,38	0,38	0,23	0,35	0,26	0,34
2,4-Д+лонтрел	0,44	0,42	0,22	0,19	0,26	0,25

Таблица 6

Отношение светосуммы пика С (S_C) к общей светосумме ($S_{общ}$)

Вариант	Срок прогревания в термостате, сут					
	0	3	7	10	14	17
Контроль без гербицидов	0,37	0,27	0,43	0,30	0,30	0,38
Дифезан	0,20	0,24	0,47	0,40	0,39	0,40
Фенфиз	0,26	0,31	0,41	0,30	0,33	0,36
2,4-Д+лонтрел	0,21	0,13	0,39	0,27	0,40	0,35

с 0,44 до 0,25. Необходимо отметить, что через 17 дней прогревания увеличился показатель $S_c/S_{\text{общ}}$ во всех гербицидных вариантах, что свидетельствует об ухудшении прочности мембран хлоропластов.

Применение в исследованиях метода МИФ дало следующие результаты. Обработка растений пшеницы гербицидами в полевом опыте приводила к увеличению стационарного уровня флуоресценции и уменьшению отношения F_M/F_T в листьях проростков следующей репродукции (табл.7), выращенных из семян, не подвергшихся в исследовании искусственному старению. Подобный эффект наблюдали с диуроном, классическим ингибитором фотосинтеза [17]. Он объясняется тем, что диурон блокирует нециклический электронный транспорт между фотосистемами. Наряду с уменьшением F_M/F_T диурон вызывал уменьшение скорости поглощения CO_2 в расчете на единицу сырой массы листьев. Таким образом, параметр F_M/F_T МИФ положительно коррелирует с интенсивностью фотосинтеза [17].

Ускорение старения семян привело к снижению F_M/F_T в контроле.

Последствие обработок гербицидами отразилось на прохождении первичных реакций фотосинтеза в проростках, выращенных из семян как не подвергшихся прогреванию, так и прогретых. Это проявилось в снижении величины F_M/F_X через 3 и 7 дней экспонирования семян в термостате. К концу прогревания, через 17 дней, дифезан способствовал значительному снижению данного показателя как по

сравнению с контролем, так и по сравнению с вариантом без прогревания (1,49-1,55 и 1,49-1,74 соответственно). Смесь 2,4-Д + лонтрел в итоге оказала ингибирующий эффект. К концу экспозиции снижалось отношение F_M/F_T МИФ. Хотя тот факт, что в контроле F_M/F_T также снизилось, позволяет предположить, что эти изменения могут быть связаны с другими факторами, например, высокой засоренностью посевов в контроле и формированием ослабленных семян.

Полученные данные согласуются с данными по последствию указанных гербицидов на посевные качества семян.

Через 7 сут прогревания более чем в 2 раза уменьшилось количество наиболее сильных проростков (с 92 до 38-52%). Считается, что именно эти проростки определяют густоту всходов и из них формируются наиболее продуктивные растения. При этом увеличивалось число менее сильных проростков. Следует отметить, что до прогревания семена во всех вариантах были высококондиционными, энергия прорастания и всхожесть достигали 98%, хорошо развитые проростки составляли 92% (табл. 8).

После 14 сут прогревания отчетливо проявилась разница между вариантами. В контрольном варианте продолжалось плавное ухудшение всех показателей, и хотя энергия прорастания и всхожесть оставались относительно высокими (66-68%), число самых сильных проростков (5 баллов) свелось к минимуму, их осталось 4%; общее количество сильных пророст-

Таблица 7

Изменение показателя F_M/F_T МИФ в зависимости от длительности прогревания семян

Вариант	Срок прогревания в термостате, сут					
	0	3	7	10	14	17
Контроль без гербицидов	1,84	1,70	1,78	2,02	1,76	1,55
Дифезан	1,74	1,62	1,75	1,87	1,62	1,49
Фенфиз	1,74	1,60	1,74	1,83	1,91	1,85
2,4-Д + лонтрел	1,70	1,63	1,69	1,84	1,71	1,62

Таблица 8

**Изменение жизнеспособности семян озимой пшеницы сорта Инна (урожая 1998 г.)
при последствии гербицидов**

Вариант	Срок прогревания, сут	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %				Сила роста, %					
			нормально проросшие	ненормально проросшие	загнившие	набухшие, проросшие	сильные проростки, балл				слабые проростки, балл	
							5	4	3	5+4+3	2	1
Контроль (без гербицидов)	0	98	98	0	0	2	92	6	2	100	0	0
	3	94	94	4	2	2	52	32	6	90	2	0
	7	96	94	4	2	2	36	46	6	88	6	0
	14	66	68	22	4	8	4	26	18	48	18	4
	17	24	34	59	4	8	0	0	14	14	16	4
Дифезан	0	98	98	2	0	0	92	4	0	96	0	0
	3	92	92	4	2	2	52	28	10	90	4	0
	7	88	88	6	4	2	28	38	14	80	10	0
	10	72	84	10	2	4	30	34	12	76	10	2
	14	64	68	24	2	6	4	24	20	48	18	2
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Фенфиз	0	98	98	0	0	2	92	6	2	100	0	0
	3	88	88	6	2	4	38	26	14	78	8	4
	7	96	98	2	0	0	32	46	12	90	8	0
	10	80	88	8	2	4	16	46	18	80	8	0
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ков уменьшилось до 48%. Такие же показатели отмечались в варианте с последствием дифезана. В то же время при последствии фенфиза отмечали чрезвычайно быструю деградацию зародышей, так что энергия прорастания и всхожесть за 4 сут после предыдущего отбора соответственно с 80 и 88% уменьшилась до 0%.

После 17 сут прогревания продолжалось ухудшение всех показателей жизнеспособности семян в контрольном варианте, причем сильные проростки, оцененные 5 и 4 балл., отсутствовали, сохранились лишь проростки с 3, 2 и 1 балл. В варианте последствия дифезана все семена стали нежизнеспособными.

Таким образом, наиболее сильные семена сформировались в контрольном варианте, без гербицидов, хотя здесь отмечали более низкую урожайность по сравнению с двумя другими вариантами (соответственно контроль 15,6 ц/га; дифезан — 16,5 ц/га; фен-

физ — 18,3 ц/га). При последствии гербицидов развивались ослабленные семена. Наименее устойчивые к стрессам семена сформировались в варианте с последствием фенфиза и несколько более жизнеспособные — в варианте с последствием дифезана. Примечательно, что при последствии гербицидов после определенного периода прогревания количество погибших, зародышей возрастало не постепенно, а сразу все семена становились нежизнеспособными, тогда как в контроле количество живых семян по мере увеличения срока прогревания снижалось постепенно, т.е. зародыши были более устойчивы к воздействию температуры, чем в вариантах с последствием гербицидов.

До прогревания семена во всех вариантах имели высокую энергию прорастания и всхожесть (соответственно 94 и 96-98%); самые сильные проростки, оцениваемые 5 балл., составляли 80-90%; слабые проростки

(2 и 1 балл.) составляли 4-6, единично — 10%.

Как и в предыдущем случае, после 7 сут прогревания все показатели ухудшились и наиболее сильно (на 20-30%) уменьшилось число самых сильных проростков, имеющих 5 балл., соответственно увеличилось количество проростков с 4 и 3 балл, и слабых, оцениваемых 2 и 1 балл. После 10 сут. прогревания отмечали постепенное ухудшение качества семян во всех вариантах последействия гербицидов; но в контроле произошло резкое уменьшение числа всхожих проростков (до 18% против 90% при предыдущем отборе), что свидетельствует о быстром процессе деструкции зародышей и потере ими устойчивости к стрессовому воздействию высокой температуры.

Заключение

Совместное использование методов ускоренного старения семян теромоллюминесценции (ТЛ) и медленной индукции флуоресценции (МИФ) позволили установить особенность последействия гербицидов на семена возделываемой культуры после одного, двух и трех лет хранения и избежать длительных полевых исследований. Было установлено, что последействие гербицидов проявляется отчетливо и имеет сложный характер. Основным фактором, обуславливающим появление отрицательного последействия, является принадлежность гербицида к определенной систематической группе.

Использование препаратов дикуранфорте, дуплозана KW оказывало отрицательное действие на семена, усиливающееся с удлинением периода их хранения. Это проявилось в ухудшении люминесцентных характеристик и посевных качеств семян.

При последействии указанных препаратов отмечалось снижение устойчивости проростков пшеницы к различным воздействиям. Об этом свидетельствует уменьшение интенсивности прохожде-

ния первичных реакций фотосинтеза. Отмечено ослабление прочности мембран хлоропластов в вариантах с последействием гербицидов.

С увеличением срока хранения семян гербициды 2,4-Д и сатис не снижали посевные качества семян, однако отмечено ухудшение ТЛ-характеристик проростков.

Установлено, что физические методы изучения фотосинтезирующих систем проростков достаточно информативны и позволяют определить глубокие изменения в семенах, индуцированные гербицидами, не всегда проявляющиеся при определении посевных качеств семян стандартными методами.

Установлена тесная корреляция между физиологическими и физическими методами исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов Л.С., Жукова Н.В. Влияние влажности семян пшеницы и ячменя на их физиологическое состояние. НТВ «ВИР», 1985. — 2. Грибова З.П., Гунар Л.Э., Зинченко В.А. Изменение спектров ЭПР листьев пшеницы и ячменя при многолетних обработках семенных посевов гербицидом 2,4-Д // Известия АН СССР. Сер. «Биология», 1985. Вып.1. С.72-80. — 3. Гунар Л.Э., Екобена Ф.А., Кузнецов А.М. и др. Влияние обработок пшеницы гербицидами в полевом опыте на физиологическое состояние растений следующей репродукции. Материалы 2-го Всеросс. съезда фомобиолог. Пушкино, 8-12 июня 1998 г. С.325-326. — 4. Гунар Л.Э., Зинченко В.А. Поглощение фосфора растениями пшеницы при однолетнем и многолетнем применении 2,4-Д // Изв. ТСХА, 1985. Вып 5. С.95-99. — 5. Гунар Л.Э., Кондратьев М.Н. Реакция систем поглощения ионов калия в корнях пшеницы на многолетние обработки // Сб. науч. тр. ТСХА. Интенсификация возделывания полевых культур и морфологические основы устойчивости растений. М., 1987. С. 22-27. — 6. ГОСТ 12038-92. Семена сельскохозяйственных культур. Мето-

ды определения всхожести. М., 1992. — 7. *Зинченко В.А., Таболина Ю.П., Калинина Н.В.* Об особенностях действия гербицидов при их систематическом многолетнем применении // Изв. ТСХА, 1976. Вып.5. С.157—169. — 8. *Зинченко В.А., Гунар Л.Э.* Реакция пшеницы Саратовская 29 на гербицид и удобрения после систематических (7-летних) обработок ее тордоном 22К // Сб. науч. тр. ТСХА. Защита растений в условиях интенсивной химизации сельского хозяйства, 1982. С.24-30. — 9. *Игнатова Н.Г.* Влияние многолетних обработок гербицидами на обмен азотосодержащих веществ пшеницы. Автореф. канд. дис. М., 1979. — 10. *Караваев В.А., Белогрудое И.О., Кукушкин А.К.* Медленная индукция флуоресценции и CO_2 -газообмен листьев бобов в присутствии диурона // Биофизика, 1989. Т.34. Вып.4. — 11. *Лухачев Б.С., Мусорина Л.И., Шевченко З.Н.*

Использование экстремальных условий хранения семян в моделировании процессов их старения. Бюлл. ВИР, 1978. №77. С.57~62. — 12. *Москаленко Г.П.* Урожай пшеницы и фракционный состав фосфорсодержащих соединений в зависимости от обработок 2,4-Д // Докл. ТСХА, 1979. Вып.248. С.117-121. — 13. *Петунова А.А., Казарина Е.М., Якубцев С.И., Лукин В.В.* Изучение действия гербицидов на посевные качества семян зерновых культур // В сб. Влияние микроорганизмов и протравителей на семена. Научные труды. М., 1972. С.237-240. — 14. *Desai T.S., Tatake V.G., Sane P.V.* // Photosynthetica, 1982. Vol.16. №1. P.129-133.— 15. *Dodge A.D.* // Sci. Prog. Oxford, 1975. Vol.62. P.447-466. — 16. *Moreland D.E., Donald G.* // Ann. Rev. Plant. Physiol., 1980. Vol.31. P.597-638. — 17. *Pliquett F., Solncev M.* // Leipzig: Veb. Georg Thieme, 1978.

SUMMARY

The nature of system herbicides aftereffect influence upon sowing quality of grain crops seed and primary photosynthesis reactions of seedlings when both short-term (one year) and long-term (up to three years) storing of grain have been established. The prospectives of hastened seed aging method which works as a stress factor, thermoluminescence method (TL) and slow induction fluorescence method (SIF) for rapid exposition of changes both in seed and seedlings have also been studied.