А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р

УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ

ВСЕСОЮЗНОЕ БОТАНИЧЕСКОЕ
ОБЩЕСТВО
СВЕРДЛОВСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

ЗАПИСКИ СВЕРДЛОВСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ВСЕСОЮЗНОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

ВЫПУСК ТРЕТИЙ

СВЕРДЛОВСК
1964

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р

УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ

ВСЕСОЮЗНОЕ БОТАНИЧЕСКОЕ
ОБЩЕСТВО
СВЕРДЛОВСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

ЗАПИСКИ СВЕРДЛОВСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ВСЕСОЮЗНОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

ВЫПУСК ТРЕТИЙ

СВЕРДЛОВСК
1964

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР
доктор биол. наук профессор *П. Л. ГОРЧАКОВСКИЙ*

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

канд. биол. наук *Л. И. Вигоров,* канд. биол. наук *П. В. Лебедев,* канд. с.-х. наук *С. А. Мамаев,* канд. биол. наук, доцент *А. Т Мокроносов*

ЗАПИСКИ СВЕРДЛОВСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ВСЕСОЮЗНОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Вып. 3 1964

Л. И. ВИГОРОВ

ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ПЕРЕДЕЛКЕ ОЗИМЫХ ПШЕНИЦ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ В ЯРОВЫЕ

Во многих работах, полный обзор которых не является нашей задачей, приводятся факты возникновения новых разновидностей и видов при переделке озимых пшениц в яровые или при обратных превращениях. Наибольшее количество таких данных относится к переделываемым мягким и твердым пшеницам. При этом в случае мягких пшениц чаще всего появляются разновидности того же вида (Хитринский, 1945; Шулындин, 1950; Рюб, 1953), тогда как при использовании твердых пшениц возникают преимущественно мягкие (Карапетян, 1948, 1950; Мокров, 1953).

Имеются сведения и относительно формообразования у других видов пшениц, вызванного резкими изменениями среды или сходными воздействиями. В опытах Туманяна (1949) *Triticum persicum* дала начало мягким и твердым пшеницам. В свою очередь, *T persicum* была получена совместно с *T vulgare* из *T. durum* (Пономаренко, 1957). «Порождение» мягких пшениц отмечено при посеве зерна пшеницы Тучной (*T turgidum*), выдержанного при пониженных температурах, а мягких и твердых пшениц при ее весеннем посеве (Ремесло, 1951; Кислюк, 1954; Мокров, 1954). Наблюдаются и обратные случаи, например, появление *T. turgidum* при переделке *T vulgare* (Зарубайло и Кислюк, 1948). Известно образование из мягких пшениц таких видов, как спельта, двузернянка, твердая (Филипченко и Шеломова, 1946), причем авторы отмечают, что подобное разнообразие форм бывает у пшеницы при отдаленной гибридизации.

Подзимний посев твердой пшеницы разновидности *Mitico-Valensiae* (гибрид мягкой и твердой пшеницы) дал разнообразные разновидности мягких пшениц (Шулындин, 1950). Нередко отмечается, что причиной появления новых видов является их большая приспособленность к местным условиям (Пономаренко, 1957).

Как известно, факты этого рода дали основание Т. Д. Лысенко высказать мнение о том, что в данных случаях имеет место превращение одних видов в другие (Лысенко, 1952).

Условимся в дальнейшем называть яровaнием весь процесс переделки озимой пшеницы в яровую, отличая его тем самым от яровизации, т. е. предоставления наклюнувшимся зернам (или молодым растениям) озимых пшениц стадийного комплекса факторов среды, обусловливающего нормальное прохождение первого этапа онтогенеза при дальнейшем весеннем посеве (посадке). Для каждого нового поколения озимых растений яровизация должна повторяться, и существенными морфологи-

ческими изменениями растений новых поколений она не сопровождается. Напротив, формирование наследственно ярового образа жизни путем направленного воспитания, т. е. ярование, представляет коренную перестройку требований растений к условиям среды (т. е. к стадийным комплексам в период онтогенеза), возникновение форм с наследственно измененными физиологическими процессами, а также возможность появления резких морфологических новообразований, начиная от тех, которые отличают озимое растение от ярового (с сохранением систематических, т. е. сортовых и видовых особенностей), до отличий порядка сортовых, разновидностей и даже видовых. При этом первые изменения происходят у всех растений, переходящих на яровой образ жизни, а вторые происходят лишь у части растений. Процесс ярования обусловлен многократным, т. е. в нескольких поколениях, воздействием на озимые растения условий, в которых проходят онтогенез яровые формы.

Известно, что, помимо объяснения появления новых форм при яровании как превращения видов в результате резкого изменения условий существования, имеются и другие объяснения этого явления. По одному из них, в таких случаях имеет место повторное гибридное расщепление, т. е. предполагается гетерозиготность (скрытогибридность) озимых растений, у которых новое гибридное расщепление вызывается резкой сменой условий существования. В некоторых случаях это предположение, казалось, могло бы соответствовать действительной гибридной природе тех или иных видов пшениц. Так, например, многими ботаниками признается, что мягкая пшеница возникла в отдаленном прошлом в результате гибридизации более древней твердой пшеницы с видами эгилопс (Жуковский, 1952; Розанова, 1946; Синская, 1955).

Однако в этом случае возникает вопрос о возможности длительного, в рассматриваемом случае многотысячелетнего, удержания признаков отдаленных предков в латентном состоянии у гибридов, существовавших все это время без расщеплений. Хотя возможность этого признавал еще И. В. Мичурин (1948), однако опытным путем у пшениц удержание признаков предков в латентном состоянии показано лишь для небольших интервалов времени порядка нескольких десятков лет (Хохлов, 1957). Кроме того, в этом случае при яровании мягких пшениц должны были бы выявляться именно их предки, т. е. твердые пшеницы и эгилопсы, а фактически, наоборот, мягкие пшеницы обычно выявляются при яровании твердых.

Образование твердых пшениц из мягких отмечается сравнительно редко (Рюб, 1953). Кроме того, ввиду разнообразия видов, появляющихся при яровании, например, мягких пшениц, невозможно представить, чтобы все они были предками данного вида.

Конечно, в тех случаях, когда гибридная пшеница недавнего происхождения, такие повторные расщепления в результате резкого изменения условий существования могут иметь место, и выше был приведен случай этого рода для стабилизировавшегося гибрида мягкой и твердой пшеницы (Шулындин, 1950).

Одно из объяснений связывает возникновение новых форм при яровании или при переделке яровых пшениц в озимые с своеобразной отдаленной гибридизацией вследствие чужеродного доопыления, а само появление при этом разнообразных форм рассматривается как признак, как раз и характерный для отдаленной гибридизации (Турбин, 1952, 1954; Козо-Полянский, 1953; Петров, 1953). Критика этих представлений дана в работе Н. И. Нуждина (1953).

Однако среди исследовавшихся пшениц основное внимание обращалось на мягкие и твердые, тогда как другие виды, представленные ози-

мыми формами, исследованы были совершенно недостаточно. Так же мало изучено поведение при переделке гибридных форм заведомо известного недавнего происхождения, особенно полученных в результате отдаленной гибридизации. В последнем случае было особенно интересно выяснить, не вызовет ли перемена условий обитания нового расщепления признаков у растений недавно созданных сортов с только что стабилизированными свойствами. Несомненно, что для выяснения действительных причин возникновения новых разновидностей или видов при переделках озимых пшениц в яровые или при обратных трансформациях растений, необходимо прежде всего изучить это явление более подробно, использовав для работы большое количество видов пшениц, а также привлекая для этой цели гибридные озимые формы заведомо известного происхождения, существующие в настоящее время в виде внешне константных сортов при определенных, более или менее одинаковых условиях их выращивания.

Кроме того, различные почвенно-климатические условия могут оказывать разное влияние на процессы превращения озимых пшениц в яровые, на интенсивность и особенности происходящих при этом формообразовательных процессов. Поэтому проведение таких опытов в разных географических пунктах представляет интерес и с этой стороны. Известно, например, что природные формообразовательные процессы у пшениц особенно часто выявляются в горных районах. В этом отношении особенности воздействия уральских условий на формообразовательные процессы почти не изучены. В то же время для Среднего Урала, помимо длинного летнего дня, характерны подзолистые почвы с своеобразным микроэлементным режимом и условиями почвенного питания растений, частые смены температур и другие особенности среды обитания. Нашей задачей и являлось изучение этих вопросов.

Материал и методика

Опыты по ярованию озимых и полуозимых пшениц проводились в период 1950—1961 гг. на опытном участке лаборатории физиологии растений Уральского лесотехнического института (г. Свердловск). Бо́льшая часть исследовавшихся сортов и видов (немногие исключения оговорены далее) использовалась в опытах по переделке озимости в течение 10—12 лет даже в тех случаях, если они переходили на яровой тип жизни значительно раньше указанного срока. Ввиду плохой зимовки многих озимых форм в наших условиях, использовался именно перевод озимых форм на яровой тип жизни.

Для того, чтобы исключить примеси в исходных озимых формах, они были проверены на чистоту в озимом посеве с использованием для многих более южных сортов искусственного укрытия, проверка чистосортности растений проводилась также посевом яровизированного зерна. Естественно, что это в какой-то степени сместило природу исходных растений в сторону озимых признаков и несколько усложнило дальнейшее ярование.

Вместо яровизации, обычно используемой в таких опытах, нами применялся метод весенних сверхранних посевов, проводившихся всегда в первый же день, как только представлялась возможность ручной поверхностной обработки почвы с мерзлым слоем на глубине 10—12 *см*. Почти всегда такой посев в избыточно влажную грязеподобную почву проводился между 10 и 15 апреля, т. е. на 2—3 недели раньше, чем обычный срок посева яровых форм в наших условиях. Такой прием помогает использовать природные условия и избежать воздействия на зерно бактерий и

плесневых грибов, имеющих место при яровизации, поскольку воздействие ядовитых веществ этих микробов также могло быть причиной формообразования. Кроме того, сверхранние посевы воссоздают то, что может происходить в природе без вмешательства человека, когда зерно озимых пшениц в некоторых условиях может прорастать лишь весной.

Обычно в середине октября, т. е. незадолго до заморозков, которые могли повредить зерно, с растений «выскочек», т. е. растений более ярового типа, убирались колосья, которые находились в течение последующих нескольких дней в отапливаемом помещении. Иногда использовалось помещение растений в люменостат на срок 2—3 недели. В большинстве случаев зерно, собиравшееся в первые годы, было сильно щуплым, однако, в связи с известной способностью пшеничного зерна прорастать вскоре после формирования зародышей, оно вполне годилось для посева и получения растений, накапливавших признаки яровых форм. Полученное зерно использовалось в следующем году для очередного сверхраннего посева. В последующие годы для посева отбирались растения, которые обгоняли остальные по развитию и степени вызревания зерна. Когда удавалось получить зерно, обеспечивающее массовое выколашивание при сверхраннем посеве, начинался посев такого зерна в нормальные весенние сроки, и отбор по предыдущей схеме повторялся в течение остального времени десятилетнего срока опыта.

Хотя принимались все меры против засорения образцов (прежде всего путем помещения собираемых колосьев в пакеты), однако для уверенности, что возникающие при яровании новые формы не являются случайными примесями, особенно надежными считались те случаи, где при выращивании таких растений достаточно отчетливо проявлялось их происхождение от форм озимых (что исключало засорение яровыми формами), и возникали разновидности, которых не было в нашей коллекции пшениц, а в случае появления распространенных разновидностей (мильтурум, лютесценс и пр.) во внимание принимались лишь формы, резко отличные от имевшихся сортов. Например, при переделке озимых мягких пшениц разновидности лютесценс во внимание принимались прежде всего такие возникающие вновь формы, как пиротрикс, гостианум, цинереум. турцикум и т. д.

В тех случаях, когда при яровании появлялись новые формы, такие растения использовались далее для индивидуального размножения, с целью выяснить, является ли возникшая форма константной или расщепляется, выявляя тем самым свою гибридную природу и позволяя в некоторых случаях выяснить отцовскую форму пшеницы, участвовавшую в образовании этого гибрида. Возможности спонтанной гибридизации в период многолетнего ярования обусловливались одновременной переделкой большого количества сортов и видов пшениц.

В некоторые годы, особенно с холодной затяжной весной и повторными заморозками, а также с холодной ранней осенью, наблюдается массовое выколашивание переделываемых пшениц. Однако как раз это и не означает резкого продвижения растений по пути приобретения яровых признаков. Такое зерно растений, недостаточно дифференцированных по фазам развития, менее удовлетворительно для дальнейшей работы, чем зерно с отдельных малочисленных более яровых «выскочек», выявляемых при нормальном сроке посева или в годы с условиями, особенно неблагоприятными для озимых пшениц и позволяющими выявить наиболее пластичные растения. Так, например, пересев зерна, полученного в 1953 г. (массовое выколашивание полуозимых пшениц при весеннем посеве), дал в 1954 г. большей частью озимые растения. Поэтому в таких случаях для посева следует использовать зерно выскочек более ранних

лет посева. Этот метод накопления яровых признаков позволяет избегать нивелирующего действия условий, неблагоприятных для ярования, и ускоряет этот процесс. Перевод на посевы в нормальные сроки проводился ежегодно параллельно с сверхранними посевами вначале зерном сверхранних посевов, с целью выяснить, не достигло ли накопление яровости той степени, при которой в более благоприятный для этого год могут начать давать всхожее зерно и растения нормальных сроков посева.

В последующие годы ярования, когда при нормальных сроках посева получалось достаточное количество всхожего зерна, начинался отбор более скороспелых вызревающих растений.

По всем этапам ярования велось тщательное изучение морфологических особенностей колосьев для выявления новых форм, т. е. резко отличающихся разновидностей и видов.

Для выяснения того, какой режим — сверхранних посевов или посевов в нормальные сроки с отбором более быстро развивающихся растений — более способствует ярованию, на 5-й и 6-й год переделки был проведен в нормальный весенний срок одновременный посев зерна растений различного срока воспитания (от 1 до 5 лет). При этом выяснилось, что ярование происходит главным образом в случае нормальных сроков посева. Так, например, у сорта эритроспермум Ворошиловская при посеве на 6-й год переделки зерна 5 лет сверхранних посевов и зерна выскочек за последние 3 года переделки в период осмотра растений 1 октября, при первом способе переделки было 50% кустящихся растений и столько же в фазах выхода в трубку, колошения и цветения, а у растений второго типа воспитания было 75% растений в фазах выхода в трубку и цветения и 25% растений с зерном на разных этапах формирования.

Метод параллельных посевов зерна растений разного срока воспитания показал также, что некоторые сорта накапливают яровые признаки постепенно, и на делянках (например, у сорта цезиум 3/10) видно, как с каждым годом ярования растения все быстрее развиваются. Напротив, у других сортов ярование происходит довольно резко, после нескольких лет сравнительно слабых изменений растений, а поэтому на посевах зерном разных лет воспитания видны растения первых лет, сравнительно мало отличающиеся по фазам развития (например, все выходящие в трубку с одиночными цветущими выскочками), а затем зерно следующего, например 5-го года воспитания, дает почти все растения в поздних фазах развития, например, с зерном молочной спелости (этот тип ярования был резко выражен у сорта лютесценс Грубоколосая Штиглера).

Поскольку изменения закономерностей развития, имеющие место при переделке озимых пшениц в яровые, явились предметом монографического изучения (Столетов, 1957), более подробно на этом вопросе мы не останавливаемся с тем, чтобы рассмотреть главным образом морфологические новообразования, которые возникли во время ярования отдельных групп изучавшихся пшениц.

Все перечисляемые ниже формы (за исключением некоторых пшенично-ржаных гибридов) изучались нами в течение 10—12 лет (1950—1962 гг.).

Данные по ярованию отдельных видов пшениц

T. aegilopoides

Изучалось поведение *T. aegilopoides* v. *pseudo-Boeoticum* и v. *album* (исходное зерно грузинской репродукции). При посевах в нормальные сроки дикие однозернянки давали в наших условиях смесь озимых и поздних полуозимых форм. Пересевы зерна лучше развивающихся рас-

тений дали в последующие годы заметное нарастание признаков яровости и некоторое укорочение вегетационного периода. Как и во многих других случаях переделки пшениц, довольно быстрый переход растений на полное выколашивание исключает формирование скороспелых форм, и длительное время (в нашем случае — десятилетие) сохраняются многие признаки полуозимых растений. Морфологически новые формы не обнаруживались. В 1952 г. в колосьях одного растения, наряду с типичными зернами, было обнаружено несколько голых зерен своеобразной бледно-лиловатой окраски. По-видимому, в данном случае наблюдалось зерно с проявлением гибридности по типу ксений, т. е. уже у самих зерен. К сожалению, растения из этих зерен погибли на следующий год от засухи в период полного кущения.

Дикие двузернянки

В опыте использованы: *T. dicoccoides* (ВИР-15907), *T armeniacum* v. *Thumaniani* и *T. urartu* v. *nigrum* (ВИР-33870). Первые весенние посевы в нормальные сроки давали смесь озимых или поздно выколашивающихся полуозимых форм. Ярование дало за 3—4-летний период у первого вида и за 5—6-летний срок у двух остальных видов достаточно однородные по темпам развития и сравнительно яровые формы, хотя и сильно запаздывающие с созреванием в годы, когда отсутствуют весенние яровизационные условия.

У дикой двузернянки первого вида в период 3—4-го года ярования начали довольно часто появляться спонтанные гибридные формы, возникающие в результате опыления твердыми и польскими пшеницами (Вигоров, 1960). Последние формы гибридов настолько характерны и дают такое отчетливое расщепление с выявлением отцовских форм, что сомневаться в гибридной природе этого случая «перерождения» пшеницы не приходится.

T. Vavilovi и T. gergicum v. paleo-colchicum

Оба вида пшениц на протяжении десятилетнего срока ярования вели себя сходно. При сверхранних посевах в некоторые годы, благоприятные для этого (с холодной затяжной весной и ранней холодной осенью), удается получить выколашивание большого числа растений и зеленое, но всхожее зерно. Пересев этого зерна в нормальные сроки приводит из года в год к получению озимых все лето кустящихся растений, и лишь изредка, используя доращивание растений в люменостате, удается получить зерно от очень немногочисленных выскочек. Посев этого зерна не выявляет нарастания признаков яровости у новых поколений. Таким образом, за вышеуказанный десятилетний срок работы ярование пшениц двух данных видов осуществить не удалось. Это один из частых случаев, когда озимые пшеницы из районов с мягкими климатическими зимними условиями упорно сохраняют признаки озимости в наших условиях. Каких-либо формообразований при сверхранних посевах не обнаруживалось.

T. dicoccum

Исследовалась лишь одна форма культурной двузернянки ВИР-21310. Посевы в нормальные сроки дали 1—2% растений, находившихся в период наступления осенних заморозков в фазе молочной или зеленой зрелости зерна. Пересевы этого зерна в нормальные сроки привели в период 6—7-летнего воспитания к получению растений, находящихся ежегодно на разных фазах развития — от кущения до зеленой зрелости зерна с преобладанием (в зависимости от особенностей весны и осени) то пер-

вых, то вторых форм. Нарастание яровости двузернянки можно проследить, сопоставив развитие растений в разные годы со сходными особенностями вегетационного периода. Например, в 1953 г. при весенних посевах зерна в нормальный срок осенью наблюдалось около половины кустящихся растений, а также посев в 1959 г. дал полное выколашивание растений, хотя зрелое зерно с них не получено.

Полностью яровые растения до сих пор не получены, и образование новых форм не наблюдалось.

T. Macha

Изучались две формы пшеницы *Macha: T Macha* v. *letschumicum* и v. *palaeo-imereticum* (ВИР-28175), обе сильно озимые в наших условиях и не дающие выколашивания при посеве в нормальные сроки даже в годы с весенними условиями, способствующими яровизации. При сверхранних посевах вначале ярования получалось недозрелое зерно с одиночных растений, весьма запаздывающих с фазами развития. «Выскочки» чаще получаются у первой разновидности. С 5—6-го года пересевов зерна выскочек в нормальные сроки произошло резкое увеличение количества более яровых форм с лучшим, а в последние годы и полным вызреванием зерна. Начиная с 5-го года ярования среди выколашивающихся растений начали появляться формы, резко отличающиеся от исходных (остистые или красноколосые в безостой белоколосой Маха, безостые — в остистой и т. д.), напоминавшие в первые годы отчасти более культурные Маха (с более крупными и квадратными колосьями), отчасти мильтурум, пиротрикс, гостианум и другие разновидности мягких пшениц.

Несмотря на отбор для посева колосьев типичных Маха,— на 8—9-й год ярования количество морфологически новых форм увеличилось так значительно, что среди них стало трудно находить родоначальный вид и поддерживать его в яровом состоянии. Пересев появившихся новых форм обнаруживает их расщепление и появление пшениц, относящихся к видам мягких, карликовых, твердых, спельт (представленных у всех видов несколькими разновидностями), а также форм, напоминающих гибриды между Маха и мягкой пшеницей и между Маха и твердыми пшеницами (рис. 1 и 2). В небольшом количестве (до 5%) выщепляются и исходные формы *Macha*.

Все процессы дифференциации и стабилизации новых форм при последующих пересевах зерном с отдельных растений полностью воспроизводят обычное поведение половых гибридов.

Формообразование при яровании пшеницы Маха является четко выраженным случаем «исчезновения» старой видовой формы и в то же время, судя по особенностям расщепления, представляет результат спонтанной гибридизации между Маха и твердой или мягкой пшеницей, которой способствовали резкие изменения особенностей растений, возникшие в результате создания необычной обстановки во время выращивания растений.

T. turgidum

Для ярования использованы сорта: Нагорно-Карабахская, Кабардинская красавица и Ривет. Выколашиваются (Ривет не ежегодно) и вызревают (Нагорно-Карабахская) при сверхраннем посеве. Пересев зерна сверхранних посевов в нормальные сроки дает к поздней осени смесь растений, находящихся на разных фазах развития (с преобладанием ранних фаз — кущение, выход в трубку, колошение). Пересев зерна немногочисленных выскочек нормальных сроков посева приводит к полу-

чению растений на таких же фазах развития, какие указаны выше. Полное ярование за 10-летний срок осуществить не удалось. Новообразования не наблюдались.

T. durum

Изучалось ярование сортов: мелянопус Кара-Клчик (Нагорный Карабах), Захмет и Аранданы (Азербайджан), леукурум — Озимая твер-

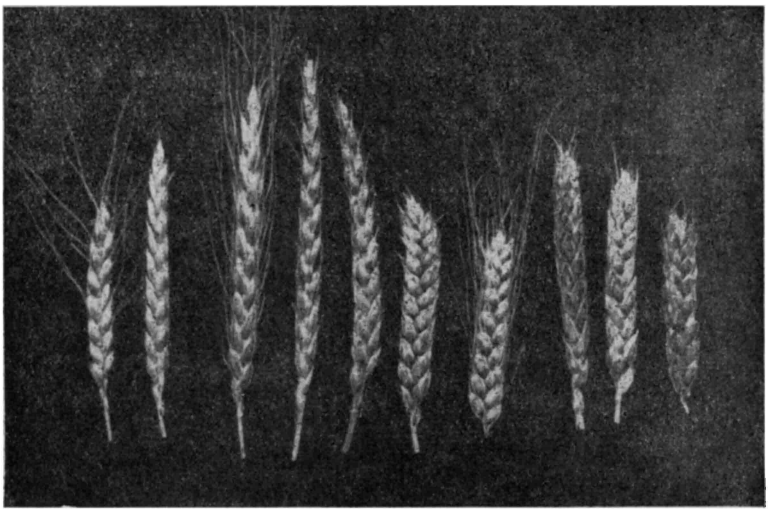

Рис. 1. Пшеница Маха (колос 1-й и 2-й) и ее спонтанные гибриды: спельтоиды (3—5), тургоиды (6,7), дуроиды (8—10).

дая Хижняка (Ставропольская ГСС), Тавтухи-Тетри (Грузия), К-926 (Дербент), гордеиформе-95 (Ферганская люцерно-хлопковая опытная станция) и гордеиформе-44 (Фрунзенская ГСС). Все исследованные сорта полуозимые, выколашиваются в некоторые годы с холодной затяж-

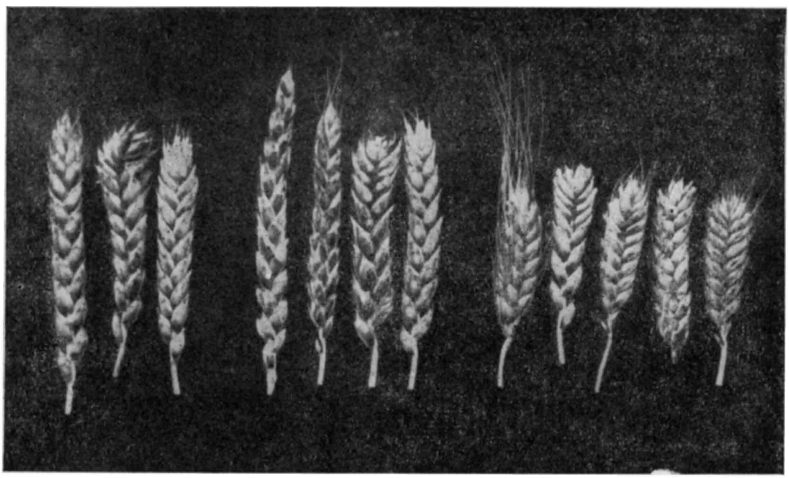

Рис. 2. Спонтанные гибриды пшеницы Маха: сохранившие много признаков исходной формы, но с крупными колосьями (1—3), с признаками мягких пшениц (4—7) и компактоиды (8—12).

ной весной при посеве в нормальные сроки и дают в первые 3—5 лет посевов зерна более яровых экземпляров снова большое количество растений, кустящихся все лето или выходивших в трубку лишь в конце вегетационного периода. Начиная с 6—7-го года ярования, получены более однородные по длительности вегетационного периода, но поздние формы, часто не вызревающие, особенно в годы с теплой весной и непродолжительной осенью с ранним наступлением заморозков.

На некоторых сортах полуозимых твердых пшениц было проведено сопоставление степени изменения особенностей растений при проведении ярования или путем одних сверхранних посевов или только путем отбора выскочек на посевах в обычные сроки (с доращиванием растений в случае надобности в люменостате). Такое сопоставление путем параллельного выращивания растений одинаковых сортов при различных способах ярования, проведенное на 5-й год переделки, отчетливо показало, что у твердых пшениц ярование происходит более ускоренно при втором способе воспитания, т. е. при отборе выскочек. Так, например, при посеве в нормальные сроки весной 1953 г. различного зерна сорта Аранданы было найдено, что исходное зерно, полученное в 1950 г. из Азербайджана, дало кустящиеся до осени растения, зерно сверхраннего посева 1952 г. дало растения, находящиеся главным образом в кущении и частично выскочки, а зерно нормального посева 1952 г. (3-й год переделки) дало большую часть растений с зерном различных фаз созревания. Следовательно, отбор растений нормальных сроков посева сильнее изменяет признаки растений в сторону ярового типа жизни.

Несмотря на ежегодный отбор более зрелого зерна с быстрее развивающихся растений, скороспелые формы переделываемых твердых пшениц за десятилетний срок ярования не получены. До сих пор о полуозимой природе выращиваемых у нас твердых пшениц свидетельствует не только позднее формирование зерна (поэтому часто морозобойного), но и обильное образование прикорневых листьев, мощное кущение, сильно мочковатая корневая система и образование позднего подгона.

Характерно, что, несмотря на «южное» происхождение исследованных сортов, неоднократно отмечалась хорошая перезимовка растений (например, у сорта Аранданы) весеннего посева, т. е. растений, уходящих на зимовку, по крайней мере, в конце стадии яровизации, если не в световой стадии.

За все время проведения опыта «перерождений» твердых пшениц в мягкие не наблюдалось. Новообразования имели место лишь у одного сорта — мелянопус Кара-Клчик — и выразились в появлении на 6-й год ярования небольшого количества растений безостой твердой пшеницы разновидности мутико-италикум (безостая, красноколосая, опушенная), которая в нашей коллекции отсутствовала. Считается (Фляксбергер, 1939), что безостые твердые пшеницы имеют гибридное происхождение (гибриды *T durum*×*T vulgare*). Константность выявленной формы не прослежена.

T. vulgare

В опыте было использовано 30 сортов озимых мягких пшениц, главным образом Поволжья, Украины, Прибалтики и Кавказа. В начале опыта для исключения возможных примесей был проведен контрольный озимый посев с последующим тщательным просмотром колосьев.

В наших условиях при посеве озимых мягких пшениц в нормальные сроки в годы с холодной весной или в сверхранние сроки в течение первых двух-трех лет ярования поведение изучавшихся сортов сильно варьировало. Одни растения не давали выскочек (велютинум Хоуп из Фин-

ляндии, альбидум Приекули-118, альборубрум Куузику, альборубрум Приекули, Иыгева Луунья (Латвия), лютесценс-329, лютесценс Новоуренка (Поволжье), альборубрум Сандомирка и др.), другие давали значительное количество выколашивающихся растений.

После трех лет сверхранних посевов начали дружно выколашиваться при нормальных сроках посевов и давать более или менее вызревающее зерно лишь грузинские сорта — цезиум-3/10 и эритроспермум Долис-Пури.

Для дальнейшего 10-летнего срока воспитания было оставлено 12 сортов, дававших выскочки при весенних посевах. За указанный срок ярования путем отбора зерна более пластичных растений удалось перевести на яровой тип жизни лишь 4 сорта: эритроспермум Ворошиловская, лютесценс Новоуренка, велютинум Петровская-7 и барбаросса Лесостепка-75. Три первых сорта из перечисленных дали очень поздние формы и в годы с теплой весной и непродолжительной осенью они до сих пор ведут себя как полуозимые. Сопоставляя эту трудность перевода на яровой тип жизни с крайней легкостью переделки озимых пшениц, иногда описываемой в литературе (например, полный перевод озимых мягких пшениц Поволжья в яровые за 3 года воспитания), мы можем объяснить это различие лишь тем, что в нашем случае использована более мягкая методика воздействия на растения и не применялся метод посева недоярови зированного зерна, метод глубокого охлаждения зерна и другие более энергичные способы.

Не удалось ярование за десятилетний срок у сортов: гостианум-237, лютесценс-329, альбидум Констанция, альбидум Батецкая, велютинум Степная-135 (ЦЧО), велютинум Триплет, ферругинеум Ипкли (Грузия), ферругинеум Остка Лонцьска. У сортов Констанция и лютесценс-329 некоторое смещение признаков в сторону яровости выразилось лишь в том, что они стали давать большее число выскочек при сверхранних посевах, по сравнению с тем, что выявлялось у них в первые годы таких посевов.

Особенно интересно то, что в числе устойчиво озимых (консервативных) сортов имеются формы из районов с мягкими зимами (см. сорта Ипкли и Остка Лонцьска), которые, казалось бы, должны были особенно легко перейти на яровой образ жизни, тем более, что с первых лет посевов в ранние сроки они давали большое количество выколашивающихся растений и всхожее зерно. Следовательно, в данном случае некоторое сходство условий, получаемых этими растениями на родине и на Урале, служит препятствием для существенной перестройки их физиологической природы.

Резкие морфологические новообразования систематического ранга за все время работы с мягкими озимыми пшеницами наблюдались лишь в двух случаях. У пшеницы лютесценс-329 на 8-й год ярования выявились на сверхранних посевах в значительном количестве другие разновидности мягкой пшеницы, в том числе цезиум, эритроспермум, мильтурум и пр. При пересеве в два последующих года выявившиеся формы сохранили полуозимый тип и дали гибридное расщепление с образованием новых разновидностей мягких пшениц, а отчасти повторяя исходную форму.

Поскольку сорт лютесценс-329 имеет негибридное происхождение, очевидно, что возникающие разновидности связаны с спонтанной гибридизацией, осуществившейся в период первых лет ярования.

Особенно массовое появление новых разновидностей наблюдалось у довольно быстро (за 3—4 года) перешедшего на более яровой тип жизни сорта Лесостепка-75. Этот гибридный по своему происхождению сорт (барбаросса Лесостепка-74×эритроспермум Украинка) хорошо выкола-

шивался уже в первый год сверхраннего посева, а с второго года таких посевов началось появление большого количества растений, относящихся к разновидностям пиротрикс, танаитикум, мильтурум, цинереум. Посев зерна отдельных выделенных разновидностей дал в следующем году пестрое расщепление по типу гибридов между мягкими пшеницами, и все возникающие формы относились исключительно к мягким пшеницам.

Выщепляется при этом и исходная разновидность, т. е. барбаросса. Интересно, что возникшие формы с второго года их существования являются чисто яровыми среднераннего срока созревания. В числе возникших форм разновидность эритроспермум (т. е. отцовская из исходной формы) пока не выявилась, и, следовательно, в данном случае проявилась не скрытогибридность, а гибридизация уже в период ярования.

Гибриды твердых пшениц и двузернянок

Исследовались полуозимые (плохо зимующие в наших условиях) гибриды Г Т. Ильенко: леукурум Конкурент (двузернянка Нагорно-Карабахская×аффине Нагорно-Карабахская), мелянопус и гордеиформе Ильенко (двузернянка Нагорно-Карабахская×мелянопус Кара-Клчик). Исходные формы имели явно выраженные признаки промежуточного типа между двузернянками и твердыми пшеницами (плоские колосья, особенности зерна и пр.). При весенних посевах в нормальные сроки в первые годы, особенно в случае теплой весны, большая часть растений находилась к осени в фазах кущения и стеблевания. За 5—6 лет отбора более яровых форм на сверхранних, а затем нормальных посевах получены растения позднего типа, вызревающие при обычных сроках посева.

За время ярования у основной массы растений сорта мелянопус гибридные признаки были утрачены, колосья стали более крупными, квадратными, ости черными, и исходная форма (плоскоколосая, красноостая, опушенная) сохранилась в виде незначительной примеси, составляющей 1—2%. Основная масса растений приобрела морфологические признаки твердых пшениц и полностью воспроизвела признаки отцовского сорта мелянопус Кара-Клчик. После 3—4 лет ярования у исследованного сорта одновременно с окультуриванием начали появляться в большом количестве растения с безостыми колосьями, относящиеся к разновидностям Мутико-Валенсия (белоколосая, безостая, опушенная), Мутико-Италикум (красноколосая, безостая, опушенная) и Мутико-Мурсиензе (красноколосая, безостая, неопушенная). Как известно из гибридизационной практики, эти формы возникают в результате скрещиваний твердых и мягких пшениц. Все указанные разновидности в нашей коллекции яровых форм отсутствовали, и засорение совершенно исключено.

Таким образом, у рассматриваемого гибридного сорта имели место как окультуривание, связанное с выращиванием растений на высоком агрофоне и стимулированное резкой сменой условий существования, так и выщепление гибридов, возникших в результате спонтанной гибридизации. Судя по возникающим разновидностям, такое расщепление являлось не результатом проявления скрытой гибридности исходного сорта, а результатом вторичной гибридизации.

У сорта гордеиформе Ильенко также наблюдалось окультуривание, с появлением большого числа растений, близких к подлинным гордеиформе, однако растения с обликом исходных гибридов сохранились до последнего времени в количестве около половины общего числа, а новообразования других разновидностей не наблюдалось. Сорт Конкурент во время ярования никаких заметных новообразований не обнаружил.

Пшенично-ржаные гибриды

Изучались пшенично-ржаные гибриды А. И. Державина, в частности Многолетняя твердая Державина (гибрид 623) (леукурум-1364/1× ×*Secale montanum*); Мягкий пшенично-ржаной гибрид 3-90-78 (гостианум 237×*Secale montanum*) и многолетняя рожь Державина. Растения двух первых сортов озимые и при позднелетних сроках посева хорошо зимуют. При сверхранних посевах у Твердой Державина появляется много более яровых выскочек, которые позволили за 3 года выделить однотипные растения, дружно колосящиеся при посеве в нормальные сроки, но очень поздние, часто с недозревающим зерном. Мягкий гибрид оказался более озимым, и его ярование заняло 7—8 лет, однако и сейчас в годы, неблагоприятные для прохождения стадии яровизации, наблюдается большое количество запаздывающих или полуозимых растений.

За 10-летний срок изучения обеих гибридных форм новообразования выявились лишь на 8-й год ярования у Многолетней твердой и были представлены одним растением с колосьями, сохранившими признаки ржи, но с увеличенным количеством признаков пшеницы. Пересев зерна этого растения дал пестрое расщепление с появлением нескольких разновидностей мягкой пшеницы.

Многолетняя рожь Державина при яровых посевах легко выделяет более яровые однолетние формы, позволяющие осуществить ярование за 3—4 года. При этом, несмотря на резкое изменение жизненного цикла в виде перехода от многолетнего к однолетнему типу жизни, никаких новообразований систематического порядка у многолетней ржи не произошло.

С 1955 г. начато изучение второй группы пшенично-ржаных гибридов, полученных с использованием мягких пшениц и однолетней ржи. В этом опыте использованы гибрид ЛВ-1 С. А. Лысака (Лесостепка-75×Рожь Веселоподолянская) и амфидиплоид Днепропетровский. Выявилась большая озимость этих гибридов, по-видимому, обусловленная материнскими формами, поскольку отцовские формы, участвовавшие в образовании гибридов, легко подвергаются яровании. При сверхранних посевах зерна (зерно получается в озимых посевах или путем яровизации) получить «выскочки» этих пшенично-ржаных гибридов пока не удалось.

Попутно отметим, что исследование нескольких сортов озимой ржи показало, что в наших условиях они обычно подвергаются яровании значительно легче, чем озимые пшеницы. Каких-либо формообразований у ржи при яровании отмечено не было.

Пшенично-пырейные гибриды

Изучались пшенично-пырейный гибрид Среднеазиатский (меляно-пус 562×*Agropyrum trichophorum*), пшеница Многолетняя № 2 (остистая, белоколосая, неопушенная) (лютесценс-329×*A. glaucum* с последующими доопылениями пшеницей) и пшенично-пырейный гибрид 23086 (красноколосый, безостый, неопушенный) Н. В. Цицина.

«Среднеазиатский» гибрид в первые два года яровых посевов в наших условиях был полуозимым и имел до осени много кустящихся и выходящих в трубку растений. У части растений сформировалось зерно, пригодное для посевов. В течение последующих 3—4 лет сформировались более яровые варианты. Ежегодно, начиная с 4-го года переделки, наблюдается формообразовательный процесс, представляющий или вновь возникшее (повторное) гибридное расщепление (первые годы растения были однотипными), или результат спонтанных скрещиваний в период ярования. Количество растений, резко отличающихся от исходной формы, нередко достигает 3—5% и, несмотря на тщательный ежегодный отбор типичных форм, происходит сейчас каждый год. Обычно большинство

возникающих форм относится к типу мягких пшениц, однако не соответствующих в год их появления полностью каким-либо определенным разновидностям и обычно имеющих своеобразные признаки, напоминающие их пырейное происхождение.

Твердые пшеницы за все годы ни разу не выщеплялись. При выращивании уклоняющихся форм в условиях усиленного почвенного питания и регулярного водоснабжения культурные признаки колоса нарастают, и получающиеся формы начинают более сильно напоминать такие разновидности, как велютинум, мильтурум, цинереум, пиротрикс, цезиум, лютесценс и другие, не соответствуя им в точности. При пересеве

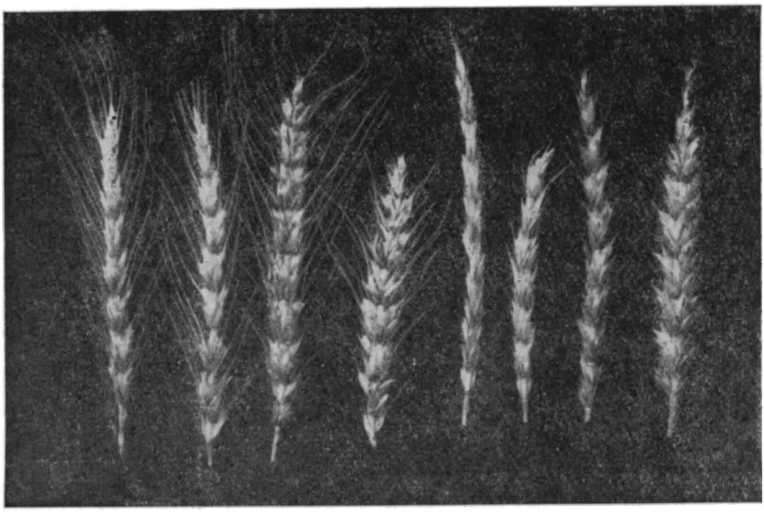

Рис. 3. Окультуривание пшенично-пырейных гибридов: многолетняя № 2 (1—4-й колос) и № 23086 (5—8-й колос). Образцы последовательных лет воспитания. Колос 1-й и 5-й — исходные формы 1952 г., 4-й и 8-й — колосья 1960 г.

уклоняющихся форм происходит новая серия расщеплений, свидетельствующая об их гибридном происхождении. Некоторые из получающихся гибридов отличаются крупноколосостью и крупнозерностью, неполегаемостью, однако об их происхождении от пырея свидетельствует нередко наблюдающаяся зеленоватая окраска зерна, напоминающая окраску зерна ржи.

Пшеницы Многолетняя № 2 и № 23086 при сверхранних посевах давали к осени большое количество (3—5%) выскочек, которые удавалось доводить в люменостате (а иногда и в поле) до получения всхожего зерна. Пересев этого зерна проводился вначале снова в сверхранние сроки, однако при этом всегда было много кустящихся до осени растений.

С 4-го и 5-го года сверхранних посевов начали появляться в количестве 2—4% первые растения, вызревающие в полевых условиях, имеющие однолетний срок жизни, и в то же время с заметно измененными морфологическими особенностями. У этих растений колосья были заметно крупнее исходных форм и с более плотным расположением колосков. Остальные растения упорно сохраняли признаки озимой природы. Пересев зерна выявленных «выскочек» привел во время следующего пятилетнего ярования к полной утрате у них признаков пырея и появлению однотипных не расщепляющихся яровых растений культурного типа,

относящихся к мягким пшеницам. Многолетняя № 2 дала начало разновидности эритроспермум, а сорт 23086 — разновидности мильтурум.

Поведение изменявшихся форм за последние годы окультуривания видно из следующего примера. При сверхраннем посеве в 1958 г. они еще давали около 50% кустящихся растений и около 50% растений в зеленой спелости. Такой же посев 1959 г. дал 80—90% растений в зеленой спелости. Посев 1960 г. дал нормально вызревающие растения. В 1961 г. растения вызрели при посеве зерна в нормальные сроки. Таким образом, в конце ярования нарастание признаков яровости происходило особенно быстро.

Сопоставление особенностей колосьев более быстро развивающихся растений за разные годы ярования, сделанное на основании гербарного материала, показывает, что в рассматриваемом случае имело место постепенное окультуривание гибридных исходных форм, вызванное и ускоренное резкой сменой условий выращивания и повышенным уровнем питания (рис. 3). С подобными случаями быстрого окультуривания мы встречались и ранее, при изучении формообразования у гибридов эгилопса и пшеницы (Вигоров, 1953).

В 1960 г. на посевах окультуренного пшенично-пырейного гибрида «Мильтурум» начали появляться другие разновидности мягких пшениц, составляющие около 20% от основной формы и относящиеся к разновидностям велютинум, ферругинеум, лютесценс. Вероятно, это результат спонтанной гибридизации возникшей окультуренной формы, ставшей возможной со времени достижения ею уровня культурной пшеницы.

Рассмотренный выше опыт по ярованию повторяется нами сейчас на новой серии пшенично-пырейных гибридов Н. В. Цицина.

Обсуждение полученных результатов

Как видно из всего рассмотренного выше экспериментального материала, вопрос о новообразованиях при переделке озимых пшениц в яровые имеет весьма сложную природу. Совершенно очевидно, что феномен формообразования при резкой смене условий, какие возникают при переводе озимых форм на яровой образ жизни, может иметь различные причины и не сводится к универсальному механизму «превращения видов». В одних случаях, как это наблюдается у пырейно-пшеничных гибридов и у гибридов двузернянок с твердыми пшеницами, имеет место процесс окультуривания и выявляется одна из родительских форм, притом всегда та, которая более приспособлена к яровому образу жизни (мягкая пшеница — в случае первых гибридов и твердая — в случае вторых). Сам внутренний механизм окультуривания может быть представлен как нарастание значения нуклеопротеидов одной из родительских форм, которые продолжают пребывать в гибридных организмах в недостаточно полно «ассимилированном» состоянии и выявляются соответственно новой среде обитания. Соответственно увеличению роли этих белков перестраивается и морфология растений.

В других случаях формообразовательных процессов имеет место новая вспышка гибридного расщепления (повторное расщепление якобы гомозиготных растений), как это наблюдалось в случае ярования сорта Лесостепка-75, поскольку здесь новые формы возникали с первых лет ярования.

Однако наиболее частым случаем формообразования при яровании пшеницы является спонтанная гибридизация с ее характерным последующим расщеплением и образованием новых форм, включающих и появление новых видов в том случае, если скрещивание было межвидовым. Наиболее интересный пример этого типа представляет формообразова-

ние у пшеницы *T. Macha,* где возникло большое количество растений, относящихся к видам пшениц твердой, мягкой, карликовой и спельта, а также новообразования у Среднеазиатского пшенично-пырейного гибрида.

Встречаются и смешанные случаи, например, когда процессы формообразования начинаются с окультуривания, но далее усложняются гибридизационными процессами.

Одним из доказательств в пользу того, что появление новых видов при переделке озимых пшениц в яровые или обратно является «превращением видов», а не гибридизационным явлением, считается трудность и редкость межвидовых скрещиваний у пшеницы. Однако это мнение совершенно ошибочно. Напротив, при совместных посевах различных видов пшениц спонтанная (самопроизвольная) гибридизация — довольно обычное явление, даже если высевается небольшое количество растений каждого вида на участках в 2—3 $м^2$. Так, например, у яровых пшениц нашей коллекции в период того же десятилетия (1950—1960 гг.) были отмечены спонтанные гибриды (часто дававшие возможность при последующем расщеплении выявлять вторую родительскую форму) не только между мягкими пшеницами (например, между черноколосыми и белоколосыми сортами), но и между *T. durum*×*T. vulgare* (например, между безостой твердой *Candicans* и мягкой v. *nigrum*), *T. turgidum*× ×*T. polonicum*, *T. aethiopicum* (чернозерной)×*T. polonicum*, *T. durum*× ×*T. dicoccoides* (черноколосой), *T. dicoccoides* (черноколосой)×*T. durum*, *T. spelta*×*T. vulgare*, *T. polonicum*×*T. turgidum*, *T. turanicum*×, по-видимому, *T. durum*, *T. sphaerococcum*×, по-видимому, *T. vulgare*, *T. dicoccoides*×*T. polonicum* и ряд других комбинаций.

Не удивительно поэтому, что сходные гибридные явления могут иметь место и в ряде случаев переделки стадийной природы пшениц, тем более, что ярование проводилось одновременно для многих видов и сортов озимых пшениц.

Поэтому спонтанная гибридизация пшениц может в ряде случаев быть причиной ошибочных заключений о природе формообразования при их переделках.

Случаи частой спонтанной гибридизации у пшениц, в том числе и межродовые скрещивания, неоднократно описывались в литературе (Горин, 1955). Вообще, по-видимому, мы недооцениваем роль гибридизационных процессов в эволюции пшениц, особенно в настоящее время, когда на посевах все чаще соприкасаются различные виды, вводимые в качестве новых сортов в практику сельского хозяйства. Если учесть громадные площади, занятые сортами пшениц, относящихся к различным видам, и длительность сроков их возможного взаимодействия, то становится совершенно ясным, что новые гибридные формы межвидового типа могут быть у пшеницы обычным явлением. Иное дело, насколько устойчивы вновь появляющиеся формы и способны ли они вытеснить без помощи человека уже сложившиеся организмы, среди которых они зарождаются.

Определенное значение в процессах ярования имеют условия почвенного питания растений. Так, в специальном опыте было показано, что у полуозимого сорта Цезиум-3/10 (Грузия) было много растений (до 75%), находящихся в фазе зеленой зрелости зерна при их выращивании на бедном агрофоне, и лишь одиночные цветущие растения на богатом агрофоне. Напротив, у озимых *Macha* большее количество выскочек обычно наблюдалось по краям больших делянок, т. е. в условиях более обильного питания, водоснабжения и освещения. Этот вопрос заслуживает, однако, специального изучения.

Большую роль при проведении ярования имеет масштаб работы, поскольку при посеве маленькими делянками значительно труднее получить нужное количество зерна «выскочек», т. е. более яровых растений, и иметь их запас для посевов в те годы, когда зерно предыдущего года менее удовлетворительно для более быстрого проведения ярования. При больших размерах делянок также легче выявлять более яровые формы на последних этапах ярования.

Особенное внимание обращает факт плохого ярования многих пшениц из районов с теплой зимой (кавказские формы озимых и полуозимых пшениц), в частности, таких видов как *T Vavilovi, T georgicum, T Macha* и ряда сортов мягких пшениц, которые, казалось бы, должны были перейти особенно легко на яровой образ существования. Несмотря на 11-летний срок ярования вышеуказанных видов, до сих пор не удалось достичь хотя бы закономерного появления выскочек на посевах в нормальные сроки. По-видимому, важным условием перестройки растений является какая-то значительная степень несоответствия требований растений и фактических условий среды, что определяет большую изменчивость растений и, следовательно, изменение их в сторону яровости.

В заключение ответим на вопрос: имело ли место в наших опытах видообразование в смысле «превращения» видов, т. е. переход одного вида в другой в одном поколении без промежуточных морфологически выявляемых этапов?

По нашим наблюдениям, довольно многочисленные новообразования, иногда видообразование, были или результатом медленных адаптационных изменений, продолжавшихся 3—5 лет («воспитание» культурных признаков), не заметив промежуточные этапы которого, можно было прийти к заключению о «порождении» видов, или были связаны со спонтанными гибридизационными процессами, которые весьма обычны у пшениц во время ярования. Лишь опыты по ярованию, поставленные таким образом, чтобы предупредить возможность переопыления пшениц, могут показать, возможны ли иные формы новообразований, если не учитывать, что и в этом случае необходимо иметь в виду вторичные расщепления при работе с гибридными сортами. Существуют ли вообще негибридные сорта мягких и твердых пшениц, недостаточно ясно, поскольку и так называемые сорта народной селекции могли иметь в прошлом гибридизационное происхождение за счет спонтанных скрещиваний.

Впрочем, большие потенциальные возможности растений не исключают того, что у пшеницы могут быть и иные типы формообразовательных процессов, которые в наших случаях не наблюдались. В частности, вполне возможно, что применявшийся нами более мягкий способ ярования путем весенних посевов мог быть причиной получения меньшего количества измененных форм, чем если бы применялись более резкие способы воздействия, в виде, например, подзимних посевов яровых форм. Однако так или иначе превращение вида пшеницы в одном поколении ничем не отличается по существу от мутационного процесса и хотя вполне возможно, но должно быть значительно более редким явлением, чем описанные выше случаи.

В производственном отношении ярование озимых пшениц представляет интерес как способ получения спонтанных гибридов, в частности межвидовых, с использованием ряда ценных признаков озимых пшениц, отчасти сохраняющихся у переделываемых растений.

ЛИТЕРАТУРА

Вигоров Л. И. (1953). Получение мягких пшениц и спельт из *Aegilops triuncialis*. Бот. ж., 38, 708.

Вигоров Л. И. (1960). Формообразование у диких пшениц при их выращивании

в культурных условиях. Зап. Свердловского отд. Всесоюзн. бот. о-ва, вып. 1, 23.
Войтчишин Н. В. (1951). Изменение мягкой пшеницы в твердую. «Агробиология», 3, 133.
Горин А. П. (1955). Естественная гибридизация у пшениц. Изв. ТСХА, вып. 2, 3.
Жуковский П. М. (1952). Современное состояние проблемы происхождения культурных растений. Бот. ж., 42, 1958.
Зарубайло Т. Я. и Кислюк М. М. (1948). Условия прохождения стадии яровизации как фактор наследственной изменчивости. «Агробиология», 3, 29.
Карапетян В. К. (1948). Изменение природы твердых пшениц в мягкие. «Агробиология», 4, 5.
Карапетян В. К. (1950). Изменение твердых пшениц в мягкие. «Селекция и семеноводство», 5, 8.
Кислюк М. М. (1954). Получение растений мягкой пшеницы *(T. vulgare)* из ветвистой пшеницы вида Тургидум *(T. turgidum)*. Бот. ж., 39, 545.
Козо-Полянский Б. М. (1953). Вопросы нового учения о виде. Бот. ж., 38, 830.
Лысенко Т. Д. (1952). Новое в науке о биологическом виде. М., Сельхозгиз.
Мичурин И. В. (1948). Сочинения, т. 1, 3, 4, М., Сельхозгиз.
Мокров С. В. (1953). О видообразовании у пшениц. «Агробиология», 2, 10.
Мокров С. В. (1954). Видообразование у яровой пшеницы при воздействии пониженными температурами на проросшие семена. «Агробиология», 5, 56.
Морозов И. В. (1953). Факты перерождения ветвистой кахетинской пшеницы. «Агробиология», 2, 30.
Нуждин Н. И. (1953). Рецидив вейсманизма под флагом защиты дарвинизма. Журнал общей биологии, 14, 3.
Петров Д. Ф. (1953). К вопросу о происхождении видов. Бот. ж., 38, 847.
Пономаренко Ф. А. (1957). Вопросы видообразования пшениц в предгорьях и нагорьях Дагестана. «Агробиология», 3, 42.
Розанова М. А. (1946). Экспериментальные основы систематики растений. М.—Л., Изд. АН СССР.
Ремесло В. Н. (1951). Факты появления других видов в посевах ветвистой пшеницы. «Агробиология», 6, 16.
Рюб В. К. (1953). Об изменении природы озимой пшеницы в яровую в условиях Зауралья. «Агробиология», 4, 44.
Синская Е. Н. (1955). Происхождение пшеницы. Сб. «Проблемы ботаники», 2, Изд. АН СССР.
Столетов В. Н. (1957). Внутривидовые превращения и их характер. М., Изд-во «Советская наука».
Туманян М. Г. (1949). Видообразование у пшениц. Докл. АН Армянской ССР, № 11.
Турбин Н. В. (1954). Когда нечего сказать по существу. Журнал общей биологии, 15, 233.
Турбин Н. В. (1952). Дарвинизм и новое учение о виде. Бот. ж., 37, 798.
Филипченко С. А., Шеломова Н. А. (1946). О единстве различных форм расшатанной наследственности. «Агробиология», 1, 83.
Флаксбергер К. А. (1939). Определитель настоящих хлебов. М., Сельхозгиз
Хитринский В. Ф. (1954). Направленное изменение наследственности яровой пшеницы в озимую. «Агробиология», 1, 35.
Хохлов С. С. (1957). Новое в науке о биологическом виде и практика сельского хозяйства. Бот. ж., 39, 357.
Шулындин А. Ф. (1950). Изменения наследственности растений направленным воспитанием. «Селекция и семеноводство», 12, 5.

ЗАПИСКИ СВЕРДЛОВСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ВСЕСОЮЗНОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Вып. 3 1964

Б. А. ВАКАР

МЕЙОЗИС ПРИ МИКРОСПОРОГЕНЕЗЕ У ГИБРИДА-АМФИДИПЛОИДА TRITICUM POLONICUM L. × TRITICUM TIMOPHEEVI ZHUK

Введение

Как польская пшеница (*Triticum polonicum*), так и пшеница Тимофеева (*Triticum Timopheevi*) принадлежат к группе 28-хромосомных пшениц. Хотя эти виды пшеницы имеют одинаковые числа хромосом, однако они скрещиваются между собой лишь с трудом и дают в первом гибридном поколении самостерильные формы.

Изучение процесса мейозиса у гибридов пшеницы Тимофеева при скрещивании ее с другими 28-хромосомными видами пшеницы, проведенное японским цитологом Х. Кихарой в сотрудничестве с Ф. Лилиенфельд (Kihara und Lilienfeld, 1934) показало, что в конъюгации из 14 хромосом пшеницы Тимофеева вступают с хромосомами польской пшеницы, как и почти всех 28-хромосомных других видов пшеницы, лишь 7 хромосом, а остальные 7 хромосом ее остаются унивалентными, т. е. не вступают в соединение с остальными 7 хромосомами других 28-хромосомных пшениц.

Кихара еще в 1919 г. установил для рода *Triticum* L. полиплоидный ряд, причем пшеница однозернянка (*Triticum monococcum* L.) оказалась обладательницей 14 хромосом, представленных парой геномов, обозначенных символом A, виды пшеницы *Triticum durum* Desf., *T. dicoccum* Schübl., *T. persicum* Vav., *T. turgidum* L., *T. polonicum* L. — обладательницами 28 хромосом, представленных геномами A и B, а виды пшеницы *T. vulgare* Host., *T. compactum* Host., *T. spelta* L. и некоторые другие — обладательницами геномов A, B и D. Геномные формулы для 14-хромосомных пшениц обозначают в силу полной конъюгации обоих геномов этих видов пшеницы как AA, для 28-хромосомных — как AA+BB и для 42-хромосомных видов как AA+BB+DD.

Вид пшеницы *Triticum Timopheevi*, установленный академиком П. М. Жуковским, оказался обладателем 28 хромосом. Это число было установлено Кихарой и Лилиенфельд (1934), причем при скрещивании этого вида пшеницы с другими 28-хромосомными видами пшеницы мейоз первого поколения полученных гибридов протекал с большими нарушениями: число бивалентных хромосом вместо ожидавшихся 14 оказалось равным всего 7 при наличии 14 унивалентов. При скрещивании пшеницы Тимофеева с 14-хромосомной пшеницей однозернянкой (*Triticum monococcum* L.) первое гибридное поколение в мейозе обнаружило 7 бивалентов при наличии 7 унивалентных хромосом. Это позволило установить гомологию между

семью хромосомами пшеницы-однозернянки — обладательницы генома А — и семью хромосомами пшеницы Тимофеева. Вместе с тем, стало ясно, что второй геном пшеницы Тимофеева не гомологичен второму геному (т. е. геному В) тетраплоидных (т. е. 28-хромосомных) видов пшеницы. Кихара и Лилиенфельд предложили обозначить его символом латинской буквы G. Таким образом, геномный состав пшеницы Тимофеева должен быть обозначен как AA+GG.

Несколько позднее Дончо Костовым (Kostoff, 1937) было показано, что первое гибридное поколение от скрещивания пшеницы Тимофеева с персидской пшеницей (*Triticum persicum* Vav.) в мейозе обнаруживает (по-видимому, все же не всегда) 14 бивалентов при отсутствии унивалентов и, таким образом, видимо, геном G до известной степени все же гомологичен геному В 28-хромосомных пшениц. Это следует из того, что геномный состав, как это было установлено (Вакар, 1929), для персидской пшеницы является тем же, что и для других 28-хромосомных пшениц (например, для твердой, английской, польской и др.), т. е. AA+BB.

Как было установлено Х. Кихарой (Kihara, 1919), польская пшеница (*Triticum polonicum* L.), несмотря на свое морфологическое своеобразие и сильное отличие от других 28-хромосомных видов пшеницы, все же легко скрещивается с ними, дает нормально плодовитое первое и последующие поколения гибридов и в мейозе первого гибридного поколения проявляет полную конъюгацию всех 14 хромосом. Это дало основание выразить геномную формулу польской пшеницы как AA+BB.

При скрещивании польской пшеницы с пшеницей Тимофеева, первое гибридное поколение в мейозе обнаружило лишь 7 бивалентных хромосом, а остальные 14 хромосом в попарную конъюгацию не вступали, оставаясь унивалентными. Весь процесс мейоза у гибрида *Triticum polonicum*× ×*T. Timopheevi* протекал с большими нарушениями, что в конечном результате привело гибрид к полной самостерильности.

Если, однако, суметь получить от первого гибридного поколения пшеницы Тимофеева с польской пшеницей (или с каким-либо другим видом пшеницы) форму с удвоенным числом хромосом, т. е. форму, именуемую амфидиплоидом, то можно рассчитывать преодолеть стерильность такого рода гибрида. Известно, что амфидиплоидные формы, например, гибрида *Aegilops ovata*×*T. durum* — на пшеницу (Tschermak und Bleier, 1926), ржано-пшеничного гибрида (Левитский и Бенецкая, 1931), гибрида *Haynaldia villosa*×*T. turgidum* и др., при исследовании у них течения мейоза обычно обнаруживали полную или почти полную сбалансированность хромосомного аппарата и высокую степень фертильности.

Так как пшеница Тимофеева является иммунной к грибным заболеваниям, то она может иметь большое практическое значение в качестве партнера в скрещиваниях с другими видами пшеницы, такими как твердая и мягкая, наиболее распространенными в культуре и дающими наиболее ценное зерно. Подобного рода скрещивания могут дать гибридные формы с ценным зерном (каким не обладает пшеница Тимофеева) и вместе с тем иммунные к грибным заболеваниям. Основным препятствием для получения таких ценных иммунных к грибным заболеваниям форм пшеницы служит плохая скрещиваемость пшеницы Тимофеева с другими видами и полная самостерильность первого гибридного поколения.

Применение колхицина позволило легко получать амфидиплоидные формы гибридов и таким путем преодолевать стерильность отдаленных гибридов.

А. Р. Жебрак в 1939 г. сообщил о получении им впервые амфидиплоидного гибрида между *T. Timopheevi*×*T durum*, а в 1944 г.— о получе-

нии фертильного амфидиплоидного гибрида между польской пшеницей и пшеницей Тимофеева.

В последующие годы академиком А. Р. Жебраком (1957) получены были амфидиплоидные гибриды и других видов пшеницы с пшеницей Тимофеева, в частности амфидиплоид *T. vulgare* × *T. Timopheevi*.

Возможность широкого получения амфидиплоидных форм гибридов возникла после открытия американскими авторами А. Блексли и А. Авери (Blakeslee a. Avery, 1937) действия колхицина на делящиеся клетки, приводящего к удвоению хромосомного набора в их ядрах.

Материал и методы исследования

Материалом для настоящего исследования послужили два гибрида — обычный амфигаплоидный гибрид польской пшеницы на пшеницу Тимофеева с наличием у него 28 хромосом и амфидиплоидный гибрид между этими же двумя видами пшеницы, семена которого были присланы автору академиком А. Жебраком.

Растения выращивались на участке кафедры ботаники Свердловского сельскохозяйственного института и молодые колоски гибридов фиксировались в жидкости Карнуа (3 части этилового спирта + 1 часть ледяной уксусной кислоты). Мейоз исследовался в материнских клетках пыльцы (в микроспорогенезе) в ацеткармине при помощи микроскопа с применением масляной иммерсии 90х и окуляра 15х.

Результаты исследования

Мейозис у амфигаплоидного гибрида польской пшеницы на пшеницу Тимофеева протекал весьма неправильно. В диакинезе у этого

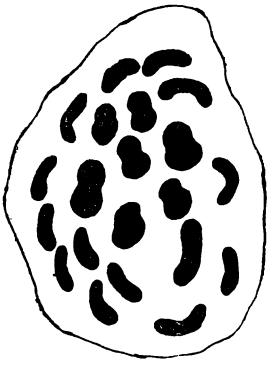

Рис. 1. Метафаза первого мейотического деления амфигаплоидного гибрида польской пшеницы на пшеницу Тимофеева. Наличие 7 бивалентов и 14 унивалентов.

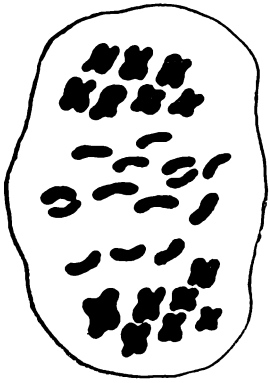

Рис. 2. Анафаза первого мейотического деления амфигаплоидного гибрида польской пшеницы на пшеницу Тимофеева со «странствующими» унивалентами и компонентами бивалентов на полюсах.

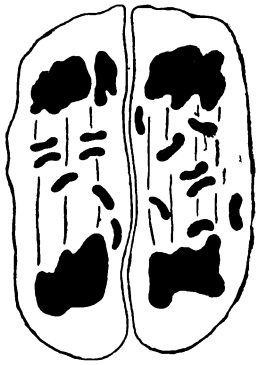

Рис. 3. Телофаза второго мейотического деления амфигаплоидного гибрида польской пшеницы на пшеницу Тимофеева со «странствующими» между полюсами хромосомами.

гибрида наблюдалось 7 бивалентных хромосом и 14 унивалентных. Такая же картина наблюдалась и в метафазах первого деления в процессе микроспорогенеза, что ясно показано на рис. 1. В анафазах первого деления наблюдалось правильное разделение бивалентных хромосом и синхронное расхождение их конъюгатов к противоположным полюсам

веретена. В то же время 14 унивалентов имели вид «странствующих» между полюсами ахроматинового веретена хромосом (рис. 2). В дальнейшем, в телофазах первого деления, эти странствующие хромосомы включались в хроматиновые сгустки, образованные слившимися между собой компонентами бивалентов и расположенные по полюсам веретена, но при этом в их распределении между полюсами не было никакого порядка. Часть же унивалентных хромосом вообще не включалась в эти сгустки и выбрасывалась за пределы веретена в плазму.

Во втором делении также наблюдались большие нарушения, сопровождавшиеся отставанием хромосом при движении их к полюсам,

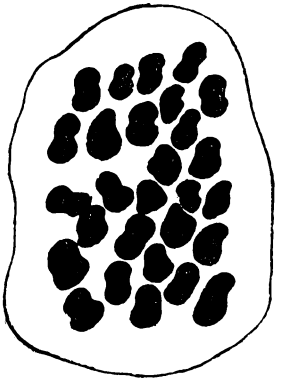

Рис. 4. Метафаза деления мейотического гибрида амфидиплоидного гибрида польской пшеницы на пшеницу Тимофеева с 28 бивалентными хромосомами.

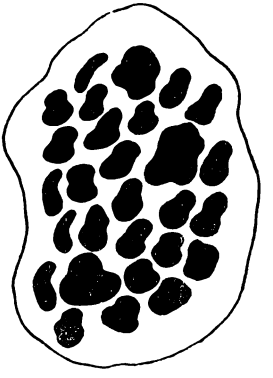

Рис. 5. Метафаза первого мейотического деления амфидиплоидного гибрида польской пшеницы на пшеницу Тимофеева с наличием одного тетравалента, двух тривалентов и 4 унивалентов.

Рис. 6. Нормальная телофаза второго мейотического деления амфидиплоидного гибрида польской пшеницы на пшеницу Тимофеева (без «странствующих» хромосом).

выбрасывание отставших хромосом в плазму с последующей их дегенерацией, что хорошо отражено на рис. 3.

В результате столь нарушенного течения мейоза нередко можно было наблюдать вместо образования обычного вида тетрад также триады и пентады. Пыльца в конечном итоге нередко была сморщенной и оказывалась стерильной, неспособной к оплодотворению.

Течение мейоза у амфидиплоидного гибрида польской пшеницы на пшеницу Тимофеева, полученного А. Р. Жебраком при воздействии колхицина (1944), было совершенно иным и, как правило, не сопровождалось сколько-нибудь существенными нарушениями.

Колхицин не останавливает деления хромосом при кариокинезе, но разрушает нити митотического веретена, и, как следствие этого, препятствует расхождению разделившихся хромосом, которые вновь собираются вместе, образуя одно ядро, но уже с удвоенным числом хромосом. Благодаря этому, в отличие от амфигаплоидного гибрида польской пшеницы на пшеницу Тимофеева, обладающего соматическим числом хромосом $2x=28$, амфидиплоидный гибрид этих же двух видов пшеницы имеет $2x=56$ хромосом.

В диакинезе и метафазах первого деления у рассматриваемого амфидиплоидного гибрида, как правило, наблюдаются 28 бивалентных хромосом (рис. 4). Изредка, однако, в метафазах первого деления можно встретить наличие и других чисел хромосом, как это, например, прослеживается на рис. 5. Здесь, кроме бивалентных ассоциаций хромосом, мож-

но видеть и наличие унивалентов и более сложных связей хромосом, одни из которых можно толковать как триваленты, а другие — как тетраваленты. Как тетравалентные хромосомные ассоциации, так и в особенности тривалентные, а также сопровождающие их униваленты иногда довольно сильно нарушают течение мейоза и приводят к образованию стерильной пыльцы. Однако большей частью мейоз протекает нормально с образованием только бивалентных связей и появляющаяся в результате мейотического деления пыльца в большинстве случаев является фертильной.

Второе деление у амфидиплоидного гибрида польской пшеницы на пшеницу Тимофеева протекает обычно правильно (рис. 6), без отстающих хромосом, и тетрады и пыльца имеют нормальный вид (рис. 7).

За счет этих небольших обычно отклонений от нормального хода мейотического деления амфидиплоидный гибрид польской пшеницы на пшеницу Тимофеева оказывается не всегда полностью фертильным, показывая частичную стерильность. Все же фертильность этого гибрида обычно высокая, и колосья хорошо озерненные. Зерновки имели крупные размеры, и вес 1000 семян обычно колебался в пределах 55—60 *г* и более. Выполненность зерновок, однако, оставляла желать лучшего.

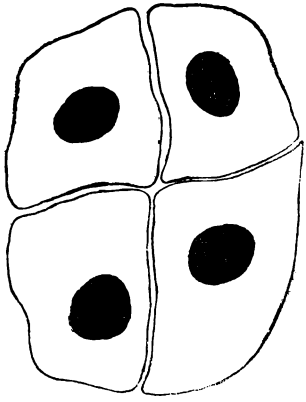

Рис. 7. Нормальная тетрада амфидиплоидного гибрида польской пшеницы на пшеницу Тимофеева.

Как уже было отмечено, геномный состав пшеницы польской должен быть выражен формулой AA+BB, а пшеницы Тимофеева — AA+GG. Первое гибридное поколение амфигаплоидного гибрида двух этих видов пшеницы, очевидно, должно иметь геномную формулу AA + B + G, причем все 7 хромосом одного генома A и все 7 хромосом второго генома A, как гомологичные, должны конъюгировать между собой, что и проявляется в наличии семи бивалентов в диакинезе и метафазах первого мейотического деления. Вместе с тем, 7 хромосом генома B и 7 хромосом генома G, как негомологичные, не вступают между собой в конъюгацию, оставаясь унивалентными. Последние обычно наблюдаются в метафазах первого деления (см. рис. 1).

В анафазах первого деления эти 14 унивалентных хромосом легко наблюдаются в качестве «странствующих» между полюсами веретена, семь же бивалентных хромосом правильно разделяются на свои компоненты, которые можно часто наблюдать на полюсах веретена (см. рис. 2). Во втором мейотическом делении также наблюдаются «странствующие» хромосомы между полюсами веретена. Здесь они часто делятся на свои две половинки (хроматиды), но частично выбрасываются и в плазму за пределы веретена, где дегенерируют (см. рис. 3). В результате этих нарушений в ходе мейоза гибрид оказывается стерильным.

У амфидиплоидного гибрида польской пшеницы на пшеницу Тимофеева процесс мейозиса, как мы видели, протекает обычно без нарушений. В силу удвоения всех хромосом от воздействия колхицина геномный состав амфидиплоидного гибрида может быть выражен формулой AA+BB+AA+GG, т. е. четырьмя геномами AA + BB, полученными со стороны польской пшеницы, и четырьмя геномами, приобретенными гибридом от пшеницы Тимофеева AA + GG. Таким образом, в амфидиплоидном гибриде хромосомы каждого из геномов имеют себе партнера в соответствующем гомологичном геноме. Геном AA

польской пшеницы поэтому должен быть представлен в мейозе семью бивалентными хромосомами, так же как геном BB, обладающий числом хромосом 7+7, который дает в мейозе 7 бивалентов. Хромосомы геномов AA и GG пшеницы Тимофеева также должны дать по 7 бивалентных ассоциаций хромосом. Общий результат процесса конъюгации должен привести к образованию в мейозе у амфидиплоидного гибрида польской пшеницы на пшеницу Тимофеева 28 бивалентных хромосом, которые мы и наблюдаем в диакинезе и в первой метафазе (см. рис. 4).

Выше, однако, было отмечено, что в мейозе у этого гибрида в диакинезе и метафазах первого деления появляются и более сложные хромосомные ассоциации по сравнению с бивалентными связями — триваленты и тетраваленты, а наряду с ними и одиночные хромосомы — униваленты. Объяснить появление более сложных хромосомных связей можно тем, что в составе амфидиплоидного гибрида присутствуют не два гомологичных генома AA, а четыре: еще два генома AA от пшеницы Тимофеева. Хромосомы этих четырех гомологичных геномов и могут образовывать соединения (конъюгацию) по четыре, если же они образуют соединения по три, то, естественно, одна их хромосома (четвертая) должна будет остаться одиночной (унивалентной).

Подобные картины диакинеза и первой метафазы с наличием более сложных хромосомных ассоциаций и унивалентов наблюдаются, в общем, не часто. Одна из таких картин отражена на рис. 5, где мы видим, наряду с преобладающими в числе бивалентами, наличие одного тетравалента, двух тривалентов и четырех унивалентов (одна пара унивалентов, видимо, обязана преждевременному распадению одного из бивалентов).

В тех случаях, когда имеет место образование тетравалентов, тривалентов и унивалентов, мейоз протекает более или менее нарушенно, но в подавляющем большинстве случаев сложные хромосомные ассоциации не возникают и все хромосомы представлены в мейозе 28 бивалентами. Последние в анафазах правильно разъединяются и синхронно доставляют своих партнеров к противоположным полюсам веретена, где они формируют дочерние ядра с гаплоидными числами хромосом (т. е. с 28 хромосомами). Второе мейотическое деление в этом случае протекает вполне нормально (рис. 6), тетрады образуются правильными (рис. 7), и пыльца имеет нормальный вид и оказывается фертильной.

Причина несовершенной выполненности зерновок у амфидиплоидного гибрида польской пшеницы на пшеницу Тимофеева остается неясной. При двойном оплодотворении первичное ядро эндосперма у амфидиплоидного гибрида должно содержать тройной набор хромосом и иметь хромосомный состав из геномов A+B+A+G (ядро спермия) +A+B+ +A+G (ядро одного полярного ядра) +A+B+A+G (ядро второго полярного ядра). Таким образом, здесь не может быть речи о несбалансированности хромосомного набора в ядрах эндосперма, которое отмечалось рядом авторов (Thompson, 1930 a, b; Wakakuwa, 1930, 1934) у амфигаплоидных пшеничных гибридов. Возможно, что причина недостаточной выполненности зерновок у амфидиплоидного гибрида польской пшеницы на пшеницу Тимофеева лежит в «избытке» хромосом геномов A.

Выводы

1. Изучение мейоза у амфигаплоидного гибрида польской пшеницы на пшеницу Тимофеева обнаружило значительные нарушения в его течении.

2. В диакинезе и метафазах первого мейотического деления у этого гибрида наблюдалось наличие 7 бивалентных и 14 унивалентных хромосом. Эти картины находят свое объяснение в наличии гомологии хромосом лишь геномов А польской пшеницы и пшеницы Тимофеева и в отсутствии гомологии хромосом генома В польской пшеницы и генома G пшеницы Тимофеева.

3. В результате отсутствия гомологии хромосом геномов В и G появляющиеся в течение мейоза унивалентные хромосомы часто «отстают» и не включаются во вновь образующиеся в результате редукционного деления дочерние ядра, следствием чего является появление в тетрадах, а также в нередко возникающих триадах и пентадах в добавлении к основному ядру еще и микроядер.

4. Несбалансированность хромосомного аппарата амфигаплоидного гибрида польской пшеницы на пшеницу Тимофеева приводит к полной стерильности пыльцы и к полной самостерильности гибрида.

5. Амфидиплоидный гибрид польской пшеницы на пшеницу Тимофеева, как обладающий удвоенным числом хромосом, имеет все хромосомы парными, что видно из его геномного состава AA+BB+AA+GG.

6. Наличие у всех хромосом амфидиплоидного гибрида парного гомолога обеспечивает нормальную конъюгацию всех его хромосом и нормальное течение мейоза. В диакинезе и метафазах первого деления обычно можно наблюдать наличие 28 бивалентных хромосом при полном отсутствии унивалентных хромосом. Иногда, однако, в силу наличия в гибриде четырех геномов А, появляются в метафазах первого деления более сложные хромосомные ассоциации — тетраваленты и триваленты, а также и унивалентные хромосомы. Наличие унивалентов и неправильное разделение тетравалентов и тривалентов в метафазах первого деления влечет за собой нарушение всего хода мейоза и в конечном результате приводит к стерильности пыльцы и к самостерильности некоторых цветков амфидиплоида.

7. Так как, однако, в подавляющем большинстве случаев у амфидиплоида мейоз идет с образованием только бивалентных хромосомных ассоциаций и поэтому протекает вполне нормально, амфидиплоид оказывается высокоплодовитым и дает только незначительную часть стерильных цветков.

8. Некоторая невыполненность зерновок амфидиплоида пока не находит себе удовлетворительного объяснения. Возможно, что в некоторой невыполненности зерновок амфидиплоида польской пшеницы и пшеницы Тимофеева повинно наличие в геномном составе не двух гомологичных геномов А, а четырех.

ЛИТЕРАТУРА

Вакар Б. А. (1929). Цитологическое изучение гибрида *Triticum persicum* Vav. на другие виды пшеницы. Труды Всесоюзного съезда по генетике и селекции в январе 1929 г. в г. Ленинграде. Т. 2, Изд. АН СССР.

Жебрак А. Р. (1939). Получение амфидиплоидов *Triticum durum* Desf. на *T. Timopheevi* Zhuk. Докл. АН СССР, т. 29, вып. 1.

Жебрак А. Р. (1940). Экспериментальное получение амфидиплоидов *Triticum polonicum* L. на *T. durum* Desf. действием колхицина. Докл. АН СССР, т. 29, № 5 и 6.

Жебрак А. Р. (1944). Получение амфидиплоидов *Triticum polonicum* L. на *T Timopheevi* Zhuk. Докл. АН СССР, т. 43, вып. 3.

Жебрак А. Р. (1957). Полидиплоидные виды пшениц. М., Изд. АН СССР.

Левитский Г. А. и Бенецкая Г. К. (1931). Цитология пшенично-ржаных амфидиплоидов. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции, т. 27, вып. 1.

Blakeslee A. and Avery A. (1937). Methods of inducing chromosome doubling in plants. Journ. Heredity, 28.

Kihara H. (1919). Zytologische Studien bei einigen Getreide-Arten. Bot. Mag. Tokyo, 32.
Kihara H. (1924). Cytologische und genetische Studien bei wichtigen Getreide-Arten mit besonderer Rücksicht auf das Verhalten der Chromosomen und die Sterilität in den Bastarden. Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ. B. I.
Kihara H. und Lilienfeld F. (1934). Genomanalyse bei Triticum und Aegilops. Y. Triticum Timopheevi Zhuk. Cytologia, 6, I.
Kostoff D. (1937). Cytological studies on certain progenies of the hybrid *Triticum Timopheevi* Zhuk. × *Triticum persicum* Vav. Cytologia, Fujii jub., vol. I.
Tschermak E. und Bleier H. (1926). Ueber fruchtbare Aegilops-Weizen Bastarde. Berichte d. deutsche bot. Ges., 44.
Thompson W. P. (1930a). Schrivelled endosperm in species crosses in wheat, its cytological causes and genetical effects. Genetics, 15.
Thompson W. P. (1930b). Causes and difference in success of reciprocal interspecific crosses. Amer. Nat., 64.
Wakakuwa Sh. (1930). Bestaubungs- und Keimungsversuche in reciproken Triticum-Kreuzungen (Japanese), Japan Journ. Gen., 6.
Wakakuwa Sh. (1934). Embryological studies on the different seeddevelopment in reciprocal interspecific crosses in wheat. Japan. Journ. Bot., vol. VII, Nr. 1—2.

ЗАПИСКИ СВЕРДЛОВСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ВСЕСОЮЗНОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Вып. 3 1964

П. Л. ГОРЧАКОВСКИЙ, Н. П. АРХИПОВА

РАСТИТЕЛЬНЫЙ МИР ОБНАЖЕНИЙ ГРАНИТА, ДУНИТА И ДРУГИХ ГОРНЫХ ПОРОД НА ВОСТОЧНОМ СКЛОНЕ СРЕДНЕГО УРАЛА

На восточном склоне Среднего Урала, например, в радиусе 50—70 *км* от г. Свердловска, среди леса, преимущественно на возвышенных местах, встречаются многочисленные выходы гранитных останцев и глыб. Значительно реже встречаются обнажения дунита, габбро, амфиболита и диабаза. Гранитные останцы достигают значительной высоты (до 15—18, а иногда до 40 *м*), и очертания их порой очень причудливы. Многие выходы скал не имеют собственных названий и объединены под общим наименованием «каменных палаток» или «шиханов». Но за более крупными или примечательными своей формой останцами закрепились особые названия: Чертово городище, Семь братьев, Марков камень, Шарташские каменные палатки и т. п. Некоторые скалы названы по имени гор, на вершине которых они расположены (Волчиха, Азов, Мотаиха и др.). Возникли эти причудливые геологические образования в результате неравномерного выветривания возвышенностей (гор, увалов, холмов), сложенных массивнокристаллическими горными породами.

Большинство гранитных останцев, а также некоторые обнажения дунитов и других горных пород представляют разносторонний научный и культурно-просветительный интерес. Они наглядно иллюстрируют ход процессов разрушения и выветривания горных пород на поверхности земной коры. В этих процессах принимают активное участие и растения — накипные и листоватые лишайники, а также некоторые мхи, образующие пестрый узор на поверхности каменных глыб. В расщелинах между глыбами и мелких трещинах, заполненных мелкоземистыми продуктами выветривания, обитают интересные виды папоротников; некоторые из них довольно редки на Урале. Встречаются на скалах и у их подножия редкие цветковые растения, из которых наиболее интересен эндемичный для Среднего и Южного Урала вид астрагала *Astragalus Clerceanus* Iljin et Krasch. Некоторые гранитные скалы (Чертово городище, Шарташские каменные палатки) служили жертвенным местом первобытных людей; в сарматское время (от III в. до н. э. до IV в. н. э.) на них совершались различные обрядовые церемонии, приносилось в жертву мясо животных (Берс, 1963). Глиняные сосуды устанавливались на самых высоких выступах скал. У подножия скалистых останцев обнаружено много бронзовых и железных изделий, орнаментированных черепков глиняных сосудов, пережженных костей животных и т. п.

Если в прошлом скалистые останцы, затерянные среди лесов, были мало известны местному населению и посещались редко, то теперь

многие из них стали традиционными местами пригородных экскурсий и туристских походов. Такие скалы, как Чертово городище, Шарташские каменные палатки и др., посещаются почти ежедневно в любое время года, причем приток экскурсантов растет. Вместе с тем усиливается и воздействие человека на их первобытную природу. Вытаптывание почвы у подножия скал и в расщелинах, где скапливается мелкозем, уничтожение обитающих здесь растений, разведение костров в нишах и у основания скал, откалывание кусков горной породы, надписи и т. п.— все это коренным образом изменяет первоначальный облик скал, условия обитания здесь растений, снижает научное и культурно-эстетическое значение этих оригинальных образований.

В связи с этим становится очевидной необходимость сохранить наиболее ценные в научном отношении и интересные скалистые останцы, находящиеся в пригородной зоне Свердловска. Решением исполкома Свердловского областного Совета депутатов трудящихся гранитные останцы Чертово Городище, Семь братьев, гранитные скалы у станции Северка, Шарташские каменные палатки и Марков камень объявлены памятниками природы. К сожалению, естественная растительность этих наиболее посещаемых экскурсантами скал, особенно Шарташских каменных палаток и Чертова городища, в последнее время сильно изменилась и обеднилась. Это особенно бросается в глаза тем, кто имеет возможность по личным наблюдениям сопоставить состояние растительности скал 10—15 лет назад с их современным состоянием. Лучше сохранился растительный покров на некоторых менее известных и не столь крупных скалистых останцах, рассеянных среди пригородных лесов. В ближайшее время, вероятно, возникнет необходимость объявления памятниками природы и других интересных скал, не вошедших в упомянутый перечень.

О строении поверхности восточного склона Среднего Урала и некоторых особенностях встречающихся здесь обнажений горных пород

Западная часть территории пригородной зоны г. Свердловска (в радиусе 50—70 *км*) расположена в пределах восточного склона Среднего Урала, со средними высотами порядка 300—500 *м* над ур. м., а восточная — в пределах примыкающего к нему зауральского пенеплена, где господствуют высоты порядка 250 *м* над ур. м. Самыми крупными горами являются Волчиха (525 *м*) и Азов (588 *м*).

В рельефе окрестностей города преобладают холмы, невысокие горы и вытянутые преимущественно в меридиональном направлении увалы мягких, сглаженных очертаний. На вершинах и склонах нередко встречаются скалы-останцы в виде гранитных столбов, причудливо нагроможденных плоских матрацевидных гранитных плит или крупных глыб, расчлененных горизонтальными и вертикальными трещинами. Встречаются также скалистые обнажения, состоящие из других горных пород (дунитов, габбро, диабазов).

В геологическом строении восточного склона Среднего Урала наблюдается тесная связь между основными тектоническими структурами и крупными формами рельефа; меридиональное простирание хребтов связано с таким же простиранием пластов устойчивых горных пород, слагающих, главным образом, положительные структуры (Краснов, 1958). Межгорные меридиональные понижения заняты чаще всего речными долинами или озерами.

Территория восточного склона Урала на интересующем нас участке

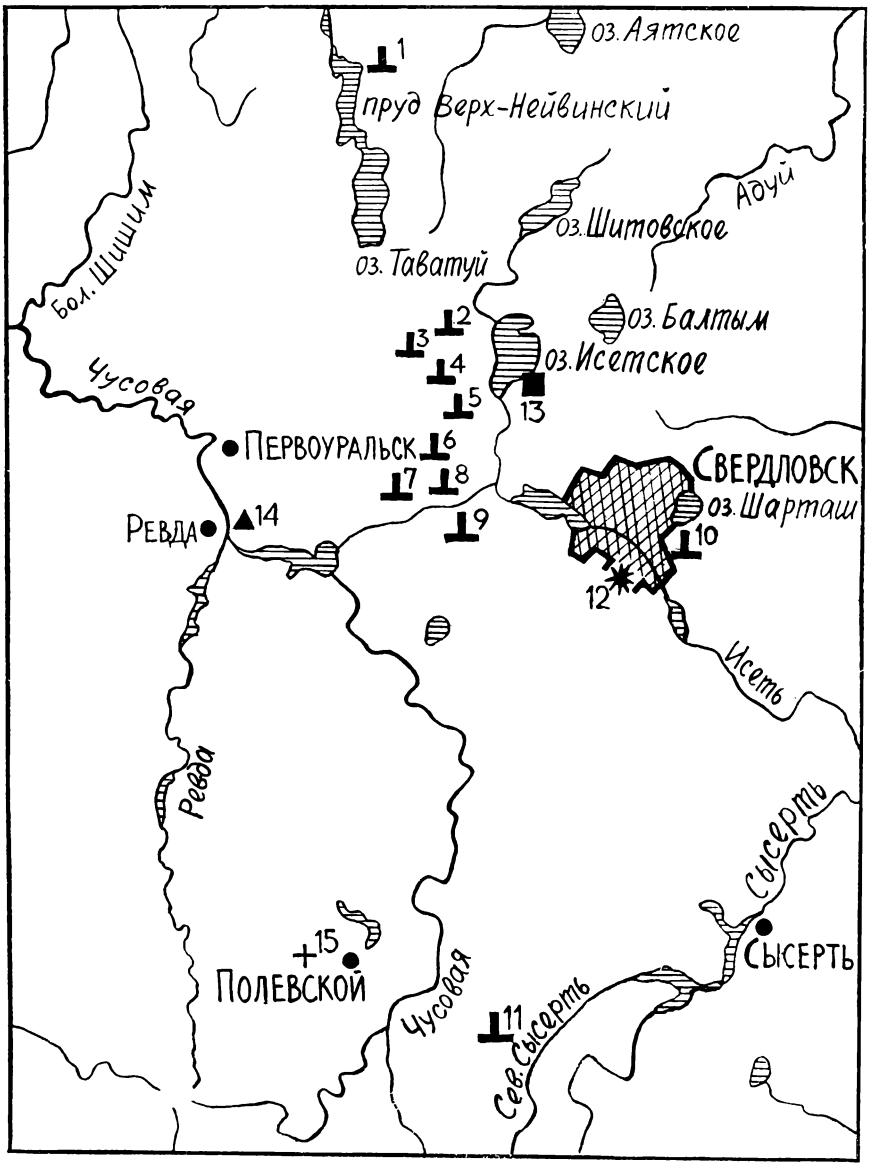

Рис. 1. Схема расположения наиболее интересных обнажений горных пород в окрестностях г. Свердловска.

А — гранитные останцы (*1* — Семь братьев, *2* — скалы П. Гронского, *3* — Толстиха, *4* — скалы на горе Мотанхе, *5* — Чертово городище, *6* — скалы на горе Пшеничной, *7* — Соколиные скалы, *8* — Северские скалы, *9* — Палкинские каменные палатки; *10* — Шарташские каменные палатки, *11* — Марков камень), *Б* — обнажения дунита (*12* — Уктусские горы), *В* — обнажения амфиболита и гнейса (*13* — скалы на восточном берегу озера Исетского), *Г* — обнажения габбро (*14* — гребень горы Волчихи), *Д* — обнажения диабаза (*15* — вершина горы Азов).

относится в основном к западной части Восточно-Уральского палеозойского поднятия, представляющего собой совокупность антиклинориев и синклинориев, протягивающихся примерно в меридиональном направ-

лении (Соболев, 1961). В центре антиклинориев расположены гранитные интрузии, залегающие в палеозойских, в значительной степени метаморфизованных породах, или в метаморфических породах проблематического возраста. В синклинальных зонах расположены толщи палеозойских осадочных, вулканогенных и метаморфических пород, в которых залегают интрузии габбро и перидотитов.

К Нижне-Тагильскому синклинорию, расположенному западнее упомянутого палеозойского поднятия, относится сложенная габбро и пироксенитами гора Волчиха; ее скалистый гребень состоит из габбро.

К востоку от Нижне-Тагильского синклинория на восточном склоне Среднего Урала и в примыкающей части зауральского пенеплена располагаются многочисленные гранитные интрузии, имеющие вид меридионально вытянутых массивов; в рельефе им обычно соответствуют невысокие холмы и увалы. В гранитной магме, в процессе ее охлаждения на разных глубинах, возникла закономерная система трещин: вертикальных и горизонтальных. Такая трещиноватость в сочетании с воздействием агентов выветривания привела к образованию столбчатых или пластообразных отдельностей. Так возникли характерные формы выветривания гранитов — каменные столбы и нагромождения матрацевидных плит. К северо-восточной окраине г. Свердловска примыкает сравнительно небольшой Шарташский гранитный массив. Это типичный лакколит гранита с прослойками жильных пород: плагиогранит-порфиров, кварцевых гранит-порфиров и др. В его пределах лежит оз. Шарташ с примыкающими к нему с юга Шарташскими каменными палатками. К западу и северу от г. Свердловска расположен более крупный Верх-Исетский гранитный массив. Он вытянут с севера на юг более чем на 80 *км*, а с запада на восток — более чем на 30 *км*. По данным Б. М. Романова (1944), тело Верх-Исетской гранитной интрузии имеет крутое падение на запад. В пределах Верх-Исетского гранитного массива расположены озера Таватуй, Аятское, Исетское и Песчаное, Верх-Нейвинский и Верх-Исетский пруды. Здесь же поднимаются гранитные останцы — Чертово городище, Семь братьев, скалы Петра Гронского, скалистые вершины гор Пшеничной, Толстихи и др., скалы на горе Мотаихе, Северские скалы, Соколиный камень, Палкинские каменные палатки и др. К югу от г. Свердловска находится Арамильско-Сысертский гранитный массив, к которому относится скала Марков камень.

На южной окраине г. Свердловска располагается Уктусский габбро-пироксенитовый массив, залегающий среди вулканогенно-осадочных пород предположительно силурийского возраста (Безман, 1961). Наиболее возвышенные участки на Уктусских горах связаны с выходами дунитов.

Эпейрогенические поднятия конца третичного и начала четвертичного периодов вызвали усиление процессов эрозии и денудации, повлекли за собой бо́льшее расчленение гор, перестройку древней речной сети. В результате возникли современные формы рельефа, а во многих местах горные породы, освободившись от покрова более поздних осадков, вышли на поверхность, подвергшись выветриванию.

Естественные обнажения скал на восточном склоне Среднего Урала, в окрестностях г. Свердловска, представляющие интерес с ботанической точки зрения, сложены в основном магматическими горными породами, среди которых преобладают интрузивные (дуниты, габбро, граниты), реже встречаются эффузивные (диабазы). По степени участия в их составе кремнезема упомянутые магматические породы неоднородны: дуниты и габбро относятся к ультраосновным, диабазы к основным, граниты — к кислым. Преобладающими компонентами дунитов являются

SiO_2 (около 35%) и MgO (43%), а габбро — SiO_2 (42%), CaO (10%) и Al_2O_3 (15%); эти породы отличаются высокой стойкостью к выветриванию, образуя в естественных обнажениях крупноглыбовые скалы, разбитые системой трещин различного направления. Выветривающаяся поверхность габбро приобретает бурую, а дунитов — ржаво-бурую окраску. В составе диабазов преобладают SiO_2 (около 50%), Al_2O_3 (16%), CaO (7%). Граниты содержат около 70% SiO_2 и 15% Al_2O_3; они менее противостоят выветриванию, чем дуниты и габбро. Местами на поверхность выходят метаморфические породы, представленные в основном амфиболитами и гнейсами. Важнейшие компоненты амфиболитов таковы: SiO_2 (около 47%), Al_2O_3 (15%), FeO (9%), MgO (8%), CaO (10%)[1].

Разрушению скал в значительной степени способствуют микроорганизмы — бактерии и водоросли, а также поселяющиеся обычно вслед за ними лишайники. Лишайники выделяют особые органические кислоты (лихенокислоты), ускоряющие разрушение и размельчение поверхностного слоя горной породы. Слоевища их внедряются в мельчайшие трещины на выветривающейся поверхности горной породы. Одевая поверхность плотной коркой, слоевища лишайников содействуют слущиванию наружного выветрелого слоя. Слущивание особенно интенсивно происходит в солнечные дни, когда вследствие разницы температур в поверхностном слое возникают напряжения, приводящие к отделению от породы ее поверхностного слоя вместе со слоевищем лишайника.

Наиболее интересные скалистые обнажения

Гранитные останцы

Чертово городище. К северо-западу от г. Свердловска, в пяти километрах от пригородной станции Исеть, на вершине горы возвышается над сосновым лесом причудливое нагромождение скал, издавна называемое «Чертовым городищем». Это замечательное по своей красоте место ежегодно посещается многочисленными группами туристов.

Чертово городище, находящееся на высоте 349 *м* над ур. м., представляет гряду гранитных башен-останцев, тесно смыкающихся друг с другом и образующих огромную каменную стену. Каждая башня сложена из плоских гранитных глыб, наложенных стопкой друг на друга. Некоторые башни вверху грибообразно расширены, другие, напротив, сужаются на вершине. Наибольшую высоту (18 *м* над поверхностью) имеют каменные башни, составляющие центральную часть стены; к краям же их высота постепенно понижается. Вся зубчатая гряда, выгнутая на вершине дугой, ориентирована своей длинной стороной в западно-северо-западном направлении. Особенно неприступно городище с севера и северо-востока. Благодаря зубчатым очертаниям и наличию ниш выветривания, оно походит на стену средневекового замка с башнями и бойницами. В центральной части городища одна из ниш выветривания, находящаяся высоко над поверхностью земли, настолько углубилась, что возник сквозной пещерообразный проход через каменную стену. К самой высокой скале теперь протянута деревянная лестница и на вершине сооружена площадка с перилами. Отсюда раскрывается прекрасная панорама.

В настоящее время Чертово городище сильнее разрушается с южной и западной сторон, о чем свидетельствует обилие гранитных обломков у подножия. Неравномерность разрушения гранитных глыб объясняется

[1] Данные о химическом составе горных пород приводятся по Е. А. Кузнецову и Г И. Лучицкому (1936) и по И. Д. Соболеву (1961).

Рис. 2. Чертово городище. Вид с юго-восточной стороны.

резкими температурными колебаниями на хорошо освещаемом солнцем южном склоне и более интенсивным воздействием дождя и ветра со стороны господствующих ветров с запада.

Другие скалы в окрестностях станции Исеть. В районе станции Исеть менее значительные гранитные скалы выходят на поверхность во многих других местах. Это скалы Петра Гронского, скалистые обнажения на горах Мотаихе и Толстихе.

Скалы Петра Гронского[1] образуют высокую каменную гряду на вершине одноименной горы, расположенной в 3 *км* к северо-западу от станции Исеть. Затерянные в глухом лесу, они еще мало затронуты воздействием человека. Каменная гряда вытянута с запада на восток, северный склон ее крут, южный склон более пологий, здесь много каменных обломков и глыб. Скалы более высоки в восточной части, где в виде зубьев возвышаются отдельные глыбы, сложенные из матрацевидных налегающих друг на друга плит. Центральная, самая крупная глыба, достигает высоты 14 *м*. Вертикальными трещинами образованы большие сквозные щели, много глубоких ниш. В западной части гряды скалы становятся ниже, поднимаясь над поверхностью всего лишь на 3—5 *м*. Ширина гребня 6 *м*. Общая протяженность скал более 300 *м*.

Гора Мотаиха расположена к юго-западу от станции Исеть, в истоках р. Кедровки, впадающей в Исетское озеро. Это большой, протяженностью в несколько километров, залесенный массив с выходом обнаженных гранитных скал. Высота горы Мотаихи 428 *м*, относительная высота скал 12—15 *м*.

---

[1] Названы по имени рабочего Верх-Исетского завода П. Гронского, участника революционного движения. Согласно преданию, рабочие-революционеры проводили здесь тайные собрания и прятали оружие.

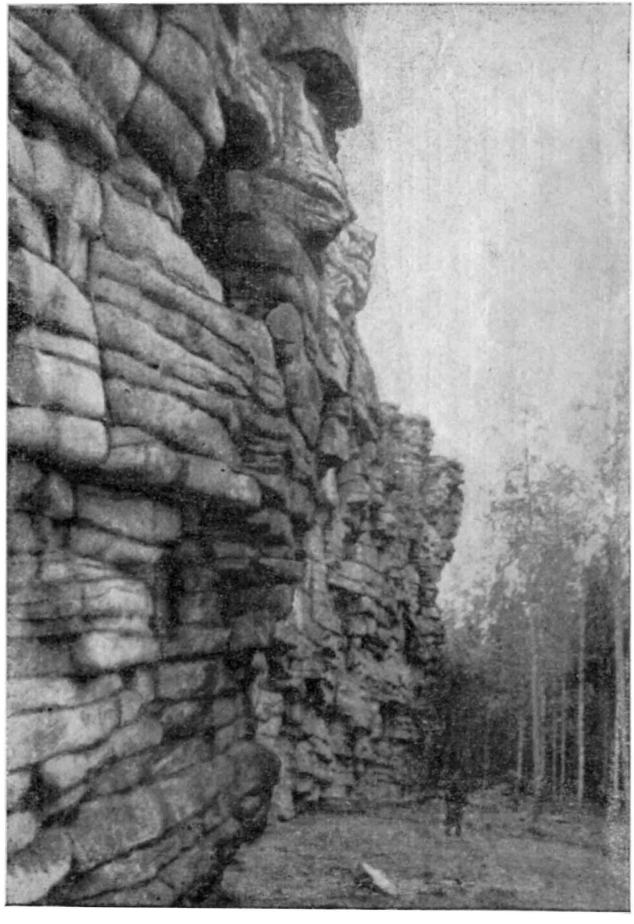

Рис. 3. Вид на северную отвесную стену Чертова городища.

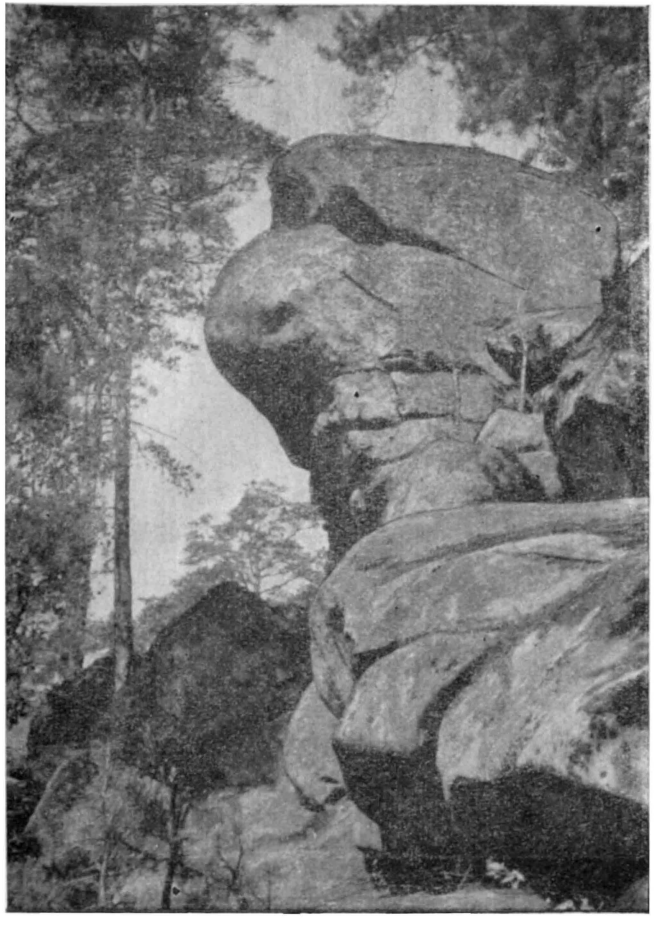

Рис. 4. Северские скалы.

Западнее горы Мотаихи находится более высокая вершина — Толстиха (461 *м*). На вершине ее выходят на поверхность гранитные обнажения типа каменных палаток.

Скалы в районе станции Северка. К западу от г. Свердловска, в 200—250 *м* от железнодорожной станции Северка, находятся очень интересные живописные скалы. Как огромный скалистый утес возвышаются они над межгорной котловиной, где протекают реки Северка и Решетка. Скалы вытянуты в виде двух гряд с запада на восток. Эти скалы сложены серыми гранитами с частыми вкраплениями черной слюды и большим содержанием полевого шпата. Южная гряда (расположенная ближе к станции) не очень высока, но тянется метров на 200—300. Высота скал со стороны южного склона гряды достигает 12—15 *м*, а на северном 5—7 *м*. Северная гряда разрушена в большей степени; в юго-западной ее части некоторые скалы достигают высоты 20—25 *м*. Общая протяженность этой скалистой гряды более 500 *м*. Скалы обеих гряд более округлых очертаний, но и здесь местами встречаются матрацевидные плиты. Формы выветривания очень причудливы. В скалах южной гряды местами можно встретить мельчайшие соты и ячейки выветривания, более крупные ниши, карнизы, котлы выдувания, а также сквозные отверстия. Северная гряда, особенно со стороны южного и западного склонов, разбита сетью глубоких вертикальных трещин, поэтому здесь местами имеются высокие гранитные столбы.

В 2—3 *км* от этих скал на запад-северо-запад, по левому берегу небольшой горной речки Северки (приток р. Решетки), поднимаются живописные скалы, имеющие общее название Соколиный Камень. С самой высокой из скал, поднимающейся почти отвесно на 15—18 *м* над поверхностью, открывается замечательный вид на окрестные леса и долину р. Северки. Здесь преобладают крупные глыбы округлых очертаний, реже встречаются матрацевидные плиты.

Небольшие нагромождения гранитных скал известны и на вершине горы Пшеничной, возвышающейся над северным берегом оз. Песчаного, в 4 *км* на север от станции Северка, и близ восточного берега этого озера.

Палкинские каменные палатки. Около железнодорожной станции Палкино и села того же названия находятся Палкинские каменные палатки. Они расположены в 1 *км* к юго-западу от станции. Скалистый гребень на вершине увала протянулся с юго-запада на северо-восток на 300—500 *м*. Самые высокие скалы находятся в юго-западной части гребня. Они имеют вид устремленных кверху гранитных зубьев, изъеденных ячеистым выветриванием. Высота скал с южной стороны достигает 12—15 *м*, а с северной — 5—7 *м*. Скалы сильно разрушены, крупные глыбы гранитов округлились. Формы выветривания здесь также разнообразны — от небольших неглубоких ячеек до крупных ниш, карнизов, котлов выдувания. По южному склону горы разбросаны россыпи гранитных обломков, занимающие всю верхнюю часть склона.

Довольно много менее высоких гранитных останцев рассеяно на участке между станцией Палкино и полупроточным озером Мелким, представляющим собой расширенное русло реки Исети с заболоченными берегами.

Скалы Семь братьев. Гранитные скалы Семь братьев венчают купол горы Семибратской (422 *м*), расположенной к востоку от северного конца Верхнейвинского пруда. Это самые высокие гранитные скалы в окрестностях г. Свердловска. Длина каменной гряды, вытянутой по гребню горы Семибратской с северо-востока на юго-запад, более 500 *м*. Относительная высота отдельных столбов достигает 30 *м*, а самый большой

центральный столб имеет высоту 42 *м*. Основная форма залегания гранитов — столбы и матрацевидные плиты, расчлененные серией вертикальных и горизонтальных трещин. Местами в скалах встречаются сквозные отверстия, в ряде мест выражены карнизы и ниши. Основные башни-столбы отчленены друг от друга только в верхней своей части,

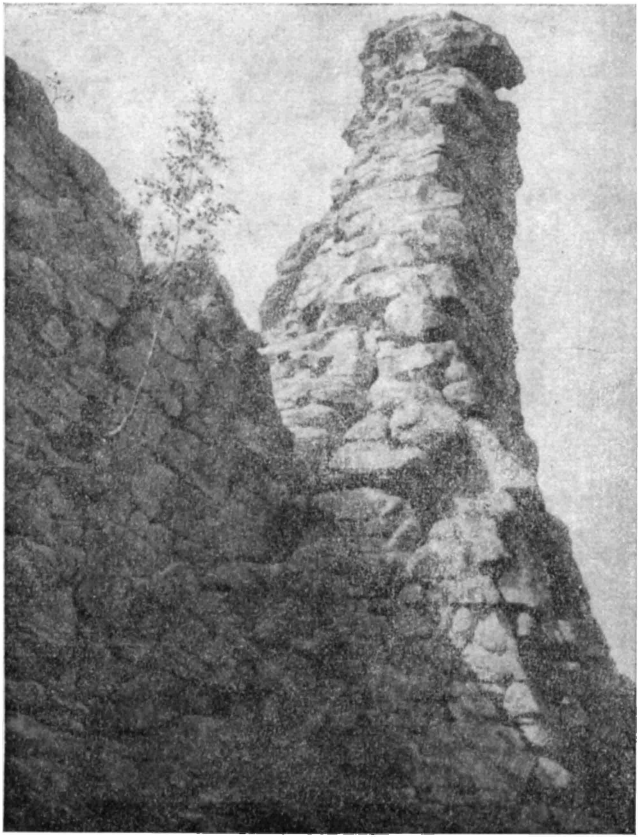

Рис. 5. Наиболее крупная вершина гранитного гребня «Семь братьев».

а у основания скалы имеют единый общий цоколь. Скалы совершенно отвесны на северном склоне и ступенчаты на южном. Зубчатый гребень в плане слегка дугообразно изогнут; западная его часть ориентирована в северо-западном направлении, центральная — в широтном, а восточная — в северо-восточном. У основания южного склона нагромождены многочисленные каменные обломки. Кроме семи самых крупных столбов («братьев»), имеются менее значительные выходы гранитных глыб; одна из них названа «сестрой».

Высокие скалы горы Семибратской поднимаются выше окружающего их соснового (местами с примесью липы) леса. С вершины скал видны окрестные горы, синяя гладь озера Таватуй на западе, Шитовского и Исетского озер — на юго-востоке, Аятского озера — на северо-востоке.

Шарташские каменные палатки. Шарташские каменные палатки относятся уже к Шарташской гранитной интрузии. Они расположены

к югу от озера Шарташ, в 0,8 *км* от берега. Скалы, венчающие вершину горы (301 *м* над ур. м.), образуют каменную стену, вытянутую с юго-запада на северо-восток. Длина этой каменной гряды около 200 *м*, ширина

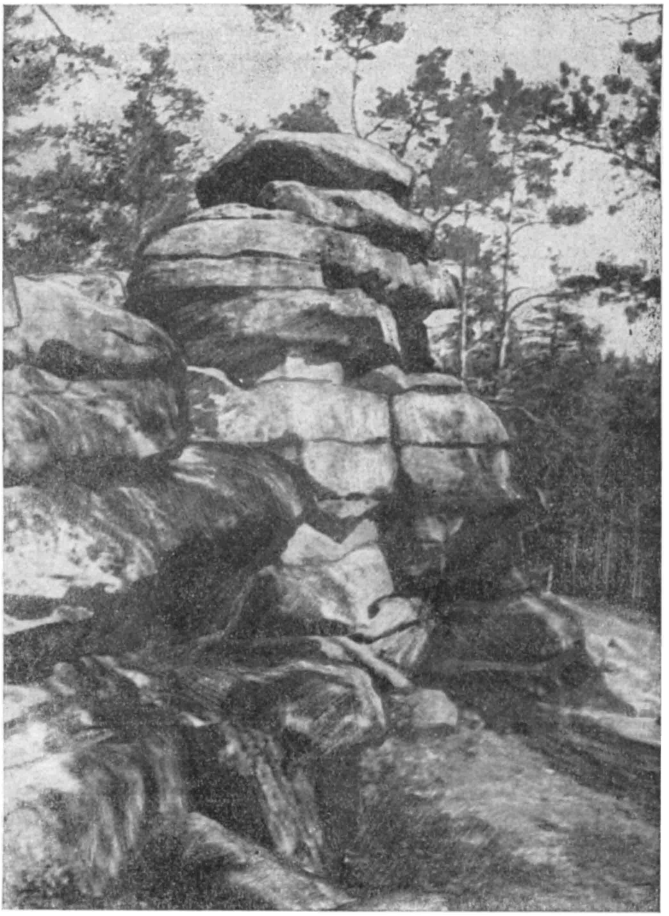

Рис. 6. Шарташские каменные палатки.

до 6 *м*. Гряда расчленена на три более крупных выхода скал. В северо-западной части гряды расположен скалистый выступ длиной около 10 *м*, высотой до 3,5 *м*. Затем после двухметрового интервала следует самый крупный центральный останец длиной 15 *м*; высота скал с южной стороны около 10 *м*, с северной стороны 8 *м*. К северо-востоку, в 15 *м* от центрального останца, располагается куполовидный останец длиной 9 *м*, высотой 7 *м* с южной и 5 *м* с северной стороны. По обе стороны от этих более крупных останцев имеются многочисленные более мелкие выходы каменных глыб. Граниты представлены здесь матрацевидными плитами, наложенными друг на друга. Местами скалы образуют ниши, карнизы, сквозные отверстия.

Скалы расположены среди березо-соснового леса, сильно измененного человеком, а скальная растительность во многих местах полностью уничтожена.

Марков камень. К югу от г. Свердловска, где гранитные интрузии занимают меньшую площадь, выходы гранитных глыб встречаются реже. Одним из наиболее интересных является гранитный останец Марков камень. Он расположен на водоразделе между реками Сысерть и Чусовая, на вершине горы высотой 416 *м*. Гранит выходит на поверхность типичными округлыми плитами, образуя несколько столбов, образовавшихся в результате длительных процессов разрушения. Гранитное обнажение невысокое, высота скал всего лишь 8 *м*, длина их около 20 *м*. Оно укрыто густым сосновым лесом, причем вершины сосен значительно возвышаются над скалами.

Обнажения дунита

Уктусские горы (328 *м* над ур. м.) расположены на южной окраине г. Свердловска. С севера и запада они ограничены небольшой речкой Патрушихой (притоком р. Исети), а с востока — Нижне-Исетским прудом. С южной стороны к Уктусским горам примыкает более высокий Елизаветинский массив.

Рис. 7. Обнажение дунита на Уктусских горах.

Уктусские горы представляют собой останцевый массив, возвышающийся над размытой поверхностью Зауральского пенеплена. Горы сложены интрузивными основными и ультраосновными породами: в западной части по склонам их к долине р. Патрушихи обнажаются дуниты, на северо-востоке местами на поверхность выходят габбро, а центральная часть массива состоит преимущественно из пироксенитов и перидотитов.

Массив Уктусских гор покрыт сосновыми лесами, среди которых кое-где на поверхность выходят обнажения различных горных пород. Из

них наибольший интерес представляют обнажения дунита, хорошо выраженные в северо-западной части массива на крутых склонах к реке Патрушихе (близ горнолыжной станции). Сосновый лес, окружавший в недалеком прошлом эти обнажения, сильно расстроен рубками, а местами полностью уничтожен.

Обнажения габбро

Относящаяся к Ревдинскому габбровому массиву гора Волчиха расположена в водораздельной части Среднего Урала на правобережье р. Чусовой. Гора имеет форму шатра. Склоны ее покрыты сосновыми и березово-сосновыми лесами, местами прерывающимися на крутых южном и восточном склонах каменными россыпями. Скалистый гребень горы, сложенный габбро, в основном безлесен.

Обнажения диабаза

На восточном склоне меридионального Уфалейского увала, в левобережной части бассейна верхнего течения реки Чусовой неподалеку от пос. Полевского находится гора Азов. Склоны этой горы покрыты сосновыми лесами, а вершина ее представляет собой зубчатый гребень диабазовых скал, расчлененных глубокими трещинами.

Обнажения амфиболита и гнейса

На восточном берегу озера Исетского близ пос. Средне-Уральска имеется скалистый обрыв высотой до 10 *м*, где вскрывается толща амфиболита и гнейса. Она слагает восточное крыло Верх-Исетского антиклинория, контактируя с гранитным массивом. Амфиболиты и гнейсы возникли здесь за счет метаморфизма пироксеновых и плагиоклаз-пироксеновых порфиритов и их туфов (Соболев, 1961).

Систематический список наиболее характерных и интересных растений, встречающихся на обнажениях гранита, дунита и других горных пород в окрестностях г. Свердловска

Лишайники (Lichenes)[1]

Сем. Chrysothrichaceae

Crocynia membranacea (Dicks.) A. Z. Образует налет (в виде губчатой голубовато-белой корочки) на поверхности сырых гранитных скал в тенистых местах, особенно в расщелинах и нишах, иногда на отмершей дерновине мхов. Северские, Соколиные скалы, Мотаиха, Пшеничная, Чертово городище.

Сем. Diploschistaceae

Diploschistes bryophyloides (Nyl.) A. Z. Встречается на поверхности гранитных глыб. Северские скалы.

Сем. Cladoniaceae

Cladonia destricta Nyl. (определила Е. Штукенберг). На горизонтальной поверхности гранитных скал с развитым слоем мелкозема или на отмершей дерновине мхов. Чертово городище, Соколиные скалы.

C. chlorophaea (Flk.) Spr. На горизонтальной поверхности гранитных

[1] Определения лишайников проверены и подтверждены, а в значительной части выполнены действ. членом АН Белорусской ССР М. П. Томиным (Минск). Коллекция мхов просмотрена и отчасти определена А. Л. Абрамовой (Ленинград, Ботанический институт АН СССР) и Р. Н. Шляковым (г. Кировск, Ботанический сад). За помощь в работе авторы выражают этим лицам свою сердечную признательность.

глыб, где скапливается мелкозем, или на отмершей дерновине мхов. Скалы П. Гронского, Соколиные, Северские скалы.

C. cornuta Nyl. Скопления мелкозема на гранитных глыбах. Скалы П. Гронского.

C. gracilis (L.) Willd. На гранитных глыбах в местах скопления мелкозема. Чертово городище.

Stereocaulon condensatum Hoffm. Среди глыб гранитов на мелкоземе. Северские скалы.

Сем. Gyrophoraceae

Gyrophora Mühlenbergii Ach. На поверхности гранитных глыб, преимущественно на отвесных каменных стенах, с северной стороны. Чертово городище, Палкинские каменные палатки, скалы П. Гронского.

Umbilicaria pennsylvanica Hoffm. Наиболее распространенный лишайник, встречается на гранитах почти всюду, чаще на обращенных к северу отвесных стенах каменных глыб. Семь братьев, Чертово городище, Мотаиха, скалы у оз. Песчаного, Северские скалы, Шарташские и Палкинские каменные палатки, Чертово городище, скалы между пос. Горный щит и дер. Седельниково.

Сем. Lecanoraceae

Lecanora cinerea (L.) Röhl. На поверхности гранитных скал близ оз. Песчаного.

L. frustulosa (Dicks.) Ach. На гранитных глыбах скал П. Гронского.

L. Garovaglii (Körb.) A. Z. На гранитных скалах. Шарташские и Палкинские каменные палатки, Северские скалы, Семь братьев.

L. muralis (Schreb.) Rabh. Гранитные скалы, на поверхности. Марков Камень, скалы П. Гронского, Мотаиха.

Candelariella aurella (Hoffm.) A. Z. На поверхности гранитных скал. Палкинские каменные палатки.

C. vitellina (Ehrh.) Müll.-Arg. Обнажения дунитов, на поверхности глыб. Уктусские горы.

Сем. Parmeliaceae

Parmelia caperata (Hoffm.) Nyl. На гранитных скалах между пос. Горный щит и дер. Б. Седельниково.

P. conspersa Ach. На гранитных скалах. Горы Мотаиха, Пшеничная, скалы П. Гронского, Северские скалы, Палкинские каменные палатки.

P. molliuscula Ach. На поверхности гранитных скал. Чертово городище, Северские скалы, г. Пшеничная, скалы П. Гронского, Палкинские и Шарташские каменные палатки.

P. omphalodes (L.) Ach. На скоплениях мелкозема среди гранитных скал. Чертово городище, скалы П. Гронского, Северские скалы, г. Пшеничная, Палкинские и Шарташские каменные палатки.

P. rubescens (T. Fr.) Vain. Среди гранитных глыб на местах скопления мелкозема. Чертово городище.

Cetraria pinastri (Scop.) Röhl. var. *soralifera*. На гранитных скалах. Гора Пшеничная.

Сем. Usneaceae

Evernia thamnodes (Flot.) Arn. Изредка на мелкоземистых продуктах разрушения гранитных глыб. Северские скалы.

Сем. Caloplacaceae

Caloplaca elegans (Link.) Th. Fr. На поверхности дунитовых скал Уктусские горы.

C. granulosa (Müll.-Arg.) Jatta. На гранитных скалах Семь братьев, изредка.

Сем. Buelliaceae

Rinodina oreina (Ach.) Mass. На гранитных скалах. Чертово городище, скалы П. Гронского.

Сем. Physciaceae

Physcia caesia (Hoffm.) Hampe. Обнажения дунита, на каменных глыбах. Уктусские горы.

Lichenes imperfecti

Lepraria chlorina Ach. Образует желтый мучнистый налет на поверхности гранитных глыб в сырых тенистых местах, особенно в расщелинах. Чертово городище, Соколиные скалы.

Лиственные мхи (Musci)

Сем. Polytrichaceae

Polytrichum juniperinum Hedw. На мелкоземе в расщелинах гранитных глыб. Северские скалы, гора Пшеничная, скалы П. Гронского.

P. piliferum Hedw. В местах скопления мелкозема на гранитных останцах. Северские скалы, Палкинские каменные палатки, гора Пшеничная.

Сем. Ditrichaceae

Ceratodon purpureus (Hedw.) Brid. По обнажениям гранитов на скоплениях дресвы. Соколиные скалы, Мотаиха, Чертово городище, скала П. Гронского, Шарташские каменные палатки. Дунитовые скалы на Уктусских горах.

Сем. Dicranaceae

Cynodontium strumiferum (Hedw.) De Not. В расщелинах и на отвесных стенах гранитных глыб. Соколиные скалы, горы Пшеничная и Мотаиха, скалы близ озера Песчаного, Чертово городище, скалы П. Гронского.

C. tenellum (Br., Schimp. et Gümb.) Limpr. Гранитные скалы, в расщелинах. Чертово городище, скалы П. Гронского, Соколиные и Северские скалы, Шарташские каменные палатки.

Paraleucobryum longifolium (Hedw.) Loeske. Гранитные останцы, на скоплениях дресвы. Соколиные скалы, скалы близ оз. Песчаного.

Сем. Bryaceae

Pohlia nutans (Hedw.) Lindb. На продуктах выветривания гранитов (дресве) у основания скал и в глубоких тенистых расщелинах. Северские скалы, Чертово городище, скалы между ст. Палкино и оз. Мелким.

Сем. Mniaceae

Mnium riparium Mitt. В тенистой глубокой расщелине на отвесной стене гранитных скал близ оз. Песчаного.

M. cinclidioides (Blytt) Hub. В расщелинах гранитных скал на Чертовом городище.

Сем. Orthotrichaceae

Ulota curvifolia (Wahlenb.) Brid. На выветривающейся поверхности каменных глыб, в защищенных от ветра местах. Соколиные скалы.

Сем. Hedwigiaceae

Hedwigia ciliata (Ehrh.) Hedw. По скоплениям мелкозема на горизонтальной поверхности гранитных глыб и в расщелинах. Соколиные, Север-

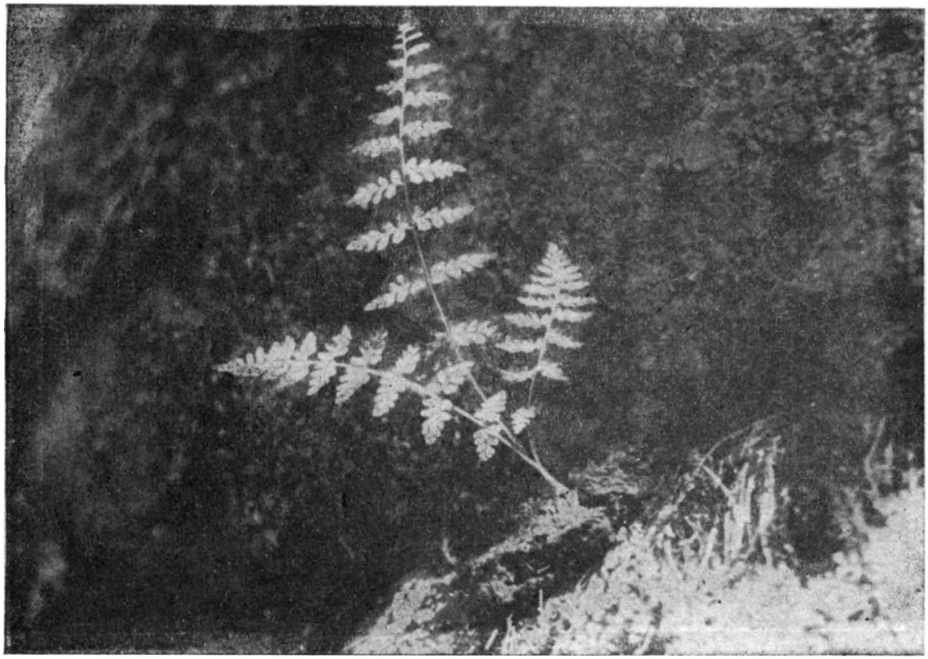

Рис. 8. Пузырник ломкий (*Cystopteris fragilis*) в расщелинах гранитных скал.

ские скалы, Чертово городище, горы Мотаиха, Пшеничная, скалы П. Гронского.

Сем. Leucodontaceae

Leucodon sciuroides (Hedw.) Schwagr. На гранитных скалах. Чертово городище.

Сем. Neckeraceae

Neckera pennata Hedw. На гранитных глыбах. Чертово городище, Соколиные скалы, гора Пшеничная, скалы П. Гронского.

Сем. Thuidiaceae

Thuidium abietinum (Brid.) Br. *et* Sch. На гранитных скалах в местах скопления мелкозема. Скалы между ст. Палкино и оз. Мелким, Северские скалы.

Сем. Amblystegiaceae

Drepanocladus uncinatus (Hedw.) Warnst. В расщелинах гранитных глыб на Чертовом городище и Палкинских каменных палатках.

Сем. Entodontaceae

Pleurozium Schreberi (Willd.) Mitt. Вместе с другими лесными растениями у основания и на горизонтальных выступах гранитных глыб почти повсеместно.

Сем. Hypnaceae

Ptilium crista-castrensis (Hedw.) De Not. Обычен у основания гранитных глыб и на их выступах.

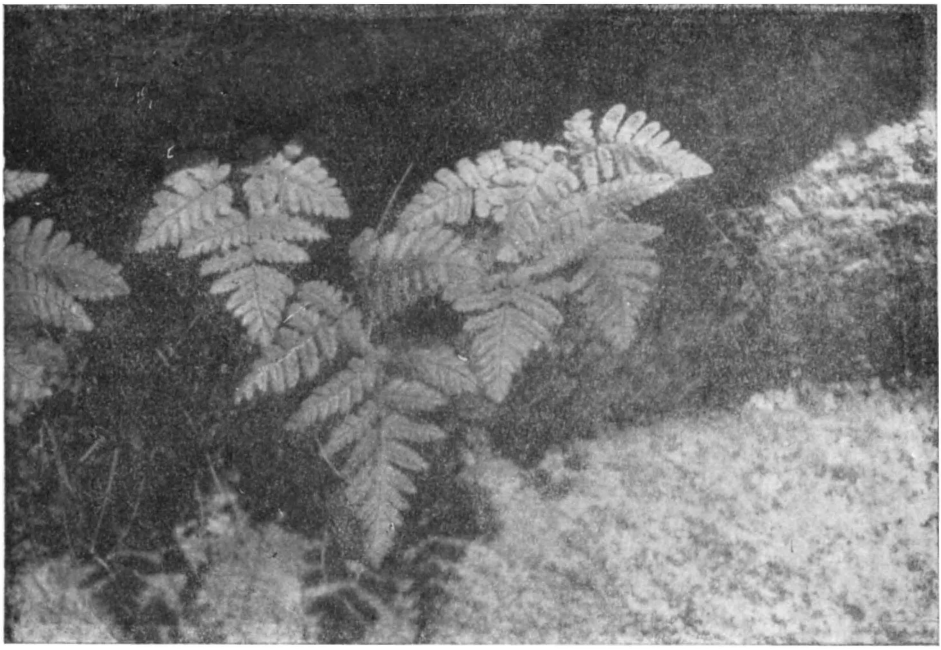

Рис. 9. Щитовник Роберта (*Dryopteris Robertiana*) в трещинах на тенистой отвесной стене гранитных обнажений.

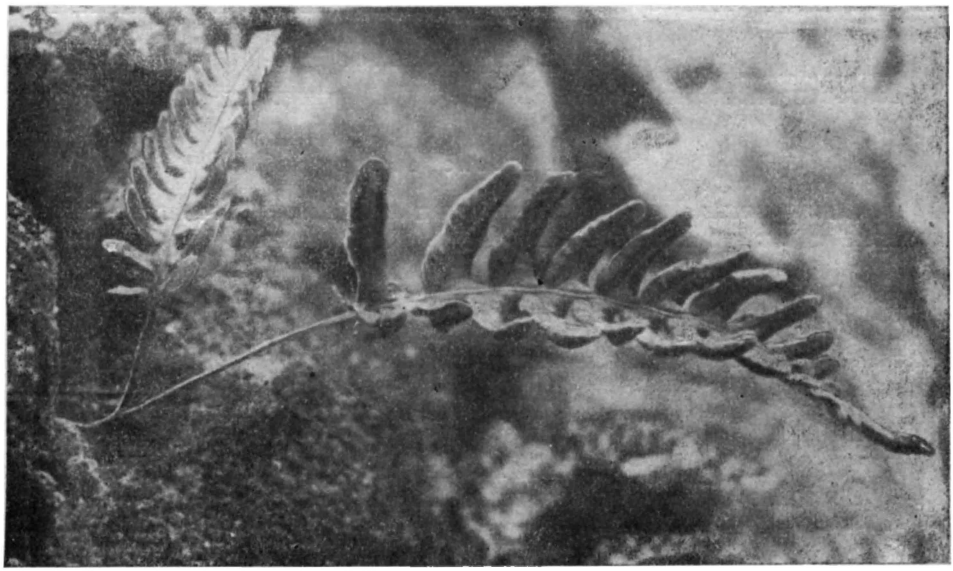

Рис 10. Многоножка обыкновенная (*Polypodium vulgare*) на гранитных скалах.

Сем. Rhytidiaceae

Rhytidiadelphus triquetrus (Hedw.) Warnst. У основания гранитных глыб и на их выступах, нередко.

Сем. Hylocomiaceae

Hylocomium splendens (Hedw.) Br. *et* Sch. Часто встречается в нижней части гранитных останцев и у их основания вместе с другими лесными растениями.

Папоротникообразные (Pteridophyta)

Woodsia ilvensis (L.) R. Br. На гранитных скалах в расщелинах. Чертово городище, Пшеничная, Северские скалы.

Cystopteris fragilis Bernh. В расщелинах гранитных скал, в тенистых местах, почти повсеместно. Чертово городище, скалы у оз. Песчаного, Северские скалы, скалы П. Гронского, Шарташские каменные палатки и др.

Dryopteris Linnaeana C. Christ. У подножия гранитных скал и в тенистых расщелинах. Скалы близ оз. Песчаного, Соколиные скалы.

D. Robertiana (Hoffm.) Christ. В расщелинах на крутых, иногда отвесных стенах гранитных останцев, в тенистых местах. Соколиные, Северские скалы, Чертово городище, Пшеничная, Мотаиха, скалы близ оз. Песчаного, скалы П. Гронского, Шарташские каменные палатки.

D. filix-mas (L.) Schott. В тени у подножия гранитных скал. Скалы П. Гронского.

D. austriaca (Jacq.) Woynar. В тенистых местах у подножия гранитных обнажений. Соколиные скалы.

Asplenium viride Huds. Обнажения дунитов, в расщелинах. Уктусские горы[1].

A. ruta-muraria L. В расщелинах на обнажениях дунитов. Уктусские горы.

Polypodium vulgare L. В расщелинах гранитных скал, очень часто. Скалы между пос. Горный щит и дер. Б. Седельниково, Пшеничная, Мотаиха, Соколиные скалы, скалы П. Гронского, Чертово городище, Шарташские каменные палатки.

Голосеменные (Gymnospermae)

Сем. Pinaceae

Abies sibirica Ldb. Одиночные экземпляры иногда заходят на невысокие гранитные скалы, расположенные в сырых местах.

Picea obovata Ldb. Нередко встречается на гранитных скалах в низких сырых местах, например между станцией Палкино и оз. Мелким.

Pinus sibirica (Rupr.) Mayr. Единственный стланиковый экземпляр найден на сезерной отвесной стене Чертова городища на высоте около 5 *м* от земли. По-видимому, семена были занесены сюда кедровкой из ближайших (на расстоянии 3—5 *км*) местонахождений, совпадающих с южной границей кедра сибирского на этом участке Уральских гор (Горчаковский, 1956).

Pinus silvestris L. Часто встречается на гранитных скалах в расщелинах и на участках с развитым слоем мелкозема.

Сем. Cupressaceae

Juniperus communis L. Изредка на гранитных скалах, расположенных в низких сырых местах, например, между станцией Палкино и оз. Мелким.

---

[1] П. В. Сюзевым (1912) для Уктусских гор приводился *Asplenium trichomanes*, но не упоминался *A. viride*. По-видимому, это указание — следствие ошибки в определении, так как, несмотря на тщательные поиски, *A. trichomanes* не был здесь обнаружен.

Покрытосеменные (Angiospermae)

Сем. Gramineae

Festuca ovina L. На обнажениях дунита. Уктусские горы.

Сем. Liliaceae

Allium s *rubens* Schrad. Обнажения амфиболита и гнейса на восточном берегу оз. Исетского, дуниты на Уктусских горах.

Сем. Betulaceae

Betula verrucosa Ehrh. Нередко встречается на гранитных обнажениях, по расщелинам и на горизонтальной поверхности глыб в местах скопления мелкозема.

Сем. Urticaceae

Parietaria micranta Ldb. В глубоких нишах и у основания гранитных скал в наиболее затененных местах на мелкоземе. Соколиные скалы, Шарташские каменные палатки.

Сем. Caryophyllaceae

Silene wolgensis (Willd.) Bess. Обнажения амфиболита и гнейса на восточном берегу оз. Исетского.

Dianthus versicolor Fisch. На скалах амфиболита и гнейса, восточный берег оз. Исетского.

Dianthus acicularis Fisch. На габбровом гребне горы Волчихи, на скалах диабаза у вершины горы Азов.

Сем. Ranunculaceae

Actaea erythrocarpa Fisch. Встречается в нижней части гранитных останцев и по расщелинам. Соколиные скалы.

Atragene sibirica Ldb. На обнажении диабаза в расщелинах (цепляется за молодые деревца). Вершина горы Азов.

Сем. Crassulaceae

Sedum purpureum (L.) Schult. В расщелинах на гранитных обнажениях. Соколиные скалы, скалы П. Гронского, скалы восточнее оз. Песчаного, скалы между ст. Палкино и оз. Мелким, скалы между пос. Горный щит и дер. Б. Седельниково. На обнажениях амфиболита на восточном берегу оз. Исетского. Скалы дунита на Уктусских горах (у подножия на мелкоземе).

Сем. Rosaceae

Rubus idaeus L. В расщелинах на гранитных останцах. Северские, Соколиные скалы, скалы между станцией Палкино и оз. Мелким и др.

Сем. Leguminosae

Astragalus Clerceanus Jljin et H. Krasch. На хорошо освещенных, обращенных к югу склонах гранитных останцев и у основания глыб на мелкоземистых продуктах их разрушения. Палкинские каменные палатки, Чертово городище[1].

---

[1] Эндемик Южного и Среднего Урала, свойственный горным каменистым степям и обнажениям скал. Местонахождения этого вида в окрестностях Свердловска — самые северные из известных на восточном склоне Урала. В Предуралье встречается на обнажениях гипса в низовьях р. Чусовой. Карта ареала опубликована в работе П. Л. Горчаковского (1963).

Сем. Violaceae

Viola rupestris F. W. Schmidt. В расщелинах и у основания гранитных останцев на мелкоземе. Северские скалы, Палкинские и Шарташские каменные палатки, скалы между пос. Горный Щит и дер. Б. Седельниково. На щебенке дунита на Уктусских горах.

Сем. Euphorbiaceae

Euphorbia Seguieriana Neck. На песчано-щебенчатых продуктах разрущения гранитов у подножия Палкинспих каменных палаток, в расщелирах на обнажениях амфиболита на восточном берегу оз. Исетского

Сем. Umbelliferae

Libanotis sibirica (L.) C. A. M. На обнажениях амфиболита и гнейса. Восточный берег оз. Исетского.

Сем. Ericaceae

Vaccinium vitis-idaea L. Нередко встречается на гранитных скалах в местах скопления мелкозема.

Ledum palustre L. Заходит на гранитные обнажения, расположенные в низких сырых местах по соседству с болотами. Скалы между станцией Палкино и оз. Мелким.

Сем. Primulaceae

Androsace septenrionalis L. У основания гранитных останцев. Палкинские каменные палатки.

Сем. Scrophulariaceae

Veronica spicata L. На обнажениях габбро. Вершина горы Волчихи.

Сем. Caprifoliaceae

Linnaea borealis Gronov. Иногда заходит на гранитные скалы в местах скопления мелкозема. Скалы между станцией Палкино и оз. Мелким.

Сем. Compositae

Aster Korshinsky Tamamsch. Обнажения габбро на вершине горы Волчихи.

Echinops ritro L. На скалах дунита и у их основания на щебенчатых продуктах разрушения. Уктусские горы.

Centaurea sibirica. L. На обнажениях дунита. Уктусские горы.

Заключение

Видовой состав растений, обитающих на обнажениях кислых (граниты) и ультраосновных (дуниты, габбро) горных пород довольно резко различен.

Обнажения гранита на восточном склоне Среднего Урала обычно резко выступают над окружающей местностью в виде столбов, монолитных глыб или нагромождения плоских плит с характерной матрацевидной отдельностью. Гранитные останцы почти всегда находятся среди леса и лишь в редких случаях превышают по высоте уровень окружающих деревьев. Восточные, южные и западные их склоны в большей или меньшей степени затенены древесными кронами; крутые и отвесные северные склоны совсем не получают прямых солнечных лучей. Вследствие плохой прогреваемости, затененности и защищенности от ветров, гранитные скалы представляют собой в общем довольно холодный и увлажненный субстрат, что благоприятствует поселению на нем лишайников, мхов, а в местах, где скапливается мелкозем, и некоторых сосу-

дистых растений. Из накипных лишайников, поселяющихся непосредственно на гранитных глыбах, наиболее характерны *Lecanora Garovaglii*, *L. muralis*, *Crocynia membranacea* и *Lepraria chlorina*. Очень обильны на гранитных скалах листоватые лишайники *Umbilicaria pennsylvania* и *Gyrophora Muhlenbergii*, поселяющиеся преимущественно на отвесных северных стенах останцев и местами одевающие их почти сплошь, а также *Parmelia molliuscula*, *P. omphalodes* и *P. conspersa*. Кустистые лишайники, например *Cladonia destricta* и *C. chlorophaea*, встречаются лишь в местах скопления мелкозема в расщелинах и на горизонтальной поверхности гранитных глыб. Мхи на гранитных глыбах представлены такими видами, как *Ulota curvifolia* и *Leucodon sciuroides*; в расщелинах на мелкоземе растут *Hedwigia ciliata*, и *Thuidium abietinum*, а в нишах у основания скал на дресве — *Pohlia nutans*. Кроме того, на гранитные скалы заходят и многие виды типично лесных мхов. Комплекс сосудистых растений, обитающих на обнажениях гранита, заключает в себе следущие основные группы: 1) скальные бореальные виды, куда относятся *Sedum purpureum* и влаголюбивые папоротники *Woodsia ilvensis*, *Cystopteris fragilis*, *Dryopteris Robertiana* и *Polypodium vulgare*, обитающие в расщелинах; 2) скально-горностепные виды (*Astragalus Clerceanus*), иногда встречающиеся с южной стороны у подножия гранитных останцев на мелкоземистых продуктах их разрушения; 3) лесные виды, характерные для окружающих скалы лесов (*Pinus silvestris*, *Picea obovata*, *Juniperus communis*, *Rubus idaeus*, *Linnaea borealis*, *Vaccinium vitis-idaea*); 4) болотные виды (*Ledum palustre*), заходящие на скалы, расположенные в низких сырых местах.

Обнажения дунита имеют вид скалистых гребней и уступов на вершинах и на крутых, иногда почти отвесных, склонах гор. Такие обнажения обычно не затенены кронами деревьев, хорошо освещены, сильнее прогреваются и более подвержены действию ветров. По химическому составу дуниты резко отличаются от гранитов большим содержанием окиси магния за счет уменьшения количества кремнезема. В целом как скалы дунита, так и скопления мелкоземистых продуктов их разрушения представляют собой по сравнению с гранитом значительно более теплый и сухой субстрат для поселения растений. Видовой состав лишайников, встречающихся, на этих обнажениях, значительно беднее; для дунитовых скал характерны виды, обычно не встречающиеся на граните: *Caloplaca elegans*, *Physcia caesia*, *Candelariella vitellina*. Моховой покров на таких скалах практически отсутствует. Сосудистые растения, обитающие на обнажениях дунита, представлены двумя основными группами: 1) скальные виды (папоротники *Asplenium viride* и *A. ruta-muraria*) и 2) степные виды, куда относятся *Echinops ritro*, *Centaurea sibirica* и *Festuca ovina*. Как видно, в этом скальном комплексе отсутствуют лесные и болотные растения. На восточном склоне Среднего Урала на соответствующей широте обнажения дунита представляют собой наиболее сухой, хорошо прогреваемый субстрат. Поэтому с ним связаны некоторые из наиболее северных местонахождений степных растений (*Centaurea sibirica*, *Echinops ritro*).

По характеру флоры обнажения габбро, амфиболита и диабаза близки к обнажениям дунита, но не гранита, что объясняется, прежде всего, химическим составом этих горных пород. Выявление особенностей флоры каждого из упомянутых здесь типов горных пород в отдельности заслуживает дальнейшего изучения.

Растительность скалистых обнажений на восточном склоне Среднегс Урала, представленная уникальным сочетанием ряда редких и интересных в ботанико-географическом отношении видов, должна быть сохранена в наиболее характерных местообитаниях от уничтожения.

ЛИТЕРАТУРА

Безман Д. Б. 1961. Уктусский габбро-пироксенито-дунитовый массив. В книге: Путеводитель Свердловской экскурсии. Первое уральское петрографическое совещание. Изд. Уральского филиала АН СССР и Уральского геологического управления. Свердловск.

Берс Е. М. 1963. Археологические памятники Свердловска и его окрестностей. Изд. 2. Свердловское книжное издательство.

Горчаковский П. Л. 1950. «Чертово городище» в окрестностях Свердловска. «Природа», № 12.

Горчаковский П. Л. 1956. Границы распространения сибирского кедра на Урале. В книге: «Академику В. Н. Сукачеву к 75-летию со дня рождения Сборник работ по геоботанике, лесоведению, палеогеографии и флористике». Изд. АН СССР, М.—Л.

Горчаковский П. Л. 1963. Эндемичные и реликтовые элементы во флоре Урала и их происхождение. В книге: «Материалы по истории флоры и растительности СССР», т. 4, изд. АН СССР, М.—Л.

Краснов И. И. 1958. Основные черты тектонического развития горных областей Урала. В книге «Геологическое строение СССР», т. 3 (тектоника), Госгеолиздат.

Кузнецов Е. А. и Г. И. Лучицкий. 1936. Петрографические провинции СССР. ОНТИ НКТП СССР, М.

Романов Б. М. 1944. Тектоника Свердловского района. В книге «Геология СССР», т. 12 (Урал).

Соболев И. Д. 1961. Верх-Исетский гранитный массив. В книге: Путеводитель Свердловской экскурсии. Первое уральское петрографическое совещание. Изд. Уральского филиала АН СССР и Уральского геологического управления. Свердловск.

Сюзев П. В. 1912. Конспект флоры Урала в пределах Пермской губернии. М.

ЗАПИСКИ СВЕРДЛОВСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ВСЕСОЮЗНОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Вып. 3 1964

В. П. ГОЛУБИНЦЕВА

ИЗМЕНЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ СУХОДОЛЬНОГО ЛУГА В УСЛОВИЯХ КРАСНОУФИМСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

(по результатам 11-летних наблюдений на стационаре)

Только длительные исследования на стационарах могут выявить все закономерности динамики лугового травостоя и способствовать разрешению ряда теоретических и практических вопросов. Стационарные исследования позволяют проследить ход сезонных изменений в травостое луга, которые совершаются в течение вегетационного периода, выявить изменения разногодичные, обусловленные различиями в метеорологических условиях отдельных лет, а также и особенностями развития слагающих фитоценоз растений-эдификаторов.

Луговые сообщества слагаются обычно многими видами травянистых многолетних мезофитов. Последние находятся в очень сложных взаимоотношениях как между собою, так и со средою, где они обитают. С возрастом сильно изменяются особи луговых растений, а также и среда обитания. Сильно изменяется и обилие видов в травостоях лугов. У одних с годами увеличивается число побегов и масса, у других — наблюдается уменьшение и того и другого. Некоторые виды исчезают из травостоя, другие, наоборот, внедряются в него.

С годами идет накопление органических остатков в луговых почвах, а в связи с этим меняется и водный режим и количество доступных растениям питательных веществ. В целом меняется среда и закономерно идет смена сообществ.

Динамика луговых травостоев освещается в работах В. Р. Вильямса (1949), С. П. Смелова (1936), И. В. Ларина (1937), А. П. Шенникова (1941, 1954), В. Ф. Корякиной (1953), Т. А. Работнова (1955, 1957), В. Н. Сукачева (1954) и др. В ряде работ зарубежных ученых (Клапп, 1961; Браун, 1957), также опубликованы интересные данные по динамике луговой растительности. По Уралу такой материал частично содержится в наших предыдущих работах (Голубинцева; 1957, 1959). Однако еще не все вопросы структуры луговых ценозов и эволюционных процессов на лугах достаточно изучены. В настоящем сообщении подводятся итоги стационарных наблюдений, проводившихся в период с 1950 по 1960 г. на суходольных лугах в окрестностях д. Крылова Красноуфимского района Свердловской области. Наблюдения позволили вскрыть закономерности изменения массы травостоя в целом, процентного соотношения агроботанических групп, изменений видового состава и структуры сообщества, а также выяснить направленность ныне совершающейся смены растительности в связи с развитием растений-эдификаторов.

Условия и методика работы

Один из опытных участков, где велись регулярные наблюдения, представляет типичный суходольный разнотравно-злаковый луг нормального увлажнения, в условиях равнинного рельефа на серых слабо-дерново-подзолистых почвах (pH=5,9). Этот луг является угодьем смешанного пользования, так как после сенокошения по отаве обычно производится выпас скота.

Ежегодно с 15 мая и по сентябрь на этом участке проводились наблюдения за травостоем. Каждый 5-й день измерялась высота 10—15 доминирующих в травостое видов, отмечались фенофазы всех видов растений на площади в 100 *м*², брались укосы с 1 *м*² в трехкратной повторности, а срезанная масса разбиралась по агроботаническим группам и по видам и взвешивалась в сыром и сухом состоянии. Каждый 15-й день на постоянных метровых площадках подсчитывалось количество побегов и экземпляров растений с повидовой их регистрацией. В эти же сроки на постоянных полосах делались зарисовки и измерения ярусности травостоя. Общее детальное описание, включающее не только характеристику растительного покрова и исчерпывающий список видов растений, но и описание почвенного разреза, микрорельефа, мертвого покрова и т. д., делалось на участке ежегодно в конце июня.

Кроме того, с 1958 г. в программу наблюдений было включено более углубленное изучение популяций доминирующих видов.

1. Определялась численность живых семян на почве и в почве на глубину 30 *см* путем взятия образцов почвы металлическим стаканчиком емкостью в 5 *см*³. Образцы брались с глубины 1—5 *см*, 5—10 *см*, 10—15 *см*, 15—20 *см* и 25—30 *см* (пять образцов с разреза), а разрезы делались в десяти однородных местах лугового участка. Пробы брались дважды в сезон: в начале июня и в конце августа. Пробы обрабатывались двумя способами: а) промывкой на почвенных ситах с дальнейшим анализом под лупой всех подсушенных остатков и б) по методу С. А. Котта, погружением в 30-процентный раствор поваренной соли и анализом всей всплывшей части образца.

2. Определялась численность особей и возрастной состав доминирующих в травостое видов на двух постоянных мертвых площадках, где велся каждый 15-й день точный учет всех всходов, растений в ювенильном состоянии, взрослых растений в вегетативном состоянии, в генеративном состоянии и в состоянии вторичного покоя. Таким образом, выявлялся ход роста доминирующих видов в травостое, ход развития всех видов (смена фенофаз), ход изменения массы в целом и по отдельным видам и группам, изменения плотности травостоя, а в сравнении за ряд лет выяснилась разногодичная изменчивость в связи с изменениями метеорологических условий.

Результаты наблюдений

В 1950 г., в первый год наблюдений, в травостое регистрировалось на 100 *м*² 56 видов растений, в том числе: злаков 8 видов, бобовых 7, осок 2, разнотравья 39 видов. Преобладали луговые формы, но с примесью лесных видов (*Betonica officinalis*, *Geranium silvaticum*, *Hypericum perforatum* и др.), а также и некоторых степняков (*Campanula patula*, *Veronica spicata*, *Galium verum*). Высота травостоя к моменту сенокошения достигала 80 *см* с 4-ярусным расположением видов. В массе травостоя преобладали злаки — 50%, разнотравие составляло 34%, бобовые 3%, осоковые 13%. Общая сухая масса была равна 16 *ц/га*. Среди злаков

главную массу давала *Deschampsia caespitosa* (35%), к ней добавлялись *Festuca pratensis*, *Agrostis vulgaris*, *Poa pratensis*. В разнотравии преобладали *Galium boreale*, *Achillea millefolium*, *Potentilla erecta*. В целом луг был определен как щучково-разнотравный, так как преобладание по массе давала щучка дернистая (*Deschampsia caespitosa*) и несколько видов из разнотравия. Налицо была ясно выраженная полидоминантность.

Первый год наблюдений был исключительно богат осадками (713 *мм* за год), из которых с мая по август выпало около 360 *мм*. Температуры летних месяцев были невысоки. Эти погодные условия очень сказались на травостое, вызвав обилие в нем осоковых.

В последующие годы значительно менялись показатели метеорологических и почвенных условий, что не могло не отразиться на росте и развитии растений, слагающих данное луговое сообщество.

Анализ и сравнение полученных материалов за все годы наблюдений дали следующие результаты:

1. Видовой состав изменялся крайне незначительно. В годы 1951, 1955, 1957 с засушливой весной совсем исчезали однолетники (*Draba verna, Alyssum* sp., *Rortppa silvestris* и др.). В разные годы появлялись и исчезали различные сорняки: *Buntas orientalis, Urtica dioica, Berteroa incana* и др.

2. Обилие, выраженное количеством побегов на определенной площади (в 1 $м^2$), колебалось очень сильно по годам, в зависимости от количества весенних и летних осадков (табл. 1).

Таблица 1

Количество побегов на 1 $м^2$ по годам (наблюдения велись 25—26 июня)

Показатели	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960
Осадки за год, *мм*	713	414	645	560	483	514	677	537	402	557	502
Осадки за май — август, *мм*	365	212	329	177	258	234	272	297	146	168	—
Количество побегов	1755	1088	1810	1192	975	1005	1292	911	805	894	820

В засушливые годы количество побегов было относительно меньшим по сравнению с влажными годами. В целом же к 1960 г. наблюдалось общее значительное изреживание травостоя, вероятнее всего вызванное усиленной эксплуатацией участка.

3. Обилие, выраженное весовыми соотношениями агроботанических групп, еще сильнее изменялось по годам (табл. 2).

Таблица 2

Весовое соотношение агроботанических групп по годам, %

Показатели	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960
Осадки, *мм*	713	414	645	560	483	514	677	537	402	557	502
	Агроботанические группы										
Злаки	50	40	44	40	34	31	51	29	30	38	32
Разнотравие	34	39	38	44	49	52	33	52	58	51	56
Бобовые	3	19	7	11	14	10	5	13	10	5	7
Осоковые	13	2	11	5	3	7	11	6	2	6	5

Анализируя эти данные, можно отметить следующие закономерности.

1. Масса осоковых возрастала во влажные годы.

2. Масса бобовых увеличивалась в засушливые годы.

3. У злаков за период наблюдений сильно уменьшилась общая масса (с 50 до 32%).

4. Разнотравие по массе увеличилось почти в 2 раза.

5. Изменение компонентов травостоя за период наблюдений было очень существенным. В первые годы наблюдений (1950—1951 гг.) основным эдификатором травостоя была щучка дернистая (*Deschampsia caespitosa*), составляющая до 35—40% массы травостоя, и три вида из группы разнотравия (*Galuim boreale, Achillea millefolium и Potentilla erecta*). Щучка имела хорошо развитые дернины со значительным количеством генеративных побегов, и луг был типичным щучково-разнотравным. Во все последующие годы обилие щучки заметно падало. Прослежено не только измельчение дерновинок, но и резкое уменьшение генеративных побегов, а зачастую и полное их отсутствие в большинстве кустов щучки. Участие щучки в общей массе травостоя упало к 1960 г. до 3% по весу. За счет изреживания дернин щучки снизилось и общее количество побегов на учетную площадь, а общая урожайность травостоя достигла в 1960 году 12 *ц/га*. Зато в группе злаков явное преобладание получила *Festuca pratensis*, весовое участие которой увеличилось за период наблюдений в три раза. Сильно увеличилась и общая масса разнотравия, с 34 до 59% по весу. Луг стал разнотравно-лугоовсяницевым.

6. Количество семян, почек на корневищах в почве, определенное в 1958—1960 гг., позволяет дать некоторое представление о семенном возобновлении растений в изученном сообществе.

Количество семян в августовских пробах было во все годы наблюдений в 2—2,5 раза больше, чем в июньских. Абсолютное количество семян колебалось в образцах от 5 до 210. Наибольшее количество семян содержалось в образцах, взятых с глубины 1—5 *см*. Среди определенных семян во всех случаях господствовали семена растений из группы разнотравия, произрастающих в данном сообществе; семян злаковых и бобовых было значительно меньше, семена, занесенные из других сообществ, встречались крайне редко. Очень поздние сроки выкашивания травостоя луга, применяемые хозяйством (обычно в конце июля), создавали ежегодно благоприятные условия для беспрепятственного обсеменения. Большинство видов из группы разнотравия имеет высокую семенную продуктивность (особенно по сравнению со злаками). Этим, вероятно, можно объяснить постепенное возрастание роли разнотравия в изученном сообществе.

7. Исследование популяций эдификаторов должно быть очень длительным, чтобы выявить все особенности онтогенеза этих растений. Наблюдения на выделенных площадках за развитием особей растений в течение трех сезонов, конечно, недостаточны для серьезных выводов и обобщений, но они дополняются длительными (в течение 10 лет) наблюдениями за целыми сериями особей-эдификаторов данного ценоза, что позволяет уяснить ход их развития. Развитие особей большинства видов, слагающих ценоз, протекает нормально, т. е. в составе популяций имеются семена в почве, всходы, юношеские экземпляры, взрослые растения в вегетативном состоянии, особи плодоносящие и особи отмирающие. Но имеются популяции регрессивного типа (Работнов, 1950, 1957), когда у большинства особей того или иного вида прекратилось генеративное возобновление. Такое явление наблюдается у щучки дернистой.

Это растение, нормально развивавшееся в 1950—1951 гг. и ранее и дававшее массу вегетативных и генеративных побегов в плотных кустах, начиная с 1955 г., резко сократило вегетативное возобновление (изредились кусты), а к 1958 г. почти прекратилось генеративное возобновление, и щучка перестала быть эдификатором изучаемого сообщества.

Кроме того, в исследованном сообществе имеются популяции инвазионного типа, когда растение, видимо, еще приживается и не завершает полного цикла развития. Примером этого является осот разнолистный (*Cirsium heterophyllum*). Это растение, произрастающее довольно обильно в сообществе, было представлено в популяции лишь особями в хорошо развитом вегетативном состоянии и в течение восьми лет не дало ни одного цветущего экземпляра. Однако наблюдения показывают, что по лесным опушкам осот ежегодно цветет и плодоносит. Следовательно, условия обитания в луговом сообществе не благоприятны для осота и не обеспечивают его нормального развития.

Большой интерес представляет выяснение длительности этапов развития растений в сообществе. Так, у клевера лугового (*Trifolium pratense*) затягиваются ранние стадии (всходов, ювенильных растений и даже стадии полной вегетации). Прослежено, что клевер луговой цветет в данном сообществе на 6—7-й год жизни, и его развитие очень тесно связано с погодными условиями (табл. 2).

Обсуждение результатов наблюдений

Растительность суходольных лугов обычно наиболее чутко отзывается на изменение условий среды. Сильно сказывается общее увеличение или уменьшение осадков, низкие весенние и высокие летние температуры и т. п. Помимо погодных изменений, действует и сенокошение, выпас скота, весеннее выжигание сухих остатков.

Как указывается в работах А. П. Шенникова (1941, 1954), Т. А. Работнова (1950, 1955, 1957) и И. В. Ларина (1937), наиболее устойчивым из признаков сообщества является видовой состав. В изучаемом луговом сообществе стационарного участка видовой состав с 1950 по 1960 гг. также оставался почти неизменным.

Колебание в количестве побегов, выражающееся в уменьшении количества их в засушливые годы и, наоборот, увеличение во влажные годы,— явление неопровержимое и также отмеченное в литературе. Общее изреживание травостоя с 1755 до 820 побегов на 1 $м^2$ (или снижение урожая с 16 до 12 *ц/га*) является в данном случае, конечно, результатом чрезмерной эксплуатации участка. Ежегодное сенокошение и осенний выпас на отаве, почти до заморозков, ведут к истощению почвы, ухудшению питательного режима и снижению урожайности.

Качественные изменения травостоя участка, в виде изменений весовых соотношений агроботанических групп в разные годы также вполне закономерны. Во влажные годы увеличение массы осоковых, а в засушливые годы резкое возрастание бобовых отмечается многими исследователями (Шенников, 1954; Работнов, 1957; Корякина, 1953), но возрастание группы разнотравия за счет злаковых не отмечалось; это, видимо, специфичное явление для местных условий.

На Среднем Урале вообще очень широко распространены разнотравные луга полидоминантного типа самых различных вариантов. Наблюдения на луговом стационаре показали, что за истекший период произошло очень сильное увеличение в травостое массы разнотравия. Здесь, как уже указывалось выше, главной причиной, видимо, явилось ежегодное очень позднее выкашивание травостоя и беспрепятственное обсеме-

нение растений из группы разнотравия и вследствие этого возрастание роли разнотравия в сообществе.

Наши наблюдения несколько расходятся с литературными данными о том, что сенокошение обычно способствует усилению роли злаков в травостое.

И, наконец, самым существенным изменением, происшедшим за 11 лет в травостое исследованного луга, было изменение состава эдификаторов травостоя, а именно выпадение щучки дернистой и увеличение роли овсяницы луговой. Конечно, в любом сообществе со временем происходят возрастные изменения растений-эдификаторов и в связи с этим изменяются и сами сообщества. Но онтогенез растений-эдификаторов происходит в природе не изолированно, и на естественный процесс индивидуального развития растений накладываются другие процессы, ускоряющие или замедляющие его. Условия среды изучаемого сообщества, видимо, настолько сильно изменились, что эдификатор — щучка дернистая потеряла способность к нормальному семенному и вегетативному размножению и стала выпадать из сообщества. Зато в группе злаков преобладание получила овсяница луговая, т. е. очень знаменательным явился как бы обратный процесс от плотнокустовой стадии луга к рыхлокустовой.

Выводы

1. В луговом сообществе протекают постоянно изменения как в течение сезона вегетации, так и в течение многих лет. В основе изменений сообщества лежат меняющиеся факторы среды (погодные изменения, почвенные и многие другие), а также изменения самих растений в процессе их онтогенеза.

2. В условиях лесостепного режима изучаемого района на равнинных луговых пространствах наблюдалось явное иссушение территории. В течение ряда лет (с 1953 г.) количество весенних осадков было очень незначительным, верхние почвенные горизонты не переувлажнялись и ускорялась минерализация органических остатков. Анализ почвы показал очень незначительное накопление в них органических веществ. В зимнее время на открытых пространствах обычно сильно выдувался снежный покров, что также приводило к снижению увлажнения. Сенокошение «оголяло» почву к июлю, периоду высоких температур. Выпас, проводимый по отаве на лугах, усиливал жизнедеятельность почвенных бактерий и газообмен.

3. В результате действия разнообразных факторов на исследованном луговом участке наблюдался процесс смены луговой растительности от плотнокустовой стадии (щучкового луга) к рыхлокустовой (овсяницеразнотравной).

ЛИТЕРАТУРА

Браун Д. (1957). Методы исследования и учета растительности. М., Изд-во иностр. лит.

Вильямс В. Р. (1949). Собрание сочинений, т. IV, М., Госиздат.

Голубинцева В. П. (1957). Пойменные луга колхозов Среднего Предуралья и пути их улучшения. Уч. зап. УрГУ, вып. 15, Свердловск.

Голубинцева В. П. (1959). Сезонные изменения в травостоях суходольных лугов Предуралья. Уч. зап. УрГУ, вып. 32, Свердловск.

Клапп Э. (1961). Сенокосы и пастбища. М., Сельхозгиз.

Корякина В. Ф. (1953). Естественные сенокосы севера и их рациональное использование. М.—Л., Изд-во АН СССР.

Ларин И. В. (1937). Сроки сенокошения. «Проблемы животноводства», № 6.

Работнов Т. А. (1950). Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах. Тр. БИН АН СССР, геоботаника, вып. 6.
Работнов Т. А. (1955). Разногодичная изменчивость лугов. Бюлл. МОИП, т. 60, вып. 3.
Работнов Т. А. (1957). Основные виды изменчивости луговой растительности. Бюлл. МОИП, т. 12.
Смелов С. П. (1936). Теоретические основы лугопастбищного хозяйства. «Проблемы животноводства», № 11.
Сукачев В. Н. (1954). Некоторые общие теоретические вопросы фитоценологии. «Вопросы ботаники», вып. 1.
Шенников А. П. (1941). Луговедение. Л., Изд. Ленингр. ун-та.
Шенников А. П. (1954). Изучение лугов в СССР. «Вопросы ботаники», вып. 1.

ЗАПИСКИ СВЕРДЛОВСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ВСЕСОЮЗНОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Вып. 3 1964

А. Т. МОКРОНОСОВ, Н. Н. ЛЯНГАЗОВА

ПОСТФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ УГЛЕРОДНОГО ПИТАНИЯ У КАРТОФЕЛЯ

Разработанные А. Л. Курсановым (1957, 1960) представления о существовании в растении круговорота органических веществ показали единство многих физиологических процессов, изучавшихся ранее без должного учета их взаимосвязи. Одним из путей дальнейшего раскрытия взаимосвязи функций в целом растении является изучение постфотосинтетических этапов углеродного питания, включающих передвижение ассимилятов из листа, превращение их в проводящих и потребляющих органах, использование в реакциях вторичного синтеза и т. д.

В предшествующей работе (Мокроносов и Логвина, 1962), изучая состав продуктов 5—300-секундного фотосинтеза у картофеля в атмосфере, содержащей $C^{14}O_2$, нам удалось показать, что у молодых растений происходит усиленное включение C^{14} в органические кислоты и аминокислоты, а по мере старения резко усиливается синтез сахарозы и крахмала. Отчетливый сдвиг в составе продуктов фотосинтеза вызывает также фотопериодический режим. На коротком дне, ускоряющем клубнеобразование и общее развитие картофеля (Разумов, 1931; Мокроносов, 1960), усиливается «углеводная», а на длинном дне — «кислотная» направленность фотосинтеза. Возможно, что уже особенностям первичного синтеза может принадлежать определенная роль в детерминации онтогенетических изменений при разных фотопериодах. Это тем более вероятно, что появились первые сведения о фотосинтетическом образовании активных веществ, стимулирующих ростовые процессы (Бутенко, Ничипорович, Протасова, 1960).

Еще более существенные изменения под влиянием онтогенетического состояния растений можно ожидать на постфотосинтетических этапах. Действительно, И. И. Гунар и Е. Е. Крастина (1957) показали резкие сдвиги в использовании ассимилятов у сои при изменении онтогенетического состояния растений. У картофеля эти явления изучены очень слабо. Только в опытах З. И. Журбицкого и С. М. Вартапетян (1956) было показано, что поглощенный при фотосинтезе C^{14} у картофеля на коротком дне интенсивно оттекает из листьев и поступает в клубни.

В данной работе, выполненной в 1957—1960 гг., были прослежены передвижение и распределение в растении картофеля «меченых» ассимилятов на протяжении суток после фотосинтетического введения C^{14} в метаболизм растения. Изучались онтогенетические особенности углеродного питания картофеля на растениях разного возраста, выращенных при разных фотопериодах.

Растения сортов Лорх и Берлихинген выращивались в условиях вегетационного опыта. Для получения однородного материала в каждый сосуд высаживались по три одно-двухглазковых срезки с разных клубней. Этот прием позволял получить «осредненные» 4—6-стебельные кусты. После появления всходов растения находились до опыта включительно при разных фотопериодах — на длинном (естественном) и коротком (10-часовом) дне. Для опытов отбирали выравненные, здоровые кусты.

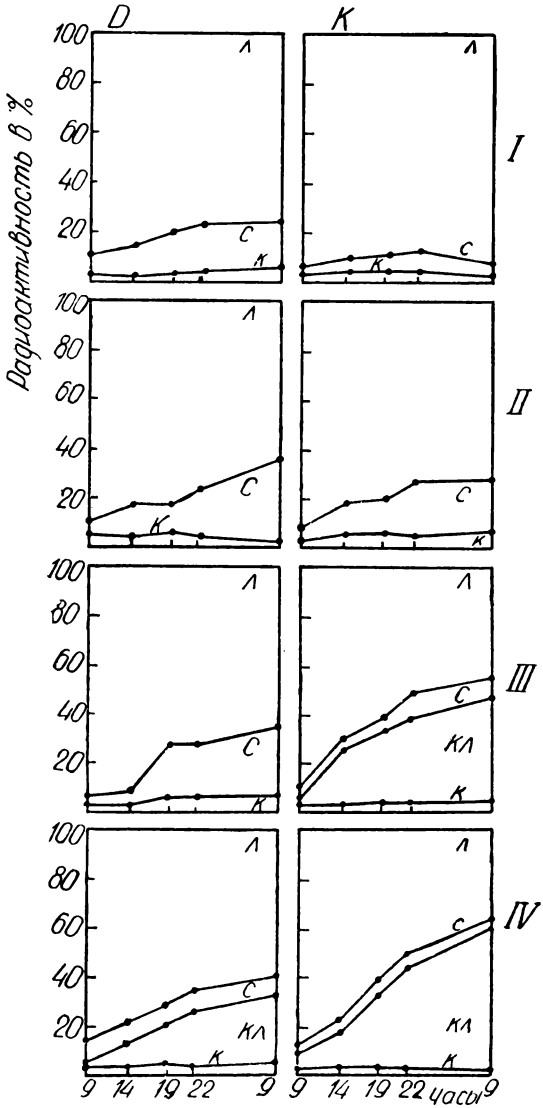

Рис. 1. Распределение C^{14} — меченых ассимилятов по органам 10 (I), 14 (II), 30 (III) и 43 (IV)-дневных растений картофеля (сорт Берлихинген) на протяжении суток после 40-минутного фотосинтеза в условиях длинного (Д) и короткого (К) дня. Общая радиоактивность растения—100%, *Л*-листья, *С* — стебли, *К* — корни, *КЛ* — клубни.

В день опыта в 9 *ч* утра кусты накрывали стеклянными камерами-колпаками и в камеры вводили $C^{14}O_2$, используя для этого небольшой газгольдер с воздухом, содержащим 1 *мккюри* $C^{14}O_2$ на 1 *мл* объема. В зависимости от возраста растений объем камер менялся от 2 до 6 *л*, а активность $C^{14}O_2$ — на 1 куст от 20 до 40 *мккюри*. Техника обработки исключала диффузию $C^{14}O_2$ в почву к корням. Продолжительность фотосинтетической подкормки составляла 40 *мин*, после этого камеры снимали и растения находились далее при обычных условиях.

Сразу после 40-минутного фотосинтеза брали первую пробу растений, включавшую по 5 кустов с длинного и короткого дня. Производилась отмывка корней и расчленение растений на листья, стебли, корни и клубни. Немедленно брали средние пробы каждого органа, фиксировали в кипятильнике Коха, высушивали и размалывали. Одновременно определяли общий вес всех органов растений.

С отдельных кустов собирали пасоку, выделившуюся за 30 минут после срезания стебля.

Последующие пробы растений брались через 5, 10, 13 и 24 часа после введения C^{14} в растение.

После определения удельной радиоактивности сухого материала рассчитывался баланс распределения фиксированного углерода в органах картофеля. Образцы материала подвергались радиохимическому анали-

зу по методике, описанной ранее (Мокроносов, 1961; Мокроносов и Бубенщикова, 1961). В ходе анализа выявлялось распределение C^{14} в основных фракциях органических соединений (клетчатка, крахмал, белки, спиртоводнорастворимые соединения) и более детально прослеживалась ридоактивность сахарозы, малата и некоторых аминокислот, выделенных на одномерных хроматограммах.

Всего было проведено 12 суточных опытов на растениях в возрасте 10—50 дней от появления всходов, в условиях длинного и короткого дня.

Опыты с двумя сортами дали сходные результаты, поэтому мы ограничимся данными по сорту Берлихинген.

Изучение передвижения и распределения ассимилированного при фотосинтезе углерода в картофельном растении позволило проследить судьбу ассимилятов у картофеля при разном онтогенетическом состоянии. На рис. 1 показано, как у растений разного возраста, выращиваемых при разных фотопериодах, распределяется по органам C^{14} на протяжении суток после фиксации $C^{14}O_2$ в фотосинтезе.

У молодых 10-дневных растений, когда происходит усиленное формирование листового аппарата, ассимиляты лишь на 5—15% оттекают из листьев в стебли и корни, основная масса их остается в листьях, где используется, очевидно, для образования хлорофиллоносной ткани. У 14-дневных растений, в период усиленного роста стеблей в длину, с переходом в фазу бутонизации, процент ассимилятов, поступающих в стебли и корни к концу первых суток, достигает уже 15—25. В дальнейшем, с переходом к клубнеобразованию (30—43-дневные растения) главным потребителем продуктов фотосинтеза становятся клубни, но в листьях все еще фиксируется около 50% всего ассимилированного углерода. При этом резко уменьшается радиоактивность стеблей (3—5% у 43-дневных растений против 10—20% у 14-дневных растений), что совпадает с прекращением роста стеблей, приобретающих к этому времени значение транспортирующего органа. На это указывает также весьма стабильное содержание C^{14} в стеблях на протяжении суток, отражающее состояние равновесия в перераспределении ассимилятов между листьями и клубнями.

Сопоставление распределения ассимилятов в растениях картофеля в условиях длинного и короткого дня показывает, что у молодых 10—14-дневных растений на длинном дне из листьев оттекает в стебли и корни больше ассимилятов (20—25%), чем на коротком дне (8—15%). Однако в дальнейшем отток ассимилятов из листьев и использование их в росте других органов, особенно клубней, резко преобладает на коротком дне. У 30-дневных растений из листьев к концу суток оттекает на длинном дне 22%, на коротком 43% всего фиксированного радиоуглерода.

Такой характер использования ассимилятов при разных фотопериодах вполне соответствует ранее показанным нами (Мокроносов, 1960) особенностям роста картофеля при разных фотопериодах: у молодых растений нарастание массы ботвы на коротком дне происходит в 1,5—2 раза интенсивнее, чем на длинном, но позднее происходит «перекрещивание» кривых роста и рост происходит интенсивнее на длинном дне. Очевидно, удержание в листьях большого количества продуктов фотосинтеза, используемых на воспроизведение фотосинтетического аппарата, обеспечивает общее увеличение накопления органической массы растением.

Таким образом, использование продуктов фотосинтеза в растениях картофеля, прослеженное радиоиндикаторным методом, вполне соответствует той характеристике ростовых процессов в онтогенезе картофеля при разных фотопериодах, которая была получена при изучении роста весовым и линейным методами. Эти данные отчетливо показывают, что

Таблица 1

Распределение радиоактивности в важнейших фракциях органических соединений листьев, стеблей и корней картофеля через 24 *ч* после фотосинтеза $C^{14}O_2$ (проценты к общей радиоактивности каждого органа)

Фракция	Листья				Стебли				Корни			
	10-дневные		30-дневные		10-дневные		30-дневные		10-дневные		30-дневные	
	Д	К	Д	К	Д	К	Д	К	Д	К	Д	К
Углеводы, органические кислоты, аминокислоты и другие соединения, растворимые в воде и этаноле	23,0	16,0	51,5	50,0	0,5	0,8	51,0	63,0	22,5	13,0	64,5	73,5
Крахмал	1,5	1,0	4,5	7,5	1,0	12,0	3,5	24,5	3,5	5,0	1,0	2,5
Белки	50,0	32,0	7,0	24,5	22,5	10,2	7,5	3,0	23,0	10,0	2,5	7,0
«Сырая клетчатка»	25,5	51,0	37,0	18,0	76,0	77,0	38,0	9,5	51,0	63,0	32,0	17,0

Примечание: Д — длинный день; К — короткий день.

использование продуктов фотосинтеза в растении определяется характером структурообразовательных процессов.

При анализе приведенных данных может возникнуть сомнение, являются ли одни сутки, на протяжении которых изучалось распределение углерода, достаточным сроком для характеристики распределения ассимилятов в растении. В связи с этим был поставлен специальный опыт с 14-дневными растениями, у которых наблюдения за распределением углерода проводились шесть суток после фотосинтетической подкормки растений. Этот опыт показал, что соотношение радиоактивности органов растения, установившееся к концу первых суток, сохранялось почти без изменений в последующие пять суток. Видимо, уже к концу первых суток устанавливается равновесие в распределении меченых и немеченых продуктов в растении. Возможно, что у более старых растений такое равновесие устанавливается позднее, чем у молодых, так как отток из листьев 30—40-дневных растений продолжается и в конце первых суток (рис. 1; III, IV).

Было исследовано распределение C^{14} в листьях, стеблях, корнях и клубнях картофеля по четырем фракциям органических соединений: 1— соединения, растворимые в воде и этаноле (эта фракция дополнительно анализировалась приемами радиоавтохроматографии); 2— крахмал; 3— белки; 4— «сырая клетчатка». Использовалась описанная раньше методика фракционирования (Мокроносов, 1961; Мокроносов и Бубенщикова, 1961; Мокроносов и Логвина, 1962).

В таблице представлены результаты такого фракционирования органов 10-дневных (фаза образования листьев) и 30-дневных (конец бутонизации) растений через 24 *ч* после фотосинтетической подкормки листьев $C^{14}O_2$.

Судя по этим данным, возраст растений и фотопериодическая индукция сильно влияют на характер метаболизации продуктов фотосинтеза. В листьях молодых растений, при общей задержке оттока, продукты фотосинтеза используются преимущественно в синтезе высокомолекулярных соединений. Через сутки после фотосинтеза около 80% всего C^{14} в листьях 10-дневных растений оказывается в белках и клетчатке. У 30-дневных растений в этих соединениях найдено лишь около 45% C^{14}, зато резко возрастает радиоактивность в крахмале и в низкомолекулярных соединениях, растворимых в воде и этаноле.

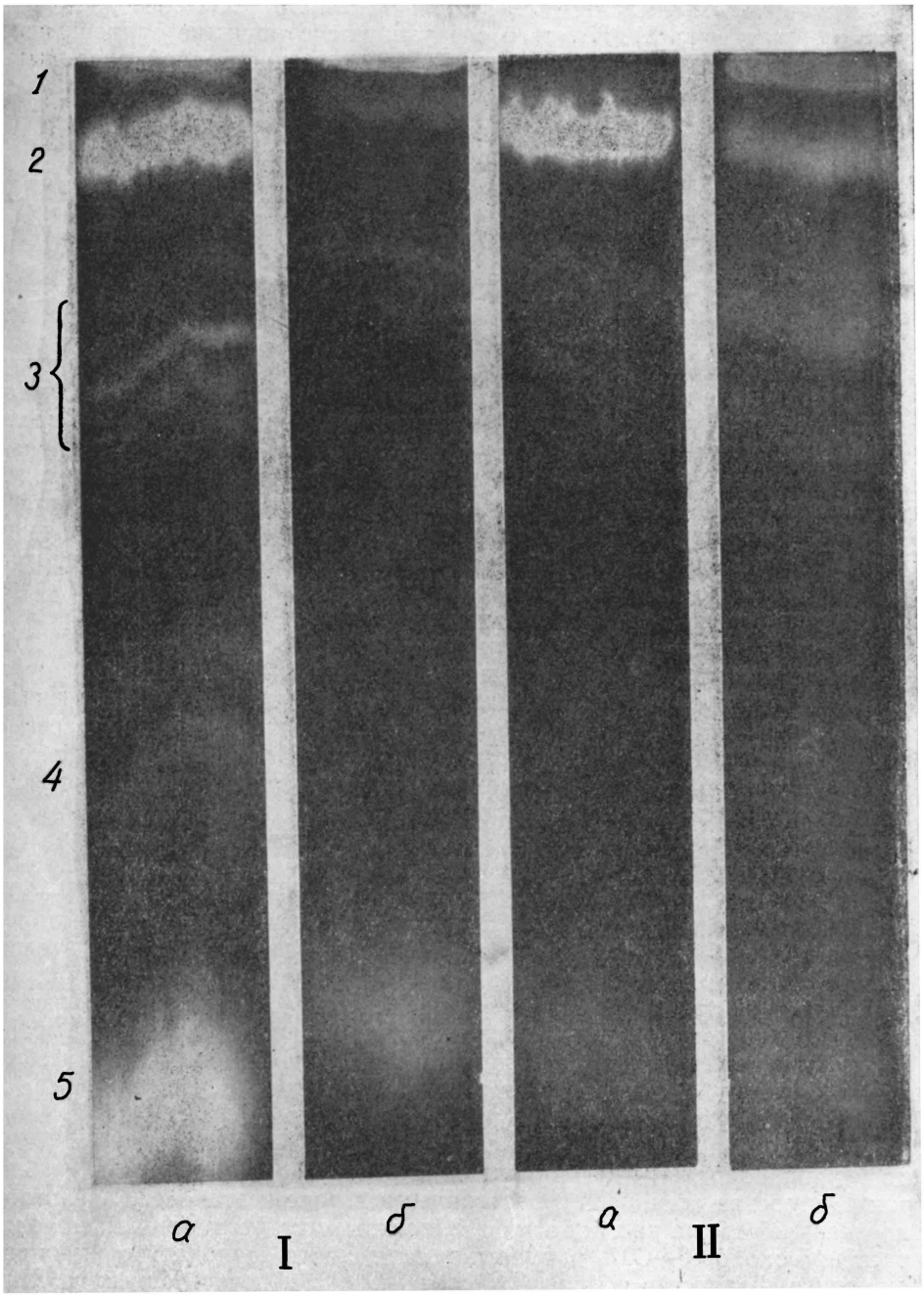

Рис. 2. Радиоавтографы хроматограмм водноспиртовых экстрактов из листьев картофеля.

I, а — возраст 10 дней, сразу после 40 *мин* фотосинтеза, I, б — то же, через 24 *ч*; II, а — возраст 30 дней, сразу после 40 *мин* фотосинтеза, II б — то же, через 24 *ч*; *1* — фосфорные эфиры, фосфоглицериновая кислота и высокомолекулярные «стартовые» соединения; *2* — сахароза; *3* — аспартат, гликокол, серин, глутамат; *4* — аланин; *5* — малат.

Основными мечеными соединениями в этой фракции оказались сахароза и малат (рис. 2). Найдено следующее соотношение радиоактивности сахарозы, малата и прочих соединений (неуглеводной природы) в листьях и стеблях через 24 *ч* после фотосинтеза:

	В листьях	*В стеблях*
10-дневные		
Длинный день	12:45:43	20:50:30
Короткий день	10:47:43	39:30:31
30-дневные		
Длинный день	14:33:53	53:20:27
Короткий день	22:14:64	75:12:10

Таким образом, через сутки после фотосинтеза в листьях 10-дневных растений растворимые «меченые» продукты представлены преимущественно неуглеводными соединениями, главным образом яблочной кислотой. По мере старения возрастает радиоактивность сахарозы. Это вполне соответствует нашим предшествующим наблюдениям, показавшим, что у молодых 5—10-дневных растений картофеля интенсивно образуются в фотосинтезе и передвигаются в проводящих путях неаминированные (преимущественно яблочная) и аминированные кислоты, но основной транспортной формой ассимилятов является сахароза и по мере старения растений усиливается как фотосинтетическое образование сахарозы, так и отток ассимилятов из листьев (Мокроносов и Бубенщикова, 1961).

Из данных табл. 1 следует также, что судьбы ассимилятов в листьях сильно зависят от фотопериодической индукции. Например, на синтез клетчатки в листьях расходуется углерода больше у молодых растений на коротком дне, а у более старых — больше на длинном дне. Это соответствует динамике роста надземных органов в онтогенезе картофеля при разных фотопериодах (Мокроносов, 1960).

Еще более отчетливые возрастные особенности использования ассимилятов в растении обнаруживаются при анализе стеблей (табл. 1, 2). У молодых растений ассимиляты, поступающие в стебель, на 75—90% используются в синтезе белков и клетчатки в самом стебле, и в приводящих путях обнаруживается очень мало растворимых в воде и этаноле соединений. Это указывает на интенсивное расходование ассимилятов у молодых растений на рост стеблей. По мере старения прекращается рост стеблей, сохраняется, преимущественно, транспортная функция этого органа и суточный расход ассимилятов на синтез белка в стеблях сокращается у 30-дневных растений, по сравнению с 10-дневными, с 22 до 7% на длинном дне и с 10 до 3% на коротком дне. Расход углерода на клетчатку за это время снижается с 76 до 38% на длинном дне и с 77 до 9% на коротком дне. При этом существенно изменяется в стеблях также и состав соединений, растворимых в воде и этаноле. Результаты, представленные на рис. 3 и в табл. 2, показывают, что в стеблях молодых растений около 60—80% радиоактивности спиртоводнорастворимых соединений находится в яблочной кислоте и других неуглеводных, преимущественно аминированных, соединениях. У 30-дневных растений основным соединением в проводящих путях оказывается сахароза.

Начало клубнеобразования резко меняет характер передвижения и использование ассимилятов у картофеля (рис. 1; III, IV). У 30-дневных растений короткодневного варианта, начавших формировать клубни, 42% всех радиоактивных продуктов через сутки после фотосинтеза поступает в клубни, составляющие в это время всего 5% от общего веса растения. У 43-дневных растений поступление фотосинтетических

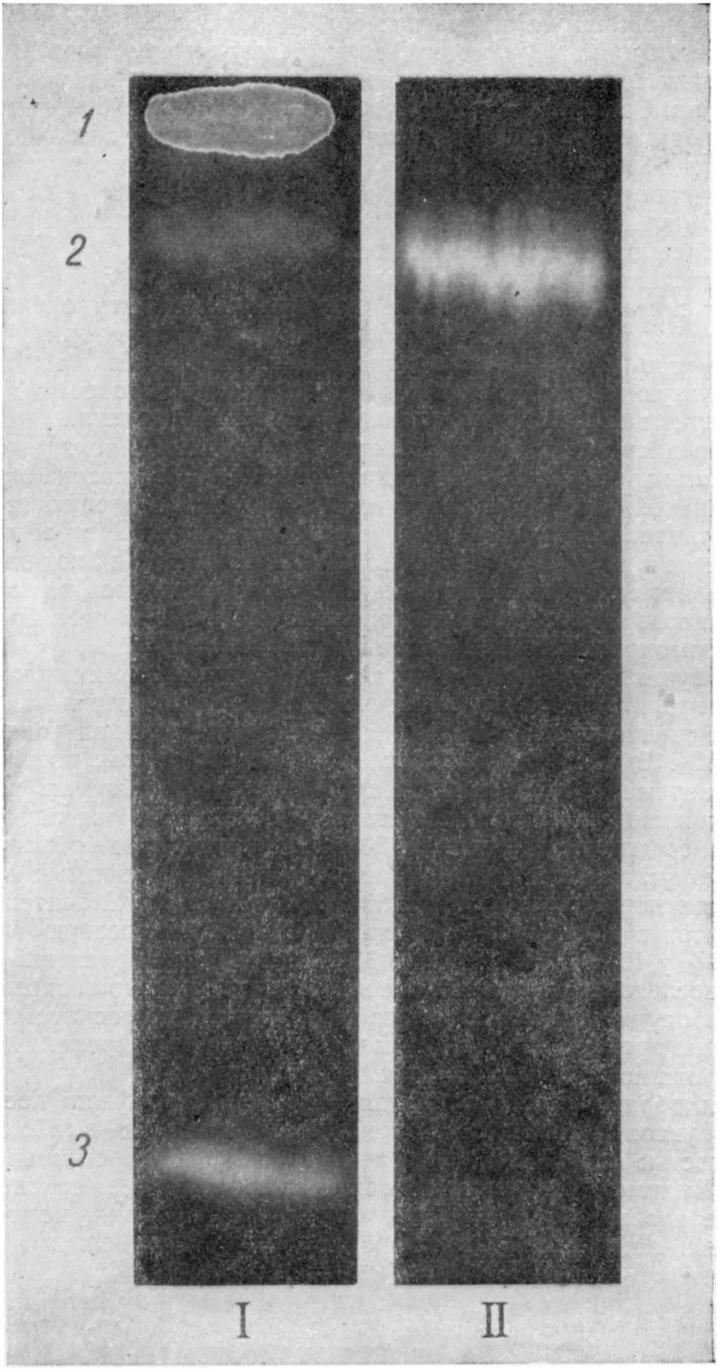

Рис. 3. Радиоактивные соединения в стеблях 10-дневных (I) и 30-дневных (II) растений картофеля через 2 *ч* после начала передвижения.

1 — малоподвижные «стартовые» соединения; *2* — сахароза; *3* — малат.

продуктов в клубни увеличивается до 58%. Около 95% всех ассимилятов в клубни поступает в форме сахарозы. Этому сахару принадлежит, очевидно, основная энергопластическая роль в биосинтезах, определяющих рост клубня. Сразу после 40-минутного фотосинтеза у 30-дневных растений в клубнях 60% всей радиоактивности находится в сахарозе, 15% — в крахмале, 13% — в клетчатке, 5% — в белках. Через сутки найдено 4% радиоактивности в сахарозе, 42% — в крахмале, 43% — в клетчатке, 7% — в белках. Таким образом, сахароза, поступающая в клубни, используется преимущественно на синтез полиоз.

В корнях картофеля обнаруживается не больше 3—5% всего фотосинтетически связанного C^{14} (см. рис. 1). Следует помнить, однако, что эти цифры отражают лишь степень включения C^{14} в ткани корня и не характеризуют «пропускной способности» корня, как метаболитической системы, использующей ассимиляты для синтетических процессов и передающей продукты синтеза в надземные органы. Наблюдения над радиоактивностью пасоки, собираемой с опытных растений, показали, что уже через 40 *мин* после начала фотосинтеза в среде $C^{14}O_2$ пасока оказывается радиоактивной. Активность пасоки увеличивается в следующие 1,5—3 *ч*, затем начинает снижаться. Это указывает на очень быстрое вовлечение ассимилятов в цикл А. Л. Курсанова у картофеля. Наблюдения показали также, что скорость прохождения меченых продуктов через корневую систему и возврата их с пасокой оказывается в 1,5—2 раза больше в условиях благоприятного, краткодневного фотопериода.

Для изучения метаболизации транспортируемых ассимилятов в корнях картофеля изучалось изменение состава радиоактивных продуктов в корнях на протяжении суток после фотосинтетической подкормки листьев $C^{14}O_2$. Единственным радиоактивным продуктом, поступающим в корни в первые 40 *мин*, была сахароза. Через 2 *ч* в корнях появляются радиоактивные глюкоза, малат, аланин, аспартат и ряд неидентифицированных соединений. Через 16—20 *ч* в корнях почти не обнаруживается «меченых» углеводов, и вся радиоактивность растворимых соединений находится в аминокислотах и органических кислотах. Значительная часть ассимилятов в корнях включается в белково-целлюлозную фракцию — около 75% у 10-дневных и около 30% у 30-дневных растений (табл. 1).

При исследовании состава пасоки обнаружено, что возврат радиоактивных продуктов из корней через 2—10 *ч* после фотосинтеза в надземные органы происходит в форме малата и двух аминированных соединений, природа которых исследуется.

Таким образом, метаболизация в корнях картофеля поступающих туда продуктов фотосинтеза в общих чертах сходна с метаболитической деятельностью корней тыквы, исследованной А. Л. Курсановым с сотрудниками. Видимо, установлены общефизиологические закономерности, присущие разным объектам. Продолжая исследования, можно рассчитывать на раскрытие специфики корневого метаболизма у разных растений.

ЛИТЕРАТУРА

Бутенко Р. Г., Ничипорович А. А., Протасова Н. Н. (1960). О биологическом значении разнокачественности продуктов фотосинтеза растений. Докл. АН СССР, т. 135, вып. 1, 210—212.

Гунар И. И. и Крастина Е. Е. (1957). Распределение продуктов ассимиляции углерода по органам в онтогенезе сои. Докл. ТСХА, вып. 29, 81—88.

Журбицкий З. И. и Вартапетян С. М. (1956). Влияние летнего полярного дня на ассимиляцию и клубнеобразование у картофеля. «Физиология растений», т. 3, вып. 1, 58—65.

Курсанов А. Л. (1957). Корневая система растений, как орган обмена веществ. Изв. АН СССР, сер. биол., вып. 6, 689—698.
Курсанов А. Л. (1960). Взаимосвязь физиологических процессов в растении (XX Тимирязевское чтение), М., Изд-во АН СССР.
Мокроносов А. Т. (1960). Фотопериодическая реакция культурного картофеля. Бот. ж., т. 45, вып. 11, 1645—1653.
Мокроносов А. Т. (1961). Состав продуктов фотосинтеза у картофеля в разные часы суток и при разных фотопериодах. Зап. Свердловского отд. Всесоюзн. бот. о-ва, вып. 2, 63—70.
Мокроносов А. Т. и Бубенщикова Н. К. (1961). Передвижение ассимилятов у картофеля. «Физиология растений», т. 8, вып. 5, 560—568.
Мокроносов А. Т. и Логвина М. Г. (1962). Влияние онтогенетического состояния растений на состав продуктов фотосинтеза у картофеля. «Физиология растений», т. 9 (в печати).
Разумов В. И. (1931). Влияние переменной продолжительности дня на клубнеобразование. Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции, т. 27, вып. 5, Л., Изд. ВИРа.

ЗАПИСКИ СВЕРДЛОВСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ВСЕСОЮЗНОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Вып. 3 1964

И. К. КИРШИН

ФОТОПЕРИОДИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ТИМОФЕЕВКИ ЛУГОВОЙ

Открытие явления фотопериодизма (Garner a. Allard, 1920) побудило многих фитофизиологов и растениеводов к изучению отношения к длине дня самых различных культурных и диких растений. Первые опыты по фотопериодизму тимофеевки луговой были проведены Ивенсом (Evans, 1927), который и отнес ее к растениям длинного дня.

Вслед за этим была выявлена зависимость между скороспелостью или позднеспелостью и длиной дня, необходимой для развития растений того или иного сорта тимофеевки луговой, и установлена приспособленность местных сортов к той длине светового дня, которая свойственна географической широте места их происхождения (Evans, 1927; Allard a. Evans, 1941; Evans a. Allard, 1934).

Нижним пределом длительности светлого периода суток, при котором еще может осуществиться переход тимофеевки луговой к плодоношению, оказался для ранних форм 10—12, для средних форм $12^1/_2$—$13^1/_2$ и для поздних форм $13^1/_2$—$14^1/_2$ *ч*.

В. И. Разумов (1948) потребность длиннодневных и короткодневных растений в соответствующей длине фотопериода для их нормального развития связывает с прохождением растениями световой стадии. Он ввел новый критерий для установления длительности световой стадии, определяя ее «тем минимальным сроком воздействия определенной длины дня, который обеспечит образование морфологически типичного неизрастающего соцветия» (стр. 23). По данным В. И. Разумова, у тимофеевки луговой световая стадия длится не более 20 дней.

При изучении цикла сезонного развития многолетних злаковых трав нами (Киршин, 1958, 1959) было показано, что условия длинного дня необходимы растениям на протяжении всего периода развития генеративных побегов. В 1957—1960 гг. проводились опыты [1], целью которых было выяснение реакции растений тимофеевки луговой на длину дня в разные периоды их роста. При этом ожидалось, что растения на неблагоприятные фотопериоды будут реагировать не только отсутствием перехода к плодоношению или задержкой наступления фазы колошения, что обычно учитывается при оценке длительности световой стадии (Лысенко, 1952), но и изменением характера роста отдельных органов.

Методика

В опытах использовались элитные семена тимофеевки луговой сорта Красноуфимская-137. Растения выращивались в глиняных вазонах, наполненных перегнойной почвой из расчета по 4,5 *кг* сухой почвы на

[1] В проведении опытов участвовали студентки Н. Ворошилова и А. Синкевич.

сосуд. Посев производился пророщенными семенами в 1957 г. 11 мая, а в 1958 г.— 20 мая. После прореживания всходов в сосудах оставлялось по 7—8 одинаковых растений. Влажность почвы поддерживалась на уровне 60—80% от полной влагоемкости. При набивке сосудов на 1 *кг* почвы вносилось по 0,20 *г* N, P_2O_5 и K_2O. Такие же дозы удобрений вносились с поливной водой в середине июля.

Для каждого варианта опыта имелось по четыре параллельных сосуда, а в каждом сосуде было выделено по четыре растения, у которых отмечались даты появления верхушки листа и даты развертывания листьев по ярусам. Варианты были объединены в следующие серии: 1-я (шесть вариантов), растения выращивались на 10-часовом дне в начальные периоды роста, до развертывания 1, 2, 3, 4, 5 и 6-го листьев, а после достижения указанных фаз переводились в условия естественного длинного дня; 2-я (девять вариантов), растения выращивались на 10-часовом дне все время после развертывания 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 8-го листьев, а до момента достижения указанных фаз развивались на естественном дне. В этих сериях затемнение растений производилось путем накрывания сосудов на вагонетках большими картонными ящиками с 18 до 8 часов; 3-я (три варианта), растения выращивались на 10-часовом дне при затемнении в дневные часы, так что короткий день слагается из двух пятичасовых светлых периодов, даваемых каждый день после восхода солнца и перед закатом. При таких условиях растения выращивались: 1) все время; 2) до развертывания 5-го листа и 3) после развертывания 5-го листа.

До фазы развертывания 6-го листа растения в сосудах росли одинаково, но позднее одни растения стали несколько отставать от других, поэтому на короткий день растения переводились тогда, когда большинство их из числа отмеченных достигало соответствующей фазы. В эти дни из сосудов брали несколько растений, имеющих такие же размеры и число листьев, как и у отмеченных для наблюдения растений, и рассматривали под бинокуляром конусы нарастания главных побегов, делая зарисовки с помощью рисовального аппарата.

По каждому растению в журнале записывались даты начала колошения, полного выхода соцветия из влагалища верхнего листа и цветения. У растений измерялась длина листовых пластинок на главном побеге и в конце опыта — длина междоузлий стебля.

В 1959 г. опыт проводился по такой же схеме, только не было вариантов третьей серии. Посев производился 20 мая в бумажные горшочки размером 8×10 *см*, набитые перегнойной почвой. Горшочки были прикопаны на делянках. На одной делянке растения накрывались фанерной камерой с 18—30 до 8—30, а на другой развивались на естественном дне. При достижении фазы развертывания 3, 4, 5, 6, 7 и 8-го листа и в начале колошения подбиралось 50 одинаковых растений, 25 из которых пересаживались в условия 10-часового дня, а 25 высаживались на соседнюю делянку, где продолжали развиваться в условиях длинного дня, являясь контролем для опытных растений. Во второй серии брали растения, выращиваемые до развертывания 1-го и 2-го листа как на коротком, так и на длинном дне, и высаживали их рядом по 25 экз.

В 1960 г. опыт ставился с перезимовавшими растениями тимофеевки (посев 20 июля 1959 г.). После схода снега с 17 апреля растения находились на 10-часовом дне, а 5 мая были пересажены в сосуды и через каждую неделю (12/V, 19/V, 26/V, 2/VI, 9/VI, 16/VI и 23/VI) помещались на 10-часовой день. В каждом варианте было по четыре сосуда. Наблюдения проводились за 20 растениями, у которых отмечались даты начала колошения, цветения и израстания соцветий.

Результаты исследований

Динамика образования листьев

Процесс формирования побега заключается в последовательном образовании листьев, междоузлий и почек в пазухах листьев (Сабинин, 1940; Evans a. Grover, 1940). Совокупности этих трех образований составляют фитомеры, которые закладываются один за другим верхушечной меристемой побега через определенные промежутки времени, называемые пластохроном. Последний может выражаться также периодом между соответствующими фазами роста двух рядом сидящих листьев (Erickson a. Michelini, 1957) и служить показателем развития вегетативных органов растения.

В наших опытах наблюдения за появлением и развертыванием листьев разных ярусов на главном побеге растений тимофеевки служили только канвой для осуществления намеченной схемы опыта. Однако этот показатель был также использован нами для оценки влияния длины дня на растения тимофеевки. Данные показывают, что при выращивании растений все время как на длинном, так и на коротком дне, создаваемом за счет дневных часов, листья соответствующих ярусов появлялись и развертывались примерно в одно и то же время (табл. 1). Небольшое отставание в скорости образования листьев на коротком дне оказалось в пределах ошибки производимых наблюдений. При помещении растений на 10-часовой день после того, как образование зачаточных фитомеров прекратится и конус нарастания начнет превращаться в зачаточное соцветие, рост ранее заложившихся листьев, предназначенных быть стеблевыми, на коротком дне замедляется. Так, период от развертывания 5-го до развертывания 9-го листа у растений, развивающихся на длинном дне, составил 15,3+1,2 дня, а в варианте с 10-часовым днем — 20,5+1,2.

Таблица 1

Влияние длины дня на скорость образования листьев у тимофеевки луговой (опыт 1958 г.)

Варианты	Среднее число дней от появления всходов до развертывания пластинки	
	5-го листа	9-го листа
Все время на длинном дне	27,5	42,8
Все время на коротком дне, затемнение с 18 до 8 *ч*	28,6	45,0
Все время на коротком дне, затемнение в полдень	41,2	—
На коротком дне после развертывания 5-го листа при затемнении с 18 до 8 *ч*	26,2	46,7
То же, при затемнении в полдень	27,2	49,6
На коротком дне до развертывания 5-го листа при затемнении с 18 до 8 *ч*	28,6	44,7
То же, при затемнении в полдень	42,7	54,0

При выращивании растений на коротком дне, обеспеченном за счет утренних и вечерних часов (при затемнении в полдень), появление и развертывание листьев соответствующих ярусов отмечалось значительно позднее. Как видно из данных табл. 1, задержка в сроках развертывания 5-го листа у растений, развивающихся при исключении полуденных часов, составила две недели. При постановке этих растений в фазе развертывания 5-го листа в условиях длинного дня темпы появления и раз-

вертывания новых листьев значительно ускоряются. Разница в сроках наступления фазы развертывания 9-го листа между растениями этого и контрольных вариантов уменьшилась до 11,1+1,4 дня за счет сокращения на 3,6+1,8 дня периода от развертывания 5-го листа до развертывания 9-го. Здесь, очевидно, повлияла более высокая температура воздуха (Langer, 1954). В период с 8 по 25 июля, когда происходил рост 7, 8 и 9-го листьев у растений, переведенных на естественный день 8 июля, среднесуточная температура воздуха была на 3,3° С выше, чем в период с 23 июня по 7 июля, когда росли 7, 8 и 9-й листья у контрольных растений.

Если в условия короткого дня, обеспеченного за счет утренних и вечерних часов, растения помещались в фазе развертывания 5-го листа, то пластохрон у образующихся новых листьев значительно увеличивался: период от развертывания 5-го листа до развертывания 9-го листа у контрольных растений составил 15,3+1,2 дня, а у растений этого варианта — 22,4±1,0 дня.

Неодинаковый характер ответа растений на короткий фотопериод, обеспеченный за счет дневных часов и за счет утренних и вечерних часов, объясняется, очевидно, различиями в интенсивности и в спектральном составе света в различное время дня.

Рост листьев

Результаты измерения длины пластинок у листьев разных ярусов при выращивании растений в течение различных сроков на 10-часовом дне представлены на рис. 1. По каждому варианту выборки данных сделаны по большинству растений, которые на главном побеге обра-

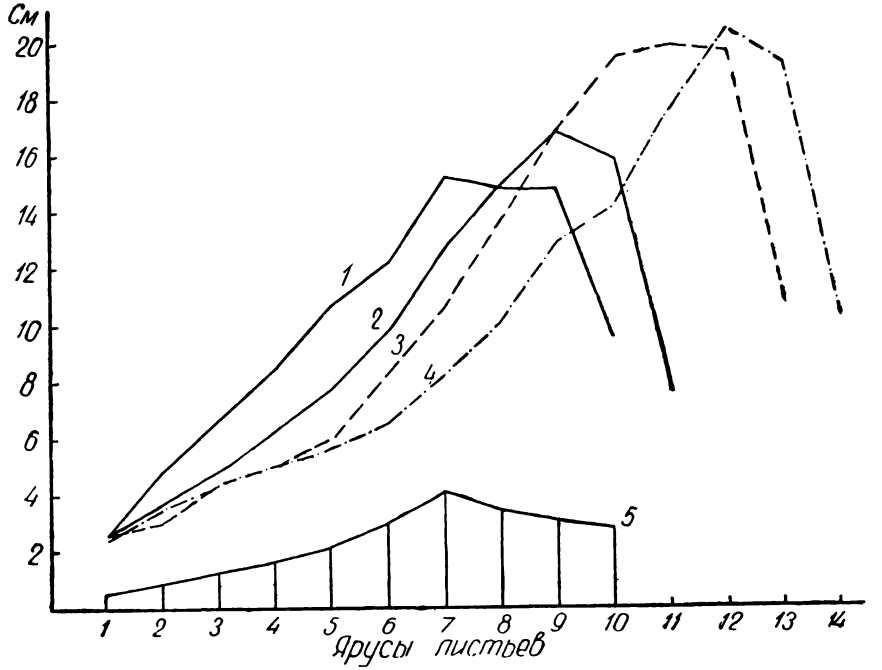

Рис. 1. Изменение длины листьев по ярусам на главном побеге тимофеевки луговой при выращивании на длинном и коротком дне.

1 — все время на длинном дне; на 10-часовом дне до развертывания: *2* — 2-го листа; *3* — 4-го листа; *4* — 6-го листа; *5* — достоверная разница между вариантами при P=1%.

зовали одинаковое число листьев. В контрольном варианте расчет сделан по растениям с 10 листьями, в варианте с коротким днем до развертывания 2-го листа — по растениям с 11 листьями и т. д. На графике видно, что ярусная изменчивость длины листовых пластинок имеет характер одновершинной кривой с максимумом на 3-м или 4-м ярусе сверху. Чем дольше растения находилось в начале своего развития на ненормальном фотопериоде, тем на более высоком ярусе находился самый длинный лист и больше были его размеры.

Увеличение числа листьев на генеративном побеге при выращивании растений после появления всходов на коротком дне связано с тем, что в условиях короткого фотопериода побеги тимофеевки остаются вегетативными (Evans, 1927; Олейникова, 1946; Корякина, 1957; Киршин, 1958, 1959). К моменту перевода на длинный день у растений в соответствии с продолжительностью воздействия коротким днем, зачаточных фитомеров образовалось больше, чем у растений, развивающихся в условиях длинного дня и раньше вступивших в генеративную фазу.

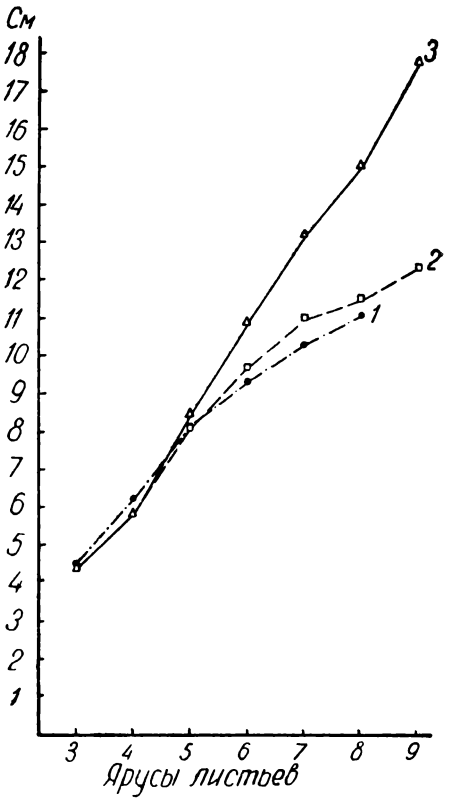

Рис. 2. Изменение длины листьев на главном побеге тимофеевки луговой при выращивании на длинном и коротком дне. На 10-часовом дне после развертывания: *1* — 3-го листа; *2* — 4-го листа; *3* — на естественном длинном дне (средний контроль).

При рассмотрении восходящих ветвей кривых на рис. 1 видно, что на коротком дне листья вырастают меньших размеров по сравнению с соответствующими листьями растений, развивающихся на длинном дне. Такое влияние короткого дня сказывается не только на листьях, выросших в условиях короткого фотопериода, но и на листьях, которые в этих условиях только заложились и начали свой рост, а заканчивали его на длинном дне. Так, в варианте с 10-часовым днем до развертывания 1-го листа достоверные различия с контрольными растениями получены по длине 2-го листа. При выращивании растений в условиях ненормального фотопериода до развертывания 2-го листа (кривая 2 на рис. 1) уменьшение длины 3-го, 4-го и 5-го листьев, по сравнению с соответствующими листьями контрольных растений (кривая 1), доказано с вероятностью 0,99 (P=1%). С такой же достоверностью можно утверждать об уменьшении размеров 4-го, 5-го, 6-го и 7-го листьев в варианте «10-часовой день до развертывания 3-го листа» и т. д.

В серии вариантов, в которой растения тимофеевки помещались в условия короткого дня после различных сроков нахождения на длинном дне, вырастающие на ненормальном фотопериоде новые листья тоже оказывались короче соответствующих листьев растений, развивающихся все время на длинном дне (табл. 2, рис. 2).

Влияние короткого дня, как видно из табл. 2 и из рис. 2, сильнее всего сказывается на росте тех листьев, которые к моменту изменения фотопериодов находились еще в зачаточном состоянии. Так, различия между растениями, помещенными на 10-часовой день в фазе развертывания 7-го листа, и растениями контрольного варианта по длине листовой пластинки самого верхнего листа оказались достоверными с вероятностью 0,999 (P=0,1%), по длине второго сверху листа — с вероятностью 0,995 (P=0,5%), а различия по длине третьего сверху (восьмого снизу) листа, который ко времени укорочения фотопериода уже

Таблица 2

Длина листовой пластинки листьев верхних ярусов генеративных побегов тимофеевки луговой при выращивании на длинном и коротком дне, *см* (опыты 1958 г.)

Варианты	Ярусы листьев сверху		
	3	2	1*
Длинный день все время	14,0±0,5	13,5±0,4	7,8±0,5
10-часовой день после развертывания 7-го листа	12,7±0,6	11,5±0,7	5,7±0,4
Разница	1,3±0,8	2,0±0,8	2,1±0,6
P,%	5	0,5	0,1

* У большинства растений это 10-й лист.

вышел из влагалища 7-го листа и на коротком дне только заканчивал свой рост, доказаны лишь с вероятностью 0,95 (P=5%).

То же самое наблюдалось и в опытах 1959 г.: при помещении растений на 10-часовой день после развертывания третьего листа 4-й и 5-й листья выросли до таких же размеров, как и на длинном дне, а 6-й и последующие листья оказались уже значительно короче листьев этих же ярусов у контрольных растений. При выращивании на 10-часовом дне после развертывания 4-го листа задерживающее влияние короткого дня сказалось уже на росте 5-го листа, но достоверные различия получены только при сравнении длины листьев 8-го и последующих ярусов.

Приведенные данные показывают, что листья нижних и верхних ярусов на изменение длины дня реагируют одинаково. Короткий день в начале развития побега вызывает уменьшение роста не только тех листьев, которые полностью вырастали в условиях короткого дня, но и последующих 2—4 листьев, которые росли уже в условиях длинного дня. Это — последействие короткого дня. При помещении в условия короткого дня растений с определенным числом развернувшихся листьев, влияние короткого дня проявляется не сразу: первые 2—3 листа, заканчивающие свой рост на коротком фотопериоде, по своим размерам лишь немного отличаются от соответствующих листьев растений, развивающихся на длинном дне. Это последействие длинного дня.

Как показали наблюдения, к моменту появления растущего листа из влагалища предыдущего пластинка его уже морфологически обособлена от влагалища, зона деления клеток эпидермиса занимает около 4 *мм* длины влагалища, а зона растяжения клеток распространяется лишь на протяжении $^3/_4$ длины отрезка листа, скрытого в трубке. Поэтому, когда растения переводились, например, с короткого дня

на длинный, при появлении верхушки какого-либо растущего листа из влагалища нижесидящего, фаза деления клеток, образующих пластинку, была уже закончена в условиях короткого дня, а на длинном дне рост пластинки осуществлялся за счет растяжения клеток. То же самое имеет место при обратной постановке опыта: на коротком дне заканчивался рост листьев за счет растяжения. Таким образом, задерживающее действие короткого дня на рост листовой пластинки можно отнести в большей мере за счет влияния на фазу деления клеток. Такой же вывод можно сделать из данных работы Стаккей (Stuckey, 1942), где проводятся расчеты числа клеток эпидермиса на листовых пластинках ежи сборной, выращиваемой на 8- и 16-часовом дне.

Развитие генеративных органов

Процесс формирования генеративных органов у растений тимофеевки луговой изучен достаточно хорошо и описан в ряде работ (Evans a. Grover, 1940; Ржанова, 1952, 1955, 1957; Jeater, 1956, Киршин, 1959). Установлено, что переход побегов к плодоношению осуществляется только в условиях длинного дня и проявляется в течение очень короткого срока, почти внезапно (Evans a. Grover, 1940). Морфологически это выражается в следующем: на вытянувшемся до 0,6—1,0 *мм* конусе нарастания прекращается образование новых фитомеров, а в пазухах уже заложившихся зачаточных листовых валиков образуются бугорки меристематической ткани, из которых должны будут в дальнейшем сформироваться боковые ветви или лопасти султана.

Такого переходного состояния, по нашим наблюдениям, растения тимофеевки луговой сорта Красноуфимская-137 при весеннем разреженном посеве достигают ко времени развертывания четвертого листа — через 24—28 дней после появления всходов. У некоторых растений в силу индивидуальных различий, а также вследствие загущения при посеве и вызванного этим затенения, морфологически выраженный период перехода конуса нарастания в зачаточное соцветие наблюдаются позднее — при развертывании пятого и шестого листа — или даже совсем не наступает.

При выращивании растений тимофеевки луговой с момента появления всходов на коротком дне конусы нарастания побегов остаются все время в вегетативной фазе, образуя все новые и новые зачаточные фитомеры.

Таблица 3

Количество листьев, образовавшихся на главном генеративном побеге тимофеевки луговой при выращивании в течение различных сроков на коротком дне (опыт 1957 г.)

Варианты	Всего	В том числе относящихся	
		к узлу кущения	к удлиненной части стебля
Длинный день все время . . .	10,5	6,2	4,3
10-часовой день до развертывания 2-го листа	11,2	6,3	4,9
10-часовой день до развертывания 4-го листа	13,6	8,8	4,8
10-часовой день до развертывания 6-го листа	16,6	11,5	5,1

Если растения, развивающиеся на коротком дне, помещались в условия длинного дня в фазе развертывания 4-го, 5-го и т. д. листа, то есть в таком возрасте, когда у развивающихся на длинном дне растений уже формируется зачаточное соцветие, то они сразу же переходили в генеративную фазу. Чем дольше растения находились на коротком дне, и следовательно, чем большее количество фитомеров успели они образовать, тем большее количество листьев имели генеративные побеги, развившиеся в условиях длинного дня (рис. 1, табл. 3).

С такой закономерностью отмечена и задержка в наступлении фазы колошения этих растений по сравнению с растениями, развивающимися все время на длинном дне. Даже кратковременное пребывание на коротком дне вызывает задержку в наступлении фазы колошения. Представленные на табл. 4 данные с высокой точностью доказывают, что растения тимофеевки луговой начинают реагировать на ненормальный фотопериод с самого момента появления всходов.

Таблица 4

Влияние короткого дня в первые периоды роста на генеративное развитие растений тимофеевки луговой

Показатели	Периоды выращивания на 10-часовом дне после появления всходов			
	до развертывания 1-го листа (10 дней)		до развертывания 2-го листа (15 дней)	
	опыт	контроль	опыт	контроль
Даты начала колошения у всех растений	16—23.VII	14—23.VII	17—23,VII	13—25,VII
Число дней от появления всходов до начала колошения	55,9±1,0	51,9±0,8	57,9±0,7	51,9±0,9
Задержка наступления фазы колошения в днях	4,0±1,4	—	6,0±1,1	—
P,%	0,1	—	0,1	—

Таким образом, растения тимофеевки луговой при выращивании на коротком дне не проявляют морфологических признаков развития в направлении перехода к плодоношению и, будучи помещены в условия благоприятного фотопериода, выколашиваются значительно позднее, чем растения, развивающиеся все время на длинном дне. Однако, как видно из табл. 4 и 5, пребывание растений на коротком дне не проходит для них бесследно. Период от начала выращивания на длинном дне

Таблица 5

Влияние продолжительности выращивания растений тимофеевки луговой в условиях короткого дня на темпы их генеративного развития (данные 1958 г.)

Показатели	Выращивание на 10-часовом дне с момента появления всходов до развертывания			
	4-го листа	5-го листа	6-го листа	7-го листа
Продолжительность выращивания при неблагоприятном фотопериоде, в днях	24	29	33	37
Задержка в наступлении фазы колошения, в днях	11±2,1	15±2,5	16±2,2	18±2,1
Число дней от начала выращивания на длинном дне до колошения	39	38	35	33

Таблица 6

Развитие растений тимофеевки луговой на коротком дне в зависимости от продолжительности выращивания после появления всходов на длинном дне

Показатели учета	Варианты									
	все время на 10-часовом дне	на 10-часовом дне после развертывания листа:								все время на длинном дне
		1-го	2-го	3-го	4-го	5-го	6-го	7-го	8-го	
Опыты 1957 г.										
Число длинных дней после всходов	0	7	16	23	28	34	39	45	50	—
Начало выращивания на коротком дне	12.V	18.V	27.V	3.VI	8.VI	13.VI	18.VI	24.VI	29.VI	—
Число дней от всходов до колошения	—	—	—	—	83,0	61,6	61,0	56,3	—	54,6
Задержка наступления фазы колошения в днях	—	—	—	—	28,4	7,0±2,8	6,4±2,5	1,7±2,1	—	—
Опыты 1958 г.										
Число длинных дней после всходов	0	—	—	22	24	27	31	35	39	—
Начало выращивания на коротком дне	25.V	—	—	16.VI	18.VI	21.VI	25.VI	29.VI	3.VII	—
Число дней от всходов до колошения	—	—	—	—	59,0	64,2	58,0	50,0	49,7	51,7
Задержка наступления фазы колошения в днях	—	—	—	—	7,3	12,5±5,2	6,3±4,4	—1,7±3,1	2,0±2,5	—

до колошения во всех вариантах был значительно короче периода от всходов до колошения у контрольных растений. Задержка в наступлении фазы колошения у опытных растений во всех вариантах составила примерно лишь половину периода, в течение которого растения находились в условиях короткого дня. Это свидетельствует об относительном ускорении процесса морфогенеза соцветия у растений, предварительно выращиваемых в условиях короткого дня.

Рис. 3. Влияние короткого дня в разные фазы роста на развитие тимофеевки луговой (снимок 9. IX. 1957 г.).

После развертывания: *1* — 4-го листа; *2* — 5-го листа; *3* — *6*-го листа; *4* — 7 листа.

Здесь могло сказаться влияние более высокой температуры в середине лета, когда формировалось соцветие у этих растений, как это было показано в обстоятельной работе А. И. Мозолева (1929), а также в опытах со сроками посева зерновых культур (Самохина, 1948; Заблуда, 1960; Рощевская, 1960). Как видно на табл. 5, по мере удлинения срока выращивания растений в условиях короткого дня, заметно сокращается необходимое для формирования соцветия число длинных дней. Растения, начавшие получать длинный день, имея больший возраст и при большей своей вегетативной мощности, быстрее осуществили морфогенез органов плодоношения.

На основе приведенных данных можно заключить, что процессы развития протекают и в условиях неблагоприятных фотопериодов. Однако эти процессы в течение одного вегетативного периода не могут привести к формированию органов плодоношения. По данным В. И. Разумова и Л. Н. Зайцевой (1958), растения тимофеевки луговой и клевера красного при выращивании на коротком дне зацветали на третий год, а в опытах С. С. Шаина (1959) луговые злаки в условиях короткого дня не цвели и в течение 4 лет.

В вариантах «10-часовой день после развертывания первого, второго и третьего листа» все растения во все годы до конца вегетации оставались в вегетативном состоянии (табл. 6). Ко времени развертывания третьего листа у растений в условиях длинного дня конус нарастания главного побега лишь начал вытягиваться и в дальнейшем на коротком дне продолжал откладывать новые фитомеры. При помещении на корот-

кий день растений в фазе развертывания 4-го листа — через 24—28 дней после всходов выколашивались лишь единичные растения и с большим опозданием. К началу воздействия коротким днем растения уже достигли периода перехода к плодоношению. На конусе нарастания главных побегов уже начали образовываться генеративные бугорки, но в условиях короткого дня дальнейшее развитие конуса нарастания у большинства растений прекратилось. На главных побегах развернулся последний лист и в таком состоянии растения оставались до конца вегетации. У выколосившихся растений междоузлия стебля не удлинялись и соцветия сидели над последним листом почти у поверхности почвы и не были заметны (рис. 3).

При постановке растений на короткий день в фазе развертывания 5-го листа — через 27—34 дня после всходов, когда генеративные бугорки на конусе нарастания уже начали дифференцироваться в зачатки лопастей будущего султана, наступление фазы колошения тоже задерживалось, причем выколашивалась только часть растений. При выращивании растений на 10-часовом дне после развертывания 6-го листа, задержка в наступлении фазы колошения была меньше. В вариантах «короткий день после развертывания 7-го и 8-го листа», когда уже на длинном дне началось формирование цветков, растения начали колоситься одновременно с растениями, находящимися на длинном дне, хотя момент полного выхода соцветия из влагалища последнего листа, как и начало цветения, у них отмечен позднее.

У всех растений, которые находились в условиях длинного дня до развертывания 4-го, 5-го и 6-го листа, на коротком дне наблюдалось израстание соцветий — явление, ранее уже отмеченное в литературе (Разумов и Смирнова, 1936; Лейсле, 1953, 1956; Разумов, 1948; Ржанова, 1951; Федоров, 1958, Evans, 1927; Langer a. Ryle, 1958; Wycherley, 1954). Если воздействие растений условиями длинного дня ограничивалось четырьмя—пятью неделями (варианты «10-часовой день после развертывания 4-го и 5-го листа»), то пролификация у одних растений имела место по всей длине соцветия, у других — в верхней и нижней части. При более продолжительном выдерживании растений на длинном дне (до развертывания 6-го листа) количество израстающих колосков было значительно меньше, причем израстали колоски только в верхней и нижней части султана. При помещении растений в условия неблагоприятного фотопериода после развертывания 7-го и 8-го листа соцветия главных побегов вырастали внешне нормальными, зато различная степень пролификации соцветий наблюдалась у побегов второго порядка.

В опытах 1957 г. все растения 1.IX были переведены на естественный день. Очень теплая погода в течение всего сентября благоприятствовала росту побегов, образовавшихся в соцветиях. Многие из них развились до такой степени, что успели выколоситься и зацвести (рис. 4). Несколько израстающих колосков осенью были укоренены. После перезимовки в 1958 г. из них выросли вполне нормальные растения.

Растения второго года жизни, при выращивании на коротком дне с 12 и 19 мая, через 1—2 недели развития на длинном дне к плодоношению не переходили. При помещении на короткий день через 21, 28 и 35 дней пребывания на длинном дне растения выколашивались с запозданием, и соцветия так же, как и у растений первого года жизни, израстали в различной степени. Растения, развившиеся на длинном дне в течение 42 дней и помещенные после этого в условия короткого дня, а также растения, поставленные на короткий день после начала колошения, цвели одновременно с растениями, развивающимися все время на длинном дне, но семян не образовали.

Признаки израстания соцветия на неблагоприятном фотопериоде проявляются вскоре после цветения отдельных цветков в султане. В колосках с нормальными на вид колосковыми чешуями становилась заметной позеленевшая нижняя цветочная чешуя. Она увеличилась в размерах и превращалась в лист с влагалищем и пластинкой (рис. 5). Внутри влагалища можно было обнаружить верхнюю цветочную чешую, прикрывающую цветок. Во многих израстающих колосках пыльники так и не выходили из влагалища. Но в ряде случаев можно было наблюдать, как одна или все три тычинки превращались в зеленые листья, которые все вместе появились из влагалища изросшей нижней

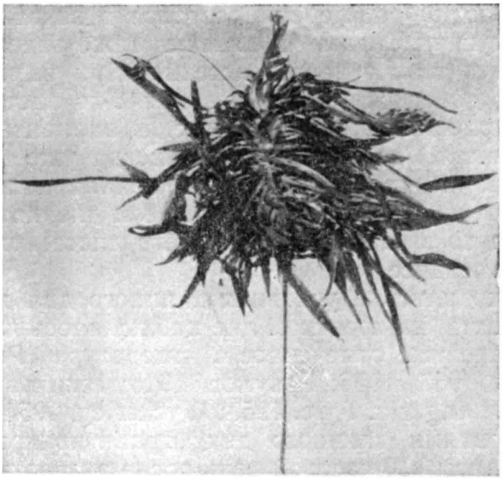

Рис. 4. Соцветие главного побега тимофеевки луговой, выращиваемой на 10-часовом дне после развертывания 5-го листа (опыт 1957 г.).

Рис. 5. Израстание колоска в соцветии тимофеевки луговой на коротком дне. Видны колосковые чешуи, нижняя цветочная чешуя, позеленевший, превратившийся в лист пыльник и остевидный зеленый отросток.

цветочной чешуи. В некоторых колосках из влагалища первого зеленого листа появлялись один или два зеленых отростка в виде ости. При детальном рассмотрении оказалось, что это изросшие лодикулы. В результате исследования большого количества колосков удалось выявить впервые отмечаемый здесь факт израстания пестика в цветке тимофеевки луговой: недоразвитые рыльца уплощались и превращались в одну или две листовые пластинки, а завязь разрасталась в виде влагалища. После раскручивания плодолистика был виден вегетативный конус нарастания, окруженный зачаточными листьями (рис. 6).

Формирующееся зачаточное соцветие представляет собой сложное образование. В каждый момент эмбриональные колоски его находятся на разных этапах морфогенеза. В процессе развития в условиях длинного дня постепенно все боковые точки роста достигают своего последнего этапа дифференциации — формирования макро- и микроспор. В тычиночных бугорках остатки меристемы целиком превращаются в материнские клетки пыльцы (Лодкина, 1952), а верхушечная меристема оси цветочного зачатка — в ядро семяпочки (Сурков, 1959).

При недостаточной продолжительности выращивания растений на длинном дне меристема цветочных зачатков не успевает достигнуть последнего этапа дифференциации, поэтому в условиях неблагоприятного фотопериода она снова начинает образовывать листовые зачатки, что и приводит к израстанию колосков. Выше было показано, что по мере удлинения срока пребывания в условиях длинного дня количество израстающих колосков в соцветии уменьшается и что способность к пролификации дольше всех сохраняется в самой верхней и нижней частях соцветия, соответствующих верхней и нижней частям конуса нарастания, где генеративные бугорки закладываются в последнюю очередь.

Следовательно, для формирования нормального соцветия продолжительность выращивания в условиях длинного дня, когда осуществляется фотопериодическая индукция или, что то же самое, световая стадия (Разумов, 1959) должна быть такой, чтобы во всех цветочных зачатках формирующегося соцветия успели заложиться все элементы, включая зачатки пестика. Такой степени дифференциации зачаточного соцветия главные побеги растения тимофеевки луговой при весеннем посеве достигают через 35—46 дней после всходов — к моменту развертывания 7-го листа. Дальнейшее формирование соцветия может завершиться и при неблагоприятном фотопериоде. Но хотя соцветия при этом не израстают и наступление фазы колошения не задерживается, развитие растений, судя по тому, что в соцветиях не завязываются семена, не идет нормально.

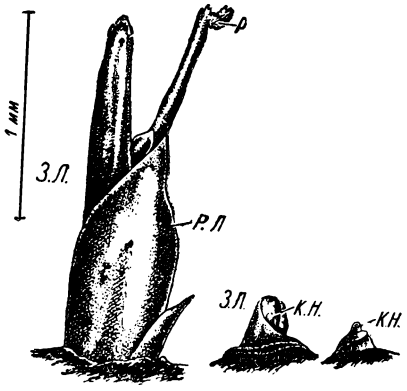

Рис. 6. Превращение оси цветочного зачатка в побег:

р.л. — плодолистик; *р* — недоразвитое рыльце; *з.л.* — зачаточные листья; *к.н.* — конус нарастания побега.

Таким образом, растения тимофеевки луговой реагируют на фотопериодическое воздействие в течение всего периода их развития. Это согласуется с фактами, отмеченными В. И. Разумовым (1948), который в опытах с пшеницей и просом показал значение фактора длины дня на самых ранних, а в опытах с ячменем — на поздних этапах развития, при образовании пыльцевых зерен и даже при формировании семян (в опытах с аксирисом). Следовательно, длинный день является для растений тимофеевки луговой не только условием, при котором осуществляется переход к плодоношению, но и необходимым фактором заложения и нормального формирования всех органов генеративного побега.

В третьей серии опыта результаты получались такие: при выращивании на 10-часовом дне с исключением утренних и вечерних часов растения к плодоношению не переходили, а при исключении полуденных часов в 1957 г. к концу августа выколосилось 12% растений. В 1958 г. растения в этом варианте выколоситься хотя и не успели, но соцветия у них были сформированы. При экспозиции на утренний и вечерний свет заметно ускорялось развитие по сравнению с растениями, экспозированными на дневной свет, и у растений, развивающихся в условиях длинного дня до фазы развертывания 5-го листа.

Эти данные подтверждают наблюдаемые ранее подобные факты (Шаин, 1956, 1959; Морозова, 1958). Их можно объяснить влиянием на развитие растений спектрального состава света: в утренние и вечерние часы преобладает длинноволновая радиация, а в дневные — коротковол-

новая. Ускоряющее действие красных лучей спектра показано было прямыми опытами при выращивании длиннодневных растений на монохроматическом свете (Катунский, 1937; Мальчевский, 1938; Vince, 1957).

Для факта выколашивания тимофеевки при экспозиции на утренний и вечерний свет в нашем опыте возможно и другое объяснение: растения за сутки получили по два коротких светлых и по два коротких темных периода. В условиях прерывания темного периода двумя интервалами света, как было показано В. И. Разумовым (1941), длиннодневные растения (овес) могут развиваться.

Вполне возможно, что ускорение генеративного развития длиннодневных растений в условиях коротких фотопериодов, обеспеченных за счет утренних и вечерних часов, по сравнению с развитием в условиях при исключении этих часов суток, связано с суточным ходом фотосинтеза, максимальная интенсивность которого наблюдается также в утренние и вечерние часы.

Рост стебля

Как было выше отмечено, при помещении растений тимофеевки луговой в условия короткого дня в ранние фазы роста, когда у них еще не началось формирование органов плодоношения, генеративные органы не образуются и стебель не формируется. Если воздействие коротким днем начиналось в переходный период, при появлении генеративных бугорков на конусе нарастания, то единичные растения образовывали соцветия, но междоузлия стебля при этом почти не удлинялись. При воздействии коротким днем со времени развертывания пятого листа и в более поздние периоды у главных побегов рост стебля уже не предотвращается, но, как показали измерения, рост каждого междоузлия тормозится (рис. 7), в результате чего растения оказываются низкорослыми (рис. 3, табл. 7).

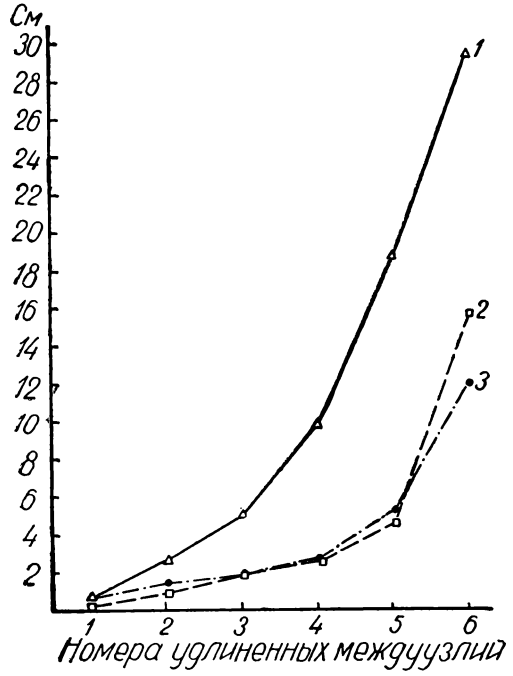

Рис. 7. Влияние длины дня на рост междоузлий стебля у тимофеевки луговой:

1 — все время на длинном дне; на 10-часовом дне после развертывания: *2* — 7-го листа; *3*—8-го листа.

Короткий день задерживает рост тех междоузлий, которые находятся к началу воздействия в растущем состоянии. Поэтому короткий день оказывал влияние и на растения при помещении их на неблагоприятный фотопериод уже после выколашивания. При этом длина последнего междоузлия главного побега была в опытах с растениями первого года жизни (1959 г.) на 5,1+2,9 *см* (P=5%), а в опытах с растениями второго года жизни (1960 г.) — на 11,8±1,8 *см* (P=0,1%) короче, чем у растений, все время развивающихся на длинном дне.

Таблица 7

Длина генеративных побегов тимофеевки луговой при выращивании на коротком дне в разные периоды роста, *см*

Выращивание на 10-часовом дне после развертывания	Опыты 1958 г.		Опыты 1959 г.	
	M±m	разница с контролем	M±m	разница с контролем
5-го листа	23,3±2,1	49,3±2,4	34,5±2,9	39,9±3,3
6-го листа	23,3±1,9	49,3±2,3	36,9±2,7	37,5±3,1
7-го листа	28,2±1,8	44,4±2,2	38,4±2,5	36,0±2,9
8-го листа	32,9±1,8	39,7±2,2	49,0±3,1	25,4±3,5
Все время на длинном дне	72,6±1,3	—	74,4±1,6	—

Задержка ростовых процессов на поздних этапах формирования генеративных побегов тимофеевки луговой, а также исключение возможности образования семян в условиях короткого дня показывает, что применяемый критерий оценки влияния длины дня на развитие растений по величине задержки в наступлении фазы колошения является недостаточным. Растения тимофеевки луговой реагируют на короткий день и в период после выколашивания.

Выводы

1. При выращивании растений тимофеевки луговой в условиях короткого дня задерживается рост листьев. Установленное при этом фотопериодическое последействие указывает на то, что причиной уменьшения роста является торможение клеточных делений.

2. Переход растений тимофеевки луговой к плодоношению осуществляется только в условиях длинного дня. Первые признаки наступления переходной фазы проявляются уже при развертывании четвертого листа на главном побеге по появлению генеративных бугорков на конусе нарастания.

3. Тимофеевка луговая реагирует на воздействие неблагоприятным фотопериодом с момента появления всходов. Эта реакция проявляется по задержке в наступлении фазы колошения, увеличивающейся по мере удлинения срока воздействия коротким днем.

4. При воздействии коротким днем, начиная в более ранние фазы до момента перехода растений к генеративному развитию включительно, предотвращается развитие органов плодоношения. При более продолжительном периоде пребывания растений на длинном дне — до фазы развертывания 6-го листа, морфогенез соцветия может продолжаться и в условиях неблагоприятного фотопериода, но при этом фаза колошения наступает с запозданием и имеет место израстание соцветий.

5. Растения тимофеевки луговой могут сформировать морфологически типичные соцветия и выколоситься без задержки в условиях короткого дня, если за время выращивания на длинном дне во всех цветочных зачатках развивающегося соцветия образуются зачатки пестика. При воздействии коротким днем в более поздние фазы вызывается задержка роста стебля.

6. Израстание колосьев в условиях короткого дня начинается с изменения характера роста нижней цветочной чешуи, превращающейся при этом в настоящий лист. Последующие листья могут образоваться из зачатков тычинок, плодолистика и покровов семяпочки. Верхушечная

меристема зачатка цветка, вместо обычного для условий длинного дня превращения в ядро семяпочки, образует конус нарастания вегетативного побега.

7. На характер фотопериодических реакций растений тимофеевки луговой влияет не только длина светового дня, но и качество света. В условиях короткого дня, обеспеченного за счет утренних и вечерних часов, богатых длинноволновой радиацией, растения могут, хотя и с большим опозданием, сформировать органы плодоношения, между тем как при исключении утренних и вечерних часов растения к плодоношению не переходят.

ЛИТЕРАТУРА

Заблуда Г. В. (1960). Особенности развития растений и урожай зерна яровых хлебных злаков при разных сроках посева в предгорных районах лесной зоны Зауралья. Зап. Свердловского отд. Всесоюзн. бот. о-ва, вып. 1.

Катунский В. М. (1937). О зависимости фотопериодической реакции растений от спектрального состава света. Докл. АН СССР, 15, 8.

Киршин И. К. (1958). Цикл сезонного развития многолетних злаковых трав на Среднем Урале. Свердловск, Изд. УралНИИСХ.

Киршин И. К. (1959). О стадийном развитии многолетних злаковых трав. Докл. и сообщения УралНИИСХ, растениеводство, Свердловск.

Корякина В. Ф. (1957). Влияние длины дня на рост и развитие тимофеевки луговой. Докл. АН СССР, 115, 2.

Лейсле Ф. Ф. (1953). Влияние светового и температурного факторов на расселение и изменчивость растений в свете стадийного развития. Тр. Бот. ин-та им. В. Л. Комарова АН СССР, сер. IV, Эксперимент. бот., 9.

Лейсле Ф. Ф. (1956). Влияние условий прохождения световой стадии на изменение морфологических признаков у некоторых растений. Тр. Бот. ин-та им. В. Л. Комарова АН СССР, сер. IV, Эксперимент. бот., 11.

Лодкина М. М. (1952). О начальных этапах развития тычинок пшеницы и лилии в связи с теорией стадийного развития. Докл. АН СССР, 83, 4.

Лысенко Т. Д. (1952). Стадийное развитие растений. Работы по теории стадийного развития и яровизации сельскохозяйственных растений. М., Сельхозгиз.

Мальчевский В. П. (1938). Действие некоторых лучей спектра на развитие растений. Тр. лаборатории светофизиологии ФАИ, 1, М.

Мозолев А. И. (1929). О влиянии температуры и света на сроки зацветания. Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции, XXII, 1, Изд. АН СССР.

Морозова З. А. (1958). Последействие короткого дня на органогенез пшеницы. «Вестник с.-х. науки», 7.

Олейникова Т. В. (1946). Формирование генеративных органов в связи с развитием растений. Тр. ИФР им. К. А. Тимирязева АН СССР, IV, 1.

Разумов В. И. (1941). Значение ночного периода суток для развития короткодневных и длиннодневных растений. Сб. работ по физиологии растений памяти К. А. Тимирязева, М., Изд. АН СССР.

Разумов В. И. (1948). Из наших послевоенных работ в области физиологии растений. «Агробиология», 3.

Разумов В. И. (1959). Современное состояние теории стадийного развития растений. М., Изд-во «Знание».

Разумов В. И. и Смирнова М. И. (1936). Хибины как естественная лаборатория для изучения физиологии развития растений. Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции, сер. XV, 5.

Разумов В. И. и Зайцева Л. Н. (1958). Особенности развития многолетних трав. Бюлл. Всесоюзн. ин-та растениеводства, 4.

Ржанова Е. И. (1951). Об изменчивости признаков тимофеевки луговой в зависимости от световых условий. «Агробиология», 5.

Ржанова Е. И. (1952). Особенности формирования органов плодоношения тимофеевки луговой в связи с различными условиями прохождения стадий развития. Бюлл. МОИП, отд. биологии, 57, 6.

Ржанова Е. И. (1955). Основные этапы формирования органов плодоношения тимофеевки луговой. Кн. «Этапы формирования органов плодоношения злаков». М., Изд. МГУ.

Ржанова Е. И. (1957). Биологический контроль за развитием и ростом многолетних злаков. «Наука и передовой опыт в сельском хозяйстве», 4.

Рощевская Р. А. (1960). Особенности роста и развития яровых хлебных злаков в связи с различными сроками посева. Тр. УралНИИСХ, 2, Свердловск.

Сабинин Д. А. (1940). Минеральное питание растений. М., Изд-во АН СССР.
Самохина З. Ф. (1948). Рост и развитие яровой пшеницы в связи с типами погоды. «Селекция и семеноводство», 8.
Самыгин Г. А. (1946). Фотопериодизм растений. Сводка литературы и таблицы. Тр. ИФР им. К. А. Тимирязева АН СССР, III, 2.
Сурков В. А. (1959). Физиолого-морфологические предпосылки ветвления колоса ржи Вятка. Уч. зап. Ленинградского гос. пед. ин-та им. А. И. Герцена, 192.
Федоров А. К. (1958). Израстание соцветия у тимофеевки луговой. «Природа», 6.
Шаин С. С. (1956). Влияние качества и количества света на развитие многолетних и однолетних кормовых растений. Докл. ВАСХНИИЛ, 12.
Шаин С. С. (1959). Биологические свойства многолетних трав в связи с их зимостойкостью. «Вестник с.-х. науки», 11.
Allard H. A. and Evans M. W. (1941). Growth and flowering of some tame and wild grasses in response to different photoperiod. Jour. Arg. Res., 62. 4.
Evans M. W. (1927). The live history of Timothy. United States Depart. of Agriculture. Dep. Bull., 1450.
Evans M. W. and Allard H. A. (1934). Relation of length of day to growth of Tinothy. Jour. Agr. Res., 48, 7.
Evans M. W. and Grover F. O. (1940). Developmental morthology of the growing point of the shoot and the inflorescence in grasses. Jour. Agr. Res., 61, 7.
Erickson R. D., Michelini F. Y. (1957). The plastochron Index. Amer. Jour Bot., 44, 4.
Garner W. W. and Allard H. A. 1920). Effect of relative length of day and night and other factors of the environment on growth and reproduction in plants. Jour. Agr. Res., 18. 11.
Jeater R. S. L. (1956). A method for determining developmental stages in grasses. J. Brit. Grassl. Soc. II, 3.
Langer R. H. M. (1954). A study of leaf growth in Timophy (Phleum pratense). J. Brit. Grassl. Soc., 9, 4.
Langer R. H. M., Ryle G. Y. A. (1958). Vegetative proliferation in herbage grasses. J. Brit. Grassl. Soc., 13, I.
Stuckey I. H. (1942). Some effects of photoperiod on leaf growth. Amer. Jour. Bot., 29.
Vince D. (1957) Influence of light on plant growth. Nature, 179, 4562.
Wycherley P. R. (1954). Vegetative proliferation of floral spikelets in British grasses. Ann. Bot., 18, 69.

ЗАПИСКИ СВЕРДЛОВСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ВСЕСОЮЗНОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Вып. 3 1964

А. Я. ТРИБУНСКАЯ

АЗОТНЫЙ БАЛАНС РАКИТНИКА *(GYTISUS ZINGERI)* В СОСНЯКАХ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Немногочисленность способов радикального воздействия на лес и трудности улучшения минерального питания лесных древесных культур путем применения удобрений делают интересным изучение методов улучшения азотного питания деревьев при помощи бобовых растений.

Не останавливаясь на использовании для этой цели многолетнего люпина, полезность которого показана в работах Д. Н. Прянишникова, (1946), Б. Д. Жилкина (1959) и А. К. Чарелишвили (1958), рассмотрим лишь значение, которое могут иметь бобовые кустарники.

Положительная роль бобовых кустарников в условиях леса нередко указывается в учебных руководствах по лесоводству (Нестеров, 1954). Поскольку речь идет о бобовых растениях, считающихся хорошими азотособирателями, предполагается, что эти кустарники должны оказываться полезными в условиях леса и при лесокультурах. В то же время опытные доказательства подгонного влияния бобовых кустарников немногочисленны. Недостаточно известно количество клубеньков на корнях, количество фиксируемого ими азота, возможность использования биологического азота бобовых кустарников древесными растениями и пр. (Смирнов, 1954; Виттих, 1955).

В связи с широким распространением ракитника (*Cytisus* Zingeri) в лесах Среднего Урала (Говорухин, 1937; Кречетович, 1940); на кафедре ботаники Уральского лесотехнического института (г. Свердловск) в течение последних лет производится изучение этого интересного кустарника. Основное внимание обращалось на его возможное значение в изменении режима азотного питания древесных растений, особенно сеянцев. С этой целью проводилось изучение азотфиксирующих возможностей ракитника путем определения количества клубеньков на его корнях, особенно в связи с различным возрастом растений и экологическими условиями (особенно почвами), а также определялось количество азота, накапливаемое ракитником. Исходя из этих данных, можно было сделать некоторые заключения о том, какую роль может выполнять ракитник в отношении обогащения почв азотом и подкормки древесных растений биологическим азотом. Ниже приводятся основные данные, полученные по этим вопросам.

Распространение ракитника в лесах Свердловской области

В лесах Свердловской области ракитник встречается часто, однако распространен весьма неравномерно. Встречаясь во всех более или менее сухих и светлых сосняках в виде одиночных растений, ракитник растет

в значительном количестве (до сплошных зарослей) лишь в немногих типах леса и на небольших площадях. Чаще всего в больших количествах (до 25—30 и более кустов на 1 *а*) он встречается в разреженных сосняках на почвах более легкого механического состава и в смешанных сосново-лиственных лесах, преимущественно на южных склонах в условиях хорошего освещения. Особенно густые сплошные заросли ракитник образует иногда на вырубках, щебнистых склонах, гарях и на просеках.

В сосняках по мере смыкания крон можно наблюдать, как этот светолюбивый кустарник начинает давать слабые приросты, значительная часть кустов перестает цвести, появляется слабая облиственность, и начинают появляться отмирающие растения. При этом, однако, ракитник может быть встречен еще в сосняках с условиями освещения, приводящими к почти полному отсутствию травянистой растительности и накоплению сухой хвойной подстилки. Такие местообитания ракитника наблюдались нами, например, в сосняках Исетского лесничества (к югу от ст. Исеть) и в других местах.

В некоторых случаях можно отметить определенную связь между богатством почв известью и распространением ракитника. В пользу этого свидетельствует довольно частая встречаемость ракитника в районе известкового Аброшинского карьера, а также по пожарищам, где произошла значительная минерализация органического вещества.

В березовых лесах ракитник встречается значительно реже, сплошных зарослей не образует и держится преимущественно по краям полян или прогалинам.

На низинных участках и в сырых лесах ракитник встречается редко, в виде слабых угнетенных растений.

Обращает внимание слабое возобновление ракитника даже там, где растет много взрослых обильно цветущих растений. Можно просмотреть несколько сотен квадратных метров площади на участке, занятом ракитником, и найти лишь одиночные экземпляры 1—2-летнего возраста, что находится в резком противоречии с количеством семян, образуемых ракитником, занимающим эту площадь. Одной из причин слабого возобновления ракитника является неустойчивость его всходов при взаимодействии с травянистой растительностью, а также сильное повреждение насекомыми его семян еще во время их пребывания в бобах. В результате этого зрелые бобы часто содержат всего по 1—2 семени. Кроме того, значительная часть семян ракитника растаскивается муравьями, поедающими мясистые семяносцы (наблюдение дипломанта С. Г. Прокушкина). Можно полагать, что часть семян, занесенных в муравейники, погибает и таким образом выключается из общего урожая.

Итак, несмотря на частую встречаемость ракитника, он бывает представлен более значительным количеством, могущим оказать то или иное влияние на жизнь леса, лишь в случае сочетания определенных условий, к которым относятся, прежде всего, достаточно рыхлые почвы, хорошее освещение и слабый травяной покров. Часто удается наблюдать, как ракитник, выведенный из-под полога сосняка, пышно разрастается, дает смыкание кустов и обильно цветет.

Обычно в тех сосняках, где он встречается, удается отмечать его в количестве от 100 до 500 экз. на 1 *га* и значительно реже встречаются сосняки с количеством кустов на 1 *га* порядка 2—3 тыс. экз. и более.

В сосняках со значительным травяным покровом растения ракитника обычно одноствольные, с оголенной нижней частью стволиков и малооблиственные. Цветение растений в этих условиях слабое и бобики

образуются редко. Массовое цветение наблюдается у ракитников, растущих в условиях хорошего освещения, особенно на сухих щебнистых склонах или на рыхлых хрящеватых почвах.

Представление о количестве ракитника в наших условиях дают учетные данные для площадок, каждая в 1 *а*, заложенных в более светлых сосняках с регулярной встречаемостью этого кустарника, а о максимальной возможной концентрации — данные для его густых зарослей на просеках (табл. 1).

Таблица 1

Учет ракитников в сосняках и на просеках

Место	Крупные с 1—5 стволиками, 50—60 *см*	Средние с 1—2 стволиками, 25—35 *см*	Мелкие, 10—20 *см*	1—3-летние сеянцы, до 10 *см*
Светлый сосняк с хвойным опадом (к югу от ст. Исеть)				
1-я площадка	Нет	36	5	4
2-я площадка	6	52	2	2
Просеки у урочища «Чертово городище»				
1-я площадка	156	76	55	57
2-я площадка	160	65	32	22

Учет сухой массы с площадок второго типа, т. е. с максимально возможной производительностью ракитника (надземные органы+корни) позволяет оценить ее близкой к 25—30 *кг* на 100 $м^2$, т. е. 2,5—3 *т/га*. Это наибольшая масса, которая может быть отмечена для ракитника в наиболее благоприятных для него условиях. Наиболее крупные кусты ракитника до 0,8—1,2 *м* высотой и более отмечались нами неоднократно, например, в смешанных сосново-лиственных разреженных лесах, однако размещаются кусты ракитника здесь редко, и поэтому общая масса органического вещества этого кустарника на 1 *га* не превышает названную.

По данным проф. В. М. Обновленского, для лесов Кировской области количество экземпляров ракитника бывает наивысшим в сосняках лишайниковых и сосняках-брусничниках, где их может быть на 1 *га* от 1,8 до 6 тыс. экз. На гарях количество кустов ракитника доходит до 25—27 *тыс/га*.

Во многих отношениях (светолюбие, предпочтение рыхлых или щебнистых почв) ракитник напоминает многолетний люпин, а поэтому вполне может использоваться для закрепления щебнистых крутосклонов, откосов оврагов и в ряде других случаев.

Ракитник как азотособиратель

Эффективность бобового растения как азотонакопителя за счет азота воздуха определяется как количеством клубеньков и их размерами, т. е. общей функционирующей массой бактериодной ткани, так и физиологическим состоянием клубеньков, поскольку возможно наличие физиологически активных и неактивных (не фиксирующих) клубеньков, а также старых опустошенных клубеньков.

Имея в виду выяснить значение ракитника как азотофиксатора, мы провели раскопки корней большого количества кустов ракитника с тщательным учетом клубеньков, размещающихся у взрослых растений обычно или на концах корней или на пучках тонких корней, располагающихся изолированными участками на крупных скелетных корнях.

Изучение количества клубеньков на корнях ракитников в различных местообитаниях привело к мысли о том, что и у молодых, и у взрослых кустов их количество весьма невелико, а у растений старше 6—8-летнего возраста значительное число из имеющихся клубеньков опустошено и отмерло. Приведем примеры по количеству клубеньков на одно растение на основании подсчетов, проведенных для 5 растений. Под *а* подразумеваются живые активные клубеньки, под *б* опустошенные, отмершие (данные приведены по номерам кустов).

	1-й		2-й		3-й		4-й		5-й	
	а	*б*	*а*	*б*	*а*	*б*	*а*	*б*	*а*	*б*
Сосняк с хвойной подстилкой	3	0	8	0	4	1	0	0	3	0
Сосняк бруснично-разнотравный . . .	0	0	3	3	7	0	0	0	4	5
Сомкнутые куртины ракитника на просеке в сосновом лесу	8	1	1	9	2	0	3	3	1	4
Склон с рыхлой щебнистой незадернованной почвой	18	5	48	5	8	4	32	6	7	0

Эти данные, полученные для 4—8-летних взрослых кустов ракитника, показывают, что за редкими исключениями количество клубеньков не превышает 10 экз. на одно растение. Лишь у одиночных и редко встречающихся кустов обнаруживается по несколько десятков клубеньков.

Сходные данные были получены и при откопке корневых систем молодых растений в возрасте 2—4 лет.

Имея в виду частую кальциефильность бобовых растений и роль кальция для образования у них клубеньков, мы проверили количество клубеньков у ракитника в зоне почв, богатых известью (р-н Аброшинского карьера). Однако и здесь количество клубеньков у ракитника редко достигало 10 экз. на одно растение.

Большое количество клубеньков, порядка 30—50 и более на одно растение, встречалось как редкое исключение в следующих трех случаях:

1) на щебнистых или хрящеватых почвах южных склонов, бедных травянистой растительностью, у 1—2 крупных кустов ракитника на каждые 10 обследованных экземпляров;

2) у растений ракитника 2—3-летнего возраста, попавших на окультуренные почвы (картофелища, питомники);

3) на старых пожарищах, при наличии слабого травяного покрова и отсутствии затенения древесными растениями.

Однако такие случаи встречаются в общем довольно редко, и можно утверждать, что преобладающее количество растений ракитника в силу малочисленности физиологически активных клубеньков является в наших условиях слабыми азотособирателями.

Попутно отметим, что, в отличие от ракитника, желтая акация, выращиваемая в Свердловской области, обычно отличается наличием большого количества клубеньков. Экземпляры 2—3-летнего возраста, имеющие на корнях 50—200 клубеньков, являются довольно обычными, хотя это наблюдается не на всех почвах. Лишь крайне редко удается найти такие местообитания ракитника, где почвенные условия, освещение

и температурный режим способствуют образованию на его корнях очень больших количеств клубеньков. В частности, из обследованных нами более 25 учетных площадок такие заросли ракитника были встречены на каменистом склоне в 10 квартале Северского лесхоза. Кусты ракитника располагались на довольно крутом южном склоне, среди камней. Мелкий сосняк склона выгорел за 5 лет до обследования участка и крупные многоствольные кусты ракитника восстановились за счет уцелевших корней. Между камнями россыпи накопилась крупнохрящевая почва, возникшая в результате разрушения гранита. Травянистая растительность представлена преимущественно редкими кустами кипрея. В этом местообитании можно было встретить кусты ракитника, на корнях которых имелось до 200—250 клубеньков. Приведем данные для двух кустов этой интересной учетной площадки.

	Жизнедеятельных клубеньков	Старых опустошенных клубеньков	Вес 100 клубеньков, *мг*	
			сырые	сухие
1-е растение	290	80	453	171
2-е растение	180	85	567	127

Как видно, вес активных живых клубеньков составляет для большого куста ракитника в лучшем случае около 0,5 *г*. В то же время вес клубеньков одного куста многолетнего люпина нередко составляет 15—25 *г*. Обращает внимание то, что клубеньки, содержимое которых использовано кустарником, составляет всего $^1/_3$—$^1/_4$ от общего количества. Естественно, что малое количество клубеньков и их незначительная масса обусловливают и слабое азотонакопление за счет азота атмосферы.

Значительную роль в питании ракитника играют грибы, что особенно заметно при его произрастании на почвах с тонким гумусовым горизонтом, например в сосняках-черничниках. В этих случаях на корнях, расположенных в гумусовом горизонте, обнаруживается много черно-бурых тонких грибных гиф.

Клубеньки ракитника на Эшби-агаре часто обрастают ярко-желтым пушистым грибным мицелием.

Обследование микрофлоры корней ракитника показало, что азотобактер здесь встречается редко, в виде единичных клеток на десятках тонких корней.

Азотный баланс ракитника

Оценивая роль ракитника в тех лесах, где его количество достаточно велико, имеет смысл установить то количество азота, которое он может накапливать (в основном за счет минерального азота почвы), и исходя из этих величин попытаться определить хотя бы ориентировочно его роль в азотном балансе лесных почв. Определения общего азота проводились для ракитников, собранных в период цветения, и сделаны раздельно для более нежных органов (листья+цветы) и органов одревесневших (стволики+корни). Для анализов использованы крупные экземпляры, типичные для соответствующих его местообитаний.

Для получения более наглядных представлений о том, сколько азота содержат различные по мощности экземпляры ракитника, полезно вести оценку растений путем указания количества крупных стволиков, составляющих растение, и использовать количество азота, приходящееся

на один стволик (и пропорциональное количество корней), в качестве своеобразной единицы, характеризующей в какой-то степени растения с различными количествами стволиков (табл. 2).

Таблица 2

Содержание сухого вещества и общего азота у ракитника*

№ образца и место взятия	Число стволиков	Абсолютно сухое в-во			Содержание азота на 1 растение						г азота на один стволик
					%			г			
		А	Б	С	А	Б	С	А	Б	С	
Просека, заросли ракитника	11	180	28	208	1,85	2,94	2,00	,332	0,82	4,15	0,37
Каменистый склон	12	190	45	235	1,12	2,96	1,45	,203	1,38	3,41	0,19
Склон лиственничного леса	8	225	31	256	1,30	4,34	1,70	,292	1,34	4,26	0,53
Опушка соснового леса	2	25	5	30	1,65	4,16	2,06	,041	0,21	0,62	0,31
Сосняк травяно-черничный	1,5	29	5	34	1,67	4,75	2,12	,048	0,24	0,72	0,48
Сосняк с хвойным опадом	4	35	6	41	1,47	3,91	1,80	,051	0,23	0,74	0,18

* Данные для 1 растения, полученные по анализам среднего образца из 3—4 растений. Азот в % на сухое вещество. А — стволики и корни, Б — листья и цветы, С — во всем растении.

Очевидно, смотря по размеру и мощности кустов ракитника, каждый его экземпляр может содержать от 0,6—0,7 *г* (кусты с 2—4 стволиками небольшого размера) до 3,4—4,3 *г* азота (мощные высокорослые кусты с 8—12 стволиками). В листьях, а также цветах (лепестки которых опадают на почву) одного растения содержится азота от 0,2 до 1,4 *г*.

Расчет показывает, что в наиболее интересном для лесовода случае, когда ракитник встречается в светлом средневозрастном сосняке (образец № 6), при 3—5 тыс. кустов ракитника на 1 *га*, это означает ежегодное поступление азота в почву от 2 до 4 *кг*. Если даже учесть поступление азота в составе опада ветвей (на что обращал внимание проф. В. М. Обновленский) и ежегодный корнеотпад, то и в этом случае возможное годичное поступление азота не превысит 5—10 *кг/га*. Поскольку преобладающая часть этого азота представляет не биологический (воздушный), а почвенный азот, речь идет главным образом о возвращении в почву азота, извлеченного из нее ракитником. Конечно, учитывая весьма неудовлетворительный режим азотистого питания в случае бедных почв, выявляемых в ряде типов соснового леса, и это поступление азота может сказываться положительно на росте деревьев. Однако воздействие ракитника на лес и в этом случае должно идти преимущественно за счет аккумуляции азота и его поступления в верхние горизонты почвы, кроме того, оно должно быть незначительным по величине.

Очевидно, что лишь при удержании ракитника (путем смены поколений в светлых лесах в течение многих десятилетий) его суммарное действие как азотособирателя может быть достаточно ощутимым. В пользу этого говорит встречаемость ракитника в перестойных сосняках, где он мог оказывать влияние на почву в течение более чем 100 лет.

Следует иметь в виду, что листья и тонкие веточки ракитника богаты кальцием и фосфором, поэтому роль ракитника в круговороте этих элементов в лесу может быть более значительной, чем участие в круговороте азота. Однако этот вопрос заслуживает специального изучения.

Опад листвы ракитника богат азотом и быстро минерализуется, поэтому даже в самых густых его зарослях накопления подстилки мы не наблюдали.

Использование ракитника в качестве подгонной культуры требует предварительного изучения способов, делающих его мощным азотособирателем. Пока неясно, необходима ли для этого специальная обработка семян или применение малых доз молибденовых удобрений, известкование или другие мероприятия. Во всех случаях мерилом полезности ракитника может быть определение количества клубеньков на его корнях.

До этого времени ракитник может использоваться лишь как растение для закрепления крутых склонов при лесопосадках, особенно такой светолюбивой породы, как лиственница.

Трудности, однако, бывают связаны с заготовкой семян ракитника, поскольку для него, особенно в некоторые дождливые годы, отмечается неравномерное созревание бобов, в значительной степени теряющих семена при растрескивании. Сами заготовки семян ракитника следует вести на больших массивах ракитника, тщательно сохраняемых для этой цели.

Значительно большее значение может иметь ракитник в кормовом рационе боровой дичи. В этом отношении он не уступает многолетнему люпину. Богатство семян ракитника белком и его бо́льшая приспособленность к лесным условиям, по сравнению с люпином, делают это растение, высеваемое на полянах, пустошах и хорошо освещаемых просеках, ценным для подкормки боровой дичи.

В заключение отметим, что пример с ракитником показывает, как ненадежны общие представления, приписывающие каждому бобовому кустарнику, растущему в лесу, роль обогатителя почв биологическим азотом и роль подгонной и почвоулучшающей культуры.

Выводы

Широко распространенный на Среднем Урале ракитник является в большинстве случаев сравнительно слабым азотособирателем, и лишь при его длительном существовании в более светлых лесах он может оказать заметное влияние на азотный режим лесных почв.

Однако, если учесть комплексность воздействия ракитника на почву и фауну леса (накопление им не только азота, но и кальция, фосфора, использование его семян муравьями и лесными птицами и пр.), он является ценным компонентом леса, заслуживающим сохранения при проведении работ по уходу за лесом.

Представляет интерес использование ракитника для закрепления крутосклонов при лесопосадках, закрепления россыпей, а также для охотничьих хозяйств и в декоративных целях.

ЛИТЕРАТУРА

Говорухин В. С. (1937). Флора Урала. Свердлгиз.

Жилкин Б. Д. (1958). Об одном из способов интенсификации лесохозяйственного производства в малолесных районах. Изв. высш. учебн. заведений, Лесной журнал, вып. 2, 3.

Жилкин Б. Д. (1959). Опыт посева люпина в лесах БССР. М., Гослесбумиздат.

Кречетович В. И. (1940). Ракитники Восточной Европы. Бот. ж. 25, 3.

Нестеров В. Г. (1954). Общее лесоводство. М., Гослесбумиздат.

Прянишников Д. Н. (1946). Азот в жизни растений и в земледелии СССР. М., Изд-во АН СССР.

Смирнов В. Н. (1954). К вопросу о биологической активности почв под лесами южной части таежной зоны. Тр. Ин-та леса АН СССР, 23, 266.
Чарелишвили А. К. (1958). Изучение влияния сидератов-кустарников на лесные культуры в условиях Восточной Грузии. Тр. Ин-та леса АН Груз. ССР, 8, 157.
Wittich W. (1954). Die Melioraton streugenutzter Böden. Forstmiss Cel. 73, Nr. 7/8.

ЗАПИСКИ СВЕРДЛОВСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ВСЕСОЮЗНОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Вып. 3 1964

Э. Л. КЛИМАШЕВСКИЙ

О РОЛИ БОРА КАК ФАКТОРА РАЗВИТИЯ И РОСТА КУКУРУЗЫ НА ПОЧВАХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОГО ТИПА

Возделывая кукурузу на почвах дерново-подзолистого типа, важно ускорить развитие растений. От этого в значительной мере зависит качество полученного урожая.

Изучению микроэлементов, ускоряющих развитие растений, уделяется большое внимание. Результаты исследований в этом направлении и теоретические выводы опубликованы в ряде сводных работ (Каталымов, 1948; Школьник, 1950; Пейве, 1961), проверены практикой и успешно используются в растениеводстве. Приобретенные под влиянием микроудобрений улучшенные качества семян культурных растений, в согласии с учением о влиянии внешних факторов на живой организм в процессе онтогенеза, могут передаваться по наследству (Кедров-Зихман, 1957). Одним из микроудобрений является бор, который на кислых почвах действует слабо и устраняет вредное влияние извести (Каталымов, 1948).

Первое сообщение о необходимости бора для роста кукурузы имеется у Агюлона (Agulhon, 1910, по Андреенко и Куперман, 1959) и Мазэ (Maze, 1915, по Berger a. others, 1957). Мазэ установил, что растения, выросшие на субстрате без бора, были частично стерильными. Ссылаясь на исследования других авторов, а также сообщая результаты своих опытов, проведенных в водных культурах, К. Бергер отмечает, что недостаток этого микроэлемента, помимо прекращения меристематического роста, вызывает затруднение при выходе метелок, деформацию колосков и отсутствие тычинок у кукурузы.

Основные выводы этих авторов сводятся к следующему: а) бор совершенно необходим для образования початков и зерна кукурузы и его недостаток может быть причиной отсутствия репродуктивных органов или неполной озерненности; б) обеспечение бором должно быть непрерывным; в) поскольку бор не перемещается в растении, питательный раствор должен постоянно содержать названный микроэлемент.

Отсутствие бора вызывает утолщение и хрупкость корней кукурузы (Eltinge, 1936). Данными Нильса (Neales, 1960), который культивировал корешки кукурузы на искусственных средах с разной концентрацией бора, доказана необходимость его для роста корней. При недостатке бора в листьях и корнях кукурузы происходит накопление аспарагина, а в корнях, кроме того, и аспарагиновой кислоты, что указывает на наличие процесса интенсивного связывания NH_3 (Школьник и Боженко, 1960). И. Я. Школьник и Г. В. Чиркова (1958) считают, что бор способствует активизации ферментативной деятельности растений кукурузы и выравниванию хода окислительно-восстановительных процессов.

Спектрографическим анализом растений кукурузы, выращенной в

обычных условиях, установлено очень высокое накопление бора в краях листьев (Сейр, 1957). Максимальное накопление здесь бора было примерно в середине вегетации растений, после чего следовало некоторое снижение его содержания. Концентрация бора в остальной части листа оставалась почти постоянной в течение всего периода роста кукурузы Содержание бора в краях верхних листьев было выше, по сравнению с нижними и средними, почти в 10 раз. Накопление бора в краях листьев кукурузы, указывает автор, наводит на мысль, что бор необходим для каких-либо физиологических процессов, протекающих в листьях растений. Внесение бора под кукурузу на почвах с избыточным увлажнением усиливает поглощение растениями кальция и натрия (Fiskell a. others, 1957).

В других работах отмечается, что бор способствует повышению устойчивости кукурузы к неблагоприятным факторам среды (Абдурашитов, 1957; Школьник с сотрудниками, 1958), углеводного обмена (Абдурашитов, 1959; Школьник с сотрудниками, 1958), развитию и росту растений (Колотова, Филиппова и Зиновьева, 1959), урожая и его качества (Климашевский, 1956 и 1958; Жизневская, 1957 и 1959; Сивцов, 1956, Пирожников, 1958, Климова, 1959; Федорова, 1960; Делова, 1960).

Известны некоторые внешние признаки борного голодания (Nusbaum. 1948). Замечено, что растения сахарной и полевой («field corn») кукурузы, выращенные на супесчаной почве с pH = 5,2 с недостаточным содержанием бора, приобретают желтоватую окраску. Между жилками листьев появляются белые полоски. Недостаток бора вызывает на початках опробковение коричневого цвета вдоль стержня у основания зерен (Ferguson a. Wriqht, 1940). При сильном недостатке бора листья кукурузы становятся хлоротичными, происходит распад паренхиматических клеток и неспособность их к делению (Eltinge, 1936), к развертыванию, а также отмирание всех молодых органов (Нельсон, 1958).

Однако исследований по изучению действия бора на рост, развитие и урожай кукурузы в условиях почв дерново-подзолистого типа Среднего Урала нет.

Нами с 1954 г. испытывались борные и некоторые другие микроудобрения, причем выявилась достаточно высокая эффективность от бора, который всегда вносили в почву. В одних случаях его применяли совместно с органо-минеральными смесями, в других — на фоне извести или без нее. Некоторые предварительные результаты этих опытов опубликованы нами ранее (Климашевский, 1956 и 1958). Работа проводилась на Свердловской опытной станции по полеводству (1954—1955 гг.) и в Уральском научно-исследовательском институте сельского хозяйства (1956—1958 гг.). В выполнении ее принимали участие лаборанты Н. Н. Рычкова и А. Г Агафонцева.

Методика

Полевые опыты проводили на дерново-подзолистых суглинистых почвах (pH солевое 4,2—5,0).

Следующие данные характеризуют некоторые агрохимические свойства почвы вегетационных опытов 1957—1958 гг. (содержание микроэлементов в *мг·экв*):

pH солевое, по Алямовскому	N, по Каппену	S	V, %	K_2O, по Пейве	P_2O_5, по Кирсанову	$Al^{\cdots}$, по Соколову
4,2	6,82	4,84	51,38	7,17	1,25	11,37

Размеры делянок при четырехкратной повторности и парном методе сравнения в 1955 г.— 100 *м*²— 50 *м*². Посев 70×70 *см*, в гнезде 2—4 растения. Сорта кукурузы среднепоздние — Стерлинг, Миннезота-13 экстра и гибрид Краснодарский 1/49. В опыте 1955 г. смесь органических, минеральных удобрений и буры вносили в гнездо при посеве кукурузы, а в 1956 г.— под предпосевную культивацию.

Вегетационные опыты закладывали в 6—10-кратной повторности. Сорт кукурузы среднеранней — Славгородская-270. На 5,5 *кг* воздушно-сухой почвы сосуда вносили: N — 1,1 *г*, P_2O_5 — 0,82 *г*, K_2O — 0,55 *г* и B — 5,5 *мг*. Полив в норме 60% от полной влагоемкости почвы.

Результаты опытов и их обсуждение

Опытом 1955 г. показано, что бор, внесенный совместно с органо-минеральными удобрениями в гнездо, существенно повышает урожай кукурузы. Так, если под действием органо-минеральной смеси вес зеленой массы с 1 *га* увеличивался с 186,7 до 293,2 *ц*, то при добавлении буры — до 358,8 *ц*. В 1956 г., который отличался неблагоприятными погодными условиями, прибавка урожая от бора составила 18,3—27,6 *ц/га*. Влияние на урожай кукурузы бора, внесенного с органо-минеральной смесью, было повышенным, когда в состав смеси входила известь. Действием бора увеличивался вес одного растения, число листьев и площадь листовой поверхности кукурузы (с 1807,8 до 2337,9 *см*²).

Биохимическим анализом отмечено, что бор улучшает питательную ценность зеленой массы кукурузы (табл. 1).

Таблица 1

Действие бора на содержание в растениях кукурузы протеина, углеводов, каротина и витамина С (в % на абс. сухое вещество), 1956 г.

Удобрения	Протеин		Углеводы		Каротин	Витамин С
	в листьях	в стеблях	в листьях	в стеблях	*мг* % на 100 *г* сырых листьев	
Органо-минеральная смесь	13,00	11,12	7,45	33,41	4,66	26,1
То же+бор	14,31	12,43	8,10	24,29	4,83	32,4

В 1955—1957 гг. нами проводились и другие полевые опыты, которые подтвердили положительную роль этого микроэлемента. Бор, внесенный по фону NPK, увеличивал урожай зеленой массы кукурузы в среднем за два года (1955—1956 гг.) с 187,7 до 227,0 *ц*, а по фону NPK и извести до 275,3 *ц*. Следовательно, внесенный по известкованному фону бор оказывал более сильное действие. Однако важен факт положительного влияния его на неизвесткованной почве. Известь (по фону NPK) повышала урожай. Но в том случае, когда известь вносили с бором, зеленой массы кукурузы только за счет извести получили на 47,8 *ц/га* больше, чем от извести, но внесенной без бора.

Положительное действие бора сказывалось на развитии кукурузы. Например, в 1956 г. из-за наступления ранних осенних заморозков растения не успели дать спелых початков, но факт ускорения развития растений в присутствии бора характеризовался более ранним появлением метелок. При учете урожая кукурузы растений среднепозднего сорта с образовавшимися метелками на делянках с бором отмечено 96%, а без него — 62%. В 1955 г. завязавшихся при свободном опылении зерен в початках на варианте без бора было 64,1%, а там, где он был внесен — 82,6%. Абсолютный вес семян от початков, убранных из-за резкого

осеннего похолодания в фазе молочно-восковой спелости, с бором составил 226 *г*, а без него — 201 *г*. Однако початки по величине существенной разницы не имели. В вегетационном опыте 1957 г. спелое зерно сорта Славгородская-270 имело такой абсолютный вес: по NPK — 117,6 *г*, по NPK + Ca — 189,4 *г* и по NPK + Ca + B — 211,1 *г*.

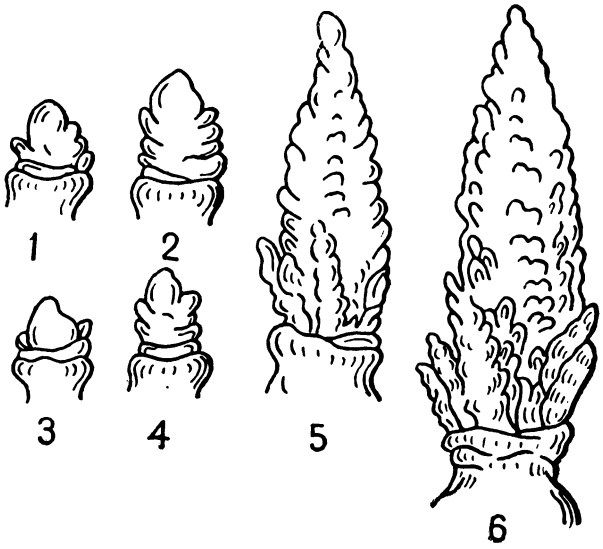

Рис. 1. Состояния конусов нарастания у растений сортов кукурузы Славгородская-270 (1957 г.) и Славгородская-4 (1958 г.) в зависимости от удобрений на сильно кислой дерново-подзолистой почве.

1957 г: *1* — Ca, *2* — Ca+B; 1958 г.: *3* — NPK, *4* — NPK+B, *5* — NPK+Ca, *6* — NKP+Ca+B.

Исследование точек роста кукурузы, которая выращивалась на различно удобренных фонах, показывает, что из растений, получавших бор, конусы нарастания имеют более дифференцированный вид (рис. 1).

Внесение в почву бора и извести совместно более эффективно, чем их раздельное применение (табл. 2). Из данных табл. 2 видно, что известь и бор оказывали решающее влияние на рост кукурузы, что подтверждается также нашими другими вегетационными и полевыми опытами (Климашевский, 1959 и 1960 гг.).

Таблица 2

Действие бора, внесенного по фону извести и без нее, на рост кукурузы, 1957 г.

Варианты опыта	Общий вес на сосуд, *г*	В том числе			
		стеблей	листьев	пасынков	корней
NPK	147,2	Не определяли			
NPK+Ca 50% г. к.	235,7	113,1	79,2	13,8	29,6
NPK+B	174,8	26,8	30,0	3,1	14,9
NPK+Ca 50% г. к.	326,4	155,9	101,8	27,0	41,7

Результаты биохимического анализа растений кукурузы (табл. 3) показали, что в присутствии бора содержание в растениях углеводов от

внесения бора повышалось. Причем, листья под его влиянием накапливали углеводов меньше, чем стебли. В отношении азота отмечена обратная закономерность.

Таблица 3

Действие бора на содержание в растениях кукурузы некоторых веществ (в % на абс. сухое вещество), 1958 г.

Варианты опыта	Абс. сухое вещество		Растворимые углеводы		Азот общий		Каротин в листьях (мг % на 100 г сырого вещества)	P_2O_5 в целом растении	Хлорофилл в листьях
	в листьях	в стеблях	в листьях	в стеблях	в листьях	в стеблях			
NPK+Ca 100% г. к.	21,74	9,39	6,86	30,01	2,36	1,97	3,216	0,601	0,366
NPK+Ca 100% г. к.+B . .	21,54	9,96	7,15	31,69	2,56	2,01	3,906	0,631	0,402

При недостатке бора затрудняется передвижение всех питательных веществ к молодым растущим органам растений (Журбицкий и Вартапетян, 1954). Недостаток бора оказывает сильное влияние на усвоение растениями фосфора, особенно на передвижение его из корневой системы в надземные органы. В нашем опыте бор способствовал накоплению в растениях фосфора только на известкованном фоне.

Повышенное содержание каротина в листьях кукурузы на вариантах с бором может быть связано с увеличенной фотосинтетической активностью растений (Сапожников и Лопаткин, 1950; Лебедев, 1953). Можно отметить сопряженность между содержанием в растениях хлорофилла, азотистых веществ и каротина.

Таблица 4

Зависимость активности каталазы и пероксидазы в листьях кукурузы от удобрений, 1958 г.

Варианты опыта	Активность каталазы (мл O_2)		Активность пероксидазы, усл. ед.	
	абс.	%	абс.	%
Без удобрений . . .	5,9	100	89,0	100
NPK+Ca	18,9	320,3	146,5	164,6
NPK+Ca+B	17,0	288,1	194,8	218,8

Бор влияет и на активность ферментов каталазы и пероксидазы (табл. 4).

Как видно, активность каталазы, отражающая энергию роста, темп развития и уровень метаболизма растений, была повышенной на известкованном фоне. Бор значительно повысил активность пероксидазы.

Нами определялось содержание бора в растениях (табл. 5).

Прежде всего следует отметить факт неодинакового содержания бора в отдельных органах растений кукурузы. Известкование почвы уменьшило содержание бора в стержне, обертке, нитях и особенно в стебле и метелке. Незначительное повышение (6—8%) может быть отмечено в листьях и зерне. Внесение бора на известкованном фоне увеличивало вынос его растениями и накопление в различных органах кукурузы. При этом зерно, листья, метелки и нити початков более интенсивно повышали содержание бора.

Концентрация бора в листьях и некоторых частях репродуктивных органов кукурузы, а также данные по содержанию хлорофилла в листьях, дают основание предположить, что бор необходим для фотосин-

Таблица 5

Содержание бора в различных органах растений и хлорофилла в листьях кукурузы Славгородская-270 в зависимости от удобрений (вегетационный опыт, почвенная культура), 1957 г.

Варианты опыта	Бор, *мг* на 1 *кг* сухого вещества							Хлорофилл, % на абс. сухое вещество
	в стебле	в листьях	в зерне	в стержне початков	в обертке	в нитях початков	в метелке	
NPK	1,6	2,4	4,9	5,3	3,6	6,1	6,4	0,286
NPK+Ca 50 % г. к.	1,2	2,6	5,2	5,0	3,2	6,0	4,5	0,436
NPK+Ca+B .	1,8	3,2	7,5	5,8	3,7	7,8	8,6	0,499

тетической работы, нормального оплодотворения и развития зерна кукурузы. Последнее вероятно тем более, что абсолютный вес зерна кукурузы от внесения в почву бора был всегда выше, чем без него.

Интересные данные сообщены Струкмайером и др. (Struckmeyer a. others, 1961). При анатомическом изучении микросрезов генеративных органов кукурузы установлена необходимость постоянного наличия бора в питательной среде для нормального развития женских и мужских соцветий. Приведенные в табл. 5 данные подчеркивают этот вывод.

Бор способствовал повышенному содержанию хлорофилла в растениях. Согласно исследованиям академика Н. М. Сисакяна хлоропласты являются «депо» ферментов. Изменения в содержании хлорофилла, очевидно, должны в известной мере вызывать сдвиги и в ферментативной системе, что может обусловливать повышение жизнеспособности кукурузы и ее урожая.

Как было показано ранее, семена кукурузы от внесения в почву бора имели более высокий абсолютный вес и интенсивнее накапливали бор, чем другие части растений кукурузы. Поэтому мы полагали, что изменения, происходящие под влиянием бора в коллоидно-химическом состоянии плазмы зародыша, должны найти свое отражение в ходе начальных физиологических процессов, происходящих во время прорастания. Одним из важных показателей периода прорастания является дыхание.

Таблица 6

Продуктивность листового аппарата кукурузы сорта Славгородская-270 в зависимости от удобрений (в *г* на 1 *м*² листовой площади), 1957 г.

Фазы развития растений	Удобрения			
	без бора		с бором	
	NPK	NPK+ +Ca	NPK	NPK+ +Ca
Образование листьев	0,54	1,96	0,67	2,59
	1,01	3,54	1,19	4,46
Выметывание султанов и их цветение	1,95	4,67	2,18	5,38
	1,31	4,58	1,65	6,18
Появление нитей	2,49	6,17	2,10	7,59
Начало формирования зерна	1,76	3,06	1,90	4,12
В среднем .	1,51	3,99	1,61	5,05

В связи с этим в семенах кукурузы сорта Славгородская-270, собранных от растений, получавших или не получавших дополнительное коли-

чество бора, определяли интенсивность дыхания: 100 *г* семян, выращенные на фоне NPK, выделяли 11,2 *мг* CO_2 за 1 час, на фоне NPK + Ca — 16,4 *мг* и на фоне NPK + Ca + B — 18,5 *мг* CO_2. При этом сухой вес 50 экз. проростков кукурузы первого варианта был равен 3,7 *г*, второго 4,1 и третьего — 4,68 *г*.

В табл. 6 и 7 приведены результаты определения количества сухого вещества, накапливающегося в растениях в течение одних суток на разных фазах развития кукурузы в сосудах с внесением извести и бора.

Кукуруза на всех фазах развития с внесением извести накапливала сухого вещества больше, чем без извести. От внесения бора превышения в накоплении сухого вещества на 1 $м^2$ листовой площади составляли по фону NPK — на 0,10 *г*; по фону NPK + $CaCO_3$ 0,5 нормы по гидролитической кислотности — на 1,06 *г*.

Интенсивность работы листьев по всем вариантам опыта была наименьшей в начале нарастания листовой поверхности. Однако там, где вносили известь, или известь и бор, продуктивность работы листьев повышалась. Если на известкованном фоне, а также и без него в конце цветения султанов листья кукурузы замедляли накопление сухого вещества, то в присутствии бора накопление его возрастало. Этот факт, на наш взгляд, представляет значительный интерес. К концу периода формирования зерна работа ассимиляционного аппарата кукурузы резко затухала и была наибольшей на вариантах с внесением извести и бора.

Таблица 7

Работа ассимиляционного аппарата кукурузы в зависимости от удобрений (фаза 6—7 листьев)

Варианты опыта	Площадь листьев одного растения, $см^2$		Прирост сухого вещества, *мг* на 1 $см^2$	
	1957 г.	1958 г.	1957 г.	1958 г.
NPK+Ca	898,1	996,7	0,79	0,70
NPK+Ca+B	1002,0	1111,4	0,83	0,77

Внесение на сильно кислой дерново-подзолистой почве извести и бора значительно увеличивает не только листовую поверхность растений, но и продуктивность ее работы, а в конечном итоге — урожай кукурузы (см. табл. 7).

Следует отметить, что внесением в почву бора достигалась активизация микробиологической деятельности почвы (табл. 8).

Таблица 8

Количественный и качественный состав микробных ассоциаций, 1956 г.

№ опыта	Варианты опыта	Дата учета	В тыс. на 1 *г* абс. сухой почвы			
			полный комплекс микроорганизмов	в том числе		
				целлюлозоразлагающие бактерии	актиномицеты	грибы
3	Органо-минеральная смесь	26/VII	2556	0,55	1370	121
	Органо-минеральная смесь+бор . .	26/VII	3032	0,50	1508	99
6	NPK	6/VIII	1707	0,30	403	109
	То же+бор . . .	6/VIII	3091	0,70	268	124

Изменения в количественном и качественном составе микрофлоры почвы должны, очевидно, найти свое отражение в минеральном питании растений кукурузы.

Выводы

1. Бор, внесенный в почву совместно с органо-минеральной смесью, повышает урожай кукурузы. Добавление в состав такой смеси извести усиливает эффективность бора на почвах с повышенной кислотностью.

2. Влияние бора на почвах дерново-подзолистого типа усиливается при внесении извести. Однако растения кукурузы реагируют на бор и на неизвесткованной почве.

3. Положительное действие бора сказывается не только на ростовых процессах кукурузы, но и на интенсивности ее развития.

4. Под влиянием бора повышаются окислительно-восстановительные процессы и накопление растениями кукурузы азота, фосфора, хлорофилла, каротина и аскорбиновой кислоты. Эти процессы усиливались при внесении в почву извести.

5. Интенсивность продуктивной работы ассимиляционного аппарата под влиянием бора повышается, особенно на известкованном фоне.

6. Отдельные части растений кукурузы неодинаковы по содержанию бора. Больше всего его в мужских и женских репродуктивных органах. Наибольшее количество бора содержит метелка, затем следуют нити, стержень початков, зерно, обертка, листья и стебель. Известкование почвы снижает содержание этого микроэлемента в растении и больше всего в метелке и стебле, внесение бора на известкованном фоне способствует повышенному выносу этого микроэлемента растениями кукурузы.

ЛИТЕРАТУРА

Абдурашитов С. А. (1957). Повышение холодостойкости кукурузы путем предпосевной обработки семян в растворах микроэлементов. Бот. ж., т. 42, № 7.

Абдурашитов С. А. (1959). Значение микроэлементов в повышении холодостойкости кукурузы. В сб. «Применение микроэлементов в сельском хозяйстве и медицине», Рига.

Андреенко С. С., Куперман Ф. М. (1959). Физиология кукурузы. Изд. МГУ, М.

Делова Г. В. (1960). Влияние микроэлементов на рост и повышение продуктивности кукурузы в условиях Новосибирской области. Труды Центрального Сибирского бот. сада, вып. 4.

Жизневская Г. Я. (1957). Сравнительная оценка действия микроэлементов на кукурузу и лен в зависимости от почвенных условий. Изв. АН Латв. ССР, 11 (124).

Жизневская Г. Я. (1959). Действие микроэлементов (Cu, B, Mn, Zn) на урожай и биохимические особенности кукурузы. В сб. «Применение микроэлементов в сельском хозяйстве и медицине», Рига.

Журбицкий З. И., Вартапетян С. М. (1954). Влияние бора на передвижение питательных элементов. Докл. АН СССР, т. 96, № 6.

Каталымов М. В. (1948). Значение бора в земледелии СССР. Сельхозгиз, М.

Кедров-Зихман О. К. (1957). Известкование почв и применение микроэлементов. Сельхозгиз, М.

Климашевский Э. Л. (1956). Влияние борных удобрений и органо-минеральных смесей на урожай кукурузы. «Агробиология», № 3.

Климашевский Э. Л. (1958). Влияние бора на урожай кукурузы в условиях кислых дерново-подзолистых почв. Докл. ВАСХНИЛ, вып. 2.

Климашевский Э. Л. (1959). Об отношении кукурузы к известкованию в связи с различным содержанием в почве подвижного алюминия. Докл. и сообщения УралНИИСХ, вып. 5, растениеводство.

Климашевский Э. Л. (1960). О влиянии реакции среды на развитие и рост кукурузы. Труды УралНИИСХ, т. 2, растениеводство.

Климашевский Э. Л. (1960а). О влиянии pH питательного раствора на рост и некоторые физиолого-биохимические процессы у кукурузы. Докл. АН СССР, т. 134, № 4.

Климова Е. Е. (1959). Влияние микроэлементов на урожай кукурузы в условиях южного Зауралья. В сб. «Применение микроэлементов в сельском хозяйстве и медицине», Рига.

Колотова С. С., Филиппова К. Ф., Зиновьева А. А. (1959). Влияние предпосевной обработки семян микроэлементами на рост, развитие и урожай кукурузы. Там же.

Лебедев С. И. (1953). Физиологическая роль каротина в растении. Изд. АН УССР, Киев.
Нельсон Л. (1958). Минеральное питание кукурузы и его зависимость от развития растений и агротехники. «Сельское хозяйство за рубежом», № 1.
Пейве Я. В. (1961). Биохимия почв. Сельхозгиз, М.
Пирожников К. (1958). Кукуруза в Южном Зауралье. «Наука и передовой опыт в сельском хозяйстве», № 2.
Сапожников С. Д., Лопаткин Ю. Б. (1950). К вопросу о роли каротина в фотосинтезе. Докл. АН СССР, т. 72, № 2.
Сейр Дж. Д. (1957). Минеральное питание кукурузы. В кн. «Кукуруза и ее улучшение», Изд. иностр. лит., М.
Сивцов М. В. (1956). Влияние микроэлементов на урожай кукурузы. «Земледелие», № 3.
Федорова В. С. (1960). Влияние микроэлементов на содержание витаминов в листьях кукурузы. Труды Центрального Сибирского бот. сада, вып. 4.
Школьник М. Я. (1950). Значение микроэлементов в жизни растений и в земледелии. Изд. АН СССР, М.—Л.
Школьник М. Я., Чиркова Т. В. (1958). Влияние бора, цинка, молибдена на рост, развитие, углеводный обмен, фотосинтез и направленность окислительно-восстановительных процессов в онтогенезе кукурузы. Труды БИН АН СССР, сер. 4, вып. 12.
Школьник М. Я., Макарова Н. А., Стеклова М. М., Гречищев В. Н. (1958). О физиологических особенностях измененных форм кукурузы и клевера при различных условиях водоснабжения и о действии фосфора, бора и меди в этих условиях. Труды БИН АН СССР, сер. 4, вып. 12.
Школьник М. Я., Боженко В. В. (1960). К вопросу о потребности злаков в боре, особой роли этого элемента в плодообразовании и его значении в азотистом обмене. Труды БИН АН СССР, сер. 4, вып. 14.
Berger K. C., Heikkinen Toivo, Zube E. (1957). Boron deficiency a cause of blank stalks and barren ears in corn. «Soil Sci. Soc. Amer. Proc.», No. 6, 21.
Eltinge Ethel T. (1936). Effect of boron deficiency upon the structure of Zea majs. «Plant Physiol.», 11.
Fiskell J. C. A., Thompson L. C., Wison J., Jann T. L. (1957). Relative availability to corn of nutrient elements as affected by minor element sources applied to everclades peat and Norfolk loamy fine sand. «Agron, Jour.», No. 6.
Ferguson W., Wright L. E. (1940). Microelement studies with special referense to the elements boron. «Sci. Agron.», No. 20.
Neales T. F. (1960). Some effects of boron on root to growth. «Austral Jour. Biol. Sci.», No. 13.
Husbaum C. J. (1948). Response of sweet and field corn to boron. «Victory Farm Forum», No. 31.
Struckmeyer B. Ester, Heikkinen Toivo, Berger K. C. (1961). Development anatomy of tassel and ear shoots of corn growth with different levels boron. «Bot. Gaz.», 123.

ЗАПИСКИ СВЕРДЛОВСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ВСЕСОЮЗНОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Вып. 3 1964

М. М. СТОРОЖЕВА

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ МЕДИ И БОРА НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН КЛЕВЕРА И ПОСТЭМБРИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ

Значительное повышение урожая сельскохозяйственных растений и устойчивости их к неблагоприятным факторам среды оказывает намачивание семян в растворах микроэлементов, что отмечается в многочисленных работах ряда исследователей (Боженко, 1956; Власюк, 1952; Дроздов, 1952; Каргаполова, 1956; Кокин, 1956; Кокина, 1946; Кузнецов, 1952; Ламбин, 1952; Маленев, 1956; Нужнова, 1956; Новицкая, 1956; Окунцев и Силева, 1950; Силин, 1956; Школьник, 1941; Школьник и Макарова, 1954; Школьник и Стеклова, 1956; Щербаков, 1956 и др.).

Предпосевная обработка семян микроэлементами вполне доступна для любого хозяйства, так как не требует сложных приспособлений. Кроме того, она весьма экономична, вследствие незначительных затрат веществ, содержащих тот или иной микроэлемент. Например, в нашем опыте (1956 г.) для предпосевной обработки семян овса в количестве 200 *кг* (норма высева на 1 *га*) расходовалось всего 4 *г* $CuSO_4$, тогда как при внесении в почву тратилось 20 *кг* на 1 *га*, т. е. в 5000 раз больше. Результаты же в обоих случаях получены очень близкие.

Несмотря на большое число исследований в этой области, до сих пор точно не установлены оптимальные дозы микроэлементов для ряда культур, что, несомненно, тормозит внедрение их в практику сельского хозяйства.

Для подбора наиболее благоприятных доз микроэлементов Cu и B для постановки опытов по выращиванию сельскохозяйственных культур в условиях торфянистых почв Северного Зауралья, по совету М. Я. Школьник, нами проведены предварительные испытания в лабораторных условиях по проращиванию семян красного пермского клевера, выдержанных в растворах вышеуказанных микроэлементов в продолжение 6 и 12 *ч*.

Медь использовалась нами в форме медного купороса ($CuSO_4$), бор — в форме буры ($Na_2B_4O_7$). Дозы того и другого вещества были взяты следующие: 40 *мг*, 80 *мг*, 150 *мг*, 200 *мг*, 500 *мг*, 1,5 *г*, 2 *г*, 3 *г*, 5 *г*, 6 *г*, на 1 *л* дистиллированной воды.

Повторность опыта трехкратная.

Для намачивания семян в каждом варианте брали по 500 экз. семян, а растворы микроэлементов по 200 *см*^{3} (т. е. в избытке).

Намачивание семян проводилось в течение 6 и 12 *ч* при комнатной температуре.

После извлечения семян клевера из раствора микроэлементов, по-

следние проращивались на влажной фильтровальной бумаге в чашках Петри при комнатной температуре (около 20° С). В дальнейшем проводились ежедневные наблюдения (в 9 *ч* утра) за быстротой и энергией прорастания семян и за постэмбриональным развитием проростков.

В результате испытаний установлено:

1. Двенадцатичасовое намачивание семян как в растворах микроэлементов, так и в дистиллированной воде, ускоряет процесс прорастания семян. Так, после двенадцатичасового намачивания прорастание семян начинается уже по прошествии 5—6 *ч* после изъятия их из растворов, а при шестичасовом намачивании значительно позднее (через 8—9 *ч*).

Таблица 1

Всхожесть семян клевера при различной продолжительности намачивания в растворах микроэлементов, %

Дозы	$CuSO_4$		$Na_2B_4O_7$	
	12 *ч*	6 *ч*	12 *ч*	6 *ч*
Контроль	79,4	74,6	79,4	74,6
40 *мг/л*	75,4	70,4	84,6	79,4
80 *мг/л*	74,0	68,0	80,0	77,4
150 *мг/л*	67,0	66,0	76,4	74,2
200 *мг/л*	64,0	62,2	74,8	73,0
500 *мг/л*	55,4	49,0	73,6	71,4
1,5 *г*	55,8	51,2	69,2	68,8
2 *г*	54,4	50,2	68,0	67,4
3 *г*	46,6	40,8	63,8	60,0
5 *г*	42,4	42,2	50,0	49,6
6 *г*	40,4	42,8	44,8	40,5

Во всех вариантах опыта в продолжение первых суток прорастает обычно 80—85% семян (от числа всех проросших), в течение вторых суток 8—10%. В последующие дни прорастает по несколько штук семян преимущественно из числа твердокаменных.

2. Намачивание семян в растворах, в силу токсичности микроэлементов, несколько снижает процент прорастания семян по сравнению с контролем (вымачивание в воде), за исключением малых доз бора (40 *мг* и 80 *мг*), дающих некоторое повышение процента прорастания по сравнению с контролем (табл. 1).

3. При увеличении доз микроэлементов происходит закономерное падение процента прорастания семян, как при обработке бором, так и медью. При этом процент проросших семян после вымачивания в растворах меди несколько ниже, чем при обработке бором в обоих вариантах опыта, по одним и тем же дозам, что указывает на бо́льшую токсичность меди, нежели бора (табл. 1).

Помимо снижения процента прорастания семян при увеличении доз микроэлементов, наблюдается закономерное подавление и первичного, постэмбрионального роста и развития проростков (первичного корешка и стебелька). После восьмидневного периода прорастания семян, при отсутствии поступления питания извне, рост и развитие проростков в чашках Петри обычно прекращается. При этом у проростков как в контроле, так и получивших малые дозы микроэлементов (меди от 40 до 200 *мг*, а бора от 40 до 500 *мг* на 1 *л*), корешки и стебельки вытягиваются в длину до 15—20 *мм*. Получают развитие и первичные листочки (семядоли), которые достигают длины 5 *мм*, ширины 3 *мм* и интенсивно зеленеют.

Более высокие дозы микроэлементов оказывают на проростки угнетающее действие. В связи с чем все части проростков достигают значительно меньших размеров. Так при дозах меди 500—100 *мг/л* они имеют длину корешков и стебельков только 5—6 *мм*, а при дозах 1500—2000 *мг/л* всего 2—3 *мм*. При более высоких дозах микроэлементов, хотя семена частично и прорастают, но при отсутствии питания в размерах не увеличиваются (рис. 1, 2).

Опыт показал, что наивысший процент прорастания семян и более энергичное постэмбриональное развитие и рост проростков при обработ-

Рис. 1. Проростки клевера из семян, обработанных медью (в виде медного купороса)

Рис. 2. Проростки клевера из семян, обработанных бором (в виде буры).

ке медью было при дозах от 40 до 200 *мг/л*, а бором — от 40 до 500 *мг/л* (см. табл. 1 и рис. 1—2).

Кроме проращивания в чашках Петри, часть семян, обработанных в растворах микроэлементов, была высеяна в ящики на минеральной и торфяной почве, с целью проверки энергии всхожести в условиях почвы. Почвенный слой, прикрывающий при посеве семена, представляет некоторое препятствие для пробивающихся наружу проростков, поэтому быстрота всхожести семян в условиях посевов хорошо иллюстрирует жизненное состояние проростков, получивших разные дозы микроэлементов.

Посев был сделан в ящики в двух вариантах — на минеральной (аллювиальной) почве, взятой с приусадебного участка, находящегося на второй пойменной террасе (старой пойме) р. Ивделя, и на торфяной (среднеразложившийся осоково-гипновый торф), взятой с опытного участка болота Першинского, расположенного в 2 *км* от г. Ивделя. В торфяную почву было внесено полное удобрение (NPK) из расчета на 1 *кг* почвы 0,25 *г* хлористого калия, 0,25 *г* калийной селитры и 0,25 суперфосфата.

Семена, обработанные в растворах медного купороса и буры в продолжение 12 *ч* (взяты те же дозы микроэлементов, что и для семян, пророщенных в чашках Петри), были высеяны 2/IV, между 9—10 *ч* утра.

На четвертый день после посева (5/IV) начали появляться всходы как на торфяной, так и на минеральной почве. При этом очень дружные всходы наблюдались на торфяной почве, в варианте с дозами меди 40; 80 и 150 *мг/л*. Дозы 200—500 *мг/л* дали заметное угнетение, пестроту в развитии и растянутость всходов во времени. Сильное угнетение и растянутость всходов (на протяжении двух недель) определили дозы 1500 *мг* и выше. На минеральной почве хорошо и дружно взошли клеверные растения в варианте с дозами медного купороса 40 и 80 *мг/л*. Дозы от 150 *мг* до 500 *мг/л* дали заметное угнетение, сильную пестроту в развитии и растянутость всходов до 11 дней. Более высокие дозы дали очень сильное угнетение и малый процент всхожести.

Таблица 2

Выжившие после перезимовки растения клевера, выросшие из семян, обработанных различными дозами Cu и B

Дозы, *мг/л*	Количество растений, ушедших в зиму	Количество растений, перенесших перезимовку	
		экз.	%
Контроль (дистиллированная вода)	613	124	20,2
Бор 80	604	185	30,6
Бор 150	589	184	31,2
Бор 500	557	169	30.4
Бор 1000	612	193	31,6
Бор 2000	588	178	30,3
Медь 40	610	218	35,8
Медь 80	571	205	35,9
Медь 150	606	224	36,9
Медь 500	593	218	36,7
Медь 1000	562	207	36,8
Медь 2000	615	225	36,6

По бору на торфяной и минеральной почве дозы от 40 до 500 *мг/л* обеспечили хорошие и дружные всходы клеверов. Более высокие дозы способствовали угнетению и заметной растянутости всходов во времени.

Проведенные автором ранее опыты (1954, 1956 гг.) показали, что внесение в почву микроэлементов Cu и B не только повышает урожайность сельскохозяйственных культур, но и устойчивость их против неблагоприятных условий (низкие температуры, зараженность грибными болезнями и т. п.). Учтя это, при испытании различных доз микроэлементов на прорастание семян мы решили также проверить, в какой степени повышается урожайность растений при предпосевной обработке семян малыми их дозами. Для этого семена пермского красного клевера, обработанные в растворах различных доз меди и бора (40, 80, 150, 500, 1000, 2000 *мг/л*), были высеяны на торфяной почве опытного участка на освоенной части Першинского болота. Размер делянок — 15 *м*². При подготовке участка к посеву было внесено перед боронованием полное удобрение (NPK). Посев широкорядный (между рядами 20 *см*) был проведен 18/IV. На девятый день после посева (26/VI) показались редкие всходы. Массовые всходы отмечены 3/VII, т. е. только на шестнадцатый день после посева. Задержка этих всходов по сравнению со всходами в ящиках в условиях лабораторной температуры (в ящиках дружные всходы отмечены на 4-й день) и их растянутость произошли в силу более низких температур почвы на болотном участке, так как в период посева, всходов и начальной стадии развития растений температура верхних слоев почвы не поднималась выше 14—15°, а в нижних слоях ее, на глубине 40—48 *см*, наблюдалась мерзлота, исчезнувшая только в конце второй декады июля.

В момент кущения растений проведено их разреживание в рядках с образованием интервалов между растениями в пять сантиметров.

В конце октября, на всех делянках растения сравнялись в росте, но интенсивность окраски их листьев была неодинакова. На делянках, где семена были обработаны медью, растения имели темно-зеленый цвет, на

контрольной делянке и делянках, где семена обработаны бором, растения имели светло-зеленую окраску.

Перед уходом в зиму был проведен подсчет растений на каждой делянке.

После перезимовки, с наступлением высоких устойчивых температур, когда растения поправились и началась их активная вегетация, был проведен вторично подсчет растений на делянках, с целью установления процента выживших растений в период перезимовки и особенно в весенний период, когда сильные поздние заморозки губительно сказываются на отрастающих перезимовавших растениях.

Подсчеты показали, что на контрольных делянках сохранилось всего 20% растений. На делянках, где семена были обработаны бором, сохранилось от 30,4 до 31,2%. На делянках с обработкой семян медью сохранилось от 35,8 до 36,9% (см. табл. 2), т. е. больше чем в 1,5 раза против контроля. При этом наиболее высокие дозы меди придали растениям большую устойчивость.

Резюмируя вышеизложенное, приходим к выводу, что микроэлементы придают устойчивость растениям и повышают их урожай как при внесении их в почву, так и при обработке семян малыми дозами. Наиболее благоприятными дозами для предпосевной обработки семян следует считать дозы медного купороса от 40 до 200 *мг/л*, а буры от 40 до 500 *мг/л*.

ЛИТЕРАТУРА

Боженко В. П. (1956). Влияние цинка, молибдена и бора на углеводный белковый обмен и урожай красного клевера. Труды Всесоюзного совещания по микроэлементам, Рига, Изд. АН Латвийской ССР.

Власюк П. А. (1952). Применение марганцевых удобрений на различных почвах для повышения продуктивности сельскохозяйственных растений. Труды конференции по микроэлементам, М., Изд-во АН СССР.

Дроздов С. Н. (1952). Предпосевное намачивание семян в растворах медного купороса как источник удовлетворения потребности растений в меди. Докл. АН СССР, т. 33, № 6.

Каргаполова Н. Н. (1956). Ускорение созревания томатов и картофеля под влиянием микроэлементов. Рига, Изд. АН Латвийской ССР.

Кокин А. Я. (1956). Влияние микроэлементов на урожай зерновых культур. Труды Всесоюзного совещания по микроэлементам. Рига, Изд. АН Латвийской ССР.

Кокина С. И. (1946). Влияние предпосевного наклевывания и солевой обработки семян пшеницы на скорость прорастания и холодостойкость всходов. Труды научно-производственной конференции по с.-х. Карело-Финской ССР, Петрозаводск.

Кузнецов В. П. (1952). Опыты по влиянию бора, молибдена и других микроэлементов на прорастание семян. Труды конференции по микроэлементам, М., Изд-во АН СССР.

Ламбин А. З. (1952). Влияние допосевной обработки семян растворами микроэлементов на урожай сельскохозяйственных растений. Там же.

Маленев Ф. Е. (1956). Влияние бора, меди, марганца и цинка на устойчивость картофеля к фитофторе и другим болезням. Труды Всесоюзного совещания по микроэлементам, Рига, Изд. АН Латвийской ССР.

Нужнова Т. И. (1956). Влияние микроэлементов на повышение урожайности и устойчивости томатов к бурой пятнистости в условиях защищенного грунта. Труды Всесоюзного совещания по микроэлементам, Рига, Изд. АН Латвийской ССР.

Новицкая Ю. Е. (1956). Влияние предпосевного намачивания семян в растворах микроэлементов на урожай и внутренние процессы у растений. Труды Всесоюзного совещания по микроэлементам, Рига, Изд. АН Латвийской ССР.

Окунцев М. М. и Силева Н. М. (1950). Метод повышения холодостойкости озимых хлебов. Уч. зап. Томского гос. ун-та, № 13.

Силин А. Г. (1956). О действии микроэлементов на семенную люцерну в условиях Южного Зауралья. Труды Всесоюзного совещания по микроэлементам. Рига, Изд. АН Латвийской ССР.

Сторожева М. М. (1954). Влияние меди и бора на повышение урожайности кормо-

вых трав и морозоустойчивости клеверов в условиях Северного Зауралья. Докл. АН СССР, т. 45, № 6.

Сторожева М. М. (1956). Влияние микроэлементов на рост и развитие кормовых трав и других сельскохозяйственных культур в условиях Северного Зауралья. Труды Всесоюзного совещания по микроэлементам, Рига, Изд. АН Латвийской ССР.

Школьник М. Я. (1941). Изменение химической природы растений под влиянием минерального питания и предпосевной обработки семян. «Советская ботаника», № 1, 2.

Школьник М. Я. и Макарова Н. А. (1954). Повышение урожайности ячменя с помощью предпосевной обработки семян в растворе борной кислоты. Бюлл. «Достижения науки и передового опыта в сельском хозяйстве», № 4.

Школьник М. Я. и Стеклова М. М. (1956). Влияние некоторых макро- и микроэлементов на прохождение стадии яровизации у озимых. Труды Всесоюзного совещания по микроэлементам, Рига, Изд. АН Латвийской ССР.

Щербаков Ю. Н. (1956). Повышение урожайности льна-долгунца путем предпосевной обработки семян микроэлементами. Там же.

ЗАПИСКИ СВЕРДЛОВСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ВСЕСОЮЗНОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Вып. 3 1964

П. В. ЛЕБЕДЕВ, Н. С. МЕЛЬНИК, Т. А. БОРОВСКАЯ

ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ НА КУЩЕНИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛУГОВЫХ ЗЛАКОВ

Многолетние луговые злаки сохраняют побегообразовательную способность у целого ряда последовательных поколений побегов. Жизненный цикл этих растений складывается из жизни следующих друг за другом поколений монокарпических побегов, возникающих из почек узла кущения.

Кущение луговых злаков является своеобразной формой побегообразования за счет пазушных почек нижней части стебля. В нем проявляются важнейшие процессы жизнедеятельности растения — рост, развитие и вегетативное возобновление. Кущение обусловливает продуктивность, жизненность и долголетие растений. Следовательно, процесс кущения имеет важное биологическое значение.

Процесс кущения луговых злаков очень важен и в практическом отношении. Злаки являются основными растениями луговых растительных группировок. На природных лугах они часто составляют основу травяного покрова и дают свыше 50% сена и пастбищного корма. Кущение злаков часто определяет урожай, способы и продолжительность практического использования лугов. Поэтому получение наибольшего количества хорошо облиственных побегов составляет главную задачу луговодства.

Известно, что интенсивность кущения луговых злаков зависит от природы самих растений и от условий внешней среды. Среди комплекса факторов внешней среды, влияющих на кущение луговых злаков, особо важное значение имеет уровень азотного питания растений.

Луговые злаки предъявляют высокие требования к содержанию азота в почве. В процессе роста и развития они потребляют почвенного азота в 1,5—2 раза больше, чем хлебные злаки. Большая потребность луговых злаков в азотном питании обусловливается непрерывным нарастанием вегетативной массы растений в течение всего вегетационного периода. Особенно высока потребность злаков в таком питании при их пастбищном использовании. Многократное отчуждение и отрастание вегетативной массы растений требует поглощения все новых и новых количеств азота и других питательных веществ.

Луговые злаки в течение вегетационного периода образуют большую надземную и подземную массу, содержащую в сухом веществе 1,5—2% азота. При урожае сухой надземной массы в 40—50 *ц/га* выносится 80—100 *кг* азота, и почти такое же количество азота содержится в мощно развитой корневой системе растений.

Д. Н. Прянишников (1945) показал, что азот в жизни растений имеет исключительное значение, а аммиак есть альфа и омега в обмене азоти-

стых веществ в растении. Исследованиями С. П. Смелова (1947), П. И. Ромашова (1949), А. Р. Чепиковой (1954), Д. Левина, У. Кеннеди, Х. Грея (1956), И. К. Киршина (1958) и других установлено, что внесение азота стимулирует кущение луговых злаков и повышает их продуктивность.

Однако вопрос о влиянии уровня азотного питания на кущение и продуктивность отдельных видов луговых злаков остается все еще недостаточно изученным. Особенно мало сведений о влиянии азота на формирование побегов разных типов, на формирование листового аппарата растений и на рост корней.

Задачей настоящей работы является изучение влияния уровня азотного питания на процесс кущения и продуктивность отдельных видов луговых злаков. Результаты проведенных исследований частично освещены нами в ранее опубликованных работах (Лебедев, Мельник, 1959; Лебедев, Мельник, 1961; Лебедев, Боровская, 1961; Лебедев, Мельник, Боровская, 1961).

Методика и материал

В качестве объектов изучения использовались местные дикорастущие луговые злаки: овсяница луговая, лисохвост луговой, тимофеевка луговая, костер безостый, канареечник тростниковидный и др. Опыты проводились в вегетационном домике ботанического сада Уральского государственного университета им. А. М. Горького (г. Свердловск).

Растения выращивались в глиняных сосудах. Для выращивания овсяницы луговой и лисохвоста лугового сосуды набивали черноземом, а для остальных видов злаков — дерново-среднеподзолистой почвой по 7 *кг* на сосуд. Черноземная почва содержала 7,3% гумуса, 0,36% общего и 0,032 гидролизуемого азота, с pH солевой вытяжки, равной 6. Дерново-среднеподзолистая почва значительно беднее. В ней гумус составляет 4,3%, общий азот 0,21%, гидролизуемый азот — 0,015%, pH солевой вытяжки — 5,5. Высота сосуда 21—23 *см*, площадь поверхности почвы сосуда 340—380 *см*^{2}, объем почвы 5360—5600 *см*^{3}.

Овсяница луговая и лисохвост луговой выращивались при влажности почвы 90%, остальные виды злаков — 80% от полной влагоемкости. Опыты проводились по следующей схеме: 1 — растения выращивались при влажности почвы 80 или 90% полной влагоемкости без внесения азота (контроль); 2 — растения выращивались при такой же влажности почвы плюс внесение азота. Повторность — десятикратная.

В начале мая в каждый сосуд высевалось по 10 семян, но после появления всходов оставлялось по одному растению. Азотное удобрение вносилось в форме аммиачной селитры из расчета 1 *г* азота на сосуд. В первый год жизни растений азот вносился после появления всходов, а во второй год — в период весеннего отрастания. Опыты с каждым луговым злаком продолжались в течение 2—3 лет.

В опытах проводились наблюдения за фазами развития растений и учитывалось: 1) образование побегов, 2) отмирание их и 3) количество живых побегов. Все образующиеся побеги отмечались колечками из алюминиевой проволоки с очередным порядковым номером соответственно появлению побега. В фазу полного цветения и в конце вегетации учитывалось количество живых листьев, число укороченных вегетативных, удлиненных вегетативных и генеративных побегов каждого растения и определялась площадь живых листовых пластинок.

При переходе растений в генеративное состояние учитывалось число всех соцветий, а в фазу полного созревания семян определялся вес

соцветий, общий и абсолютный вес семян каждого растения. В конце первого и второго вегетационных периодов бралась проба по 4—5 растений каждого варианта опыта. Корни растений отмывались на сите с диаметром отверстий 0,5 *мм*.

У взятых в пробу растений учитывалось количество побегов разных типов и определялся вес сырой и воздушно-сухой массы стеблей, корней и корневищ. Результаты наблюдений за развитием растений, данные о динамике их кущения и показатели продуктивности и являются основанием для суждения о влиянии азотного питания на луговые злаки.

Результаты исследований

Влияние уровня азотного питания на кущение луговых злаков

Кущение всех изученных луговых злаков в первый год их жизни началось при развертывании листовой пластинки четвертого — пятого листа осевого побега. В образовании побегов второго порядка и в развертывании листьев осевого побега наблюдается синхронность. Но последняя имеет место только при развертывании с 4 по 8—10-й лист осевого побега. Осевой побег обычно образует не более 4—6 боковых побегов. В дальнейшем, хотя формирование листьев на осевом побеге и продолжается, но пазушные почки этих листьев остаются в покоящемся состоянии и боковые побеги из них не образуются.

Узел кущения осевого побега обычно состоит из 4—6 узлов, разделенных короткими междоузлиями. Однако Т. И. Серебрякова (1959) считает, что узел кущения осевого побега может состоять и из 12—15 узлов и сближенных междоузлий, и в пазухе каждого кроющего листа может образоваться побег второго порядка.

В первый период кущения прирост числа побегов идет довольно медленно. По мере перехода к кущению побегов второго и последующих порядков общее количество побегов прогрессивно возрастает. В первый год жизни наиболее интенсивно кустятся лисохвост луговой, овсяница луговая и тимофеевка луговая. Гораздо медленнее кустятся костер безостый и канареечник тростниковидный.

Таблица 1

Влияние азота на кущение отдельных видов луговых злаков

Виды злаков	Образовано побегов на 1 растение					
	1-й год жизни			2-й год жизни		
	вегетативных	генеративных	всего	вегетативных	генеративных	всего
Овсяница луговая	45,0* / 60,0	—	45,0 / 60,0	83,4 / 133,5	42,6 / 64,5	126,0 / 198,0
Тимофеевка луговая	28,8 / 40,4	11,2 / 13,6	40,0 / 54,0	52,5 / 76,9	14,0 / 25,9	66,5 / 102,8
Лисохвост луговой	58,5 / 83,5	1,5 / 1,5	60,0 / 85,0	90,8 / 145,0	12,2 / 12,0	103,0 / 157,0
Костер безостый	18,3 / 17,0	—	18,3 / 17,0	60,0 / 145,0	4,5 / 7,5	64,5 / 153,0
Канареечник тростниковидный	15,6 / 22,5	—	15,6 / 22,5	35,4 / 61,0	1,0 / 3,0	36,4 / 64,0

* В числителе — контроль, в знаменателе — опыт.

Внесение азота уже в год посева стимулировало кущение луговых злаков. Однако положительная реакция на азот у отдельных видов оказалась далеко не одинаковой (табл. 1). Наиболее резко реагировали канареечник и лисохвост. Несколько слабее — тимофеевка и овсяница. Костер безостый на внесение азота в год посева по существу не реагировал. К концу вегетационного периода общее число побегов опытных растений, по сравнению с контрольными, превышало у канареечника на 44,2, у лисохвоста — на 41,7%, у тимофеевки — на 35% и овсяницы луговой на 33,3%.

Процесс кущения у всех злаков проходил интенсивно и непрерывно в течение всего вегетационного периода. При переходе тимофеевки луговой в генеративное состояние, т. е. с начала колошения, интенсивность кущения не только не ослабла, а даже усилилась.

У луговых злаков озимого типа развития все побеги в первый год жизни находились в вегетативном состоянии. Только у лисохвоста образовались единичные генеративные побеги. У тимофеевки луговой, как растения ярового типа развития, а по мнению А. К. Федорова (1956), растения-двуручки, генеративные побеги составляли у контроля 28%, а в опыте 25% всех побегов. Внесение азота оказало существенное влияние на образование абсолютного числа генеративных побегов. Но доля этих побегов от общего числа побегов растения в условиях высокого уровня азотного питания не только не повысилась, а даже несколько снизилась.

В конце первого года жизни наблюдается отмирание некоторого количества вегетативных побегов злаков. У овсяницы и лисохвоста к концу вегетации отмирает до 5% всех побегов растений. Внесение азота задерживает процесс отмирания побегов.

На второй год жизни луговых злаков интенсивность их кущения значительно повышается. Внесение азота во второй год жизни растений стимулирует их кущение в более сильной степени, чем в первый. Наиболее резко положительно реагировал костер безостый. При высоком уровне азотного питания в условиях достаточной влажности почвы и во второй год жизни растения кущение луговых злаков протекало интенсивно и непрерывно в течение всего вегетационного периода. В этих условиях обычная ритмика кущения злаков нарушается, и пауза в процессе кущения устраняется.

Уровень азотного питания влияет не только на интенсивность кущения, но изменяет и период максимального проявления этого процесса. У растений в сосудах, получивших азот, максимальная интенсивность кущения наступает на 10—15 дней раньше, чем у контрольных растений.

Внесение азота приводит к увеличению абсолютного числа генеративных побегов растения, но существенно не изменяет их долю в общем числе побегов. Во второй год жизни у овсяницы луговой контрольные растения имели 33,8%, а опытные 32,6% генеративных побегов от общего количества побегов растения. У тимофеевки они составляли соответственно 21,0 и 25, 2%; у лисохвоста 11,9 и 7,6%; у костра 6,9 и 4,8% и у канареечника 2,7 и 4,7%. Таким образом, при высоком уровне азотного питания доля генеративных побегов у тимофеевки и канареечника несколько повысилась, а у остальных видов даже снизилась.

Наряду с образованием все новых и новых побегов, происходит и противоположный процесс — отмирание их. У овсяницы и тимофеевки он начинается с фазы выхода растений в трубку и продолжается до конца вегетации. У лисохвоста этот процесс проявляется с фазы колошения. У костра процесс отмирания побегов почти не заметен. Наиболее быстро отмирание побегов идет у канареечника.

Одновременное проявление двух противоположных процессов — образования и отмирания побегов — обусловливает динамику живых побегов растения в течение всего вегетационного периода. Максимальное количество живых побегов овсяница имела в конце фазы плодоношения, а тимофеевка, лисохвост и костер — в конце вегетации.

Высокий уровень азотного питания, стимулируя кущение луговых злаков, задерживает процесс отмирания побегов. Поэтому опытные растения во все фазы развития имели большее число побегов, чем растения контроля. В фазу полного цветения контрольные растения овсяницы имели 70, а опытные — 137 живых побегов. В эту же фазу развития тимофеевка имела соответственно 60 и 85, костер — 60 и 84 и лисохвост — 146 и 166 побегов на растение. К концу вегетации разница в числе живых побегов контрольных и опытных растений возрастает в еще большей степени.

Влияние уровня азотного питания на формирование листьев луговых злаков

В процессе кущения луговых злаков идет формирование листового аппарата растений. Особенностью луговых злаков является наличие у них большого количества разновозрастных вегетативных побегов, листообразование которых проходит в течение всего периода вегетации растений. Поэтому последние постоянно имеют большую листовую поверхность. А. А. Ничипорович (1956) считает, что для кормовых трав характерна площадь листьев в 30—40 тыс. *м*² на 1 *га*.

Фотосинтезирующей способностью луговых злаков обладают не только листья, но и стебли, и генеративные органы (соцветия). Все же определяющим фактором продуктивности является листовая поверхность растений. Различие в продуктивности отдельных видов луговых злаков обусловливается не различием энергии их фотосинтеза, а степенью развития фотосинтезирующего аппарата.

К сожалению, динамика формирования листьев луговых злаков остается мало изученной. О заложении листьев и первых этапах их роста у овсяницы луговой интересные данные приводятся в работе Т. И. Серебряковой (1959). Скорость роста листьев, а, следовательно, и скорость формирования листовой площади, как указывают А. А. Ничипорович и М. П. Власова (1961), в очень сильной степени зависит от условий внешней среды.

Д. А. Сабинин (1940) указывает, что обильное снабжение растений азотом ускоряет процесс листообразования и удлиняет жизненный цикл листьев. По Л. М. Закману (1961), внесение азота повышает интенсивность фотосинтеза растений. Полученные нами данные подтверждают положение Д. А. Сабинина. Высокий уровень азотного питания луговых злаков стимулирует образование листьев и удлиняет продолжительность их жизни. В условиях обильного снабжения растений азотом длительность периода формирования листа сокращается на один день, а продолжительность их функционирования возрастает на 5—10 дней и более.

В результате ускорения листообразования и побегообразования опытные растения имеют в 1,5—2 раза большую поверхность листовых пластинок, чем растения контроля (табл. 2). Из приведенных в таблице данных видно, что в фазу цветения наибольшую площадь листовых пластинок имеет тимофеевка, а наименьшую — канареечник. Проявляется довольно тесная корреляция площади листовых пластинок с количеством побегов растения. Листовая поверхность опытных растений лисохвоста в 1,5 раза, а тимофеевки и канареечника в 2 раза больше, чем контрольных растений. Луговые злаки в фазу цветения имеют большую площадь

листовых пластинок, которая в 4,9—15 раз больше площади поверхности почвы сосуда.

При высоком уровне азотного питания злаков большая площадь живых листовых пластинок сохраняется до конца вегетационного периода. Она обусловливается не только более быстрым процессом листообразования и большим размером листьев, но и вследствие замедленного процесса отмирания последних.

Таким образом, в благоприятных условиях водоснабжения и при высоком уровне азотного питания луговые злаки способны формировать большой фотосинтезирующий листовой аппарат, который и обусловливает высокую продуктивность этих растений.

Таблица 2

Влияние азота на формирование площади листовых пластинок луговых злаков во второй год жизни (в фазу цветения)

Виды злаков	Количество живых листьев и площадь листовых пластинок на одно растение				
	на вегетативных побегах	на генеративных побегах	на всех побегах	площадь листовых пластинок, *см*²	превышает площадь почвы сосуда
Тимофеевка луговая	72,0 * / 101,0	58,0 / 70,0	130,0 / 171,0	2812 / 5107	8,3 / 15,0
Лисохвост луговой	119,0 / 235,0	38,0 / 51,0	157,0 / 286,0	2780 / 4521	7,3 / 11,9
Канареечник тростниковидный	97,0 / 165,0	3,0 / 8,0	100,0 / 173,0	1894 / 3624	4,9 / 9,5

* В числителе — контроль, в знаменателе — опыт.

Влияние высокого уровня азотного питания на продуктивность луговых злаков

Общеизвестно, что продуктивность растений зависит не только от их природы, но и от условий произрастания. В обычных природных условиях продуктивность луговых злаков тесно коррелирует с интенсивностью их кущения и с величиной ассимилирующей поверхности. А. А. Ничипорович (1956) считает, что продуктивность растений более тесно коррелирует с площадью листьев, чем с интенсивностью их работы. Д. Уатсоном, Г. Торном и С. Френчем (1959) установлено, что и у злаков преобладающая часть ассимилянтов возникает за счет фотосинтетической деятельности листовых пластинок.

Высокий уровень азотного питания луговых злаков, стимулируя процесс их кущения и листообразования, оказывает положительное влияние и на продуктивность растений. Обильное снабжение растений азотом в условиях достаточной влажности почвы усиливает ростовые процессы и ускоряет прирост сухой массы луговых злаков.

По П. С. Романчуку (1958), внесение азотных удобрений приводит к увеличению количества хлоропластов и удлиняет продолжительность их жизнедеятельности в листьях картофеля. О. Б. Бойчук (1959) показала, что азот повышает содержание ростовых веществ в томатах. По Л. М. Закману (1961), высокий уровень азотного питания повышает интенсивность фотосинтеза овса и других растений. По-видимому, аналогичным образом азот влияет и на луговые злаки.

Таблица 3

Влияние азота на продуктивность отдельных видов луговых злаков

Виды злаков	Вес воздушно-сухой массы, г						
	1-й год жизни			2-й год жизни			
	надземных стеблей	корней	всего растения	надземных стеблей	корневищ	корней	всего растения
Овсяница луговая	5,5* / 6,2	10,8 / 8,5	16,3 / 14,7	21,8 / 32,3	—	7,8 / 10,7	29,6 / 43,0
Тимофеевка луговая	25,0 / 27,5	11,0 / 8,2	36,0 / 35,7	15,5 / 35,6	—	10,7 / 19,2	26,2 / 54,8
Лисохвост луговой	10,9 / 9,6	18,6 / 19,3	29,5 / 28,9	17,2 / 25,5	6,8 / 6,5	30,3 / 48,7	54,3 / 80,7
Костер безостый	3,5 / 3,4	5,5 / 7,8	9,0 / 12,3	28,9 / 50,9	11,3 / 12,5	50,9 / 85,5	91,1 / 148,9
Канареечник тростниковидный	—	—	—	21,4 / 33,5	7,5 / 12,9	25,5 / 28,4	54,4 / 74,8

* В числителе — контроль, в знаменателе — опыт.

Полученные нами данные (табл. 3) показывают, что разные виды злаков на внесение азота реагируют неодинаково. Более того, реакция растений меняется и по годам их жизни. На обильное снабжение азотом по-различному реагируют стеблевая и корневая части луговых злаков.

Из приведенных в табл. 3 данных видно, что в первый год жизни злаков внесение высокой дозы азота, как правило, не оказывает положительного влияния на продуктивность растений. Исключение составляет только костер безостый. У овсяницы и тимофеевки опытные растения имеют больший вес стеблей, но меньший вес корней, чем растения контроля. У лисохвоста и костра наблюдается обратное явление: несколько меньший вес стеблей, но больший вес корней. И в том, и в другом случае различия весьма незначительны. Характерно, что у всех видов злаков, кроме тимофеевки, вес корней значительно превышает вес массы стеблевой части растений.

На второй год жизни все виды луговых злаков на внесение азота реагировали положительно. В наибольшей степени положительная реакция проявлена тимофеевкой луговой и костром безостым. Вес сухой массы опытных растений тимофеевки на 109%, костра на 63,9, лисохвоста на 48,4, овсяницы на 45 и канареечника на 43,7% выше, чем контрольных. Таким образом, общая продуктивность луговых злаков возросла в 1,4—2 раза.

Однако положительное влияние азота на рост стеблей и корней у разных видов злаков оказалось неодинаковым: у овсяницы, тимофеевки и канареечника высокий уровень азотного питания в более сильной степени способствовал росту стеблей, чем росту корней. В результате чего отношение веса стеблей этих растений к весу корней вырастает у овсяницы с 2,8 до 3,0, у тимофеевки с 1,45 до 1,85 и у канареечника с 1,13 до 1,64.

Иначе реагировали костер и лисохвост. Под влиянием азота у них несколько быстрее росли корни, чем стебли. Поэтому соотношение веса стеблей к весу корней у этих растений, наоборот, уменьшилось: у костра с 0,79 до 0,74 и у лисохвоста — с 0,80 до 0,66. Таким образом, под влия-

нием высокой дозы азота коррелятивные связи в росте стеблей и корней несколько изменяются.

Внесение высокой дозы азота повышает содержание общего азота в надземной массе луговых злаков. Так, например, при обильном снабжении азотом в сухой массе тимофеевки луговой содержание общего азота повысилось с 2% в контроле до 2,73% в опытных растениях.

Уровень азотного питания оказывает положительное влияние и на семенную продуктивность луговых злаков. Под влиянием азота общий вес семян опытных растений повышается. Во второй год жизни у тимофеевки луговой вес семян контрольного растения 0,64, а опытного 0,75 *г*. У лисохвоста лугового, соответственно, он равен 1,50 и 1,63 *г*. Азот, как правило, положительно влияет и на вес 1000 семян луговых злаков. Следовательно, под влиянием азота повышается не только вегетативная, но и семенная (генеративная) продуктивность луговых злаков.

Выводы

1. Высокий уровень азотного питания при достаточной влажности почвы ускоряет процесс кущения луговых злаков. Абсолютное количество генеративных побегов на растении повышается, а их доля к общему числу побегов существенно не изменяется.

2. Обильное азотное питание луговых злаков вызывает усиление ростовых процессов, ускоряет листообразование растений и приводит к резкому увеличению их ассимилирующей поверхности.

3. Под влиянием азота, в результате усиления интенсивности кущения и замедления процессов отмирания листьев и побегов, продуктивность растений возрастает в 1,5—2 раза.

4. Высокий уровень азотного питания луговых злаков вызывает изменение коррелятивных связей в росте стеблей и корней растений. У рыхлокустовых злаков (овсяница, тимофеевка) азот сильнее стимулирует рост стеблей, чем рост корней. Вследствие этого отношение веса корней к весу побегов снижается.

ЛИТЕРАТУРА

Бойчук О. Б. (1959). Влияние уровня азотного питания на содержание ростовых веществ в органах растений. Сб. «Ростовые вещества и их роль в процессах роста и развития растений», М.

Закман Л. М. (1961). Влияние удобрений на фотосинтез и урожай растений в условиях Крайнего Севера. Бот. ж., вып. 7.

Киршин И. К. (1958). Цикл сезонного развития многолетних злаковых трав на Среднем Урале. Свердловск.

Лебедев П. В. и Мельник Н. С. (1959). Влияние влажности почвы и азотного удобрения на ритмику побегообразования овсяницы луговой. Науч. докл. Высшей школы, биол. науки, 3.

Лебедев П. В. и Боровская Т. А. (1961). Влияние азота и влажности почвы на побегообразование и продуктивность костра безостого. Бот. ж., т. 46, 9.

Лебедев П. В. и Мельник Н. С. (1961). Влияние азота и интенсивности света на кущение и продуктивность тимофеевки луговой. Докл. АН СССР, т. 137, I.

Лебедев П. В., Мельник Н. С. и Боровская Т. А. (1961). Влияние высоких доз азота на кущение и продуктивность луговых злаков. Тезисы докл. конференции «Корневое питание в обмене веществ и продуктивности растений», М., Изд-во АН СССР.

Левин Д., Кеннеди У. и Грей Х. (1956). Использование и улучшение сенокосов и пастбищ. М., Изд. иностр. лит.

Ничипорович А. А. (1956). Фотосинтез и теория получения высоких урожаев. М., Изд-во АН СССР.

Ничипорович А. А. и Власова М. П. (1961). О формировании и продуктивности фотосинтетического аппарата разных культурных растений в течение вегетационного периода. «Физиология растений», т. 8, вып. 1.

Прянишников Д. Н. (1945). Значение азота в жизни растений и в земледелии СССР. М., Изд-во АН СССР.
Ромашов П. И. (1949). Удобрение лугов. М., Сельхозгиз.
Романчук П. С. (1958). Развитие хлоропластов в листьях картофеля в связи с условиями минерального питания. «Физиология растений», т. 5, вып. 5.
Сабинин Д. А. (1940). Минеральное питание растений. М., Изд-во АН СССР.
Серебрякова Т. И. (1959). Некоторые закономерности побегообразования овсяницы луговой. Бюлл. МОИП, серия биол., вып. 3.
Смелов С. П. (1947). Биологические основы луговодства. М., Сельхозгиз.
Уатсон Д., Торн Г. и Френч З. (1959). Цит. по А. Л. Курсанову. У физиологов растений Англии и Шотландии. «Физиология растений», вып. 6, 1950.
Федоров А. К. (1956). Некоторые особенности развития тимофеевки луговой. Изв. АН СССР, серия биол., вып. 3.
Чепикова А. Р. (1954). Влияние предшествующих условий питания многолетних трав на характер их роста и развития. «Вопросы кормопроизводства», вып. 4.

ЗАПИСКИ СВЕРДЛОВСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ВСЕСОЮЗНОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Вып. 3 1964

Ф. М. ШУБИН, Н. М. ДЕЕВА

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОВСЯНИЦЫ ЛУГОВОЙ И ЛЮЦЕРНЫ СИНЕГИБРИДНОЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ИХ НА КАМЕННОУГОЛЬНОЙ ЗОЛЕ В ВЕГЕТАЦИОННЫХ СОСУДАХ

С целью установления наиболее перспективных культур для закрытия золоотвалов растительностью, проверки ряда агроприемов и выявления биологических особенностей роста растений, наряду с полевыми опытами, в 1960 г. в ботаническом саду Уральского государственного университета был заложен вегетационный опыт в стеклянных сосудах с овсяницей луговой и люцерной синегибридной.

Растения на чистой золе без применения субстратов, содержащих азот и зольные элементы питания, не растут или задерживают свой рост и развитие на ряд лет. Поэтому в сосуды с золой, в качестве субстрата, содержащего питательные вещества, добавлялись почва, полиакриламид и перегной. Варианты опыта показаны в табл. 1. Сосуды набивались золой со шлаконаливного поля Красногорской ТЭЦ по 1250 *г* на сосуд. Из элементов питания зола содержит 20,0 *мг* P_2O_5 и 28,5 *мг* K_2O на 100 *г* золы, pH солевой вытяжки равна 6,95.

Таблица 1

Ход развития овсяницы луговой на первом году жизни (1960 г.)

Варианты	Всходы (дни от посева)	Дни от появления всходов						Продолжительность вегетации (дней от всходов)	Листья		Побеги		Средняя высота растений к концу вегетации, *см*
		1-й лист	2-й лист	3-й лист	4-й лист	5-й лист	кущение		отмершие	всего	отмершие	всего	
Зола	17	10	20	28	38	50	37	107	4	8	1	5	13
Зола с поверхностным слоем почвы 2 *см*	12	7	13	19	27	35	25	111	5	9	2	6	12
Зола с полиакриламидом	15	9	15	20	30	35	23	109	5	10	1	8	10
Зола с перегноем	13	9	14	20	29	35	27	110	5	10	1	10	15
Почва (контроль)	10	6	11	16	21	27	20	113	8	13	1	15	17

Во втором варианте использовались старопахотная дерново-подзолистая суглинистая почва из ботанического сада Уральского государственного университета, содержащая 4,3% гумуса, 0,21% общего азота, 0,015% гидролизуемого азота и pH солевой вытяжки, равную 5,5. Зола покрывалась слоем почвы толщиной 2 *см*, из расчета 250 *г* почвы на

сосуд. В третьем варианте в каждый сосуд поверхностно вносилось 50 *см*³ 0,5% водного раствора полиакриламида. В четвертом варианте применялся перегной, полученный после годового использования навоза в парниках, из расчета 125 *г* на сосуд. Перед внесением перегной просеивался и перемешивался с $^1/_3$ золы сосуда. В пятом варианте использовалась такая же почва, как и во втором.

Повторность опыта трехкратная. Посев проведен 23 мая по 10 семян в сосуд. После появления всходов оставлено по два растения на сосуд. По мере необходимости проводился полив до оптимальной влажности. Фенологические наблюдения за растениями велись в течение 2 лет. В конце вегетации второго года жизни растения выкапывались, отмывалась корневая система и определялся вес надземной массы и корней в сыром и воздушно-сухом состоянии.

Результаты наблюдений

Овсяница луговая (Festuca pratensis Huds.)

Всходы и весеннее отрастание. Всходы овсяницы луговой на чистой золе, по сравнению с контролем, появились позже на 7 дней. В вариантах с добавлением почвы, перегноя и полиакриламида большого различия во времени появления всходов нет. На второй год жизни весеннее отрастание началось в конце апреля во всех вариантах опыта одновременно.

Рост в высоту. В первый год жизни у овсяницы луговой нами отмечен очень незначительный рост в высоту. Так, в варианте с золой растения достигли высоты 13 *см*, в варианте с перегноем 15 *см*, в варианте с полиакриламидом 12 *см*. Во второй год жизни растения в этих вариантах имели в 4—5 раз бóльшую высоту. В начале вегетации рост овсяницы увеличивается за счет формирования новых листьев, а с фазы выхода в трубку за счет роста генеративных побегов. На это указывают И. В. Ларин (1951) и П. В. Лебедов (1957). Это подтвердилось и в наших опытах. Интенсивность роста достигает максимума в фазу колошения. В фазу цветения она спадает и в фазу плодоношения совсем прекращается. Наибольшей высоты на второй год жизни растения достигли в вариантах с применением поверхностного слоя почвы (75,5 *см*) и с применением перегноя (81 *см*).

Побегообразование и фазы развития. Кущение овсяницы в первый год жизни началось с развертыванием 4 листа во всех вариантах и продолжалось до конца вегетационного периода. П. В. Лебедев отмечает, что в начале кущения количество побегов нарастает медленно, но по мере перехода к кущению побегов второго, а затем и третьего порядков общее число побегов увеличивается.

Работами В. Р. Вильямса (1931), С. П. Смелова (1947) установлено, что в побегообразовании луговых злаков проявляется устойчивая ритмика, выражающаяся в наличии двух периодов кущения: весеннего и летне-осеннего, с паузой между ними. Паузу в кущении они объясняют периодом перехода растений от вегетативного развития к генеративному, что совпадает с периодом резкого снижения влажности почвы.

В наших наблюдениях на втором году жизни у овсяницы во всех вариантах опыта кущение началось в третьей декаде апреля и продолжалось до конца вегетационного периода с небольшой паузой перед цветением. С наступлением фазы цветения процесс кущения возобновился и продолжался до конца вегетации. Исключение представляют растения в варианте с применением поверхностного слоя почвы, в кото-

ром интенсивность кущения с фазы плодоношения снижается. В 1,5—2 раза интенсивнее шло кущение в варианте с полиакриламидом в сравнении с другими вариантами. Количество генеративных побегов по вариантам опыта неодинаково. Наибольшее количество генеративных побегов также образовалось в варианте с полиакриламидом. Одновременно с образованием новых побегов шло и отмирание. Оно продолжалось с фазы вегетации до конца фазы плодоношения. В наименьшей степени отмирание побегов наблюдалось в сосудах с добавлением полиакриламида и в варианте с перегноем.

Таблица 2

Ход развития и продуктивность овсяницы луговой на втором году жизни (1961 г.)

Варианты	Весеннее отрастание	Дни от весеннего отрастания				Количество живых листьев на осень	Побеги			Количество шилец на осень	Надземная масса		Корни		Средняя высота растений, см
		колошение	цветение	созревание	продолжительность вегетации		генеративные	вегетативные	всего		сырой вес, г	сухой вес, г	сырой вес, г	сухой вес, г	
Зола	25/IV	42	61	84	139	23	5	26	31	2	6	3,3	24,5	4,0	51
Зола с поверхностным слоем почвы	27/V	52	65	85	137	31,5	6	19	25	6	8,5	2,8	34,0	2,5	75,5
Зола с полиакриламидом	27/IV	51	64	96	137	64	13	37	50	7	44	8,5	29	8,0	58
Зола с перегноем	25/IV	46	61	85	139	74	7	31	38	6	26	8,5	40	7,5	18
Почва (контроль)	25/IV	48	62	90	139	36	8	38	46	2	19	5,6	55	5,1	84

Во всех вариантах опыта, за исключением варианта с применением полиакриламида, продолжительность фаз развития примерно одинакова. Растения в первой половине июня начали колоситься, в конце июня зацвели, и через месяц наблюдалось полное созревание семян. Продолжительность периода от весеннего отрастания до колошения составила от 42 до 52 дней, до цветения 61—65 дней, до полного созревания 85—98 дней. В варианте с полиакриламидом созревание, по сравнению с другими вариантами, затянулось на 6—11 дней.

Продуктивность. Наименьшая продуктивность по весу надземной массы и корней в воздушно-сухом состоянии получена в вариан-

Таблица 3

Семенная продуктивность овсяницы луговой

Варианты	Количество			Вес семян на 1 растение, г	Абсолютный вес, г	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
	соцветий	семян на 1 растение	семян на 1 соцветие				
Зола	5	124	46,6	0,28	1,87	24%	89
Зола с поверхностным слоем почвы	6	105	31,8	0,2	1,91	52%	80
Зола с полиакриламидом	13	366	44,7	1,2	0,93	9%	58
Зола с перегноем	7	133	19	0,05	1,97	40%	80
Почва (контроль)	8	250	31,2	0,4	1,94	36%	64

те с чистой золой. В вариантах с применением полиакриламида и перегноя вес в воздушно-сухом состоянии для надземной массы в 2,6 раза, а корней в 1,5—2 раза больше, чем при культуре растений на чистой золе.

И. В. Ларин (1956) и П. В. Лебедев (1957) отмечают, что семенная продуктивность овсяницы луговой довольно высока (табл. 2).

В нашем опыте семенная продуктивность составила 2 *г* на одно растение. Наименьшее количество семян получено в варианте с полиакриламидом (табл. 3).

Люцерна синегибридная *(Medicago media* Pers.*)*

Всходы и весеннее отрастание. Всходы люцерны во всех вариантах появились почти одновременно на 13—17-й день, с запаздыванием по сравнению с контролем на 3—7 дней. Образование первого сложного листа от дня появления всходов произошло почти одновременно, за исключением варианта с чистой золой, в котором первый сложный лист образовался позднее на 5 дней.

В зимний период растения на чистой золе погибли. В остальных вариантах весеннее отрастание произошло одновременно.

Рост в высоту. А. М. Дмитриев (1948), И. В. Ларин (1951), С. М. Наумов (1957) отмечают, что люцерна обладает большой интенсивностью роста. По нашим наблюдениям, в первый год жизни рост люцерны в высоту идет медленно. Среднесуточный прирост от появления всходов до цветения составил 0,4—0,5 *мм* во всех вариантах опыта. На втором году жизни интенсивность роста увеличивается. Среднесуточный прирост от весеннего отрастания до бутонизации увеличивается до 0,8—0,9 *мм* (табл. 4).

Таблица 4

Ход развития люцерны синегибридной в первый год жизни (1960 г.)

Варианты	Всходы (дни от посева)	Дни от всходов				Листья		Побеги		Дни от появления всходов				Средняя высота растений, *см*
		1-й простой лист	1-й сложный лист	ветвление	кущение	отмершие	всего к концу вегетации	отмершие	всего к концу вегетации	бутонизация	цветение	плодоношение	продолжительность вегетации	
Зола	15	9	15	38	55	1	13	—	4	—	—	—	109	12
Зола с поверхностным слоем почвы в 2 *см*	16	6	13	35	47	1	17	—	6	64	—	—	108	33
Зола с полиакриламидом	14	6	13	33	42	1	17	—	7	66	86	—	110	28
Зола с перегноем	13	6	11	36	40	1	17	—	8	64	94	—	111	29
Почва (контроль)	10	5	11	31	39	1	22	—	8	51	63	90	114	32

Побегообразование и фазы развития. Н. В. Виноградова (1953) отмечает, что в первый год жизни стебли у люцерны образуются из почек корневой шейки. В нашем опыте закладывания почек на корневой шейке не наблюдалось. Первые почки начали закладываться в пазухах семядольных или в пазухах первых листьев. Такое же явление для бобовых отмечает Л. Н. Крюкова (1958). В первый год жизни во всех вариантах образовалось менее 10 побегов на растение. Кущение отмечено на 39—47-й день, за исключением варианта с чистой золой, в котором кущение, по сравнению с контролем, запоздало на 16 дней. На второй год жизни побегообразование у люцерны

значительно усиливается, особенно в варианте с полиакриламидом. В. Ф. Корякина (1951) отмечает, что в течение вегетационного периода у люцерны наблюдается два подъема в побегообразовании: первый в фазу вегетации, второй в фазу цветения. В нашем опыте побегообразование шло в течение всего вегетационного периода с наибольшей интенсивностью весной и в фазы цветения и плодоношения.

В первый год жизни люцерна на чистой золе остановила свое развитие на фазе вегетации, а в вариантах с полиакриламидом и перегноем растения цвели, но к плодоношению не приступили. Продолжительность периода от начала весеннего отрастания до цветения составила 60—66 дней, с опозданием против контроля на 10—16 дней. На втором году жизни продолжительность фазы бутонизации составила 15—20 дней, цветения 20—25 дней, плодоношения 45—50 дней. Разница в продолжительности фаз, по сравнению с контролем, незначительная. Продолжительность вегетационного периода на втором году жизни люцерны синегибридной 133—135 дней во всех вариантах опыта.

Таблица 5

Ход развития и продуктивность люцерны синегибридной на втором году жизни (1961 г.)

Варианты	Весеннее отрастание	Дни от весеннего отрастания				Побеги		Длина главного корня, *см*	Надземная масса		Корни		Всхожесть, %		Средняя высота растений, *см*
		бутонизация	цветение	плодоношение	продолжительность вегетационного периода	цветущие	всего		сырой вес, *г*	сухой вес, *г*	сырой вес, *г*	сухой вес, *г*	не скарифицированных семян	скарифицированных семян	
Зола	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Зола с поверхностным слоем почвы	30/IV	46	66	86	133	8	13	10	13	6,1	14	4,5	26	84	60
Зола с полиакриламидом	28/IV	48	63	85	135	13	24	45	93	41,1	119	42	10	88	80,5
Зола с перегноем	28/IV	45	60	81	135	8	14	40	18	7,3	35	7,9	44	84	45
Почва (контроль)	29/IV	42	56	80	134	10	14	21	20	8	26	9,0	8	60	50,5

Продуктивность. Люцерна синегибридная за вегетационный период накапливает большую надземную и корневую массу. На это указывает ряд авторов: И. В. Ларин (1951), Ф. И. Филатов (1951). По данным И. В. Евсеева (1949), нарастание корней происходит неравномерно. Наиболее интенсивно оно идет весной и в фазу плодоношения.

В нашем опыте наибольшую надземную массу и корневую систему люцерна образовала в варианте с применением полиакриламида. Соотношение веса надземной массы и корней примерно одинаково во всех вариантах.

В. П. Мосолов (1950), И. В. Ларин (1951), Ф. И. Филатов (1951) указывают, что на корнях люцерны развивается большое количество клубеньков.

По нашим наблюдениям, количество клубеньков на корнях люцерны в первый год жизни незначительно. На втором году жизни количество их возрастает. Например, в варианте с поверхностным слоем почвы в первый год жизни насчитывалось 7 клубеньков на 1 растение, а на второй год уже в 2,5 раза больше. Наибольшее количество клубеньков было отмечено в вариантах с применением полиакриламида и перегноя.

Люцерна обладает высокой биологической способностью к образованию семян, но процент плодоцветения зависит от количества опыленных цветков. Ю. А. Писарев (1953) отмечает, что насекомые опыляют от 5 до 15% общего количества образовавшихся цветков. Материал о семенной продуктивности в нашем опыте приведен в табл. 6.

Таблица 6

Семенная продуктивность люцерны синегибридной

Варианты	Количество			Вес семян на 1 растение, г	Абсолютный вес, г	Энергия прорастания, %		Всхожесть, в %	
	соцветий на 1 растение	семян на 1 растение	семян на 1 соцветие			не скарифицированных семян	скарифицированных семян	не скацифицированных семян	скарифицированных семян
Зола с поверхностным слоем почвы в 2 *см* . .	21	766	38,4	1,25	1,6	22	72	26	84
Зола с полиакриламидом	82	1250	16,2	3,0	2,4	8	64	10	88
Зола с перегноем	36	469	14,2	0,8	1,7	32	64	44	84
Почва (контроль)	52	1219	25,3	2,70	2,1	2	52	8	60

По небольшому количеству растений в опыте окончательно о семенной продуктивности судить трудно. Необходимо отметить, что растения во всех вариантах дали всхожие семена. Всхожесть семян, подвергнутых скарификации, достигает 88%.

На основании полученных нами результатов можно сделать следующее заключение.

1. Овсяница луговая и люцерна синегибридная во всех вариантах опыта, кроме посева по чистой золе, прошли все фазы развития и образовали семена с высоким процентом всхожести. Поэтому эти растения можно использовать при закрытии золоотвалов растительностью.

2. Применение полиакриламида значительно задерживает развитие овсяницы луговой, но вес надземной массы, корневой системы и количество побегов, по сравнению с другими вариантами, возрастает.

3. На рост и прохождение фаз развития люцерны синегибридной, в сравнении с овсяницей луговой, полиакриламид оказывает меньшее влияние.

4. Отношение веса надземной массы к весу корней для овсяницы и люцерны во всех вариантах, за исключением варианта с поверхностным слоем почвы, почти одинаково. В варианте с применением поверхностного слоя почвы вес надземной массы в 1,3 раза превышает вес корней.

5. Скарификация семян люцерны, выращенных на золе с применением питательных субстратов, резко повышает их всхожесть.

ЛИТЕРАТУРА

Вильямс В. Р. (1931). Луговодство и кормовая площадь. М., Сельхозгиз.
Вильямс В. Р. (1936). Почвоведение. М., Сельхозгиз.
Виноградова Н. В. (1953). Некоторые вопросы биологии развития люцерны в условиях Горьковской области. Автореферат кандидатской диссертации. Изд. Горьковского гос. ун-та, Горький.
Дмитриев А. М. (1948). Луговодство с основами луговедения. М., Сельхозгиз.
Корякина В. Ф. (1951). Сравнительное эколого-физиологическое изучение много-

летних трав в чистом и смешанном посеве. «Экспериментальная ботаника», 8, Изд-во АН СССР.
Крюкова Л. Н. (1958). К биологии побегообразования у некоторых многолетних бобовых трав. Бот. ж., вып. 1.
Ларин И. В. (1951). Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР, том 1, 2. М., Сельхозгиз.
Ларин И. В. (1956). Луговодство и пастбищное хозяйство. М., Сельхозгиз.
Лебедев П. В. (1957). Биология и продуктивность кормовых растений, перспективных для введения в культуру. Уч. зап. Уральского гос. ун-та им. А. М. Горького, вып. 32.
Мосолов В. П. (1950). Многолетние травы. М., Сельхозгиз.
Наумов С. М. (1957). Из опыта выращивания люцерны в Брестской области. «Агробиология», 1.
Писарев Ю. А. (1953). Опыление люцерны и повышение урожайности ее семян в правобережных районах Горьковской области. Горький.
Смелов С. П. (1947). Биологические основы луговодства. М., Сельхозгиз.
Филатов Ф. И. (1951). Агробиологические основы возделывания многолетних трав. Саратовское областное издательство.
Щибря А. А. (1951). Ботаническое описание и классификация люцерны. Люцерна. Монография под редакцией М. П. Елсукова. М., Сельхозгиз.

ЗАПИСКИ СВЕРДЛОВСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ВСЕСОЮЗНОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Вып. 3 1964

Н. А. КОНОВАЛОВ

НОВЫЕ ФОРМЫ ГИБРИДНЫХ ПИРАМИДАЛЬНЫХ ТОПОЛЕЙ

Описываемые формы тополей выведены в г. Свердловске в Ботаническом саду Института биологии Уральского филиала Академии наук СССР. Технику скрещиваний и воспитания гибридных растений проводила лаборант И. А. Муравьева. Скрещивания в 1954 г. велись на срезанных ветвях в оранжерее; эта методика хорошо известна и неоднократно описывалась в литературе.

Гибридные сеянцы до 1958 г. воспитывались на питомнике Ботанического сада с сравнительно бедными суглинистыми почвами. В четырехлетнем возрасте, считая год скрещивания, растения были пересажены на коллекционный участок, где почвы также небогатые.

Одной из задач селекции было выведение пирамидальных форм гибридных тополей. Все полученные гибриды имеют пирамидальные кроны.

Материнской особью являлся гибрид осины и тополя сереющего *Populus tremula* L. × *Populus canescens* Sm., который был получен А. С. Яблоковым под Москвой. Описания гибрида нет. В качестве отцовской особи использован широко распространенный в Средней Азии тополь Болле *Populus Bolleana* Lauche. Его ветви получены из г. Ташкента.

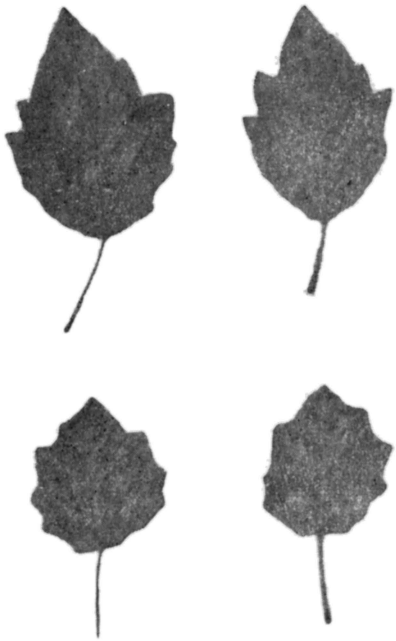

Рис. 1. Листья тополя «Свердловчанин».

При характеристике выведенных на Среднем Урале пирамидальных тополей (Коновалов, 1959) по состоянию на конец 1957 г. для разбираемых гибридных растений дано лишь общее описание без выделения их форм. В настоящее время, как и следовало ожидать, морфологическое строение оказалось такое, что явилась возможность выделить три перспективные формы, дав каждой из них особое описание, как это принято в селекционной практике. Варьирование признаков неудивительно, поскольку полученный гибрид является сложным, потому что

материнская особь, в свою очередь, представлена тройным гибридом. Учитывая вегетативное размножение выведенных форм тополей, можно все полученные признаки передавать по наследству.

Вместе с тем подробная характеристика отдельных форм полученного четверного гибрида представляет несомненный и теоретический интерес. Переходим к их характеристике.

Тополь «Свердловчанин» (сеянец № 2)

Описываемая форма имеет пирамидальную крону, боковые ветви отходят под углом в 35°. Кора на основном стволе серая, годичные побеги с налетом, как у тополя Болле. Почки мелкие, овальные, заостренные.

Листья большей частью напоминают осину, но они различны в нижней, средней и верхней части кроны (рис. 1). Нижние листья кожистые, с нижней стороны опушены, но опушение простым глазом почти незаметно, сверху зеленые. В очертании округлые с вытянутой вершиной, намечаются слабо лопасти, которые по краю тупозубчатые. Черешки длинные, как у осины, поэтому листья «дрожащие».

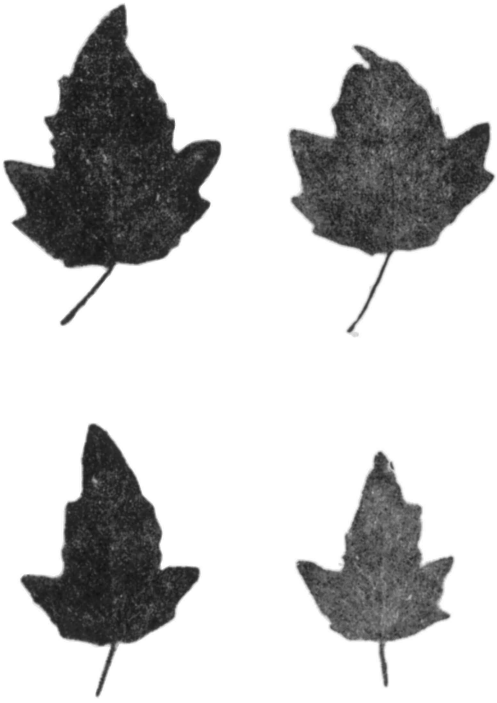

Рис. 2. Листья тополя «Лидия».

Листья из верхней части кроны по строению ближе к тополю Болле, они кожистые, темно-зеленые сверху и с белым налетом снизу. Черешки короче, чем у нижних листьев, их длина равна примерно от $^1/_3$ до $^1/_2$ длины пластинки листа. По очертанию листья овальные с тупыми зубцами по краю или овальные с слабо намечающимися лопастями, которые в свою очередь имеют тупые зубцы. Иногда листья даже широколанцетные или узкоовальные.

Средние листья имеют переходные черты строения, но средняя зона кроны небольшая, больше развита нижняя часть кроны с «осиновыми» листьями.

Как видно из описания листьев, их варьирование очень сильно. Можно найти признаки осины, которые преобладают, а также тополя белого и тополя Болле.

Гибридный сеянец растет сравнительно быстро. К осени 1961 г., т. е. в восьмилетнем возрасте, считая год скрещивания, его высота была равна 422 *см*, диаметр у шейки корня 6,7 *см*, а на высоте груди — 4,7 *см*. Прирост по высоте в 1961 г. составлял 77 *см*.

Описанный гибридный тополь достаточно морозоустойчив. Наблюдавшееся в первые годы небольшое подмерзание в дальнейшем исчезло.

Тополь «Лидия» (сеянец № 3)

Крона пирамидальная, хорошо выражена пирамидальность, боковые ветви, отходя не более чем под углом в 30°, направляются вверх параллельно стволу. Ветви начинаются почти от шейки корня.

Кора на стволе серая, годичные побеги голые, оливкового цвета, напоминающие осину. Почки островатые, слабо прижатые, небольшие.

Листья (рис. 2) больше подходят к тополю белому и тополю Болле,

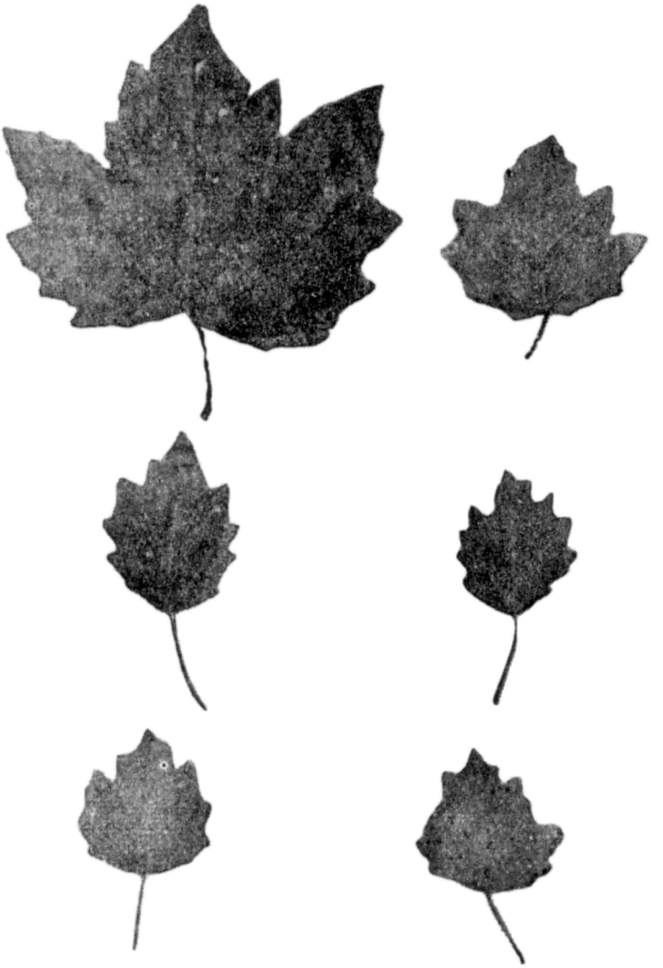

Рис. 3. Листья тополя Сукачева.

они пяти- и трехлопастные, лопасти с тупыми зубцами. Сверху листья темно-зеленые, как бы лакированные, а снизу с серебристым налетом, очень декоративны, особенно при дуновении ветерка. Сидят они на хорошо развитых черешках, которые равны трети или почти половине длины листовой пластинки.

Высота сеянца в восьмилетнем возрасте, считая год скрещивания, равнялась 4,1 *м*, диаметр у шейки корня 7,2 *см*, а на высоте груди 4,4 *см*. Прирост по высоте 1961 г. составил 85 *см*. Рост в высоту явно ускоряется.

Описанный гибридный тополь самый декоративный из всех выделенных форм. Он, как и предыдущий, достаточно морозостоек.

Тополь Сукачева (сеянец № 5)

Крона пирамидальная, но более раскидистая, боковые ветви отходят под углом в 35° и почти не загибаются вверх. Кора на стволе серая, а на годичных побегах оливкового цвета. Побеги голые. Почки островатые, небольшие, прижатые.

Листья на верхних, годичных побегах пятилопастные, напоминающие листья тополя белого, темно-зеленые сверху и с сизо-серебристым налетом снизу. Лопасти имеют тупые, хорошо выраженные зубцы (рис. 3).

Рис. 4. Общий вид тополя «Лидия».

Листья средней части кроны по форме являются средними между тополем Болле и осиной, они овально-слаболопастные. Но лопасти выражены плохо, иногда напоминают тупые зубцы. Сверху листья темно-зеленые, а снизу почти голые, как у осины, зеленые. Черешки длинные, иногда почти равны пластинке листа.

Листья нижней части кроны по строению сходны со средними листьями, но они чаще более широкие и менее темные сверху, а черешки короче.

Таким образом, общий облик листьев сочетает признаки листьев осины, тополя Болле и отчасти белого.

Высота сеянца в восьмилетнем возрасте, считая год скрещивания, равна 4,4 *м*, диаметр у шейки корня 8,5 *см*, а на высоте груди 5,3 *см*. Прирост по высоте в 1960 г. составлял 110 *см*, а в 1961г.— 40 *см*. Описанный тополь самый быстрорастущий из всех выделенных форм. Он достаточно морозостоек.

Размножение охарактеризованных новых форм гибридных тополей возможно прививкой и черенкованием. Наилучшие результаты можно получить при летне-осенней окулировке на подвой осины или тополя белого. Одревесневшие черенки укореняются плохо. Лучше других укореняются черенки тополя Сукачева.

Описанные новые формы гибридных тополей обладают большим разнообразием листьев. Такое варьирование объясняется прежде всего сложностью наследственности, а во-вторых, тем, что скрещивание велось с гибридом, который обладает расшатанной наследственностью.

Все гибридные растения имеют красивую пирамидальную крону, унаследованную от тополя Болле, но наибольшая пирамидальность выражена у тополя «Лидия» (рис. 4), что выше отмечалось. Этот сеянец имеет и наиболее красивые листья, унаследованные от тополей белого и Болле.

Растут гибридные тополя достаточно быстро. После пересадки в 1958 г. средний прирост за последние три года составил: у тополя «Свердловчанин» — 50 *см*, тополя «Лидия» — 63 *см* и у тополя Сукачева — 80 *см*.

Все новые формы тополей могут быть рекомендованы для использования в озеленительных посадках южнотаежной подзоны Среднего Урала и на Южном Урале.

ЗАПИСКИ СВЕРДЛОВСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ВСЕСОЮЗНОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Вып. 3 1964

Г. Е. КОМИН

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТА ДЕРЕВЬЕВ В ЗАБОЛОЧЕННЫХ ЛЕСАХ

Возраст отдельного дерева или в целом древостоя является важным лесоводственно-таксационным показателем, используемым в практике лесного хозяйства, лесоустройства и в лесоводственных и геоботанических научно-исследовательских работах. Самые точные измерения любых лесоводственных и таксационных показателей теряют свою значимость при неправильном определении возраста деревьев или древостоев.

Большинство авторов, касающихся методики определения возраста деревьев, указывает, что истинный возраст дерева с достаточной точностью можно определить на срезе ствола у «шейки корня», т. е. на месте перехода цилиндрической части ствола (его основания) в корни или корневые лапы (Орлов, 1929; Корчагин, 1960 и др.). Для ориентировочного же определения возраста деревьев считается возможным производить подсчет годичных слоев выше «шейки корня» на срезе пня с прибавлением нескольких лет на рост дерева до высоты пня. Количество прибавляемых лет должно определяться по ходу роста подроста той же древесной породы до высоты пня в изучаемом насаждении. При этом условно допускается, во-первых, что подрост развивается так же, как материнские деревья, у которых определяется возраст, и, во-вторых, что возраст подроста, имеющего высоту, равную высоте пня, соответствует количеству лет, затраченных деревом для достижения этой высоты. Следует добавить, что даже при научно-исследовательских работах высота пня не регламентируется и в каждом отдельном случае бывает различной, определяясь условиями, которые складываются при валке дерева.

При производственных работах за возраст дерева обычно условно принимают количество годичных слоев на срезе пня (Колосова и Мурахтанов, 1960). При научно-исследовательских работах одни авторы также определяют возраст дерева по количеству годичных слоев на пне (например, Денисов, 1950; Карлин, 1958; Шавнин, 1959), другие к возрасту «на пне» прибавляют некоторое количество лет на рост дерева до высоты пня (Крюденер, 1905; Тюрин, 1952), третьи — производят подсчет годичных слоев на срезе, сделанном по основанию ствола Корчагин, 1956). Последние предполагают при этом, что место перехода ствола в боковые и придаточные корни (основание ствола) близко совпадает с положением начальной точки роста дерева (с подсемядольным коленом или гипокотилем) в первые годы его жизни.

Как видим, в методике определения важнейшего показателя — возраста деревьев — не имеется необходимой ясности. Разнообразные

условия допущения, сопровождающие определение возраста, не дают должной уверенности в точности получаемых данных.

Летом 1960 г. в лесах междуречья Лозьвы и Пелыма (Свердловская область, подзона северной тайги) нами была сделана попытка установить точность определения возраста деревьев способом подсчета годичных слоев на срезе пня. Преследовалась цель разработать методику определения истинного возраста деревьев в заболоченных лесах, произрастающих на торфяно-болотных и торфяных почвах. Постановка вопроса вызвана проводимым изучением возрастной структуры и строения насаждений заболоченных лесов указанного района. Общая характеристика этих лесов дана В. И. Маковским (1962).

Объектом исследований были насаждения широко распространенных в районе исследований двух типов заболоченных лесов: сосняка багульниково-сфагнового и ельника осоково-сфагнового.

Сосняки багульниково-сфагновые занимают плоские повышенные водоразделы, а также окраины торфяных болот в понижениях мезорельефа. Почвы под ними торфяно-болотные и торфяные, мощность торфа достигает иногда 0,7 *м*. Древостои V—Va бонитетов представлены в спелом возрасте сосной с незначительной примесью кедра и березы. Подлесок отсутствует, основной фон наземного покрова создают сфагновые мхи и ярус багульника, с незначительным участием осоки шароплодной, политрихума и гипновых мхов. В зависимости от происхождения этот тип леса представлен тремя видами древостоев: девственными разновозрастными; разновозрастными, пройденными неоднократно пожарами; послепожарными одновозрастными, возникшими на сплошных гарях.

Ельники осоково-сфагновые занимают плоские пониженные элементы рельефа на бедных торфянисто-подзолистых почвах; мощность торфяного слоя не превышает 0,3 *м*. Древостои V—Va бонитетов, образованы елью сибирской с примесью кедра и незначительным участием березы. В напочвенном покрове преобладают сфагновые мхи и осока шароплодная с примесью хвоща лесного, политрихума и гипновых мхов.

Исследованию подвергнуты только хвойные породы. Береза, ввиду ее преобладающего порослевого происхождения и невозможности точно подсчитать годичные слои в полевых условиях, из изучения была исключена. Рекомендуемые В. Е. Вихровым (1959) и А. И. Дорофеевым (1960) методы для проявления годичных слоев у березы были нами опробованы, но не дали желательных результатов, так как в названных типах леса береза образует очень мелкие годичные слои. При воздействии на срез пня глицерином или анилиновыми красителями, что рекомендуется названными авторами, на нем проявляются не все слои, а только часть или группа слоев; часто несколько годичных слоев сливаются как бы в один.

Для определения истинного возраста деревьев необходимо отыскать начальную точку его роста (подсемядольное колено или гипокотиль). После различных попыток было установлено, что это возможно только путем продольного раскалывания пня дерева по его сердцевине. Заметим, что Н. С. Нестеров (1960) еще в 20-х годах рекомендовал применять этот способ для определения истинного возраста деревьев.

Нами была использована следующая методика. Корневая система дерева обнажалась от торфа и частично откапывалась, а затем ее крупные скелетные корни обрубались на расстоянии 15—50 *см* от ствола. Дерево, под собственной тяжестью или при толкании шестом длиной 2—3 *м*, легко вываливается. Затем производится распил дерева по отметке высоты пня и пень раскалывается вдоль по сердцевине. Высота

пня для всех деревьев бралась равной 15 *см* от поверхности торфа, так как более низкое спиливание дерева в условиях мелкокочковатого микрорельефа заболоченных насаждений затруднено. У сосны на расколотом пне гипокотиль легко обнаруживается по месту схождения сердцевины ствола и центральных сосудов корней. У кедра и у части экземпляров ели отыскание его затруднено из-за наличия придаточных корней. В таких случаях необходимо уметь отличать основные корни от придаточных.

Подсчет годичных слоев на расколотом пне ведется в плоскости раскола от точки нахождения гипокотиля наклонно вверх под углом 30—45° к вертикальной оси дерева (рис. 1). Направление подсчета годичных слоев предварительно зачищается полукруглой стамеской. Поскольку годичные слои в первые годы жизни дерева очень мелкие и плохо различимы простым глазом, для их подсчета применялись лупы 8- и 20-кратного увеличения. Количество годичных слоев, определенное таким образом, принималось нами за истинный возраст дерева; количество же лет, необходимое на рост дерева до среза пня (рис. 1, *4*), является той ошибкой, с которой определяется возраст дерева, если он принимается равным количеству годичных слоев на срезе пня. Количество годичных слоев на срезе пня всегда меньше истинного возраста дерева.

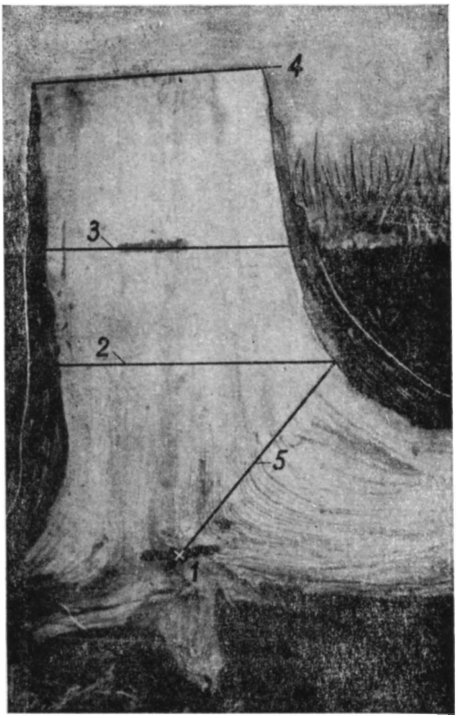

Рис. 1. Продольный раскол пня сос

1 — начальная точка роста (гипокотиль) дерева; *2* — основание ствола; *3* — место выхода ствола на дневную поверхность; *4* — срез пня; *5* — направление подсчета годичных слоев для определения истинного возраста дерева.

На пробных площадях, заложенных в девственном сосняке багульниково-сфагновом, было выкорчевано более 300 деревьев сосны и у 292 из них определены истинный возраст указанным методом и условный — на срезе пня (у части деревьев возраст определить не удалось из-за наличия напенной гнили). Ошибки, полученные при определении возраста деревьев по количеству годичных слоев на срезе пня, приведены в табл. 1. В табл. 2 приведены размеры ошибок для других насаждений. Чтобы сократить таблицу, в ней приводятся только средние данные без разделения деревьев на классы возраста.

Анализ данных обеих таблиц показывает, что возраст деревьев по количеству годичных слоев на срезе пня в заболоченных лесах определяется для сосны, ели и кедра со значительной ошибкой в сторону занижения, достигающей в отдельных случаях 60 лет. Поэтому пользоваться указанным методом в научно-исследовательских работах нельзя, так как он требует осторожного отношения и при производственных работах повышенной точности. Отметим также, что в девственных насаждениях у всех пород средние относительные ошибки почти равны, а увеличения средних абсолютных величин ошибок у ели и кедра обусловлено более высоким возрастом моделей этих пород, на которых

Таблица 1

Распределение величин ошибок по классам возраста при определении возраста деревьев сосны в сосняке багульниково-сфагновом (девственном)

Классы возраста	Количество определений	Величины ошибок			
		минимальные, лет	максимальные, лет	средние	
				лет	% к истинному возрасту
IV	4	8	12	10	14,5
V	7	8	22	16	17,7
VI	29	8	31	19	17,3
VII	52	7	55	21	16,1
VIII	47	8	37	22	14,6
IX	53	11	39	23	13,5
X	53	13	54	25	13,2
XI	32	11	50	28	13,3
XII	9	24	38	31	13,4
XIII и выше	6	24	60	36	12,8
Итого	292	7	60	23	14,6

производилось определение возрастов. У сосны в девственных древостоях как абсолютные, так и относительные величины ошибок выше, чем в обновленных воздействием пожаров. Из данных табл. 1, кроме того, видно, что определение истинного возраста деревьев подсчетом годичных слоев на срезе пня с добавлением некоторого числа лет на его высоту, полученных по анализу хода роста подроста, также не может дать удовлетворительного результата. Средняя ошибка с возрастом деревьев последовательно увеличивается, и эта же закономерность в основном сохраняется для минимальных и максимальных ошибок. Разница крайних значений ошибок для деревьев всех классов возраста достигает 53 лет (7—60), а в пределах отдельных классов колеблется от 4 лет (IV класс) до 48 (VII класс). Отсюда вытекает, что прибавление на высоту пня одного и того же количества лет для различных деревьев с одинаковой высотой пня также не обосновано.

Таблица 2

Распределение величин ошибок по типам леса и породам при определении возраста деревьев

Порода	Количество определений	Величины ошибок			
		минимальные, лет	максимальные, лет	средние	
				лет	% к истинному возрасту
Сосняк багульниково-сфагновый (древостой послепожарного происхождения)					
Сосна . .	36	4	22	10	11,5
Сосняк багульниково-сфагновый (разновозрастный, пройденный пожарами)					
Сосна .	265	5	53	19	12,7
Ельник осоково-сфагновый (девственный)					
Ель . .	29	9	49	26	14,3
Кедр . .	32	15	61	31	14,9

Наконец, табл. 1 ясно показывает закономерное возрастание абсолютной величины ошибки с увеличением возраста деревьев, тогда как ее относительные значения постепенно уменьшаются, колеблясь в довольно узком интервале 12,8—17,7% (среднее 14,6%). Сравнительно устойчивый размер относительной ошибки позволяет при приближен-

ном определении возраста девственных древостоев в рассматриваемом типе леса установить среднюю прибавку в 15% к возрасту, подсчитанному на срезе пня высотой в 15 *см* от поверхности слоя торфа. Для разновозрастных древостоев, пройденных пожарами того же типа леса (табл. 2) эта прибавка составляет 13%, а для одновозрастных древостоев послепожарного происхождения равна 11—12%.

Таблица 3

Ход роста подроста сосны по высоте под пологом древостоя в типе леса сосняк багульниково-сфагновый (девственный)

Показатели	Возраст, лет							
	5	10	15	20	25	30	35	40
Высота подроста от гипокотиля, *см*	6	13	21	30	48	70	101	150
Высота подроста от поверхности мохового покрова, *см*	4	9	16	24	41	62	92	140
Глубина погребения гипокотиля под слоем мхов, *см*	2	4	5	6	7	8	9	10

В табл. 3 приведен ход роста подроста сосны в высоту под материнским пологом в сосняке багульниково-сфагновом (девственном). Данные таблицы приведены на основании обмера 387 экз. подроста сосны, выравнивание средних значений сделано графически.

Анализируя таблицу, можно отметить очень медленный рост подроста в высоту, особенно до 20 лет (1—2 *см* в год). Кроме того, из данных таблицы видно, что погребение начальной точки роста дерева в молодом возрасте идет очень интенсивно (2—2,5 *см* в год). Интенсивность погребения гипокотиля с увеличением возраста деревьев падает, хотя общая глубина погребения увеличивается, достигая у старых деревьев в среднем 40 *см* (рис. 2), а в отдельных случаях 50—60 *см*. Дина-

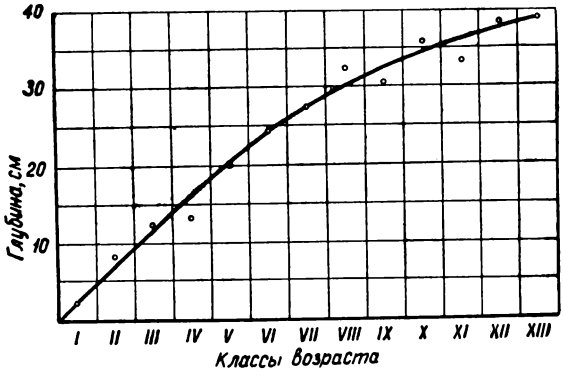

Рис. 2. Глубина погребения гипокотиля у сосны под слоем торфа и мхов в зависимости от возраста деревьев в сосняке багульниково-сфагновом (девственном).

микой нарастания торфа и мхов можно объяснить закономерное возрастание величины ошибок с увеличением возраста дерева, при определении последнего по количеству годичных слоев на срезе пня.

При изучении хода роста подроста установлено, что молодые экземпляры сосны, растущие на плотных моховых кочках, имеют

в нижней части изогнутый стволик, погруженный в неразложившийся торф или очес мха. Это происходит потому, что молодые растения не могут сразу подняться над слоем мха, в котором они укрепились, причем зимой при уплотнении мохового покрова снегом, они ежегодно прижимаются к нему и изгибаются. Так происходит из года в год, пока стволик не окрепнет, постепенно выбившись верхней частью из яруса мха. Угнетающее влияние мохового покрова на рост сказывается на протяжении всей жизни дерева, но особенно сильно оно бывает в молодости, до 30—40 лет, у некоторых экземпляров подроста под слоем мха бывает погребена значительная по длине часть стволика, на образование которой потребовалось 20—30 лет. Деревья, выросшие из такого подроста, и дают наибольшие ошибки при определении их возраста по количеству годичных слоев на срезе пня.

Рис. 3. Поперечный срез корневой лапы ели.

Экземпляры подроста, растущие у корневых лап старых деревьев (где нет толстого мха, а есть лишь сравнительно тонкая подстилка, образованная опадом веток и хвои), имеют более быстрый рост в высоту, и у них не наблюдается искривление стволика в его нижней части; корневая система у них также развивается нормально, а зарастание нижней части ствола мхом идет медленно. Ошибки при определении возраста по количеству годичных слоев на срезе пня у деревьев, выросших из такого подроста, значительно меньше, чем у деревьев, выросших из подроста, появившегося на моховом покрове. Это обстоятельство подтверждает несостоятельность рекомендации прибавлять равное количество лет на одинаковую высоту пня при определении возраста деревьев подсчетом слоев на срезе пня.

Кедр и ель в условиях заболачивания (прогрессивное нарастание торфяного слоя на поверхности почвы) обычно дают придаточные корни (М. П. Елпатьевский, 1949; М. Е. Ткаченко, 1952; А. Л. Кощеев, 1953; П. К. Красильников, 1956). Они имеют ложную корневую шейку в зоне образования придаточных корней, что не позволяет произвести спил на уровне начальной точки роста дерева. На торфянистых и каменистых почвах у кедра стержневой корень не развивается и отмирает в молодом возрасте. У старых деревьев кедра иногда невозможно определить их истинный возраст, так как из-за отмирания стержневого корня вместе с ним обычно загнивает и отмирает участок древесины, где расположен гипокотиль.

Необходимо подчеркнуть, что у старых деревьев, растущих в заболоченных лесах, корневая шейка (или основание ствола) всегда находится значительно выше точки нахождения гипокотиля. Это происходит вследствие быстрого нарастания корневых лап в основном только вверх по стволу; в нижней части корневых лап годичные слои откладываются очень незначительных размеров, в 5—50 раз меньше, чем в верхней (рис. 1—3). Поэтому при спиливании дерева на месте перехода ствола в корни, т. е. по корневой шейке, и подсчете годичных слоев на этом срезе ошибку в определении возраста дерева избегнуть невозможно. Корневая шейка в заболоченных лесах находится на уровне гипокотиля только на самых начальных стадиях роста дерева.

По данным Л. Н. Грибанова (1958), в Прииртышских ленточных борах у сосны может образовываться ложная корневая шейка за счет отмирания в молодом возрасте основного побега и замены его боковым. У места прикрепления к стволу этого бокового побега образуется наплыв, верхнюю зону которого в практике принято считать за место положения корневой шейки. При подсчете колец на срезе этой ложной шейки, возраст дерева, по данным Л. Н. Грибанова, преуменьшают на 20—25—35 лет.

Из всего сказанного можно заключить, что причинами, влияющими на величину ошибок при определении возраста деревьев в заболочен-

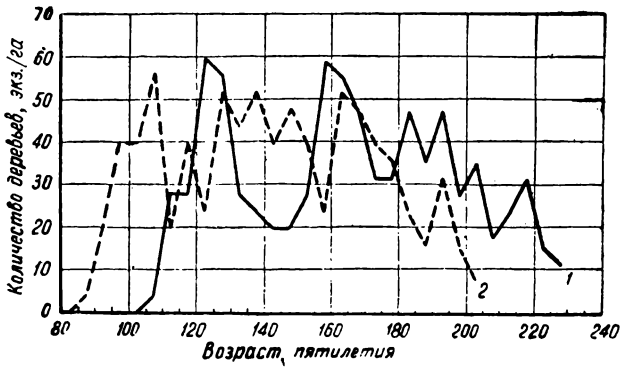

Рис. 4. Возрастная структура древостоя пробной площади № 5 (сосняк багульниково-сфагновый девственный), установленная по истинному возрасту деревьев (1) и по возрасту, определенному по числу годичных слоев на срезах пней (2).

ных лесах северотаежной подзоны подсчетом годичных слоев на срезе пня, являются следующие:

а) медленный рост деревьев по высоте вообще, а в молодом возрасте в особенности;

б) ежегодное нарастание мохового покрова с поверхности и погребение им начальной точки роста дерева, а иногда и значительной части ствола под очесом мхов и слоев неразложившегося торфа;

в) неравномерное нарастание корневых лап, идущее в основном только вверх по стволу;

г) высота пня, притом, чем он выше, тем больше ошибка.

Очевидно, значительные ошибки при определении возраста деревьев по количеству годичных слоев на срезе пня будут наблюдаться не только в заболоченных лесах, но и во всех низкобонитетных насаждениях, а также в темнохвойных и буковых лесах, где в молодом возрасте почти все деревья имеют значительную задержку в росте.

Чтобы более убедительно подчеркнуть необходимость определения истинного возраста деревьев при изучении возрастной структуры в заболоченных лесах, приводим рис. 4. На нем показана возрастная структура древостоя на одной пробной площади (№ 5), заложенной в сосняке багульниково-сфагновом девственном, построенная по истинному возрасту и по определенному подсчету годичных слоев на срезе пня (для всего древостоя без подроста). На основе анализа данных рис. 4, можно утверждать, что изучать возрастную структуру насаждений по возрасту деревьев, определенному на срезе пня, нельзя, так как при этом резко искажается истинное соотношение отдельных возрастных

поколений, что неизбежно приводит к неправильным выводам и обобщениям.

Определение среднего возраста древостоев по количеству годичных слоев на пнях у нескольких отдельных деревьев, что практикуется при лесоустройстве, может приводить также к неправильной бонитировке насаждений, ввиду занижения среднего возраста последних. И, наконец, особо важное значение определение истинного возраста деревьев имеет при взятии анализа стволов для изучения хода роста насаждений.

Интенсивно идущее освоение резервных лесных массивов северотаежной подзоны на севере европейской части СССР и в Сибири, в составе которых преобладают низкобонитетные и заболоченные насаждения, придает вопросу методики определения истинного возраста древостоев очень существенное значение. От правильного решения его во многом будет зависеть точность работ по учету лесных ресурсов и по установлению закономерностей развития и восстановления лесов.

ЛИТЕРАТУРА

Вихров В. Е. (1959). Простой способ проявления годичных слоев. «Лесн. хоз-во», № 12.

Грибанов Л. Н. (1958). Влияние деревьев старшего поколения на рост и морфологические особенности соснового подроста в ленточных борах на Обь-Иртышском междуречье. Тр. по лесному хозяйству Сибири, вып. 4, СОАН СССР, Новосибирск.

Денисов А. К. (1950). Некоторые закономерности естественного развития дубовых лесов. «Лесн. хоз-во», № 4.

Дорофеев А. И. (1960). Способы проявления годичных слоев осины и березы. «Лесн. хоз-во», № 6.

Елпатьевский М. П. (1949). Мелиорация заболоченных ельников. Исследования по лесному хозяйству, Сб. статей ЦНИИЛХ, Л.

Карлин В. Р. (1958). Возрастная структура и современное состояние старовозрастных буковых насаждений Северного Кавказа. Науч. зап. Воронежского ЛТИ, т. 19, Воронеж.

Колосова А. Е. и Мурахтанов Е. С. (1960). Лесная таксация. Изд. ВЗЛТИ, Л.

Корчагин А. А. (1956). Еловые леса Западного Притиманья в бассейне р. Мезенской Пыжмы (их состояние и возобновление). Сб. «Очерки по растительному покрову СССР», вып. 2 (Уч. зап. ЛГУ, № 213), Л.

Корчагин А. А. (1960). Определение возраста деревьев умеренных широт. Сб. «Полевая геоботаника», т. 2, М.—Л., Изд. АН СССР.

Кощеев А. Л. (1953). Лесоводственное значение придаточных корней древесных пород в условиях заболачивания лесосек. Тр. Ин-та леса, т. 13, Изд. АН СССР, М.

Красильников П. К. (1956). Придаточные корни и корневые системы у кедра в Центральных Саянах. Бот. ж., вып. 8.

Крюденер А. А. (1905). К вопросу о русских массовых таблицах. Лесной журнал, вып. 5.

Маковский В. И. (1962). К типологической классификации заболоченных и болотных лесов междуречья Лозьвы и Пелыма. Доклады второй научно-технической конференции молодых специалистов лесного производства Урала по итогам работ 1961 г., Свердловск.

Нестеров Н. С. (1960). Очерки по лесоведению. М., Сельхозгиз.

Орлов М. М. (1929). Лесная таксация, Изд. 3-е Ленинградского лесного института, Л.

Ткаченко М. Е. (1952). Общее лесоводство. М.—Л., Гослесбумиздат.

Тюрин А. В. (1952). Основы хозяйства в сосновых лесах. М.—Л., Гослесбумиздат.

Шавнин А. Г. (1959). Опыт изучения возрастной структуры и строения елово-пихтовых насаждений по данным исследования свежих вырубок. Тр. УЛТИ, вып. 16. Свердловск.

ЗАПИСКИ СВЕРДЛОВСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ВСЕСОЮЗНОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Вып. 3 1964

Е. Я. ИЛЬИНА

СЕЗОННАЯ И ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА ПОБЕГООБРАЗОВАНИЯ ЛЮЦЕРНЫ СИНЕГИБРИДНОЙ

Продуктивность и урожай надземной массы многолетних луговых трав, в том числе и люцерны синегибридной, определяется интенсивностью их побегообразования и мощностью побегов. Однако вопросы побегообразования люцерны, изучаемые рядом исследователей (Корякина, 1951; Елагин, 1953; В. Рабинович и С. Рабинович, 1956; Крюкова, 1958), до сих пор остаются недостаточно выясненными. В литературе почти отсутствуют данные о результатах многолетних наблюдений за побегообразованием одних и тех же растений. Нет единого мнения о морфологической природе зоны кущения, слабо изучен процесс ее формирования, не прослежена динамика образования почек и особенности их распределения в зоне кущения в зависимости от возраста растений.

Задачей настоящей работы было выяснение сезонной и возрастной динамики побегообразования, изучение процессов формирования и втягивания зоны кущения в почву и связанных с ними возрастных особенностей в распределении почек в зоне кущения.

Наблюдения проводились в питомнике Тимохинской лугомелиоративной станции в условиях лесостепного Зауралья. Почва питомника — суглинистый чернозем с pH — 5,8, содержанием гумуса 9,1%, общего азота 0,379, общего фосфора 0,338, обменного калия 11 *мг* в 100 *г* почвы. Объектом изучения была люцерна первого, второго, третьего и четвертого годов жизни. Посев люцерны на делянках проведен в 1956, 1957, 1958, 1959 гг. в конце мая, вручную, рядовым способом, с шириной междурядий 15 *см*. Глубина заделки семян 1—2 *см*, норма высева 12 *кг/га*. Изучалась люцерна синегибридная Приаральская.

Сезонная и возрастная динамика побегообразования выяснялась путем подсчета количества побегов у 20 постоянно выделенных учетных кустов в течение 4 лет их жизни. Все годы наблюдений нарастание количества побегов учитывалось один раз в пятидневку, в период с 20 мая по 20 августа. В те же даты у 20 выкопанных растений, возраст которых соответствовал возрасту учетных кустов, подсчитывалось общее количество почек в зоне кущения.

Для изучения возрастных особенностей в распределении почек в зоне кущения подекадно выкапывалось по 20 растений люцерны второго, третьего и четвертого годов жизни, на которых (на каждом отдельно) подсчитывалось количество подземных почек в различных ярусах зоны кущения, т. е. отдельно учитывались почки на основаниях, остающихся после скашивания побегов первого, второго и последующих порядков, в зависимости от возраста растения.

Кроме того, по фазам вегетации у растений различного возраста

проводилось сравнительное изучение углубления зоны кущения в почву. Для этого у 20 выкопанных растений люцерны второго, третьего и четвертого годов жизни определялось положение оснований побегов первого и последующих порядков по отношению к поверхности почвы, т. е. глубина их залегания. Зарисовывался общий вид зоны кущения растений различного возраста.

Результаты наблюдений

Люцерна синегибридная ежегодно образует систему монокарпических побегов, развивающихся из подземных почек, расположенных в зоне кущения. Этот процесс принято называть побегообразованием или кущением, в отличие от ветвления, под которым понимают появление боковых ветвей, образующихся из надземных почек.

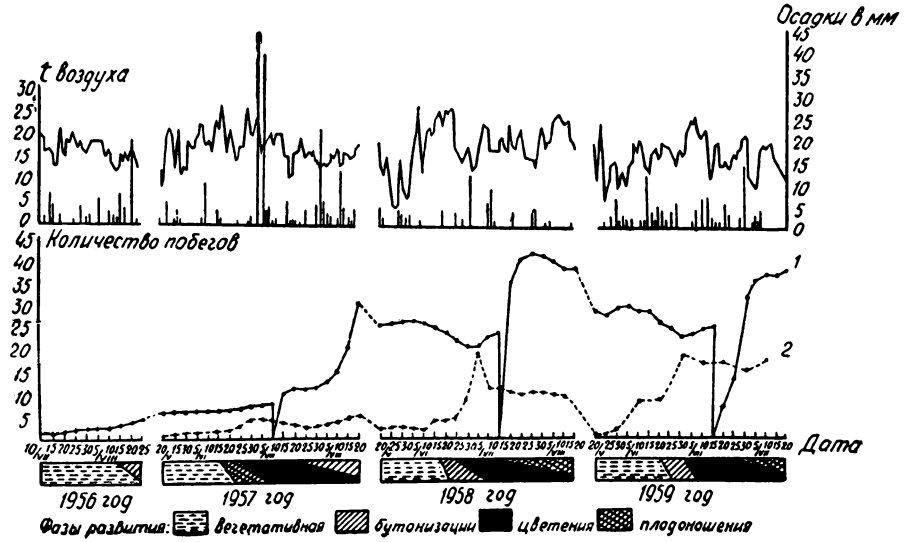

Рис. 1. Динамика живых побегов и подземных почек люцерны синегибридной по годам жизни (1956—1959 гг.).

1 — побеги; *2* — почки.

В наших опытах начало кущения отмечалось на 41—43-й день после посева и на 28—30-й день после появления всходов. Первый побег кущения развивался из пазушной почки первого простого листа. Через некоторое время появлялись побеги из пазушных почек семядольных листьев. Заложения почек, а следовательно, и расположения побегов ниже места прикрепления семядолей, т. е. на гипокотиле, не наблюдалось, что согласуется с данными В. М. Рабинович, С. В. Рабинович (1956) и Л. Н. Крюковой (1958).

Данные табл. 1 и рис. 1 позволяют судить о сезонной и возрастной динамике образования надземных побегов и почек люцерны синегибридной. В первый год жизни появление побегов кущения началось на 28-й день после появления всходов и продолжалось до конца наблюдений. За этот период количество побегов на одно растение увеличилось с 1,4 до 4,7. Во второй год жизни интенсивность побегообразования значительно возросла. В фазу цветения на одно растение приходилось 8,1 побега, а после скашивания к концу наблюдений — 31. Наибольшая интенсивность побегообразования имела место на третий и четвер-

тый годы жизни, когда в фазу цветения на одно растение приходилось соответственно 24,4 и 26,2 побега, а в фазу летне-осенного кущения 39,6 и 38,8 побега. Таким образом, интенсивность побегообразования с возрастом от первого к четвертому году жизни растений увеличивается.

В процессе побегообразования люцерны наблюдается определенная сезонная ритмика, проявляющаяся в наличии двух периодов кущения — весеннего и летне-осеннего — и паузы между ними (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

Динамика живых побегов и подземных почек люцерны синегибридной по годам жизни (1956—1959 гг.)

Даты наблюдений	Возраст растений						
	1-й год жизни	2-й год жизни		3-й год жизни		4-й год жизни	
	побеги	побеги	почки	побеги	почки	пебеги	почки
20.V	—	6,4	0,6	26,1	2,5	29,5	0,4
25.V	—	6,5	1,0	26,6	2,6	28,6	—
30.V	—	6,5	1,6	27,1	3,1	30,4	2,5
5.VI	—	6,5	1,5	27,1	2,6	30,7	—
10.VI	—	6,5	1,6	26,6	2,2	29,8	8,9
15.VI	—	6,6	1,8	25,8	4,5	29,5	—
20.VI	1,0	6,6	2,0	24,5	4,5	27,2	8,9
25.VI	1,0	7,1	3,1	22,5	5,3	24,8	—
30.VI	1,0	7,7	4,2	21,3	9,0	23,7	19,6
5.VII	1,0	7,9	4,3	21,6	20,2	24,4	—
10.VII	1,4	8,1	4,3	23,6	11,2	25,5	16,7
15.VII	1,8	10,5	3,7	24,4	12,0	26,2	—
20.VII	2,2	11,7	4,0	36,3	11,1	7,48	18,3
25.VII	2,4	11,7	3,0	41,3	10,2	14,2	—
30.VII	2,5	11,8	3,2	42,8	11,1	32,8	16,1
5.VIII	2,7	13,2	4,2	42,0	11,8	36,1	—
10.VIII	2,7	15,7	4,8	41,7	10,6	37,8	18,7
15.VIII	3,2	21,0	5,0	39,6	10,4	37,8	—
20.VIII	4,4	31,0	5,4	39,6	10,4	38,8	19

Период интенсивного весеннего побегообразования в условиях Зауралья приходится на первую половину мая. К 20 мая, как правило, появляется наибольшая часть всего количества побегов, образующихся в период от весеннего отрастания до фазы массового цветения включительно. После этого в процессе побегообразования наблюдается пауза. Она длится с 20 мая до фазы цветения включительно. В этот период появляются лишь единичные новые побеги. Одновременно с появлением новых побегов происходит отмирание существующих, в результате чего количество побегов в фазу бутонизации — цветения на третий и четвертый годы жизни растений несколько снижается. Наибольшее количество отмерших побегов приходится на фазу бутонизации.

После скашивания растений наступает их интенсивное летне-осеннее кущение. В этот период количество побегов резко возрастает и к концу наблюдений, по сравнению с количеством побегов в фазу цветения, увеличивается во второй год жизни в 3,8 раза, в третий в 1,6 и в четвертый в 1,5 раза.

Характер возрастной динамики количества почек аналогичен динамике побегов. Количество почек, приходящееся на одно растение,

с возрастом растения увеличивается. Если в первый год жизни на растение приходилось 4 почки, то на четвертый год количество почек возрастает до 18,7, т. е. в 4,6 раза. Во все годы наблюдений в образовании почек проявляется и сезонная ритмика. В 20-х числах мая наблюдается минимальное количество почек, так как большинство их превращается в побеги весеннего кущения. Затем происходит постепенное увеличение количества почек вплоть до фазы бутонизации, когда во все годы жизни растений отмечается максимальное количество почек на одно растение. В фазу цветения — плодоношения наблюдается некоторое уменьшение количества почек.

Сопоставление динамики количества надземных побегов и почек показывает, что ритмика побегообразования не совпадает с ритмикой почкообразования. В период ослабления побегообразования, когда происходит появление лишь единичных надземных побегов, наблюдается усиленное формирование почек и, наоборот, в период летне-осеннего кущения, когда количество надземных побегов резко увеличивается, количество почек уменьшается. Вышеизложенное дает основание предполагать, что побеги весеннего кущения развиваются из зимующих почек, побеги летне-осеннего кущения из почек, сформированных весной и летом этого же года.

Почки возобновления люцерны формируются в так называемой «зоне кущения». Морфологическая природа последней у бобовых трав и, в частности, у люцерны остается недостаточно выясненной. П. А. Лубенец (1950) считает, что почки возобновления закладываются на гипокотиле и на нижних частях остающихся после скашивания стеблей. Е. А. Мокеева (1957) под зоной кущения, называемой «корневой головкой» или «коронкой», понимает частично корневую шейку, а в основном гипокотиль; А. С. Кружилин (1944) утверждает, что в формировании зоны кущения принимает участие не только гипокотиль, но и корень, так как зона почкообразования ежегодно перемещается вниз от корневой шейки. А. А. Щибря (1950) полагает, что корневая шейка, условно называемая узлом кущения, представляет собой нижнюю, непосредственно прилегающую к корню, широко разрастающуюся часть главного стебля. Работами В. М. Рабинович, С. В. Рабинович (1956) и Л. Н. Крюковой (1958) показано, что у многолетних бобовых трав, в том числе и у люцерны, почки возобновления формируются не на гипокотиле и тем более не на корневой шейке, а на надсемядольной осевой части растения.

Морфологический анализ зоны кущения люцерны, проведенный нами, показал, что последняя формируется из оснований побегов различных порядков и разного возраста. Из зародыша семени развивается побег первого порядка, в пазухах семядолей и первых листьев закладываются почки, из которых формируются боковые побеги, т. е. побеги второго порядка. Благодаря сокращению корня, основание побега первого порядка и основания побегов второго порядка углубляются в почву и на них закладывают почки, из которых на второй год жизни развиваются новые побеги — третьего порядка. К концу второго года жизни основания побегов третьего порядка тоже оказываются в почве, и на них, так же как и на побегах предыдущих порядков, закладываются почки возобновления. Следовательно, на третий год жизни зона кущения люцерны будет представлять совокупность оснований побегов первого, второго и третьего порядков; на четвертый год жизни — первого, второго, третьего и четвертого порядков и т. д. Развитие зоны кущения по годам жизни представлено на рис. 2.

Такая последовательность формирования обусловливает разновоз-

растность побегов, образующих зону кущения. Самыми старыми по возрасту являются побеги первого и второго порядков, образованные в первый год жизни растения. Возраст побегов последующих порядков, по сравнению с побегами предыдущего порядка, последовательно уменьшается на год. Основания побегов высшего порядка, сформированные в текущий вегетационный период, являются самыми молодыми и имеют одногодичный возраст.

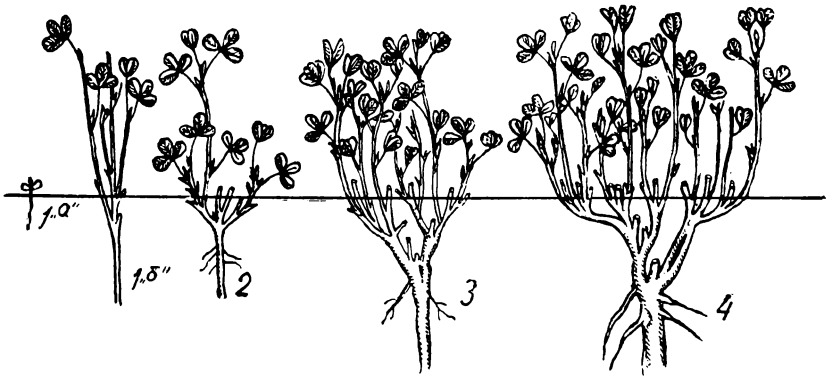

Рис. 2. Формирование зоны кущения люцерны синегибридной по годам жизни.

1а — всходы; *1б* — 1-й год жизни; *2* — 2-й год жизни; *3* — 3-й год жизни; *4* — 4-й год жизни.

Основания побегов различных порядков расположены на разной глубине от поверхности почвы, поэтому вся зона кущения состоит из ярусов: 1-й ярус — основание побегов первого порядка, 2-й ярус — основания побегов второго порядка, 3-й ярус — основания побегов третьего порядка и т. д. Однако у некоторых растений имеются отклонения от такой схемы формирования зоны кущения. Исследованиями М. Я. Трегубенко и Ф. К. Рак (1949) показано, что сокращение корня, а следовательно, и погружение зоны кущения в почву в сильной степени зависит от возраста и мощности растений. У некоторых растений основания скошенных или отмерших побегов вследствие слабого сокращения корня остаются на поверхности почвы и полностью отмирают, не образуя нового яруса зоны кущения. Почки возобновления в этих случаях закладываются на побегах предыдущего порядка. Поэтому люцерна четырехлетнего возраста может иметь в зоне кущения только основания побегов первого, второго и третьего порядков и соответственно три яруса зоны кущения.

Таблица 2

Размещение почек по ярусам зоны кущения и глубина залегания ее ярусов, *см*

Год жизни	Количество почек по ярусам, %				Глубина залегания ярусов, *см*			
	1-й	2-й	3-й	4-й	1-й	2-й	3-й	4-й
2	61,3	38,7	—	—	2,6	1,6	—	—
3	16,2	52,2	31,6	—	3,5	2,3	1,0	—
4	5,5	32,4	40,5	21,6	4,4	3,1	2,0	0,9

Данные табл. 2 показывают, что в распределении почек возобновления по ярусам зоны кущения проявляется определенная закономерность, выражающая процесс перемещения зоны интенсивного почкообразования с нижних ярусов в верхние, т. е. с оснований побегов первого и второго порядков на основания побегов третьего и более высших порядков. Так, если во второй год жизни растений 61,3% почек возобновления располагались в 1-м ярусе зоны кущения, то в четвертый год жизни почки 1-го яруса составили лишь 5,5% от общего количества почек растения. Максимальное количество почек во все годы жизни растений располагается, как правило, в предпоследнем по отношению к поверхности почвы ярусе зоны кущения.

Перемещение с возрастом основного количества почек в верхние ярусы зоны кущения сопровождается одновременным углублением их в нижележащие слои почвы, что обеспечивает перезимовку почек. Втягивание зоны кущения заметно происходит в течение всех лет наблюдений, наиболее интенсивное углубление отмечено в первой и второй годы жизни растений. Глубина залегания первого яруса зоны кущения с 2,6 *см* во второй год жизни увеличивается в четвертый год до 4,4 *см*. С возрастом происходит постепенное втягивание и вновь образующихся ярусов зоны кущения, в результате этого второй ярус зоны кущения к четвертому году углубляется на 3,1 *см*, 3-й ярус на 2,0 *см*.

Сопоставление данных распределения почек в зоне кущения и глубины залегания ее ярусов показывает, что зона интенсивного почкообразования во все годы жизни растений располагается примерно на одинаковой глубине от поверхности почвы, а именно в пределах от 2,0 до 3,1 *см*.

Полученные нами данные позволяют сделать следующие выводы:

1. Побегообразовательная и почкообразовательная способность люцерны от 1-го к 4-му году жизни растений увеличивается.

2. В побегообразовании люцерны наблюдается сезонная ритмика, проявляющаяся в наличии двух периодов кущения — весеннего и летне-осеннего и паузы между ними. Периоды интенсивного побегообразования и почкообразования не совпадают.

3. Зона кущения люцерны синегибридной имеет стеблевое происхождение и представляет собою совокупность разновозрастных оснований скошенных или отмерших побегов различных порядков. Ежегодно зона кущения, как правило, пополняется основаниями побегов последующих порядков, в результате этого в зоне кущения наблюдается ярусность. Количество ярусов соответствует количеству порядков побегов, входящих в зону кущения.

4. Распределение почек в зоне кущения люцерны с возрастом меняется. Зона интенсивного почкообразования перемещается с нижних ярусов зоны кущения в верхние. Этот процесс сопровождается одновременным углублением последних в почву. Ярус зоны кущения, наиболее интенсивно образующий почки, во все годы жизни растений располагается примерно на одинаковой глубине от поверхности почвы.

ЛИТЕРАТУРА

Виноградова Н. В. (1953). Некоторые вопросы биологии развития люцерны в условиях Горьковской области. Автореферат кандидатской диссертации, Фонды Горьковского гос. ун-та.

Елагин И. Н. (1953). Урожайность семян и особенности развития люцерны. «Селекция и семеноводство», № 4.

Корякина В. Ф. (1951). Сравнительное экологофизиологическое изучение многолетних трав в чистом и смешанном посеве. Экспериментальная ботаника, 8, Изд. АН СССР.

Крюкова Л. Н. (1958). К биологии побегообразования у некоторых многолетних бобовых трав. Бот. ж., вып. 1.
Кружилин А. С. (1944). Физиология орошаемых полевых культур. М., Сельхозгиз.
Лубенец П. А. (1950). Раздел апробации люцерны. «Руководство по апробации сельскохозяйственных культур», т. IV, М., Сельхозгиз.
Мокеева Е. А. (1957). Люцерна синяя (Medicago sativa L.). Изд. САГУ, Ташкент.
Рабинович В. М., Рабинович С. В. (1956). О зоне кущения многолетних бобовых трав или головке, неправильно называемой корневой шейкой. «Агробиология», № 5.
Трегубенко М. Я. и Рак Ф. К. (1949). К вопросу о сокращении корня у люцерны. Докл. ВАСХНИИЛ, вып. 2.
Щибря А. А. (1950). Ботаническое описание и классификация люцерны. В кн. «Люцерна», М., Сельхозгиз.

ЗАПИСКИ СВЕРДЛОВСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ВСЕСОЮЗНОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Вып. 3 1964

С. Я. БЕСПРОЗВАНА

НАБЛЮДЕНИЯ ЗА РОСТОМ И РАЗВИТИЕМ ЛЮЦЕРНЫ СИНЕГИБРИДНОЙ НА ЗОЛООТВАЛАХ

При сжигании угля в котлах тепловых электростанций образуется большое количество золы и шлака. Зола в пылевидном состоянии под напором воды выносится по трубам в специальные котлованы, образующие так называемые шлаконаливные поля (золоотвалы).

Огромные золоотвалы, занимающие подчас десятки и сотни гектаров полезной площади, очень быстро высыхают. Вода частично испаряется, частично просачивается в нижние слои. Толщина слоя золы в этих котлованах достигает 7—20 *м*. С ранней весны, как только подсохнет поверхность золоотвала, при малейшем ветре тучи золы поднимаются в воздух. Мельчайшие частицы золы оседают на окружающих предметах, нанося огромный вред людям, животным, растениям, загрязняя воздух и почву. Измельченные и промытые частицы золы непригодны для дальнейшего их использования в промышленности, строительстве или в сельском хозяйстве. В золе Экибастузского месторождения содержится: SiO_2 — 54%; Fe_2O_3 — 10,9%; Al_2O_3 — 25%; CaO — 3,75%; SO_3 — 2,23%; Mg — 2,93%; P_2O_5 — 20 *мг*; K_2O — 28,5 *мг* на 100 *г* золы; pH солевой вытяжки — 6,95.

Химический анализ золы показывает полное отсутствие в ней азота. В первые годы зола имеет щелочную реакцию. Процесс самозарастания золоотвалов идет крайне медленно. Так, в течение первых пяти лет растительность совершенно не поселяется на зольном субстрате. Происходит это прежде всего потому, что поверхностный слой золы находится почти в постоянном передвижении ветром. Семена не могут закрепиться.

После 4—5 лет зола под воздействием собственного веса несколько спрессовывается. На золоотвале начинает появляться редкая сорная растительность. Ввиду того, что это в основном однолетние растения, дернину они образовать не могут. Следовательно, вопрос закрытия пылящих пространств при помощи сорной растительности не может быть решен.

Испытание многих бобовых и злаковых многолетних трав показало перспективность их использования для закрытия или окультуривания пылящих золоотвалов. Наблюдения за ростом и развитием ряда растений этих семейств в условиях золоотвала Красногорской ТЭЦ свидетельствуют о том, что более перспективными являются представители семейства бобовых, в том числе люцерна синегибридная (*Medicago media* Pers.).

Четыре года нами проводились наблюдения за ростом и развитием

люцерны синегибридной в течение всего вегетационного периода с момента посева или отрастания и до созревания семян. Посев люцерны проводился на чистой золе и на золе с покрытием почвой в 2 *см*. Перед посевом проводилась скарификация и инокуляция семян. Способ посева рядовой и разбросной на глубину 1,5—2 *см*. Следовательно, семена попадали частично на почву, частично на золу.

Данные наблюдений за ростом и развитием люцерны на золоотвалах сравниваются с показателями роста и развития растений в нормальных почвенных условиях, приведенных в работе П. В. Лебедева и Н. П. Углова (Свердлгиз, 1961) в тех же почвенно-климатических условиях.

В первый и последующие годы жизни люцерны в условиях золоотвала наблюдались существенные отклонения от нормы в ходе роста и развития растений. Данные по первому году представлены в табл. 1.

Таблица 1

Ход роста и развития люцерны синегибридной в первый год жизни

Варианты опыта	Продолжительность периода, дни				
	от посева до всходов	от появления всходов до развертывания			
		простого листа	сложного листа	кущения	цветения
Нормальные почвенные условия	5—8	4—5	8—11	40—45	65
Зола+2 *см* почвы	13—16	5—6	9—12	73—76	—
Зола чистая . .	13	5—6	25	—	—

Из приведенных в табл. 1 данных видно, что уже в первый год жизни на золе люцерна растет и развивается значительно медленнее, чем в нормальных почвенных условиях. Если при выращивании на почве она в первый год жизни проходит все фазы развития, то в условиях золоотвала на золе с почвенным покрытием люцерна дошла до фазы кущения, а на золе без почвы она не достигла и этой фазы, оставаясь в виде одного главного побега, не давая побегов кущения.

Полученные данные показывают, что всходы люцерны на золе появляются гораздо позже, чем в обычных почвенных условиях. Запаздывание имеет место и в появлении листьев. Первый простой лист появляется на 1—2 дня позднее, чем у растений на почве. Первый сложный лист в обычных условиях появляется через 9—11 дней после всходов, а на золе через 25 дней. Кущение на золе с почвенным покрытием началось позднее, чем в обычных почвенных условиях на 30—35 дней, но к концу вегетационного периода растения достигли высоты 19—20 *см* и имели 2—3 побега.

В первый год жизни и в нормальных почвенных условиях люцерна в высоту растет медленно, среднесуточный прирост составляет 0,66 *см*. В условиях золоотвала рост люцерны в год посева еще более замедлен и составляет всего лишь 0,1 *см*. Объясняется это бедностью субстрата питательными веществами, недостаточным количеством влаги и беспрерывным движением частиц золы, которые наносят повреждения стеблям и листьям растений.

Во второй год жизни растения люцерны на чистой золе не сохранились. В варианте зола+2 *см* почвы в начале весны отрастание было довольно замедленным, кущение начиналось поздно. Суточный прирост стеблей в высоту в течение мая составил 0,7 *см*, а в течение июня — 0,6 *см*. В первой половине лета растения имели светло-зеленую окраску. Начало бутонизации отмечено 20 июня. В период бутонизации среднесуточный прирост побегов в высоту равнялся 0,8 *см*.

Во второй половине лета растения приобрели темно-зеленую окраску, начали куститься и ветвиться. Высота растений второго года жизни достигает 60—62 *см*, число побегов 7—12. Вес сырой надземной массы одного растения составил 107 *г*, а корневой системы — 25 *г*. Вес надземной массы в 4 раза превосходит вес корневой системы. Большинство корней во второй год жизни достигало в глубину 55 *см*. Клубеньки на корнях растений располагаются в горизонте 0,25 *см* крупными гроздьями, довольно многочисленны, а глубже они расположены более мелкими гроздьями, а иногда и одиночно. Вес всех клубеньков растения в период плодоношения составил 0,79 *г*.

На третий год жизни, к 20 мая 1962 г. высота люцерны составляла 32,1 *см*, число побегов достигло в среднем 23, а к концу вегетации количество побегов увеличилось до 28—32 на одно растение. Цветение началось в конце июня и длилось до середины августа. Высота растений в этот период достигла 92,8 *см*.

Таблица 2

Динамика роста люцерны в высоту и накопления сухой массы по годам жизни

Год жизни люцерны	Средняя высота растения, *см*	Число побегов на 1 растение	Вес сухой надземной массы 1 растения, *г*	Вес сухой массы корней 1 растения, *г*
1-й	20—0	1—2	7,9	—
2-й	73,9	12	—	—
3-й	110,0	35	65,8	33,3
4-й	87,5	70	142,0	188,6

Следует отметить, что в 1961 г. люцерна третьего года жизни имела среднюю высоту 110 *см*, а некоторые растения даже 140 *см*, образовав до 37 побегов на одно растение. Это обусловлено более благоприятными условиями лета 1961 г.

Четвертый год жизни люцерны синегибридной удалось пронаблюдать только в течение одного 1962 г. Наблюдения за посевами показали, что люцерна четвертого года выглядит так же, как и люцерна третьего года: кусты большие, раскидистые, травостой выглядит густым. Измерения же показали, что за весь вегетационный период наибольшая высота растений была 85,1 *см*, в то время как растения третьего года имели высоту 110 *см*. Число побегов достигло 70 (табл. 2).

Из приведенных в табл. 2 данных видно, что наибольшую высоту растения люцерны имели на третий год жизни, а наибольший вес надземной массы и корней на 4-й год. Число побегов также до четвертого года включительно возрастает. Таким образом, наблюдения показывают, что в условиях золоотвалов кустистость и продуктивность люцерны синегибридной от первого до четвертого года возрастает. Кустистость растения к этому времени по сравнению с первым годом возрастает в 35—70 раз, а вес надземной массы в 18 раз.

Результаты четырехлетнего изучения роста и развития люцерны в условиях золоотвалов показывают, что она представляет одно из наиболее перспективных растений для покрытия этих специфических субстратов.

ЗАПИСКИ СВЕРДЛОВСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ВСЕСОЮЗНОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Вып. 3 1964

М. В. ХАМИДУЛИНА

РАЗВИТИЕ КОСТРА БЕЗОСТОГО ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЕГО НА ЗОЛЕ С ДВУХСАНТИМЕТРОВЫМ ПОЧВЕННЫМ ПОКРЫТИЕМ

Начиная с 1959 г., ботаническим отрядом Уральского государственного университета им. А. М. Горького в Свердловской области проводятся работы по озеленению золоотвалов тепловых электростанций. За это время было испытано более 200 видов многолетних и однолетних растений.

Особое внимание при подборе культур для выращивания на зольном субстрате было обращено на костер безостый (*Bromus inermis* L.). Этот злак может приспосабливаться к самым разнообразным экологическим условиям, нетребователен к почве и может произрастать на каменистых горных местах, на склонах с бедными омытыми почвами (Андреев, 1960).

Опыты с костром безостым были заложены в следующих вариантах: 1) на чистой золе, 2) на золе с 2-сантиметровым почвенным покрытием, 3) на золе с полиакриламидом. Посев произведен 10 мая 1959 г. на делянках в 2 *м*^{2} в трехкратной повторности. Норма высева бралась из расчета 50 *кг* семян на 1 *га*, т. е. двойная по сравнению с посевом в обычных условиях.

Всходы костра безостого появились на 6-й день после посева. Формирование первого и последующих листьев отмечалось через каждые 5—6 дней. При посеве на чистой золе и на золе с полиакриламидом растения, сформировав два листа и имея высоту 4—5 *см*, прекратили свой рост и в таком состоянии ушли в зиму. В последующие годы никакого значения для закрытия поверхности золы не имели. Лучшие результаты получены по варианту посева на золе с 2-сантиметровым почвенным покрытием. Поэтому данные наблюдений приводятся только по этому варианту.

Через 42 дня после появления всходов при образовании 4-го листа началось кущение. По сравнению с кущением растений на почве в первый год, костер безостый кустился значительно слабее. Это можно объяснить бедностью зольного субстрата необходимыми питательными веществами, в частности азотом. К концу первой вегетации растения имели высоту 10—15 *см*, образовав два листа, и в таком состоянии ушли в зиму. Весеннее отрастание в последующие годы начиналось в начале мая, и в фазе кущения растений делянки выделялись ярко-зеленым пятном на сером фоне золы. Результаты наблюдений за развитием костра безостого в течение 1960—1962 гг. приведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что наступление фенофаз у костра безостого во все годы наблюдений отмечалось в одни и те же сроки, как и при про-

Таблица 4

Сроки наступления основных фенологических фаз и урожай костра безостого по годам жизни

Годы жизни	Сроки наступления фаз					Высота, *см*	Вес сухой массы, *г* на одно растение	
	кущение	выход в трубку	колошение	цветение	созревание		надземной	корней
2-й (1960)	15 мая	10 июня	15 июня	15 июля	—	65	0,7	0,85
3-й (1961)	17 мая	9 июня	15 июня	8 июля	26 июля	70,3	2,63	5,76
4-й (1962)	12 мая	10 июня	15 июня	25 июля	25 июля	31,6	1,78	2,5

израстании этой культуры в нормальных условиях. Наибольшая высота травостоя и мощная корневая система были на третий год жизни. Но и в этом году при более благоприятном росте растений побегообразование было слабее, чем у растений на почве. За весь вегетационный период растения имели 6—7 вегетативных побегов на растение, причем летнее кущение было лучше весеннего. Это можно объяснить тем, что побеги весеннего периода используют корневую систему с меньшим содержанием питательных веществ, количество которых за зиму убывает, тогда как побеги летне-осеннего периода используют корневую систему, обогащенную питательными веществами (Смелов, 1947). Число генеративных побегов не превышало 1—2 на растение. Вес 1000 семян составил 0,85 *г*, что в 4 раза меньше веса семян растений, выросших на почве (3,5 *г*). Наблюдения за костром безостым показали, что рост его идет неравномерно: медленно в период отрастания — выхода в трубку (3—4 *см* в пятидневку) и сравнительно быстро в период колошения — цветения (8—10 *см* в пятидневку). Такая же закономерность при наблюдении за ростом костра безостого на почве отмечена П. И. Подгорным (1957), П. В. Лебедевым (1961).

На четвертый год жизни состояние посевов костра безостого несколько ухудшилось: посевы изредились, травостой был представлен в основном вегетативными побегами. Такое угнетенное состояние растений, очевидно, было вызвано заносами делянок золой при сильных зольных бурях, что сократило срок жизни их на зольном субстрате.

При выкапывании растений отмечалось, что большая часть корней находится в горизонте 0—25 *см* и расположена горизонтально ввиду плотноплитчатого строения золоотвала. Было замечено, что корни покрыты трубочкой из скрепленных между собой частиц золы и почвы, которая играет как бы защитную роль, помогая корням проникать в более глубокие слои через зольные плитки. Костер безостый образует хорошую дернину, которая препятствует передвижению золы, тем самым прекращая пыление золоотвала. Это свойство костра безостого является очень важным при консервации поверхности золоотвалов.

Наблюдения за ростом и развитием костра безостого позволили сделать вывод о перспективности этой культуры для озеленения золоотвалов тепловых электростанций.

ЛИТЕРАТУРА

Андреев Н. Г. (1960). Костер безостый. М., Сельхозгиз.
Лебедев П. В. и Углов Н. П. (1961). Биология и агротехника лугопастбищных трав. Свердлгиз.
Подгорный П. И. (1957). Растениеводство. М., Сельхозгиз.
Смелов С. П. (1947). Биологические основы луговодства. М., Сельхозгиз.

ЗАПИСКИ СВЕРДЛОВСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ВСЕСОЮЗНОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Вып. 3 1964

Ю. З. КУЛАГИН

ВЛИЯНИЕ МАГНЕЗИТОВОЙ ПЫЛИ НА ДРЕВЕСНЫЕ РАСТЕНИЯ

Полное отсутствие в научной литературе сведений о характере влияния на лесообразующие породы так называемой магнезитовой пыли, слагающей основную массу дымовых отходов Саткинского магнезитового завода, побудило нас исследовать пылеустойчивость важнейших видов деревьев и кустарников. В одной из работ (1961) нами исследовался вопрос об устойчивости древесных растений к действию магнезитовой пыли и определен ассортимент пылеустойчивых видов. В настоящей статье излагаются результаты изучения магнезитовой пыли как экологического фактора, с целью выяснения причин отмирания сосны и ели и высокой пылеустойчивости листопадных пород.

Работа проводилась путем периодических обследований запыляемых лесов Саткинского лесничества Саткинского леспромхоза и постановки опытов с магнезитовой пылью. Для выяснения динамики изреживания крон и отмирания сосны под влиянием пыли проводился анализ древостоя на пробных площадях, заложенных в кв. 11 и 25 Саткинского лесничества Саткинского леспромхоза инженером-лесопатологом В. И. Носыревым в 1959 г. Вследствие значительной неоднородности почвенно-грунтовых условий, пробная площадь в кв. 11 нами была расчленена на три части, соответствующие сухому, периодически-сухому и свежему типам соснового леса. Возраст соснового древостоя находится в пределах 90—120 лет, полнота — 0,6—0,8.

Содержание кальция и магния в почвах определялось трилонометрическим методом, pH почвы определяли в солевой вытяжке с помощью прибора ЛП-58.

Магнезитовая пыль в основном состоит из окиси магния (более 80%) и примеси окиси кальция, кремнезема, сажи. Эта пыль обладает свойством взаимодействовать с водой, образуя достаточно прочную сцементированную массу и сильно подщелачивая среду.

Вследствие особенностей технологии и несовершенства пылеуловителей, из труб магнезитового завода непрерывно выбрасывается огромная масса пыли. Ветром она разносится на десятки километров; однако основная ее масса оседает на поверхность почвы и растительного покрова в пределах первых 3—5 *км*. Об этом свидетельствуют данные, характеризующие запыленность воздуха окрестностей г. Сатка.

Концентрация магнезитовой пыли в воздухе по мере удаления от завода в целом снижается, несмотря на заметные колебания. На протяжении примерно 2 *км* концентрация пыли сохраняется весьма высокой. Оседая и накапливаясь на поверхности почвы, магнезитовая пыль образует сплошную сцементированную корку, достигающую в отдельных случаях толщины 7 и даже 10 *см*.

Данные таблиц 1 и 2 свидетельствуют об условиях и скорости формирования так называемой «магнезитовой пустыни».

Из материалов лесоустройства Саткинского лесхоза 1938—1939 гг. видно, что в 1938 г. началось покраснение и опадение хвои в сосняке, произраставшем на месте современной так называемой «магнезитовой пустыни».

Таблица 1

Содержание кальция и магния и величина pH почв запыляемых площадей Саткинского лесничества (1961 г.)

Участок	Горизонт и глубина взятия образца, *см*	Содержание, *мг.экв*		pH
		Ca	Mg	
«Магнезитовая пустыня». В 1 *км* к северо-востоку от старого завода. Квартал 27	A_1 7—9	2,79	66,96	8,6
	A_1 10—15	2,73	29,30	7,6
	A_2 20—25	2,33	20,93	7,2
	B 35—40	7,67	27,67	6,8
	BC 70—80	6,98	12,56	7,4
Мятликовый луг с единичными экземплярами лиственницы и сосны. В 4 *км* к северо-востоку от старого завода. Квартал 19	A_1 5—10	3,58	54,92	8,6
	A_2 15—20	8,83	12,82	7,8
	B 30—35	11,16	30,00	7,0
	BC 45—50	9,30	21,39	7,4
Пырейный луг с единичными экземплярами лиственницы, березы, рябины, черемухи. В 6 *км* к северо-востоку от старого завода. Квартал 13	A_1 3—8	5,17	43,24	8,4
	A_2 17—32	5,18	16,92	8,2
	BC 45—50	7,99	14,34	6,7
Сосняк усыхающий мертвопокровный (свежий). В 1,5 *км* к северо-востоку от нового завода. Квартал 11	A_1 6—11	2,82	29,52	8,6
	A_2 15—20	3,76	12,22	8,4
	B 30—40	3,99	13,87	8,2
	BC 55—60	8,69	11,98	8,0
Сосняк разнотравный. В 6 *км* к юго-юго-западу от старого завода. Квартал 88	A_1 4—11	7,99	23,03	6,6
	A_2 17—27	6,58	6,37	6,5
	B 30—40	6,54	5,40	5,7
	BC 55—60	8,46	6,58	5,4

Магнезитовая пыль губительно влияет на травянистую растительность. В первые 2—3 года почти полностью гибнет живой напочвенный покров лесных ценозов. Основной причиной отмирания лесных трав и мхов является сильное подщелачивание верхних слоев почвы (табл. 1). Лишь два злака — пырей ползучий и мятлик однолетний — проявляют весьма высокую пылеустойчивость, широко распространяясь и образуя чистые мятликовые или пырейные луга даже в условиях сильного запыления. В табл. 1 приведены данные, характеризующие содержание кальция и магния и кислотность почв пяти участков, причем почвы участков 1, 2 и 5-го являются лесными серыми суглинистыми, а 3 и 4-го — темно-серыми лесными и несколько более тяжелыми по механическому составу.

Из табл. 1 следует, что магнезитовая пыль весьма сильно изменяет химизм верхних слоев почвы, повышая pH до 8—8,6 и содержание магния до 40—67 *мг·экв*. Главную роль в отмирании травянистых растений играет резкое смещение величины pH в щелочную сторону, так как многие виды трав способны успешно произрастать на почвах с весьма высоким содержанием поглощенного магния (41—64 *мг·экв.*), но при pH, равном 5—7. Химические свойства подобных почв, сформировавшихся на обогащенном магнием элювии змеевиков Ильменского заповедника,

исследованы в работе К. П. Богатырева (1940). На обогащенных магнием почвах змеевиковых сопок успешно произрастают лиственница Сукачева, сосна обыкновенная и береза бородавчатая, причем их корни углубляются в щебенку элювия змеевика. Таким образом, основное значение имеет характер химического соединения, в котором представлен магний. В почвах, сформировавшихся на змеевиках, магний находится в прочно связанном состоянии в составе минерала серпентинита ($H_4Mg_3Si_2O_9$), тогда как в магнезитовой пыли он представлен в виде чистой окиси магния, при взаимодействии с водой образующей щелочь.

Раскопки корневых систем лиственницы, сосны, березы и рябины, произрастающих на запыляемых участках (кв. 27, 19, 13 и 11), показали полное отмирание сосущих окончаний корней и микориз в верхней (0,5—0,7 *м*) толще почвы и наличие жизнеспособных корневых окончаний в более глубоких слоях почвогрунта, слабее измененных в химическом отношении. Раскопки в очень слабо запыляемых участках (кв. 88) подтвердили наше предположение об отмирании микоризы и сосущих корней древесных пород под влиянием магнезитовой пыли. В условиях слабоизмененных почв сосняка разнотравного жизнедеятельные с хорошо развитой микоризой корни сосны или лиственницы обнаруживаются в самых поверхностных слоях почвы.

Следовательно, магнезитовая пыль не может погубить обладающие глубокой корневой системой древесные и кустарниковые породы, в частности, такие, как сосну, лиственницу, липу мелколистную, осину, березу бородавчатую и пушистую, черемуху, рябину, кизильник черноплодный, хотя и ослабляет их вследствие угнетения и отмирания неглубоко залегающих корней. Успешное произрастание травянистых растений с неглубокой корневой системой, таких, как мятлик однолетний и пырей ползучий, связано со способностью их корней нормально функционировать в сильно щелочной почве. В частности, такая способность подчеркивается в работе С. А. Котта (1961) в отношении пырея ползучего.

Необходимо отметить, что даже сплошная магнезитовая корка на поверхности почвы не ведет к резкому ухудшению теплового и водно-воздушного режимов почвы. Наблюдения показывают, что под магнезитовой коркой серая лесная суглинистая почва обладает рыхлым сложением и по влажности может быть оценена как свежая (июль 1961 г.). Причиной этого может быть, с одной стороны, достаточная водопроницаемость магнезитовой корки благодаря ее некоторой пористости и трещиноватости, а с другой стороны, защита поверхности почвы от иссушения той же коркой. О достаточно благоприятных почвенных условиях «магнезитовой пустыни» свидетельствует факт успешного произрастания единичных экземпляров мятлика однолетнего, куртин пырея ползучего, отдельных кустов кизильника черноплодного, ракитника, рябины.

Наблюдения показывают, что среди перечисленных выше древесных и кустарниковых пород сосна сильнее всего страдает от магнезитовой пыли, крона ее сильно изреживается вследствие побурения и опадения значительной части хвои, а само дерево после нескольких лет непрерывного запыления погибает.

Если сравнить такие две одинаково сильно микотрофные (Лобанов, 1953) породы, как сосна и лиственница, хорошо приспособленные к климатическим и почвенно-грунтовым условиям Южного Урала, то изменением химизма почвы и отмиранием микоризы и корней в верхней толще почвы нельзя объяснить факт различия в их пылеустойчивости. Очевидно, что основной причиной отмирания сосны на тысячах гектаров запыляемых лесных земель Саткинского леспромхоза является губи-

тельное влияние магнезитовой пыли на ее хвою. Рассмотрим ряд фактов.

1. При любой интенсивности запыления на побегах текущего прироста сосны отсутствует погибшая от пыли хвоя, хотя весьма часто можно отметить у однолетней хвои болезненный бледно-зеленый или желтовато-зеленый цвет. Следовательно, однолетняя хвоя не погибает от оседающей на ее поверхности магнезитовой пыли, хотя и испытывает с ее стороны угнетающее влияние, проявляющееся в некотором изменении окраски.

2. Покраснение и побурение хвои наблюдается только на приростах предшествующего периода вегетации, т. е. у двухлетней хвои. Следовательно, под влиянием пыли хвоя отмирает только на втором году жизни, причем погибает не вся: часть ее остается живой. Довольно часто встречаются хвоинки, у которых верхняя половина побуревшая (мертвая), а нижняя — зеленая (живая).

3. Уцелевшая от губительного действия пыли в первые годы жизни хвоя в последующие 3-й и 4-й годы жизни не погибает, хотя ее поверхность подчас весьма сильно запыляется. Следовательно, магнезитовая пыль не действует губительно на 2—4-летнюю хвою.

4. Отмечены случаи слабого поражения хвои у сосен, подвергающихся запылению вследствие особенностей ветрового режима главным образом в позднелетний и осенне-зимний периоды. В кронах этих сосен, характеризующихся удовлетворительным ростом в высоту (10—15 *см* в год), изредка встречаются побуревшие хвоинки. Вся остальная хвоя имеет здоровый зеленый и темно-зеленый цвет, хотя и довольно сильно запылена.

5. Кроны запыляемых лиственниц обычно густо охвоены, но хвоя, как правило, имеет более светлый, по сравнению с нормальным обычным, цвет, а верхушки части хвоинок омертвевают и приобретают беловатую окраску.

6. В зоне сильного запыления в кроне сосны обычно находится только однолетняя хвоя; предыдущие приросты ветвей лишены ее. В зоне среднего и слабого запыления в кроне сосен, кроме однолетней хвои текущего прироста, находится еще часть 2—3—4-летней хвои, причем некоторые из этих хвоинок полностью живые, а у других верхняя половина омертвела.

7. Все лиственные породы испытывают отрицательное влияние магнезитовой пыли. Это проявляется в наличии на листовой пластинке светло-зеленых и зеленовато-желтых пятен, обычно располагающихся между боковыми жилками. Особенно часто это наблюдается у ольхи серой, ветлы, кустарниковых ив, черемухи. Листья березы пушистой поражаются сильнее в сравнении с листьями березы бородавчатой, что может быть поставлено в связь с ее мезоморфной структурой в отличие от более ксероморфной структуры листьев березы бородавчатой.

8. В одинаковых условиях запыления кроны ели сибирской изреживаются заметно слабее, чем кроны сосны, хотя ель, как и сосна, после нескольких лет непрерывного сильного запыления усыхает.

Все эти факты могут быть объяснены лишь следующим образом.

Магнезитовая пыль отрицательно действует только на молодые листья с слаборазвитым эпидермисом и кутикулой. Возникающие во время рос, дождей и туманов на поверхности листа капли щелочного раствора проникают внутрь мезофилла. Однако клетки мезофилла обладают, как правило, достаточно высокой сопротивляемостью к угнетающему влиянию щелочного раствора и отмирают лишь после перезимовки, в начале следующего периода вегетации. Магнезитовая пыль

не способна оказывать сильное угнетающее влияние на листья с полностью сформированной и хорошо развитой покровной тканью, хотя у запыленных листьев заметно ухудшаются условия для фотосинтеза (Ершов, 1955). Периодом наибольшей уязвимости или наименьшей стойкости к пыли («критическим периодом») сосны, так же, как и других древесных и кустарниковых пород, является начало вегетации, обычно май и июнь, когда происходит интенсивный рост побегов и развертывание и формирование листьев. Даже в условиях сильного запыления у всех без исключения древесных и кустарниковых пород в течение вегетации осуществляется закладка и формирование на побегах жизнеспособных почек, успешно перезимовывающих и на следующий год обеспечивающих облиствение кроны. Необходимо, однако, отметить, что текущий прирост при этом резко сокращается. Часть же побегов вообще весной не трогается в рост. Эти моменты являются результатом, во-первых, отмирания сосущих корней и микоризы в сильно щелочных верхних слоях почвы и общего ослабления корневой системы; во-вторых, результатом функционирования в кроне сосны только однолетней хвои на побегах текущего прироста; в-третьих, результатом пониженной синтетической деятельности этой хвои из-за явного угнетения ее мезофилла щелочным раствором. Отмирание сосны зависит не только от интенсивности запыления, но и от условий типа леса и состояния дерева. Табл. 2 свидетельствует о том, что в более сухих типах леса изреживание крон и отмирание сосен происходит быстрее в сравнении с оптимально увлажненными сосняками.

Таблица 2

Динамика охвоенности крон и отмирания сосны в условиях различных типов леса за трехлетний период (1959—1961 гг.)

Тип леса	Год	Сухостой	Степень охвоенности крон, %				
			до 10	11—25	26—50	51—75	76—100
Сосняк сухой (верхняя треть склона) Квартал 11	1959	11/14,7	15/20	25/33,4	18/24	5/6,6	1/1,3
	1961	65/86,6	10/13,4	—	—	—	—
Сосняк периодически сухой (средняя часть склона) Квартал 11	1959	1/1,8	17/23,2	19/26	18/24,5	15/20,4	3/4,1
	1961	40/54,8	30/41,1	3/4,1	—	—	—
Сосняк свежий (нижняя часть склона) Квартал 11	1959	1/2,2	5/10,9	8/17,4	18/39,1	11/23,9	3/6,5
	1961	12/26,1	19/41,3	10/21,7	4/8,7	—	1/2,2
Сосняк влажный (подошва склона) Квартал 25	1959	—	—	2/1,8	12/10,2	43/36,7	60/51,3
	1961	13/11,1	53/45,3	39/33,3	7/6	5/4,3	—

Примечание. В числителе указано количество деревьев, в знаменателе — их процентное выражение от общего числа обследованных деревьев сосны.

Бросающееся в глаза различие в степени охвоенности крон сосны и ели в первые годы запыления может быть объяснено в первую очередь большей продолжительностью жизни хвои ели. Хвоя сосны живет, как известно, 3—4 года, а хвоя ели 7—8 лет. Если мы примем продолжительность жизни хвои сосны в 4 года, а ели — в 8 лет, то в условиях сильного запыления, когда поражаются пылью все хвоинки в кроне, ежегодно крона сосны будет изреживаться на 25%, а крона ели — на 12,5%. Отмирание хвои в кроне и у сосны, и у ели происходит, с одной стороны, под влиянием естественного старения, а с другой стороны, под влиянием магнезитовой пыли. Так как сформировавшаяся старая хвоя от пыли не погибает, то изреживание крон идет постепенно, за счет гибели молодой хвои на втором году жизни. Однако вследствие одновременного естественного отмирания старой хвои наступает время, когда в кронах этих пород остается только однолетняя. У сосны этот минимальный уровень охвоенности наступает после трех лет, а у ели — после семи лет непрерывного запыления. Недоучет именно этого обстоятельства явился причиной ошибочного вывода В. И. Носырева (1962) о повышенной пылеустойчивости ели и рекомендации ее в ассортимент пород, пригодных для лесоразведения в условиях запыления. В. Носырев пишет, что «кроме сосны, из хвойных в этом районе (районе г. Сатки — *Ю. К.*) произрастают лиственница и ель, состояние которых несколько лучшее. Обе они, и в первую очередь лиственница, могут войти в ассортимент пород при лесоразведении» (1962, стр. 20). С учетом изложенных выше закономерностей сближение по степени пылеустойчивости ели и лиственницы неправильно.

Отмирание сосны часто происходит не в результате полной гибели всей хвои от пыли, а вследствие нападения стволовых вредителей (большой и малый сосновый лубоеды, шестизубый и вершинный короеды и др.) на ослабленные деревья, лишившиеся значительной части своей хвои (Носырев, 1962). В отмирании сосняков зеленой зоны г. Сатки решающее значение имеет ветровой режим в начале вегетации (май — июнь), так как только ветер разносит магнезитовую пыль, поражающую молодую растущую хвою. Чем сильнее ветер и чем чаще в этот критический для сосны период он меняет свое направление, тем обширнее площадь поражаемых пылью лесных массивов. Во второй половине вегетации и осенне-зимний период разносимая ветром пыль безвредна для сформировавшейся сосновой хвои, как бы ни было сильно запыление.

Отсюда следует, что именно в этот критический для сосны и других пород период наиболее целесообразно производить текущий и капитальный ремонт печей магнезитового завода, связанный с временной остановкой обжига руды и прекращением выброса в атмосферный воздух магнезитовой пыли. Очевидна также необходимость в этот период осуществления всех мер для обеспечения бесперебойной и высокопроизводительной работы пылеулавливающих установок.

Выводы

1. Магнезитовая пыль, взаимодействуя с водой, образует щелочной раствор, который повышает pH верхних слоев почвы до 8—8,6 и тем самым гибельно воздействует на микоризу и сосущие окончания корней сосны, лиственницы, березы и других лесообразователей. Это ослабляет, но не губит взрослые деревья с глубокой корневой системой.

2. Магнезитовая пыль, попадая на поверхность листьев и проникая внутрь мезофилла в виде щелочного раствора, угнетающе действует на

живые клетки и губит многолетнюю хвою к началу второго года жизни. Высокая пылеустойчивость листопадных древесных и кустарниковых пород обеспечивается ежегодной обновляемостью листвы и жизнедеятельностью глубоких корней в неизменных или слабо измененных слоях почвогрунта. Отмирание сосны и ели происходит в основном в результате сильной изреженности крон в связи с сокращением продолжительности жизни хвои до одного года.

3. Периодом наибольшей уязвимости («критическим периодом») древесных пород к действию магнезитовой пыли является начало вегетации, когда происходит рост побегов, развертывание и формирование листьев, еще не имеющих хорошо развитых эпидермиса и кутикулы. Именно к этому периоду (май — июнь) целесообразно приурочивать текущий и капитальный ремонт на заводе, связанный с временной остановкой обжига руды и выброса в атмосферный воздух пыли, а также обеспечивать бесперебойную высокоэффективную работу пылеулавливающих установок.

4. В условиях запыления при лесовосстановительных работах целесообразно использовать прежде всего такие пылеустойчивые породы, как лиственница Сукачева, тополя́, липа мелколистная. Древесные же породы с многолетней хвоей, как, например, сосна, ель, пихта, кедр, совершенно непригодны для лесоразведения.

ЛИТЕРАТУРА

Богатырев К. П. (1940). Генезис почв на кристаллических и массивно-кристаллических породах, слагающих Ильменский заповедник. Тр. Ильменского гос. заповедника, вып. 2, М.

Ершов М. Ф. (1955). Исследование пылезадерживающих свойств листьев некоторых древесных пород. Автореферат канд. диссертации. Фонды БИН АН СССР, Л.

Котт С. А. (1961). Сорные растения и борьба с ними. Изд. 3, М., Сельхозгиз.

Кулагин Ю. З. (1961). Об устойчивости древесно-кустарниковых пород к действию магнезитовой пыли в районе г. Сатка. Тр. Ин-та биологии УФАН СССР, вып. 25, Свердловск.

Лобанов Н. В. (1953). Микотрофность древесных растений. М., Изд. «Сов. наука».

Носырев В. И. (1962). Вредное воздействие магнезитовой пыли на древесную растительность. «Лесное хозяйство», № 1.

ЗАПИСКИ СВЕРДЛОВСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ВСЕСОЮЗНОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Вып. 3 1964

Г. Г. КАМЕНСКИЙ

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ УРАЛА ДЛЯ УДОБРЕНИЯ ПОЧВ

Уральская промышленность дает много разных отходов, пригодных для удобрения полей, но они или совсем не утилизируются или используются в незначительном количестве. Здесь приводятся только некоторые из них, недостаточно описанные или мало еще известные.

Известковые шлаки электроплавки

Электрошлаки — это мучнисто-порошкообразные промышленные отходы, вполне пригодные для известкования почв.

Химический состав электрошлаков в процентах, по данным заводской химической лаборатории (ВИЗ), приводится в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав электрошлаков ВИЗа, %

Плавка	Fe_2O_3	FeO	Al_2O_3	SiO_2	MnO	CaO	Mg_2O	SO_3	P_2O_5	CaF
Восстановительная	0,26	1,35	4,15	21,45	0,07	58,0	6,8	0,1	0,032	5,13
Окислительная	6—5,86	25,0	1,85	13,2	4,23	33,9	13,5	0,09	0,7	—

Характерно, что в результате окислительных процессов электроплавки содержание P_2O_5 и MgO увеличивается, а CaO уменьшается.

Опытные данные доцента Пермского сельскохозяйственного института М. А. Плешкова показали, что электрошлак на серых среднеподзолистых суглинистых почвах повышал урожайность яровой пшеницы на 6,3%, а электрошлак при совместном внесении с навозом повышал урожайность до 40%.

Эффективность электрошлаков подтверждается и опытными данными Уральского научно-исследовательского института сельского хозяйства.

Отметим, что внесение в почву извести по полной гидролитической кислотности для большинства совхозов и колхозов, особенно удаленных от места нахождения извести, является весьма трудным мероприятием. Поэтому рекомендуется поверхностное внесение извести в малых дозах по методу академика Т. Д. Лысенко. Или же приготовление органо-минеральных смесей, в которые известь прибавляется из расчета 3—4 *ц/га*.

При внесении извести в почву устанавливается место внесения ее в севообороте. Считается наиболее целесообразным вносить известь при первой обработке пара, но рекомендации вносить известь перед зяблевой вспашкой нельзя считать правильными, так как известь при вспашке на глубину 24—26 *см* окажется на большой глубине, где она остается в течение первого года, а иногда и более продолжительное время, если не будет углубления пахотного слоя. В Богдановичском районе Свердловской области на ровных участках известь рассеивают по снегу в феврале. Этот способ заслуживает внимания и изучения. Здесь известь в большом количестве растворяется в весенних талых водах и проникает в почву. Недостаток этого способа в том, что часть растворенной извести поступает в более глубокие горизонты или же будет вымываться из почвы.

Асбестовые отходы (пыль)

Асбестовые отходы в основном состоят из минерала силиката (хризотил-асбест), в котором кремнезема (SiO_2) 44,1%, окиси магния (MgO) 43%, H_2O — 12,9%, кроме того, имеются примеси зерен Fe_3O_4, TiO_2, $CaCO_3$; $Ca_3(PO_4)_2$, CaF и т. д.

Гранулометрический состав в разных отвалах отходов асбестовой промышленности различен. Преобладают фракции менее 0,01 *мм*, фракций от 1,0 до 10 *мм* — 15—20%. Поэтому асбестовые отходы с крупными фракциями требуется просеивать через сито с отверстиями от 0,5 до 1,0 *мм*. Но здесь возникают трудности при просеивании, так как волокна асбеста не будут проходить через сита с отверстиями 0,5—1,0 *мм*, а при просеве через сита с более крупными отверстиями пройдут обломки горных пород. Поэтому мы рекомендуем брать асбестовые отходы из отвалов, содержащих большой процент пыли. Встречаются пыльные отходы с частицами диаметром не более 1,0 *мм*. Опыты с асбестовыми пыльными отходами проводит Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства. Была получена прибавка урожая картофеля по 62 *ц/га*, урожайность ячменя и однолетнего люпина поднялась на 30—40%.

Волковские апатитовые отходы

По данным Средне-Уральского совнархоза, Волковский рудник может ежегодно давать сырья для получения 96 тыс. *т* суперфосфата.

Приводим химический состав апатитового концентрата (в %), который получается при разборке руд (по заключению Уралмеханобра):

Cu	Zn	Co	S	CaO	P_2O_5
0,09	0,05	0,002	0,26	48,7	36,8

Таким образом, это ценное удобрение. Концентрат можно вносить непосредственно в почву, особенно на сильно подзолистые почвы.

Отходы Лебяжинской обогатительной фабрики (Н. Тагил)

Запасы намывных мучнистых отходов достаточно велики. Размер частиц в отвалах колеблется от 0,001 до 0,3 *мм*. Имеются и более крупные мелкие фракции, но их процент невелик — от 0,1 до 3%.

Приводим данные химического анализа отходов в отвалах (в %) по анализам химической лаборатории завода:

SiO_2	FeO и Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	MnO	P_2O_5	CuO	SO_3
41,8	9,9	15,0	12,4	8,5	0,36	1,62	0,07	0,003

Содержание P_2O_5 колеблется от 0,25 до 3,0%, CaO и MgO вместе составляют 21%, имеются и микроэлементы Mn, Cu. Кроме элементов, приведенных выше, химическим анализом были обнаружены следы следующих элементов: никеля, кобальта, титана, хрома, лантана, церия, иттрия, которые можно рассматривать как микроэлементы. Таким образом, эти отходы являются комплексным ценным удобрением, содержащим еще и микроэлементы, но до сих пор никем не используемым — ни опытными учреждениями, ни прилегающими совхозами. Кроме того, учитывая, что эти отходы не требуют дробления, мы их рекомендуем для сельского хозяйства.

Аммиачная вода

Коксохимическое производство Н.-Тагильского металлургического комбината дает выход газообразного аммиака, из которого получают сульфат аммония.

Кроме того, сульфат аммония вырабатывается из аммиака при коксовании углей в г. Губахе Пермской области.

Есть возможность получить аммиачные воды и азотные соли путем синтеза, используя азот кислородной установки Н.-Тагильского комбината и водород коксового газа. Как показали опыты профессора В. И. Баранова, аммиачная вода резко повышает урожайность сельскохозяйственных культур. Технология получения синтетического аммиака из водорода коксового газа и азота кислородной установки разработана.

Доменные шлаки

В отвалах металлургических заводов имеются большие запасы доменных шлаков, но этот шлак требует дробления. В настоящее время доменные шлаки путем грануляции превращаются в строительный порошисто-пылеватый цемент. Порошисто-пылеватый доменный шлак нейтрализует кислотность почвы и, кроме того, способствует структурообразованию. Приводим химический анализ доменных шлаков, проведенный в химической лаборатории Н.-Тагильского завода в марте 1961 г. (табл. 2).

Таблица 2

Химический анализ доменных шлаков, %

Проба	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	MnO	FeO	S	SO_3	P_2O_5
Шлак печи № 1 (Н. Тагил)	36,30	14,81	40,40	6,12	0,61	0,38	0,93	—	—
Шлак печи № 2 (Н. Тагил)	36,80	16,24	38,74	5,61	1,12	0,25	0,81	—	—
Шлак (Кушва)	34,76	15,76	40,03	5,68	1,10	0,61	0,80	1,80	0,14

Приведенные анализы позволяют рассматривать доменные шлаки как хорошее сырье для известкования почв. Кроме того, они содержат марганец и фосфор, но предварительно их следует проверить на разных культурах. Некоторое опасение вызывают сернистые соединения в шлаках (CaS, MgS и др.). При действии воды, особенно на сернистые соединения CaS, выделяется H_2S, который вредно влияет на развитие корневой системы растений. При хорошей аэрации и при воздействии серобактерий сероводород разлагается на H_2O и S, т. е. обезвреживается.

Мартеновские шлаки Н.-Тагильского металлургического комбината

По данным центральной химической лаборатории комбината (Н. Тагил), приводим химический состав мартеновских шлаков (в %):

SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	MnO	FeO	Fe_2O_3
16,60	5,93	35,62	17,01	8,28	10,90	3,46

P_2O_5	SO_3	CuO	ZnO	CaO	Cr_2O_3	TiO_2
1,31	0,105	0,01	0,001	0,001	0,08	0,70

Приведенные анализы показывают большое содержание в шлаках CaO и MgO, но фосфора в приведенном анализе мало — 1,31%, процент его в шлаках обычно колеблется от 1,3 до 3,5%, редко больше. Кроме того, шлаки содержат микроэлементы: Mn, Cu, Co, Zn и др., имеющие большое значение в поднятии урожайности сельскохозяйственных культур.

Следовательно, мартеновские шлаки можно рассматривать как комплексное удобрение, содержащее, кроме Ca, Mg, P, еще микроэлементы.

По данным агронома Б. И. Корчиц, дробленый мартеновский шлак, внесенный в почву по 0,5 гидролитической кислотности, дал прибавку урожая картофеля 15,8 *ц/га*, тогда как известь, внесенная по 0,5 гидролитической кислотности, дала прибавку только 4,2 *ц/га*.

От мартеновских шлаков урожаи ржи и ячменя повышались до 30%, прибавка урожая томатов достигала 31 *ц/га*.

В ряде случаев мартеновский шлак дает прибавку урожая значительно больше, чем известь, объясняемую тем, что шлак, кроме Ca и Mg, содержит фосфор и микроэлементы. Мартеновские шлаки содержат значительный процент железа, поэтому проектируется переработка шлаков с целью извлечения из них железа и только тогда они могут быть использованы для сельского хозяйства, в противном случае систематическое внесение шлаков в почву может привести к образованию в ней орштейновых зерен, прослоев, а при избыточном увлажнении — к образованию в почве закисных форм железа, вредно действующих на корневую систему растений. Сернистые соединения, как уже отмечалось в доменных шлаках, при плохой аэрации почв, могут отрицательно повлиять на развитие сельскохозяйственных культур.

Кроме описанных промышленных отходов, пригодных для удобрения почв, имеется еще несколько видов отходов: дунитовая мука, пиритные огарки, молибденовые отходы, марганцевый шлам и др., опытное применение которых под разные сельскохозяйственные культуры дало положительный результат.

ЛИТЕРАТУРА

Каменский Г. Г. (1958). Местные удобрения и их использование. Свердлгиз.

ЗАПИСКИ СВЕРДЛОВСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ВСЕСОЮЗНОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Вып. 3 1964

Е. П. ШУМИЛЕНКО

ПАТОГЕННАЯ МИКОФЛОРА ЦВЕТОЧНЫХ РАСТЕНИЙ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Сведений о микофлоре цветочных растений на Урале очень мало. Нам известны только две работы, освещающие этот вопрос. Н. А. Наумов (1915), описывая грибы Урала, отметил некоторые виды грибных организмов на цветах. Спустя 24 года после выхода в свет работы Н. А. Наумова появилась небольшая брошюра А. П. Пентина (1939) «Вредители и болезни городских насаждений», в которой сообщалось о поражении астры *Fusarium* sp., гвоздики и астры *Botrytis cinerea* Pers, пеона *Cronartium flaccidum*.

В настоящее время флора цветочных растений на Урале значительно обогатилась за счет интродукции новых растений. Появились не выращиваемые ранее тюльпаны, нарциссы, азалии и др. При обогащении ассортимента появилась вероятность завоза новых возбудителей заболеваний. Некоторые из них могли оказаться весьма вредоносными для интродуцируемых и уже культивируемых растений. Не исключена возможность перехода возбудителей болезней с дикорастущей флоры на декоративные растения, а при неблагоприятных условиях для новых растений и переход грибов сапрофитов к паразитированию на них.

Настоящая работа является сводкой результатов наблюдений и учетов, а также специальных вегетационных опытов в лаборатории защиты растений Уральского научно-исследовательского института Академии коммунального хозяйства. Материалы по наблюдениям за возбудителями заболеваний накопились в процессе периодических и единовременных обследований цветочных хозяйств, расположенных в городах Урала, а также при анализе пораженных образцов, получаемых от организаций и цветоводов-любителей. Таким образом, за период 1958—1962 гг. собран сравнительно большой материал.

Изучение патогенной микофлоры цветочных растений на Урале представляет теоретический и практический интерес. С теоретической точки зрения, важно знать некоторые биологические особенности отдельных вновь акклиматизировавшихся видов грибов. Выявление патогенных микроорганизмов позволит принять меры к их ликвидации.

Видовой состав определялся в лаборатории и только в затруднительных случаях подтверждался работниками бюро определений Всесоюзного института защиты растений.

Возбудители заболеваний, обнаруженные на цветочных растениях, представлены в табл. 1. Материал расположен по питающим растениям.

Из грибов, обнаруженных на цветочных растениях, новыми являются мучнистая роса на гортензии (*Microsphaera polonica* Siemaszko), гельминтоспориоз на астре и других растениях.

В 1961 г. в теплицах Дендропарка и Верх-Исетского завода наблюдалось массовое поражение гортензии (*Hydrangea hortensis*) мучнистой

Таблица 1

Список грибов возбудителей болезней цветочных растений на Урале

Растения	Характер и орган поражения	Возбудители заболевания	Степень поражения
Азалия *Azalea*	Серая гниль на листьях и цветах.	*Botrytis cinerea.*	Средняя
Аквилегия *Aquilegia*	Почернение корневой шейки, стебля, увядание. Пятнистость и отмирание листьев.	*Fusarium herbarum. Ascochyta* sp. *Cladosporium herbarum. Phoma* sp. *Botrytis cinerea.*	Сильная
Алоэ *Aloe*	Загнивание корневой шейки и отмирание всего растения.	*Pythium De Baryanum; Rhisoctonia solani. Alternaria tenuis.*	Средняя
Алиссум *Alissum*	Увядание растения.	*Cladosporium herbarum. Phoma alyssi alpestris. Dyplodia* sp.	»
Амариллис *Amaryllis*	Ярко-красные пятна различных размеров. На пятнах группами красновато-коричневые плодовые тела. Листья, луковицы и цветоносы.	*Stagonospora curtisii.*	»
Антирринум *Antirrhinum majus*	Увядание и загнивание корневой системы, размочаливание стебля у основания корневой шейки. Увядание растения, на листьях светло-серые пятна неправильной формы. Усыхание стебля в области корневой шейки. Черный бархатистый налет.	*Helminthosporium* sp. *Fusarium oxysporum. Verticilium alboatrum et Alternaria tenuis. Cladosporium herbarum. Proma* sp. *Ascohyta disipiens. Phyllosticta antirrhini. Rhizoctonia solani. Pythium De Baryanum. Heterosporium glacile.*	Сильная
Аспарагус *Asparagus*	Черные точки на листьях. Увядание и полное отмирание растений. Корневая шейка.	*Stemphylium* sp. *Puccinia asparagus. Botrytis cinerea. Fusarium oxysporum* var. *orthoceras. Fusarium avenaceum.*	Слабая
Астра *Aster amelius*	На листьях, стеблях, черешках белый мучнистый налет. Черная ножка рассады. Пожелтение корневой шейки и увядание растения. Загнивание стебля у корневой шейки. Увядание всего растения, почернение стебля, пожелтение листьев.	*Fus. herbarum. Erysiphe cichoracearum f. asteris. Cladosporium herbarum. Helmintosporium rhopaloides. Rhizoctonia solani. Ascohyta compositarum. Verticillium alboatrum. Fusarium conglutinans var. callistephi.*	Сильная
Бальзамин *Impatiens*	Стебель покрыт черным бархатистым налетом. Отмирание листьев, стеблей, нераспускание листьев, отсутствие цветения. Пятна с пикнидами.	*Helmintosporium rhopaloides. Fusarium* sp. *Septoria nolitangere.*	Средняя
Бегония *Begonia*	Водянистые пятна с серым налетом. Мелкие маслянистые пятна. Загнивание стеблей. Размочаливание стебля. Белый мучнистый налет на листьях.	*Botrytis cinerea. Bacterium* sp. *Pythium De Baryanum. Aphalenchoides alesistas. Oidium begoniae.*	Слабая
Фиалка *Viola*	Пятнистость листьев. Загнивание стебля.	*Ascochyta* sp. *Fusarium oxysporum* f. *Fusarium culmorum. Alternaria dianthi. Cladosporium herbarum. Stemphyllium* sp. *Botrytis cinerea. Cladosporium herbarum. Alternaria* sp. *Penicillium* sp.	Сильная Средняя
Гвоздика *Dianthus caryophyllus*	На стеблях серый пушистый налет. Пятна разбросаны по всему листу, сливаются, листья засыхают.		
Георгин *Dahlia variabilis*	На старых стеблях образование белого легкого мицелия. Почернение старого стебля. Клубни покрыты оранжевым налетом. Гниль с основания клубня. При поперечном раз-	*Verticillium lateritium. Ascochyta dahlicola. Phoma* sp. *Botrytis cinerea. Fusarium* sp. *Botryosporium pulchrum. Sclerotinia Libertiana. Verticillium late-*	Сильная

Таблица 1 (продолжение)

Растения	Характер и орган поражения	Возбудители заболевания	Степень поражения
	резе сердцевина черная, мокрая. Почернение и загнивание с верхушки побегов.	*ritium. Cylindrosporium* sp. *Pseudomonas marginalis Agrobacterium tumefaciens.*	Слабая
Гиацинт *Hyacinthus*	Серая гниль. Стебель, листья.	*Botrytis* sp.	
Гладиолус *Gladiolus*	Загнивание стеблей и увядание растения. Корневая шейка. Пожелтение и усыхание листьев.	*Fusarium orthoceras* var. *gladioli. Alternaria* sp. *Cladosporium herbarum. Penicillium gladioli. Ascochyta* sp. *Stachybotrys alternans.*	Средняя
Герань *Pelargonium hortorum*	На листьях красноватые пятна неопределенной формы. Загнивание стебля с верхушки. Пораженные участки стебля покрыты серым налетом.	*Verticillium* sp. *Helmintosporium* sp. *Rhizoctonia solani. Botrytis cinerea. Cladosporium herbarum. Botrytis cinerea.*	Сильная
Глоксиния *Gloxinia*	Загнивание корневой шейки. Гниль клубня.	*Rhizoctonia solani. Botrytis cinerea. Fusarium* sp. *Pythium* sp. *Helminthosporium* sp.	Слабая
Гортензия *Hydrangea hortensis*	Пожелтение и засыхание листьев и побегов, на пораженных частях белый налет. Сажистый налет. Хлороз листьев. На некоторых из них засохшие пятна неопределенной формы. Пятнистость листьев. Налет на нижней стороне листа.	*Microsphaera polonica. Fumago vagans. Peronospora Schachtii.*	Средняя
	На верхней стороне листа белый налет.	*Septoria* sp.	Слабая
	Серо-бурые овальные пятна с черными точками. Загнивание верхушек побегов; на пораженной ткани бело-розовый налет. Почернение и отмирание молодых побегов.	*Oidium hortensiae. Fusarium* sp. *Botryosporium Pulchrum. Botrytis cinerea. Cladosporium* sp. *Alternaria tenuis.*	Средняя
Годеция *Godetia*	Пожелтение корневой шейки.	*Fusarium oxysporum. Alternaria tenuis.*	Сильная
Дельфиниум *Delphinium*	Мучнистый налет на стеблях и листьях. Пожелтение листьев, бело-серый налет на стебле и у основания корневой шейки. На старых перезимовавших стеблях темные пикниды. Мраморность листа.	*Frysiphe communis grew.* f. *delphinii. Rhizoctonia solani. Fusarium oxysporum* f. *delphinii. Alternaria* sp. *Acremoniella* sp. *Ascochyta* sp. Вирусное заболевание.	Слабая
Драцена *Dracaena*	На светло-желтых пятнах темный сажистый налет. Усыхание и пожелтение кончиков листьев. На пораженных частях темные пикниды.	*Cladosporium herbarum Phyllosticta dracenis.*	Слабая
Ирезине *Iresine*	Гниль с серым налетом. Белый рыхлый налет на стебле с образованием спороношения. В области корневой шейки загнивание.	*Botrytis cinerea Botryosporium pulchrum. Fusarium oxysporum.*	Средняя
Ирис *Iris*	На листьях белые выпуклые пятна с черными точками, полное засыхание листьев.	*Heterosporium glacile.*	Сильная
Канна *Canna*	На листьях светло-желтые пятна с коричневым ободком. Цветы обесцвечены и покрыты серой плесенью.	*Alternaria* sp. *Botrytis cinerea. Fusarium culmorum.*	
Качим метельчатый *Gypsophila*	Загнивание корневища с образованием бело-розового налета. Увядание.	*Fusarium* sp.	Средняя

Таблица 1 (продолжение)

Растения	Характер и орган поражения	Возбудители заболевания	Степень поражения
Камелия *Cammellia*	На листьях сероватые, окаймленные коричнево-бурым ободком пятна.	*Alternaria* sp. *Penicillium* sp.	Слабая
Кринум *Crinum*	Темный налет на красновато-ржавых пятнах, группами красновато-коричневые плодовые тела.	*Stagonospora cultisii. Pestalozzia quepini.*	Сильная
Лакфиоль *Cheiranthus Cheiri*	Загнивание стебля. Сажистый налет с образованием пятен.	*Botrytis cinerea, Fumago vagans.*	Средняя
Лилия *Lilium*	Пятнистость листьев. Почернение и усыхание стебля у корневой шейки.	*Alternaria* sp. *Acrostalagmus cinnabarinus. Penicillium* sp. *Verticillium lateritium Fusarium* sp. *Cladosporium* sp. *Graphium* sp. *Cephalosporium* sp. *Botrytis elliptica. Stemphylium* sp. *Helmintosporium* sp.	Сильная
Лимон *Citrus limonia*	Желтоватые пятна неопределенной формы на верхней стороне листа, с коричневым налетом на нижней.		
Лигуструм *Ligustrum*	Черный налет, напоминающий сажу.	*Fusarium* sp. *Cladosporium* sp. *Alternaria citri. Penicillium* sp.	Сильная
		Alternaria tenuis. Cladosporium herbarum.	Сильная
Левкой зимний *Matthiola incana hibernalis* Hort.	Усыхание стеблей и листьев. На пораженных частях беловатый пушистый налет.	*Botryosporium pulchrum. Cladosporium herbarum.*	Сильная
Левкой *Matthiola*	Засыхание стебля и корневой системы. Увядание. Пятнистость листьев.	*Fusarium avenaceum. Rhizoctonia* sp. *Verticillium* sp. *Ascochyta matthiolae.*	Сильная
Люпин *Lupinus*	Загнивание корневой шейки и усыхание веточек с образованием на них склероциев. Подгнивание корневой шейки. Беловатый налет на стебле. Серая гниль. На листьях белый паутинистый налет.	*Sclerotinia Libertiana. Fusarium roseum* Link. *Ceratophorum setosum. Botrytis cinerea. Erysiphe communis grev* f. *lupini.*	Слабая
Мирта *Myrtus*	Водянистые пятна с появлением серого налета.	*Botrytis cinerea.*	
Мята *Mentha*	На листьях белый паутинистый налет.	*Erysiphe cichoracearum* f. *mentae.*	Средняя
Нарцисс *Narcissus*	Серый налет. Цветы, бутоны. Бутоны не распускаются, загнивают.	*Botrytis narcissicola. Cladosporium* sp.	
Пальма *Palmae*	На листьях пятна. На отмерших тканях мелкие плодовые тела.	*Phoma Magnusii. Phoma Pritchardia. Cladosporium* sp.	Слабая
	У основания листьев язвочки, содержащие буроватые пятна.	*Rhizoctonia solani.*	Сильная
Паслен *Solanum*	Морщинистость листьев.	Вирусное заболевание.	
Петуния *Petunia*	Пожелтение листьев, увядание всего растения.	*Botrytis* sp. *Cladosporium herbarum. Alternaria tenuis*	Слабая
Пеон *Paeonia*	Серая гниль на стеблях и у основания стебля. Пятнистость листьев; черно-бурые пятна, с нижней стороны листа пикниды.	*Fusarium chactonuiem. Botrytis cinerea. Botrytis paeoniae. Phoma* sp. *Cladosporium paeoniae. Rhizoctonia*	Средняя

Таблица 1 (окончание)

Растения	Характер и орган поражения	Возбудители заболевания	Степень поражения
	Загнивание стебля. По краям листа коричневые пятна с черно-оливковым налетом.	*solani. Oedocephalum* sp. *Stemphylium* sp. *Alternaria* sp. *Verticillium* sp.	
	Крапчатость листьев.	Вирус.	
	Кольцеватая пятнистость.	Вирус.	
Примула *Primula*	Черные пятна на листьях, неопределенной формы. Водянистые пятна на листьях с серым налетом.	*Cladosporium herbarum. Botrytis cinerea Penicillium* sp. *Verticillium* sp.	Средняя
	Светло-коричневые пятна, неправильной формы.		
Шалфей *Salvia*	Коричневатая перетяжка у корневой шейки.	*Agrobacterium tumefaciens*	Сильная
Тагетес *Tagetes*	Пятнистость листьев.	*Alternaria tenuis. Cladosporium herbarum.*	Слабая
Туя *Thuja*	Пожелтение и усыхание побега.	*Alternaria tenuis. Phoma* sp.	Сильная
Тюльпан *Tulipa*	Увядание. Пожелтение стебля у основания корневой шейки и увядания. Зеленый налет и войлочная грибница на поверхности луковиц.	*Botrytis tulipae. Alternaria tenuis. Cladosporium herbarum. Fusarium avenaceum* v. *hereavum. Sclerotinia Libertiana. Penicillium corymbiferum.*	Средняя
Флокс *Phlox*	На листьях светлые пятна с черными точками.	*Septoria phlogis.*	Средняя
	Срастание листьев.	Вирус.	Средняя
	Деформация листовой пластинки.	Вирус.	
	На листьях темно-коричневые пятна разной формы и размеров.	*Fusarium* sp. *Cladosporium herbarum. Alternaria* sp. *Stachybotrys* sp.	Слабая
Хризантема *Chrysanthemum*	Белый мучнистый налет.	*Oidium chrysanthemi.*	Сильная
	Пятна темно-коричневые со светлой серединой. На пятнах темные точечные плодовые тела.	*Septoria chrysanthemi-indici. Stachybotris atra. Alternaria tenuis Ascochyta* sp.	Средняя
	Пятнистость листьев, светло-зеленые пятна неправильной формы. Увядание.	Вирус.	Слабая
		Fusarium oxysporum v. *dianthi.*	Средняя
Цинния *Zinnia*	Пожелтение листьев. Почернение стебля и корневой шейки; размочаливание стебля.	*Fusarium* sp. *Alternaria zinnia. Arthrobotrys* sp. *Ascochyta zinniae. Helmintosporium* sp.	Средняя
Цикламен *Cyclamen*	Водянистые пятна с серым налетом.	*Botrytis cinerea.*	Сильная
Цинерария *Cineraria*	Светло-желтые пятна, с серым налетом. Скручивание листьев и их хрупкость. Листья уменьшаются в размере.	*Botrytis cinerea.*	Средняя
	Быстрое отмирание всего растения. Увядание растения.	Вирус.	Средняя
	При поперечном разрезе стебля видно побурение сосудистых пучков.	*Fusarium* sp. *Bacterium* sp. *Verticillium alboatrum.*	Средняя Сильная
Юкка *Yucca*	Отмирание верхушечной части листа.	*Fusarium* sp. *Cladosporium herbarum. Phoma* sp.	Слабая

росой. Нами был определен возбудитель болезни *Microsphaera polonica* Siemaszko, ранее неизвестный на Урале.

Поражались главным образом листья. При сильном поражении листья деформировались. Лицевая сторона листьев покрывалась мучнистым пятнистым налетом. В мучнистом налете содержался мицелий с конидиями. Размеры конидий: 44—24×12—20 *ммк*. Большой процент

конидий имеют размеры 32×12 *мк*. Отмечена только форма *Oidium hortensiae* Corst. Сумчатая стадия отсутствовала. Пораженные листья коричневели, растения теряли декоративность и задерживались в росте. Болезнь развивалась при сравнительно низкой температуре и относительно высокой влажности воздуха.

Helminthosporium rhopaloides Fres. При выяснении причины выпадов астры, антирринума, левкоя и других растений летом 1961 г. нам удалось выделить возбудителя *Helminthosporium* из пораженных образцов. М. К. Хохряковым он был отнесен к *Helminthosporium rhopaloides* Fres.

Внешне болезнь проявлялась пожелтением и усыханием листочков, а также пожелтением, утончением и отмиранием стебля у корневой шейки. При сильном поражении наблюдалась быстрая гибель растений. В условиях повышенной влажности на пораженных частях растения появляется темный налет, содержащий конидиальное спороношение. Конидии 6—12×60—80 *мк* с 6—9 перегородками. Установлено почвенное происхождение инфекции. Растения поражаются в любой фазе развития — от прорастания до созревания.

Alternaria tenuis Nees. Поражает 32 вида семян различных растений. По проценту пораженных растений, по скорости развития на семенах из всех обнаруженных грибов *Alternaria tenuis* занимает первое место. Мицелий этого гриба на пораженных семенах появляется на 3-й день. Отмирание всходов и проростков наблюдалось на 10—12-й день.

Пораженные семена обычно желтеют и не прорастают, на их поверхности появляется оливковый бархатистый налет. На проростках в семядольных листочках образуются коричневые пятна с белым паутинистым мицелием. Сохраняется гриб в семенах, с семян инфекция переходит на листья, затем заражаются снова семена. Не исключена возможность сохранения инфекции внутри семян.

Патогенность *Alternaria tenuis* проверена на семенах антирринума в специально проведенных нами опытах.

В глиняные горшки, наполненные предварительно простерилизованной почвой, были высеяны здоровые и искусственно зараженные семена антирринума. Инфекция в виде культуры гриба *Alternaria,* выращенная на стерильных зернах ячменя, разводилась в стерильной воде. В полученную суспензию спор опускались семена антирринума на несколько секунд. Затем семена высевались в плошки. Результаты этих опытов подтверждают патогенность гриба.

Sclerotinia Libertiana. В 1960—1961 гг. мы наблюдали белую гниль на антирринуме. Болезнь достигла сильного развития к концу вегетации растений. На пораженных растениях вдоль по стеблю и на семенных коробочках простирались серовато-белые полосы. Вся внутренняя часть стебля была заполнена белым хлопьевидным мицелием и склероциями гриба. Склероции размером 0,2—0,7 *см* в диаметре. В каждой семенной коробочке — по 2—3 склероция.

Мы допускали возможность передачи возбудителя с семенами путем внутренней инфекции. С целью выяснения этого вопроса был поставлен лабораторный опыт. Семена, полученные из пораженных склеротинией коробочек, и партии других семян были тщательно осмотрены под лупой при увеличении в 15—20 раз для выявления наружной инфекции. 200 семян без наружной инфекции дезинфицировали в растворе НИУИФ — 1 (1,3%) 1:400 и раскладывали в чашке Петри с сусловым агаром или фильтровальной бумагой.

Из проанализированных протравленных семян (60 видов) только на

семенах виолы, астры, антирринума был обнаружен мицелий и склероции *Sclerotinia Libertiana.*

Пораженные семена или не прорастали, или давали быстро погибающие всходы. На непроросших семенах и погибших проростках появлялся мицелий и склероции гриба. В результате наших исследований приходим к выводу, что возбудитель белой гнили *Sclerotinia Libertiana* может сохраняться в виде покоящегося мицелия в слоях семенной оболочки антирринума, виолы и астры.

Sphaerotheca pannosa var. *rosae* Woronich; *Sp. chrysanthemi* Rubch. В противовес литературным данным о повышенном требовании возбудителей мучнистой росы к теплу нам удалось наблюдать их развитие при довольно низкой температуре воздуха в теплице. Возможно, что на Урале имеются расы мучнистой росы, стойкие к низким температурам.

Основные меры борьбы с болезнями цветочных растений:

1. Обеспечение здоровыми семенами.
2. Профилактические мероприятия в парниках.
3. Соответствующая обработка растений в открытом грунте.

Нами выявлены наиболее доступные и эффективные препараты для обеззараживания семян (гранозан и ТМТД). Гранозан использовался в дозе 1 *г/кг* семян при сухом протравливании и суспензией (1 *г* на 1 *л*) при замочке семян на 30 *мин* с последующим томлением в течение 2 *час.* Хорошие результаты получены при сухой обработке семян астры, антирринума и других препаратом 50% ТМТД из расчета 4 *г/кг*, а также при мокром протравливании в дозе (4 *г* на 1 *л* воды). Для борьбы с почвенными грибами *Pythium, Rhizoctonia* и другими необходимо проводить термическое протравливание почвы. Из-за отсутствия в цветочных хозяйствах специальных установок применяют полив почвы крутым кипятком (7 *л/м*^{2}) или обеззараживают химическим путем. Из химических средств рекомендуется 40% раствор формалина из расчета 2,5 *л* на 100 *л* воды по 15—20 *л* на 1 *м*^{2}. Можно использовать 2% раствор медного купороса в дозе 10 *л/м*^{2}. Наши опыты показали эффективность препарата 50% ТМТД в дозе 50 *г/м*^{2} и 0,4% суспензии этого препарата из расчета 4 *л/м*^{2}.

Борьба с болезнями в течение вегетационного периода производится путем опрыскивания растений бордосской жидкостью против серой гнили, ложномучнистых грибов. В борьбе с мучнистой росой дельфиниума, хризантем и других растений, серой гнилью в наших опытах были получены хорошие результаты при применении суспензии 50% ТМТД в 1% концентрации. Можно обрабатывать растения 1% коллоидной серой, цинебом (0,75%), фербамом (1%).

Систематически уничтожать сорняки и пораженные растительные остатки.

Рекомендуется также внекорневая подкормка макро и микроэлементами. Очень эффективной в борьбе с болезнями и вредителями является беспочвенная культура цветов.

ЛИТЕРАТУРА

Наумов Н. А. (1913). Грибы Урала. Бюро по микологии и фитопатологии Главного Управления Землеустройства и Земледелия. Зап. УОЛЕ.

Пентин А. П. (1939). Вредители и болезни городских зеленых насаждений Свердловской области и меры борьбы с ними. Свердлгиз.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Л. И. Вигоров. Формообразование при переделке озимых пшениц различных видов в яровые 3
Б. А. Вакар. Мейозис при микроспорогенезе у гибрида-амфидиплоида Triticum polonicum L. × Triticum Timopheevi Zhuk. 21
П. Л. Горчаковский и Н. П. Архипова. Растительный мир обнажений гранита, дунита и других горных пород на восточном склоне Среднего Урала. 29
В. П. Голубинцева. Изменение растительности суходольного луга в условиях Красноуфимской лесостепи 51
А. Т. Мокроносов и Н. Н. Лянгазова. Постфотосинтетические процессы углеродного питания у картофеля 59
И. К. Киршин. Фотопериодические реакции тимофеевки луговой 69
А. Я. Трибунская. Азотный баланс ракитника (Cytisus Zingeri) в сосняках Свердловской области 87
Э. Л. Климашевский. О роли бора как фактора развития и роста кукурузы на почвах дерново-подзолистого типа 95
М. М. Сторожева. Влияние различных доз микроэлементов меди и бора на прорастание семян клевера и постэмбриональное развитие растений . . . 105
П. В. Лебедев, Н. С. Мельник, Т. А. Боровская. Влияние уровня азотного питания на кущение и продуктивность луговых злаков 111
Ф. М. Шубин и Н. М. Деева. Биологические особенности овсяницы луговой и люцерны синегибридной при выращивании их на каменноугольной золе в вегетационных сосудах 121
Н. А. Коновалов. Новые формы гибридных пирамидальных тополей . . . 129
Г. Е. Комин. Методика определения возраста деревьев в заболоченных лесах 133
Е. Я. Ильина. Сезонная и возрастная динамика побегообразования люцерны синегибридной 141
С. Я. Беспрозвана. Наблюдения за ростом и развитием люцерны синегибридной на золоотвалах 149
М. В. Хамидулина. Развитие костра безостого при выращивании его на золе с двухсантиметровым почвенным покрытием 153
Ю. З. Кулагин. Влияние магнезитовой пыли на древесные породы 155
Г. Г. Каменский. Об использовании промышленных отходов Урала для удобрения почв 163
Е. П. Шумиленко. Патогения микофлора цветочных растений на Среднем Урале 167

ЗАПИСКИ
СВЕРДЛОВСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
ВСЕСОЮЗНОГО БОТАНИЧЕСКОГО
ОБЩЕСТВА

Выпуск третий

Редактор издательства *Л. П. Ардасенова*
Технический редактор *Н. Ф. Тамкова*

РИСО УФАН № 44/2 (21). Подписано в печать 16/VI 1964 г.
Тираж 1000. Формат 70×108 1/16. Печ. л. 11. Уч.-изд. л. 12,9.
НС 23137. Заказ № 74. Цена 90 коп.

Типография изд-ва «Уральский рабочий», Свердловск, проспект Ленина, 49