

А. Д. Пасечнюк

ПОГОДА
и полегание
зерновых
культур



551
П 19

А. Д. Пасечнюк

ПОГОДА
и полегание
зерновых
культур

520008



ЛЕНИНГРАД ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ 1990

Рецензент канд. геогр. наук В. Н. Страшный

Рассматривается проблема влияния метеорологических условий на полегание зерновых культур. Приводятся количественные оценки устойчивости растений к полеганию в зависимости от структуры стеблестоя, обусловленной антропогенными и агрометеорологическими факторами. Показана пространственная и временная изменчивость степени полегания озимых и яровых хлебов. Оценено влияние метеорологических условий на устойчивость растений к полеганию, а также времени начала полегания на потери урожая зерна.

Предложены методы оценки агрометеорологических условий, способствующих формированию устойчивости к полеганию яровых и озимых колосовых культур, а также методы прогноза степени полегания озимой пшеницы и ярового ячменя в Нечерноземной зоне ЕЧС. Проанализирована эффективность различных агротехнических мероприятий, направленных на повышение устойчивости растений к полеганию и на снижение потерь зерна при уборке комбайнами. Особое внимание уделено эффективности применения препарата тур.

Книга рассчитана на широкий круг специалистов, интересующихся проблемой предотвращения полегания растений, а также на работников сельского хозяйства.

The monograph of A. D. Pasechnjuk "The weather and beating-down of grain crops" deals with the problem of the effect of meteorological conditions on the beating-down of grain crops. Quantitative description of the effect of crop stand structure on the crop persistence to beating-down is given accounting for anthropogenic and agrometeorological factors. Spatial and temporal variability of winter and spring grain crops beating-down is shown. The effect of meteorological conditions on the persistence of plants to beating-down and of the date of beating-down on the yield losses are evaluated.

Methods of evaluation of the effect of agrometeorological conditions on the beating-down persistence for spring and winter cereals and forecasting methods for the degree of beating-down of winter wheat and spring barley in the Non-Chernozem Zone of the European USSR are offered. Different cultural practices are analysed aimed at the increased persistence to beating-down and the reduction of grain losses at the mechanized harvesting. Special attention is paid to the effectivity of the use of the preparation TUR.

The book is intended for the wide range of specialists in different fields of knowledge, interested in beating-down prevention, as well as for practical agriculturalists.

П 3702030000-092
069(02)-90 39-90

ISBN 5-286-00007-X



© А. Д. Пасечнюк, 1990 г.

ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- θ — сумма осадков за межфазный период
- T — средняя суточная температура воздуха
- W — запасы продуктивной влаги в почве
- Φ — интеграл вероятности
- F_1 — усилие, необходимое для отрыва корней из почвы
- F_2 — сопротивление стебля излому
- H_p — высота растений
- l — длина междоузлия
- ψ — интенсивность полегания
- λ — длина волны электромагнитного излучения
- R_λ — спектральный коэффициент яркости
- m — сырая биомасса растения
- F_v — сила ветрового напора
- ρ — плотность воздуха
- v — скорость ветра
- l_0 — эксцентриситет — отклонение вершины стебля от вертикали
- U_v — суммарный статистический прогиб стебля от ветровых нагрузок
- $U_{вк}$ — статический прогиб стебля от сосредоточенной ветровой нагрузки, действующей на колос
- $U_{вс}$ — статический прогиб стебля от распределенной ветровой нагрузки, действующей на стебель
- $F_{вк}$ — сосредоточенная ветровая нагрузка, действующая на колос
- $F_{вс}$ — распределенная ветровая нагрузка, действующая на стебель
- E — модуль упругости материала стебля
- I — момент инерции поперечного сечения стебля
- $P_{вн}$ — нормативная ветровая нагрузка
- M — изгибающий момент в нижнем сечении стебля
- P_0 — нормативный скоростной напор ветра
- δ — логарифмический декремент затухания
- β — коэффициент увеличения скоростного напора ветра
- Δm_c — увеличение массы растения за счет смачивания при дожде
- $\Delta m_{кс}$ — увеличение массы колоса из-за смачивания
- S_p — общая площадь поверхности растения
- $\Delta m_{н}$ — приращение массы растения при длительном намокании
- $U_{дк}$ — динамический прогиб стебля от дождевых нагрузок на колос

- $U_{\text{сдк}}$ — статический прогиб стебля от дождевых нагрузок на колос
 Q — расчетное сопротивление материала стебля
 G — момент сопротивления поперечного сечения стебля у его основания
 F_p — разрушающая нагрузка
 c_0 — коэффициент однородности материала стебля
 D — наружный диаметр стебля
 d — внутренний диаметр стебля
 r_1 — внешний радиус соломины
 r_2 — внутренний радиус соломины
 ω — радиус кривизны соломины
 δ_c — толщина стенки соломины
 D_k — диаметр капли

ПРЕДИСЛОВИЕ

Недостаточная обеспеченность населения нашей страны продовольствием в сочетании с возрастающей его численностью требует существенного повышения урожайности зерновых культур во всех агроклиматических зонах СССР, особенно в Нечерноземье. Возможности обеспечения сельского хозяйства удобрениями, пестицидами, сельскохозяйственной техникой позволяют считать поставленную задачу реальной. Об этом свидетельствует расширение площадей, занятых культурами, возделываемыми по интенсивным технологиям.

Существенным тормозом в повышении продуктивности зернового хозяйства является полегание посевов, в частности, в Нечерноземной зоне, где за последнюю четверть века ячмень полегал в 40—50 % лет, рожь — в 50—70 %, озимая пшеница — в 20 %. С увеличением урожайности вероятность полегания также увеличивается. По данным сортоучастков, сорта ячменя, районированные в первой половине 80-х годов в Нечерноземной зоне, имели оценку устойчивости к полеганию 1—3 балла при урожайности 3,0—3,5 т/га в 47 % случаев, при урожайности 3,5—4,0 т/га в 53 %, а при урожайности больше 4,0 т/га в 77 % случаев.

Растения полегают, если внешние силовые нагрузки, действующие на нижнюю часть стебля (ветер, дождь, собственная масса растения), превышают их устойчивость (прочность и гибкость стебля, степень развития корневой системы, силу сцепления корней с почвой и т. д.). Рассчитать вероятность полегания можно путем математического описания этих двух очень динамичных факторов. Однако завершённой модели процесса полегания еще не разработано, и в монографии приведен только краткий анализ современного состояния проблемы (моделирование процесса полегания растений).

Факторы, определяющие устойчивость растения к полеганию, можно разделить на три группы. К первой группе относят наследственные селекционно-генетические особенности растения, обуславливающие специфику анатомо-морфологического строения, биологических свойств и т. д.; ко второй группе — агротехнические факторы (нормы и сроки посева, плодородие почвы и дозы вносимых удобрений, применение ретардантов и т. д.); к третьей — агрометеорологические факторы (осадки, влагозапасы почвы, температурный режим, инсоляцию и т. д.). Устойчивость растений к полеганию может снижаться также под влиянием за-

болеваній, особенно грибковых. Но заболеваемость растений также зависит от перечисленных трех групп факторов.

Наиболее подробно изучено влияние на устойчивость растений к полеганию первых двух групп факторов. Значительный вклад в эти исследования внесли советские ученые А. С. Ваншток, И. А. Волков, И. Н. Гальченко, В. Ф. Дорофеев, М. А. Ильинская-Центилович, Ю. И. Кириллов, Н. С. Петин, Г. К. Самохвалов, Е. С. Струцовская, К. Г. Тетерятченко, Л. Д. Прусакова, Н. С. Туркова и многие другие. Однако большинство исследователей приводят только качественные оценки. В связи с этим в настоящей монографии много внимания уделено описанию количественных зависимостей между оценкой устойчивости к полеганию растений и параметрами стеблестоя.

Влияние агрометеорологических условий на устойчивость зерновых культур к полеганию начали изучать сравнительно недавно. Этот вопрос рассматривался в работах А. С. Ванштока, В. Т. Васько, Г. И. Зубановой, В. Д. Мединца, И. Дж. Малдера и др. Настоящая работа, по-видимому, является наиболее подробной публикацией по данному вопросу.

В монографии приведена методика оценки биологических потерь зерна от полегания. Показано, что они могут достигать и даже превышать 50 % выращенного урожая.

В сельскохозяйственном производстве имеется определенный набор агротехнических приемов, которые могут способствовать предотвращению полегания или уменьшению его интенсивности, смещению сроков начала этого явления или снижению потерь урожая при уборке. Оценка эффективности подобных агротехнических мероприятий имеет большое практическое значение. Особое внимание в монографии уделено применению препарата тур. Разработаны рекомендации по применению этого ретарданта на посевах озимой пшеницы и ржи с учетом состояния посевов и метеорологических условий.

При уборке полеглых посевов время уборки 1 га, расход горючего и другие материальные затраты в 3,5 раза больше, чем при уборке неполеглых посевов [148]. Поэтому очень важное значение имеет правильный выбор стратегии и тактики выращивания культуры, способствующий предотвращению полегания или снижению его интенсивности. Для обоснования выбора тех или других агроприемов может быть использован предложенный пакет методов оценок агрометеорологических условий применительно к формированию устойчивости растений к полеганию и прогнозу степени полегания к началу уборочных работ в Нечерноземной зоне ЕЧС. Все предложенные методы [115, 116, 120] внедрены в практику оперативно-производственных организаций Госкомгидромета СССР. Используются они на основании решения Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим прогнозам (ЦКПМ) Госкомгидромета СССР и Технических советов территориальных (республиканских) управлений по гидрометеорологии.

В работе обобщены результаты многолетних исследований автора, использованы материалы стандартных агрометеорологических наблюдений агро- и гидрометеорологических станций Госкомгидромета СССР, сортоучастков Госсортосети, а также результаты полевых экспериментов, проведенных автором на опорных пунктах и в экспедициях Всесоюзного научно-исследовательского института сельскохозяйственной метеорологии (ВНИИСХМ).

Ограниченный объем книги не позволил дать достаточно полный обзор литературы по рассматриваемым в ней вопросам. В частности, недостаточное внимание уделено работам А. С. Ванштока, В. Д. Мединца, С. Уктума, К. Хунгербулера и некоторых других исследователей. Для более полного ознакомления с ними автор предлагает обратиться к первоисточникам, приведенным в списке литературы. Наиболее полный литературный обзор дан в работах В. Ф. Дорофеева, Л. С. Зенищевой, Е. Г. Мольдера, в ряде диссертационных работ.

Исследования по влиянию метеорологических условий на полегание зерновых культур были начаты автором под руководством Александра Петровича Федосеева. В них принимали непосредственное участие В. А. Филенко, Л. И. Гончарова, Г. И. Седов, Н. А. Матвейчук, В. Е. Коняева, В. С. Прохорова, Н. А. Шпак и др. Неоценимую услугу автору оказали сотрудники ВНИИСХМ Д. В. Козинец, Е. В. Абашина, П. П. Федченко, В. В. Вольвач, О. А. Борисова, З. А. Шостак. Всем перечисленным выше товарищам автор выражает глубокую признательность.

Большую помощь при выполнении различных расчетов и при подготовке рукописи к печати оказали Л. И. Балина, Е. И. Володина, А. И. Зыкина, Т. Н. Купуния, Т. Н. Исакова, за что автор выражает им глубокую благодарность.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПОЛЕГАНИИ ПОСЕВОВ

1.1. Полегание растений и устойчивость их к полеганию

Явление полегания растений изучается уже более двух столетий. Однако до сих пор ученые не пришли к единому определению этого явления. Так, А. М. Палеев [104] писал: «под полеганием хлебных злаков обычно понимают такое их состояние, когда стебли растений, вследствие каких-либо причин, теряют способность держаться в вертикальном положении и наклоняются в большей или меньшей степени к земле.» Так, по Г. К. Самохвалову [147], это физиологическая реакция растений на условия внешней среды. М. А. Ильинская-Центилович [51] хотя и не дает определения, но вполне справедливо указывает, что «непосредственным толчком, вызывающим стеблевое полегание, являются сильный ветер и дождь, под действием которых из-за недостаточной прочности нижнего и второго междоузлия стебли сгибаются».

В естественных условиях основной причиной полегания растений является воздействие каких-либо метеорологических явлений. Отсюда вытекает следующее определение этого явления: под полеганием стеблестоя подразумевается такое его состояние, когда под влиянием неблагоприятных метеорологических явлений (дождь, ветер, мокрый снег), оказывающих механическое воздействие на растения, их стебли в той или иной степени наклоняются к земле и не возвращаются в вертикальное положение после прекращения этих явлений [105].

Интенсивность полегания обычно оценивается визуально по специально разработанным шкалам. В Голландии используется 10-балльная шкала, в ФРГ и ЧССР 9-балльная, в СССР 5-балльная. Имеются и другие способы оценки интенсивности полегания, в том числе и количественные, но они существенных преимуществ перед указанным выше не имеют, так как основным критерием оценки интенсивности полегания служит угол наклона стеблей в полеглом стеблестое, однако диапазон его изменения слишком велик. Стремление найти математически обоснованные количественные способы измерения интенсивности полегания до сих пор приводило к резкому увеличению трудоемкости работ при измерении параметров полегания. Поэтому на практике такие способы не получили широкого распространения.

На станциях и постах Госкомгидромета СССР, осуществляющих агрометеорологические наблюдения на колхозно-совхозных полях, используют 5-балльную шкалу оценки интенсивности полегания [89], которая имеет следующий вид:

1 балл — очень сильное полегание, посевы не пригодны для машинной уборки без специальных приспособлений;

2 балла — сильное полегание, затрудняющее машинную уборку;

3 балла — полегание в средней степени, не мешающее машинной уборке, но стебли сильно наклонены;

4 балла — полегание в слабой степени, местами;

5 баллов — полегания нет.

Кроме интенсивности полегания оценивается отношение (в процентах) площади с полегшими растениями к площади всего поля. Анализ материалов агрометеорологических наблюдений показал,

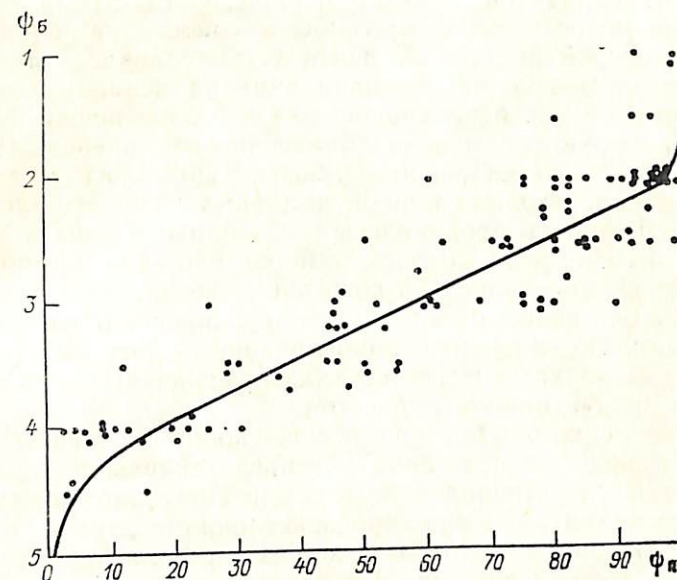


Рис. 1.1. Зависимость между визуальными оценками полегания ячменя, выраженными в баллах (Ψ_b) и в процентах площади с полеглыми растениями (Ψ_p).

что между интенсивностью полегания и площадью с полеглыми посевами существует сравнительно тесная связь [111], которая может быть аппроксимирована логистической функцией (рис. 1.1):

$$\Psi_b = \frac{100}{1 + 10^{0,0036\Psi_p + 1,3277}}, \quad (1.1)$$

где Ψ_b — интенсивность полегания растений, баллы; Ψ_p — площадь поля, занятая полеглыми растениями, %.

Хотя на гидрометстанциях должна отмечаться интенсивность полегания растений в баллах, чаще всего указывается только площадь распространения этого явления, выражаемая в процентах. Поэтому наличие связи между этими величинами имеет важное значение, так как в последующем нам придется пользоваться информацией о полегании, выраженной в одних случаях в бал-

лах, в других — в процентах площади полеглих посевов (в зависимости от того, каким материалом мы будем располагать). При использовании информации о площадях в тексте будет употребляться термин «степень полегания» в отличие от термина «интенсивность полегания», применяемого при количественной характеристике явления, выраженной в баллах.

Влияние агрометеорологических условий на динамику стеблестоя ячменя сортов Винер и Московский 121 исследовалось на Обнинском агрометеорологическом экспериментальном участке. На одном из вариантов опыта в период роста стебля создавались условия недостаточной влагообеспеченности растений. Для этого на некоторой высоте над ними устанавливалось пленочное перекрытие, предотвращающее попадание на делянку атмосферных осадков. Боковое перемещение влаги в слое почвы 0—40 см устранялось также с помощью полиэтиленовой пленки. При наступлении массового колошения укрытие снималось и дальнейшее развитие происходило при оптимальных условиях влагообеспеченности. Для этого проводилось 1—2 полива. Почва в верхних слоях при поливе разжижалась, однако растения не полегли. Это явление не отмечалось до созревания зерна, хотя в этот период выпадали ливневые осадки, часто сопровождавшиеся сильными ветрами. По сравнению с окружающими посевами растения на опытных делянках отличались низкорослостью и небольшой плотностью продуктивного стеблестоя.

В последующих опытах при исследовании биологических потерь урожая зерна от полегания для предотвращения этого явления над посевами устанавливались сетки. При благоприятных агрометеорологических условиях произрастания стеблестой был высокорослым с крупным колосом и хорошо выполненным зерном. Когда перед наступлением полной спелости сетки снимались, растения падали даже в ясный солнечный день при скорости ветра не более 1 м/с. Лишившись дополнительной опоры (сетки), они полегли практически под воздействием только своей собственной массы.

Следовательно, возможность полегания посевов определяется не только наличием таких метеорологических явлений, как сильный ветер, дождь или мокрый снег, но и способностью растений противостоять этим явлениям, т. е. устойчивостью их к полеганию.

Под устойчивостью растений к полеганию мы понимаем способность их противостоять метеорологическим явлениям, вызывающим полегание, и восстанавливать вертикальное положение стебля после прекращения этих явлений. Сильный ветер раскачивает стебли растений, в большей или меньшей степени наклоняет их к земле, но как только он прекращается, стебли опять возвращаются в первоначальное положение. Так будет до тех пор, пока сила ветра не достигнет определенного критического уровня, при котором его воздействие окажется больше, чем упругость стебля. Это приведет к необратимой деформации стебля, т. е. к полеганию.

В годы с обильными осадками в период роста стебля, особенно при пониженных температурах и облачной погоде, в загущенных посевах не только злаковых, но даже таких крупнотельных культур, как кукуруза и подсолнечник, растения отличаются низкой устойчивостью к полеганию и оно отмечается на значительных площадях (рис. 1.2).

Кроме гидрометсети Госкомгидромета СССР, сетью пунктов регулярных наблюдений за полеганием зерновых культур обла-

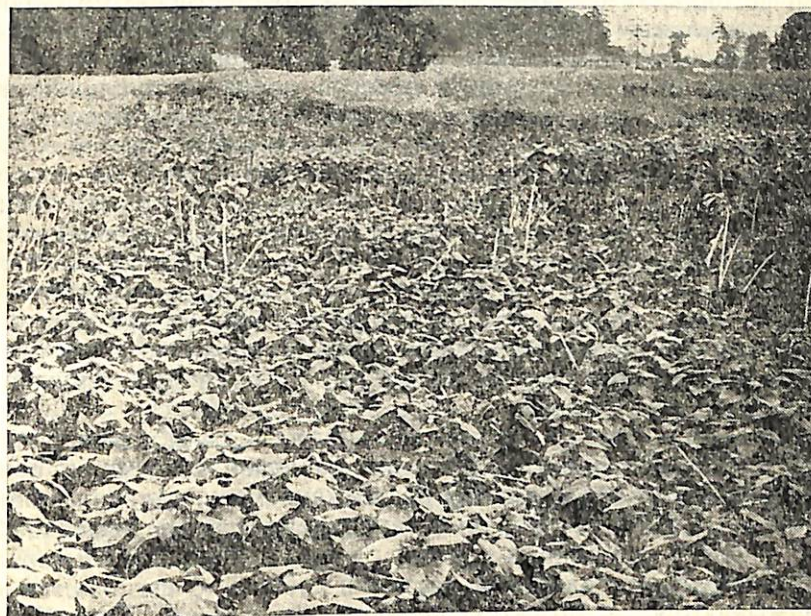


Рис. 1.2. Полеглие посевы подсолнечника в Калужской области.

дает Госсортосеть. В отчетах сортоучастков отмечают устойчивость сортов к полеганию, которая оценивается по пятибалльной шкале [82]:

- 5 баллов — сорта, совсем не полегающие;
- 4 балла — сорта, полегавшие, но выпрямившиеся и полегающие в слабой степени;
- 3 балла — сорта со средней степенью полегания;
- 2 балла — сильно полегающие сорта, машинная уборка которых затруднена;
- 1 балл — сорта, сильно полегающие задолго до уборки и непригодные для машинной уборки.

Оценку устойчивости сортов к полеганию на сортоучастках проводят в день полегания растений или на следующий день, а затем через 5—10 дней. Повторные наблюдения позволяют оценить способность сортов к поднятию после полегания.

Оценки устойчивости к полеганию одного и того же сорта от года к году весьма значительно меняются. Например, у слабоустойчивых сортов диапазон изменения оценок составляет от 1 до 5 баллов. Он определяется в основном характером агрометеорологических условий, так как агротехника при сортоиспытаниях сохраняется сравнительно постоянной.

Следовательно, «оценка устойчивости сортов к полеганию», которая проводится на сортоучастках, и «интенсивность полегания» растений, отмечаемая на гидрометстанциях, при их выражении в баллах являются понятиями тождественными. Однако более правильным термином, по нашему мнению, является «интенсивность полегания», так как именно она определяется при глазомерной оценке состояния посевов после наступления явления полегания. При наблюдениях мы видим само явление, т. е. полегание, а не способность растений противостоять этому явлению. Эту способность, по-видимому, можно было бы каким-то образом измерить, но не увидеть. Поскольку в государственных стандартах на термины оба эти понятия не зафиксированы, в тексте будут использоваться термины «интенсивность полегания» и «устойчивость растений (сортов) к полеганию» точно так же, как их используют в соответствующих ведомствах [82, 89].

Полегание стеблестоя хлебных злаков проявляется в различных формах. В литературе [19, 36, 104, 165 и др.] описано несколько типов полегания.

При первом типе (корневое полегание) растения полегают вследствие слабого сцепления корневой системы с почвой. Обычно это бывает вызвано разжижением почвы при поливах или сильных дождях. В таких случаях полегание может наблюдаться даже у устойчивых сортов.

При корневом полегании растений стебли не изгибаются и не надламываются, а ложатся целиком от корней. Динамические нагрузки метеорологических явлений на верхнюю часть стебля передаются на корни, которые теряют прочную связь с разжиженной почвой и начинают смещаться с прежнего местоположения, а иногда часть их даже разрывается. И. Н. Гальченко [22] писал, что корни многих растений могут на 15—20% удлиниться за счет растяжения, способствуя тем самым корневому полеганию.

По нашему [169] мнению, целесообразно выделить еще один подтип корневого полегания. Он наблюдается при отсутствии или очень слабом развитии у злаков вторичной корневой системы. Полегание растений в этом случае может быть вызвано сильным ветром даже при сухой почве и при отсутствии осадков. Иногда это явление называют ветровал. Отсутствие или слабое развитие вторичной корневой системы у яровых зерновых, а также у проса, бывает преимущественно в южных районах страны при остром недостатке влаги в период кущения—колошение (выметывание). Если в последующем складываются благоприятные условия для формирования и налива зерна, то стеблестой часто полегает.

При втором типе (стеблевое полегание) происходит изгиб, а иногда даже излом соломины у основания вследствие несоответствия между динамическими нагрузками на нижнюю часть стебля и ее прочностью. А. М. Палеев отмечает, что этот тип полегания встречается у всех зерновых культур и чаще всего оно происходит в период выход в трубку — колошение.

А. М. Палеев [104] и С. И. Тризно [165] выделяют еще один подтип стеблевого полегания, который отличается тем, что полегание происходит вследствие надлома соломины в третьем или четвертом междоузлии. Этот вид полегания наблюдается в фазу молочной спелости и происходит в результате частичного распада клеточных оболочек стебля и оттока пластических веществ в зерно.

До колошения (выметывания) злаковых, как правило, наблюдается только стеблевое полегание. В более поздний период встречаются оба типа полегания. Причем полегание может быть как стеблевым или корневым, так и смешанным. В последнем случае часто бывает очень трудно установить, что является первопричиной полегания: недостаточная прочность основания стебля или слаборазвитая корневая система [207].

В литературе [51] вместо термина «корневое» полегание часто используют термин «прикорневое». В обзоре В. Ф. Дорофеева и В. И. Пономарева [36] при классификации полегания (стр. 4) совершенно правильно указывается о наличии двух типов полегания — стеблевого и корневого, но тут же (стр. 5) сообщается: «основными причинами прикорневого полегания являются...». Использование такого термина нельзя признать удачным, так как под прикорневым полеганием можно подразумевать изгиб стебля в нижней прикорневой части.

1.2. Дистанционные методы оценки степени полегания зерновых культур

Помимо рассмотренных выше глазомерных наземных методов оценок степени полегания сельскохозяйственных культур, известны попытки разработать аэровизуальные¹ и дистанционные методы [7, 58, 62, 99 и др.], которые позволили бы существенно повысить производительность и точность измерений. Одним из таких методов является спектрофотометрический — определение степени полегания по измеренным спектральным коэффициентам энергетической яркости (СКЭЯ) посевов зерновых культур [7, 62].

При полегании посевов изменяется структура растительного покрова, следовательно, изменяются условия взаимодействия с ним электромагнитного излучения. Эту закономерность предла-

¹ Руководство по проведению визуальных авиамаршрутных агрометеорологических обследований.— М.: Гидрометеониздат, 1971.— 103 с.

галось использовать для дистанционного определения степени полегания посевов с летательных аппаратов. Однако проведенные исследования не охватывали всего возможного спектра изменений условий освещения, динамики массы, засоренности и т. д. В связи с этим автором в 1974 г. был проведен полевой эксперимент.

В отличие от более ранних исследований, которые проводились на посевах ржи и пшеницы, для этих опытов были выбраны посевы ячменя (сорта Московский 121), возделываемого на дерново-подзолистой суглинистой почве.

Ячмень сеяли в два срока, причем нормы высева варьировались от 1 до 6 млн. всхожих семян на 1 га, а дозы удобрений,

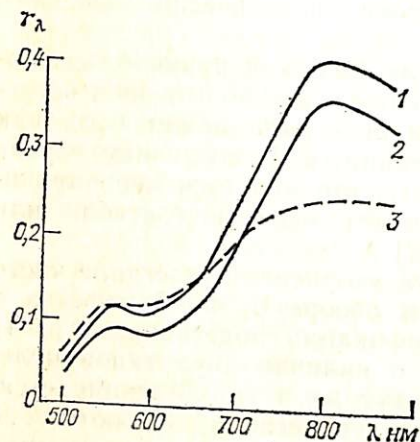


Рис. 1.3. Спектральные коэффициенты энергетической яркости r_{λ} посевов ячменя в конце молочной спелости.

1 — полеглый посев; 2 — неполеглый посев; 3 — почва.

особенно азотных, от 0 до 120 кг действующего вещества (д. в.) на 1 га. Это позволило получить на одном поле участки посевов разной интенсивности полегания, охватывающие весь диапазон ее изменения.

Фотометрирование проводилось полевым линзовым фотометром в направлении нормали к поверхности почвы в шести спектральных интервалах с максимумом на длинах волн 520, 550, 650, 750 и 800 нм. Угол зрения прибора 35° . Часть измерений была проведена спектрофотометром с объективом Юпитер-11. У этого прибора угол зрения составлял 28° . Датчик фотометра устанавливался на высоте 180—190 см от поверхности почвы, т. е. расстояние между ним и верхней границей растительного покрова было не менее 100 см.

Измерения СКЭЯ посевов проводились с 12 до 14 ч при ясном безоблачном небе. Они охватывали период вегетации ячменя от появления нижнего узла соломины над поверхностью почвы до восковой спелости. Всего проведено около 30 серий измерений. В каждой серии измерялись: СКЭЯ эталона, СКЭЯ полеглого участка, СКЭЯ неполеглого участка, расположенного в непосредственной близости (2—3 м) от полеглого.

СКЭЯ полеглого посева в изучаемом диапазоне спектра выше, чем неполеглого (рис. 1.3). Однако при длине волны менее 770—

780 нм эти различия уменьшаются. В этой части спектра иногда наблюдались случаи, когда коэффициенты яркости полеглых посевов были даже ниже коэффициентов яркости неполеглых. Наибольшие различия измеряемых величин достигались на участке спектра 780—850 нм.

В табл. 1.1 даны результаты измерения сырой биомассы фотометрируемых посевов, полученные в начале фазы молочной спелости при фотометрировании в ближнем инфракрасном участке спектра. В этот период СКЭЯ неполеглых посевов не превышали 0,333. Исключение представлял участок 4, который специально был выбран на части поля, сильно засоренной цветущей ромашкой. СКЭЯ полеглых посевов изменялись от 0,395 до 0,442 нм. Они на 20—35 % (в других сериях до 40 %) выше, чем СКЭЯ неполеглых посевов. В то же время сырая биомасса полеглых

Таблица 1.1

Спектральные коэффициенты энергетической яркости и сырая биомасса ячменя при различной интенсивности полегания в фазу молочной спелости

Номер участка	СКЭЯ посева r_{795}	Биомасса, г/м ²	Интенсивность полегания, балл	Номер участка	СКЭЯ посева r_{795}	Биомасса, г/м ²	Интенсивность полегания, балл
Неполеглые посевы				Полеглые посевы			
1	0,308	843	5	5	0,440	2289	4
2	0,327	1041	5	6	0,442	2273	3,5
3	0,333	1198	5	7	0,409	2083	2
4	0,362	1405	5	8	0,395	2727	1,5

посевов примерно на 1000 г/м² превышала сырую биомассу неполеглых. Очень четко прослеживается известная закономерность [56, 61] — увеличение СКЭЯ по мере роста биомассы, однако остается неясным, влияет ли само полегание на СКЭЯ системы почва — растительность.

Для выявления влияния полегания на СКЭЯ почва — растительность на участке поля с выровненным посевом имитировалось полегание растений в различных направлениях и проводилось фотометрирование посевов до и после полегания. Наблюдения показали, что при длине волны $\lambda = 795$ нм СКЭЯ полеглых посевов в среднем на 8—10 % выше, чем неполеглых. В некоторых случаях (при небольшой высоте солнца) эти различия могут быть незначительными, а иногда знак разности может меняться. Так, при полегании растений колосьями на восток в первой половине дня СКЭЯ полеглых посевов направление полегания совпадало с направлением рядков. Но это не могло быть причиной уменьшения СКЭЯ, так как просвечивание почвы в междурядьях при полегании не увеличивалось. Видимо, основной причиной

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5 8
Глава 1. Общие сведения о полегании посевов	—
1.1. Полегание растений и устойчивость их к полеганию	13
1.2. Дистанционные методы оценки степени полегания зерновых культур	18
1.3. Временная изменчивость полегания	22
1.4. Пространственная изменчивость полегания	34
Глава 2. Устойчивость к полеганию	—
2.1. Методы оценки устойчивости растений к полеганию	37
2.2. Влияние морфологических особенностей строения стебля на устойчивость растений к полеганию	44
2.3. Нормы посева и устойчивость к полеганию	52
2.4. Минеральные удобрения и устойчивость к полеганию	57
2.5. Устойчивость к полеганию и урожайность растений нижнего яруса в ярусном стеблестое ячменя	70
2.6. Сравнительная оценка устойчивости к полеганию сортов зерновых культур	75
Глава 3. Влияние параметров стеблестоя на устойчивость зерновых к полеганию	—
3.1. Яровые зерновые (ячмень и пшеница)	87
3.2. Озимые зерновые (пшеница и рожь)	92
Глава 4. Теоретические аспекты процесса полегания растений	94
4.1. Воздействие внешних факторов	99
4.2. Расчеты усилий в стебле, препятствующих полеганию	102
4.3. Устойчивость растений к корневому полеганию	106
Глава 5. Метеорологический режим полеглого посева и биологические потери урожая	—
5.1. Фитометеорологические условия в полеглых посевах ячменя	109
5.2. Биологические потери урожайности при полегании	117
Глава 6. Влияние метеорологических условий на устойчивость растений к полеганию	—
6.1. Яровой ячмень	126
6.2. Яровая пшеница	127
6.3. Озимая пшеница	133
6.4. Озимая рожь	147
Глава 7. Оценка агрометеорологических условий произрастания зерновых культур применительно к формированию устойчивости их к полеганию	—
7.1. Озимая пшеница	142
7.2. Озимая рожь	144
7.3. Яровая пшеница	145
7.4. Яровой ячмень	147
Глава 8. Методы прогноза полегания посевов	148
8.1. Метод прогноза полегания ячменя	151
8.2. Метод прогноза полегания озимой пшеницы	211

Глава 9. Агротехнические приемы снижения потерь урожая от полегания	154
9.1. Подбор устойчивых к полеганию сортов	—
9.2. Качество семян и глубина их заделки	155
9.3. Прикатывание почвы	—
9.4. Предшественники и почвы	156
9.5. Сроки и нормы посева	157
9.6. Удобрения	160
9.7. Прикатывание посевов и подкос	164
9.8. Обработка посевов и семян препаратом тур	167
9.9. Уборка полеглых хлебов	188
Заключение	195
Список литературы	197
Предметный указатель	207