

А. И. КОРОВИН, З. И. КОРОВИНА

ВЛИЯНИЕ ПОНИЖЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВЫ И ЕЕ ВЛАЖНОСТИ В РАЗНЫЕ ПЕРИОДЫ ОНТОГЕНЕЗА НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ

Важную роль в жизни растений на севере играют пониженные температуры почвы, особенно в сочетании с различным ее увлажнением. Об этом имеется немало работ (Коссович, 1903; Радченко, 1940; Дадыкин, 1952; Туманов и Винокур, 1954; Коровин, 1954 и др.). Но, к сожалению, мы еще недостаточно знаем, как пониженные температуры почвы влияют на рост и развитие растений в разные периоды онтогенеза и еще меньше, как проявляется это воздействие в сочетании с различной влажностью почвы, например, в естественных условиях на севере.

Авторами данной статьи проведены опыты с яровой пшеницей Диамант и ячменем Винер. Они осуществлялись на Соликамской сельскохозяйственной опытной станции (1953—1955 гг.) и экспериментальной базе Института биологии Карельского филиала АН СССР (1956 г.) в термоvegetационных домиках. Пониженные температуры почвы ($6-7^{\circ}$, $8-10^{\circ}$) создавались благодаря родниковой воде, температура которой в самый теплый период лета не превышает $+6^{\circ}\text{C}$. Ставя вегетационные сосуды с подопытными растениями в ванны с проточной водой, можно в течение всего вегетационного периода создавать любые температуры почвы, начиная от $+6$, $+7^{\circ}$ и выше.

Для опытов использованы железные сосуды. В них набивалось $8-9$ кг песчаной или суглинистой почвы с многолетней залежи, вносились удобрения — аммиачная селитра, суперфосфат и хлористый калий из расчета $0,5$ г питательного начала (N , P_2O_5 , K_2O) на сосуд. Известь (мел) вносилась по обменной кислотности почвы. Полив проводился ежедневно по весу до 60% от полной влагоемкости почвы или, в зависимости от условий опыта, до 30 или 90% (30% — недостаточное, 90% — повышенное увлажнение). Повторность в опыте трехкратная. Посев осуществлялся сухими семенами; после окончательного прореживания всходов оставлялось 20 растений на сосуд.

Наблюдения за фазами развития, появлением и отмиранием листьев проводились ежедневно во второй половине дня. День появления и отмирания листьев отмечался за один. Площадь листьев определялась умножением длины листа на его ширину (в средней части). Измерения листьев проводились два раза в вегетацию — в период формирования пятого яруса листьев измерялись листья 1, 2 и 3 ярусов и в период после колошения — остальные.

Онтогенез растений делится условно на 4 периода: от посева до 3-го листа (прохождение стадии яровизации); от 3-го листа до трубкования (формирование колосков колоса, прохождение световой стадии); от трубкования до колошения (формирование половых клеток); от колошения до созревания (формирование и созревание зерна).

Влияние пониженной температуры почвы на продолжительность фаз развития тем сильнее, чем ниже температура, чем моложе растение. Ее воздействие проявляется на продолжительность не только первого периода развития, но и последующих. Данные опытов, проведенных в течение четырех лет, показывают, что, несмотря на различие метеорологических условий, общие закономерности неизменно сохраняются.

Пониженная температура почвы в период от посева до третьего листа удлиняет не только продолжительность этой фазы развития растения, но и последующих. В 1955 г. этот период был разделен на два — от посева до всходов и от всходов до третьего листа. Закономерность была точно такой же, т. е. понижение температуры почвы удлинит не только продолжительность указанных выше периодов развития, но и последующих. В период от третьего листа до трубкования влияние пониженной температуры остается сильным. Оно отражается как на продолжительности этой фазы, так и последующих. В последние периоды онтогенеза — от трубкования до колошения и от колошения до созревания — влияние пониженной температуры почвы на процессы развития сказывается очень слабо или практически совсем не проявляется (табл. 1).

Таблица 1

Влияние пониженной температуры почвы (6—7°) в разные периоды онтогенеза на продолжительность межфазных периодов. Яровая пшеница, посев 18 мая 1954 г.

Варианты опыта				Продолжительность воздействия пониженных температур (в днях)	Продолжительность периодов (в днях)						
Периоды					Посев— всходы	Всходы— 3-й лист	3-й лист— трубкование	Трубкование— колошение	Колошение— созревание	Посев— колошение	Посев— созревание
1	2	3	4								
Т	Т	Т	Т	—	5	15	11	19	37	50	87
Х	Т	Т	Т	31	12	19	12	20	46	63	109
Т	Х	Т	Т	23	5	15	23	14	40	57	97
Т	Т	Х	Т	10	5	15	11	20	39	51	90
Т	Т	Т	Х	38	5	15	11	19	38	50	88
Х	Х	Т	Т	48	12	19	17	17	45	65	110
Т	Т	Х	Х	48	5	15	11	20	38	51	89
Т	Х	Х	Т	36	5	15	23	14	40	57	97
Х	Т	Т	Х	31+47	12	19	12	19	47	62	109
Х	Х	Х	Х	127	12	19	17	20	59	68	127

Примечание. *Тепло*—Т—температура почвы 15—20°. *Холод*—Х—температура почвы 6—7°.

Иными словами, влияние пониженной температуры почвы на процессы развития сказывается только в период прохождения растениями стадии яровизации и световой стадии. Здесь влияние температуры почвы сказывается подобно влиянию короткого дня, как это было отмечено Разумовым и Смирновой (1934, 1940).

На севере воздействие пониженных температур почвы в естественных условиях чаще всего проявляется в сочетании с повышенным увлажнением, реже — с недостаточным. Как правило, оно не так велико, как влияние температуры. С увеличением влажности почвы длина вегетационного периода возрастает, а при недостаточном увлажнении — сокращается. Это сказывается тем сильнее, чем выше температура воздуха и почвы, и ослабевает вместе с ее снижением. При температуре почвы 6—7° такого влияния не наблюдается совсем. Так, в опыте с ячменем длина вегетационного периода под влиянием влажности почвы изменилась только в контрольных вариантах, а при постоянно пониженной температуре почвы (6—7°) этот период остался без изменения (табл. 2).

Таблица 2

Влияние влажности почвы при различной ее температуре на длину вегетационного периода ячменя. Посев 7 июня 1954 г.

Увлажнение почвы (% от полной влагоемкости)	Продолжительность периодов (в днях)		
	посев—колошение	колошение—созревание	посев—созревание
Почва без охлаждения (15—20°)			
30 %	42	34	76
60 %	44	37	81
90 %	45	39	84
Почва охлаждена (6—7°)			
30 %	67	46	113
60 %	67	46	113
90 %	68	46	114

В чем же причина различного влияния влажности при различной температуре почвы? На этот вопрос отвечают наши наблюдения за температурой почвы в контрольных вариантах (15—20°). Если в охлажденных вариантах температура при всех градациях влажности была постоянной, то в контрольных сосудах, находившихся без охлаждения на воздухе, температура почвы в зависимости от ее увлажнения была различной. Так, в период колошения (в течение 5 дней) разница температур между крайними вариантами (30% и 90%) в среднем была: в 8 часов 1,5°; в 14 часов 1,1°; в 20 часов 1,8°.

При повышенной влажности почва имела более низкую температуру. Это, по-видимому, и явилось основной причиной изменения длины вегетационного периода, что подтверждается данными других исследователей (Ипполитов и Колясев, 1956).

Наши опыты подтвердили вывод о том, что влияние влажности почвы на продолжительность фаз развития проявляется не прямо, а косвенно, через воздействие влажности на температуру почвы (Лысенко, 1928). При сочетании пониженной температуры почвы с ее различной увлажненностью определяющее влияние оказывает не влажность, а температура. Поэтому влияние этого сочетания в разные периоды онтогенеза не вносит никакого изменения в продолжительность вегетационного периода по сравнению с действием одной пониженной температуры (при одинаковой влажности и температуре воздуха).

Если воздействие пониженной температуры почвы на продолжительность фаз развития сводит как бы на нет влияние влажности почвы, то этого нельзя сказать в отношении процессов роста, процессов формирования урожая. Как температура, так и влажность почвы оказывают большое влияние на все стороны роста, особенно на конечный результат — урожай и его структуру.

На формирование листового аппарата температура почвы влияет только до выхода растений в трубку. Понижение температур в этот период — от посева до всходов, от всходов до третьего листа и от третьего листа до трубкования — задерживает появление листьев, но затем способствует увеличению их длины и ширины. После выхода растений в трубку пониженная температура почвы ускоряет отмирание листьев.

Недостаточное увлажнение (30%) в самый первый период после появления всходов может привести к сокращению числа ярусов листьев на один-два, уменьшает поверхность листовых пластинок. Повышенное увлажнение в это время действует положительно.

Но влияние влажности почвы на всходы во многом изменяется в зависимости от ее температуры. При пониженных температурах отрицательное влияние недостаточного увлажнения значительно ослабевает, не проявляется и положительного воздействия повышенного увлажнения, как при температуре 15—20°.

Как правило, кущение идет менее интенсивно при пониженных температурах почвы, если они наблюдаются в течение всей вегетации. При понижении температуры в отдельные периоды онтогенеза их влияние практически сказывается мало.

Интенсивность кущения снижается также от недостаточного увлажнения и возрастает при его повышении. Если же недостаточное увлажнение почвы сочетается с пониженной температурой, то оно не снижает интенсивности кущения, а повышенное — не стимулирует ее (табл. 3).

Наиболее интересным результатом этих опытов, на наш взгляд, является установленная зависимость между температурой почвы, влажностью, урожаем и его распределением между зерном, соломой и корнями.

При воздействии пониженной температуры почвы, благодаря более продолжительному вегетационному периоду может сформироваться общий урожай даже выше, чем за короткий период вегетации без охлаждения почвы. Но при пониженных температурах всегда снижается доля зерна в урожае и возрастает доля корней. Это в полной мере относится как к случаю воздействия пониженной температуры в течение всей вегетации, так и в ее отдельные периоды, причем в более поздние фазы онтогенеза влияние температуры почвы проявляется сильнее, чем в первые (табл. 4).

Таблица 3

Влияние на интенсивность кущения и высоту растений различного увлажнения почвы в сочетании с пониженными (6—7°) температурами в различные периоды онтогенеза. Ячмень, 1954 г.

Периоды воздействия влажности и пониженной температуры				Коэффициент кустистости		Высота растений во время колошения (см)	Рост растений после колошения (см)
1	2	3	4	общей	продуктивной		
Т	Т	Т	Т	2,5	2,5	70	10
X ⁶⁰	X ⁶⁰	X ⁶⁰	X ⁶⁰	2,1	1,6	75	30
X ⁶⁰	Т	Т	Т	2,8	2,8	80	15
X ⁹⁰	Т	Т	Т	2,4	2,3	80	20
Т	X ³⁰	Т	Т	2,4	2,4	70	15
Т	X ⁹⁰	Т	Т	2,3	2,3	75	20
Т	Т	X ³⁰	Т	3,1	3,0	50	15
Т	Т	X ⁹⁰	Т	2,3	2,2	65	15
Т	Т	Т	X ³⁰	1,6	1,4	70	10
Т	Т	Т	X ⁹⁰	1,6	1,5	70	15
X ³⁰	X ³⁰	X ³⁰	X ³⁰	1,8	0,8	60	15
X ⁹⁰	X ⁹⁰	X ⁹⁰	X ⁹⁰	2,0	1,7	70	35

Примечание. Т—тепло (15—20°) при 60% влажности от полной влагоемкости почвы. X—холод (6—7°) при 30%, 60% и 90% влажности от полной влагоемкости почвы.

Таблица 4

Влияние пониженной (6—7°) температуры почвы в разные периоды онтогенеза на урожай и его распределение между зерном, соломой и корнями. Яровая пшеница, 1954 г.

Варианты опыта				Урожай воздушно-сухой массы (в граммах на сосуд)				Распределение урожая (%) между:		
1	2	3	4	общий	в том числе:			зерном	соломой	корнями
					зерна	соломы	корней			
Т	Т	Т	Т	40,9	14,7	20,5	5,7	36	50	14
X	Т	Т	Т	37,0	13,4	17,7	5,9	36	48	16
Т	X	Т	Т	44,2	15,1	22,2	6,9	34	50	16
Т	Т	X	Т	37,6	9,6	20,5	7,5	26	54	20
Т	Т	Т	X	40,6	11,5	21,8	7,3	28	54	18
X	X	Т	Т	46,9	14,7	24,0	8,2	32	51	17
Т	Т	X	X	38,5	8,4	20,2	9,9	22	52	26
Т	X	X	Т	40,6	13,9	19,8	6,9	34	49	17
X	Т	Т	X	37,6	11,1	17,7	8,8	30	47	23
X	X	X	X	48,4	11,4	25,6	11,4	24	52	24

Как видно из таблицы, влияние пониженной температуры почвы на урожай зерна сказывается отрицательно во все периоды онтогенеза. Исключением из этого правила является период от третьего листа до трубкования (световая стадия развития). Пониженные температуры почвы в этот период не влияют отрицательно на урожай зерна. Скорей всего здесь имеется тенденция к его повышению. Высокие температуры почвы (свыше 20°) во время световой стадии (от третьего листа до трубкования) действуют отрицательно. Это подтверждается наблюдениями за урожаем полевых культур в зависимости от погодных условий. Если в период после всходов стоит жаркая (даже не сухая) погода, то это отрицательно сказывается на урожае яровых культур, и наоборот. Так, в 1948 г. из-за жаркой погоды после появления всходов урожай получен на 9 ц/га ниже, чем в 1949 г. при таких же условиях, исключая температурный фактор в указанный выше период.

В опыте по влиянию „тепла“ на фоне пониженных температур почвы наименьший урожай был получен именно в варианте, где в период от третьего листа до трубкования давалось „тепло“ (табл. 5).

Таблица 5

Влияние „тепла“ (15—20°) на фоне пониженных температур почвы (6—7°) на урожай и его распределение между зерном, соломой и корнями у яровой пшеницы, 1953 г.

Период воздействия „тепла“				Урожай (в граммах на сосуд)			% зерна в урожае	
				общий	в том числе:			
1	2	3	4		зерна	соломы	корней	
X	X	X	X	28,4	5,1	14,3	9,0	18
T	X	X	X	31,1	7,4	14,7	9,0	24
X	T	X	X	25,8	3,2	15,7	6,9	12
X	X	T	X	31,7	8,9	16,6	6,2	28
X	X	X	T	29,9	7,9	16,3	5,7	26
T	T	T	T	33,9	12,3	18,7	2,9	36

Влияние недостаточного и повышенного увлажнения в разные периоды онтогенеза на урожай и его распределение приводится в табл. 6. Недостаточное увлажнение сказывается на урожае отрицательно во все периоды онтогенеза, особенно от трубкования до колошения, формирования и созревания зерна. Влияние повышенной влажности во все периоды положительно, но оно проявляется довольно слабо по сравнению с контролем. Только повышенное увлажнение в течение всей вегетации дает значительную прибавку урожая.

Если же недостаточное или повышенное увлажнение почвы сочетается с ее пониженными температурами (6—7°), то это сказывается отрицательно (табл. 7) и сильнее проявляется после трубкования, особенно после колошения. При этом отрицательное влияние недостатка влаги несколько ослабевает, а положительное воздействие

Таблица 6

Влияние недостаточного и повышенного увлажнения почвы в разные периоды онтогенеза на урожай и его распределение между зерном, соломой и корнями. Яровая пшеница, 1954 г.

Периоды онтогенеза				Продолжительность воздействия (в днях)	Урожай воздушно-сухой массы (в граммах на сосуд)				Доля зерна в урожае (%)
1	2	3	4		общий	в том числе:			
						зерна	соломы	корней	
60	60	60	60	—	55,6	17,9	33,0	4,7	32
30	60	60	60	16	55,0	19,2	31,5	4,3	35
90	60	60	60	14	56,8	19,3	32,2	5,3	34
60	30	60	60	25	43,0	15,2	24,2	3,6	35
60	90	60	60	12	56,6	17,0	33,8	5,8	30
60	60	30	60	15	37,1	12,6	20,9	3,6	34
60	60	90	60	15	60,5	18,4	37,4	4,7	30
60	60	60	30	28	42,5	10,9	27,5	4,1	26
60	60	60	90	31	61,8	19,5	34,5	7,8	32
30	30	30	30	77	24,0	9,0	13,3	1,7	38
90	90	90	90	85	78,6	23,1	46,2	9,3	29

Таблица 7

Влияние на урожай недостаточного и повышенного увлажнения в сочетании с пониженными температурами почвы в разные периоды онтогенеза. Ячмень, 1954 г.

Периоды онтогенеза				Продолжительность воздействия (в днях)	Урожай воздушно-сухой массы (в граммах на сосуд)				Доля зерна в урожае (%)
1	2	3	4		общий	в том числе:			
						зерна	соломы	корней	
60	60	60	60	—	50,2	22,7	21,4	6,1	45
60x	60x	60x	60x	111	44,5	11,4	23,5	9,6	26
30x	60x	60	60	26	51,8	20,5	25,9	5,4	40
90x	60x	60	60	26	45,9	17,9	22,9	5,1	39
60	30x	60	60	18	51,3	20,4	23,0	7,9	40
60	90x	60	60	18	51,3	19,7	22,2	9,4	38
60	60	30x	60	20	44,7	13,5	23,2	8,0	30
60	60	90x	60	20	50,3	19,1	23,5	7,7	38
60	60	60	30x	35	38,9	14,8	16,9	7,2	38
60	60	60	90x	35	38,0	16,7	14,3	7,0	44
30	30	30	30	—	25,6	11,2	11,8	2,6	44
30x	30x	30x	30x	113	25,7	5,3	12,1	8,3	21
90	90	90	90	—	49,1	21,4	22,5	5,2	44
90x	90x	90x	90x	116	47,0	11,0	25,2	10,8	23

повышенного увлажнения снижается и часто становится отрицательным. Следовательно, влияние влажности почвы проявляется по-разному, в зависимости от температуры.

С понижением температуры почвы растения лучше переносят недостаточное увлажнение и хуже — повышенное. Исключением является период от трубоквания до колошения, период формирования растением половых клеток, когда отрицательное влияние недостаточного увлажнения при пониженных температурах не ослабевает, а даже усиливается. Повышенное увлажнение в это время смягчает отрицательное влияние пониженных температур. Во все другие периоды повышенное увлажнение сказывается более отрицательно на урожае зерна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании разобранных выше экспериментального материала можно убедиться, что температура почвы и ее влажность существенно влияют как на процессы развития, так и роста. Это сказывается по-разному, в зависимости от периода онтогенеза растений.

С понижением температуры почвы ниже 10° стадийные процессы идут замедленно, длина вегетационного периода возрастает. Это влияние сильнее в первые периоды онтогенеза вплоть до окончания световой стадии развития (выход в трубку). В дальнейшем влияние температуры почвы на процессы развития сказывается слабо.

Воздействие температуры в какой-либо период онтогенеза до выхода растений в трубку сказывается не только на продолжительности этого периода, но и последующих, т. е. накладывает отпечаток на весь вегетационный период.

Влажность почвы влияет на процессы развития растения не прямо, а косвенно, через изменение температуры почвы. При сочетании различной влажности почвы с пониженными температурами процессы развития идут так же, как и при воздействии только температуры.

При пониженных температурах почвы (ниже 10°) в течение всего вегетационного периода интенсивность процессов роста снижается, изменяется соотношение между зерном, соломой и корнями в сторону снижения урожая зерна и увеличения урожая корней. При пониженной температуре почвы в отдельные периоды онтогенеза ее влияние на урожай тем сильнее, чем старше растение, и наоборот. При этом обычно также снижается урожай зерна и увеличивается урожай корней. Только в период световой стадии, когда идет формирование колоса, урожай зерна не снижается, а, как правило, увеличивается, т. к. формирование колоса идет дольше и при более развитых корнях и листьях.

Во все периоды онтогенеза недостаточное увлажнение почвы снижает урожай, а повышенное — увеличивает его.

При сочетании недостаточного и избыточного увлажнения с пониженной температурой отрицательное влияние недостатка влаги смягчается, а положительное влияние повышенного увлажнения не проявляется или меняется на отрицательное. Иными словами, влажность почвы, ее положительное и отрицательное влияние изменяются в зависимости от ее температуры. С увеличением температуры почвы возрастает эффективность повышенного увлажнения, и наоборот.

ЛИТЕРАТУРА

- Коссович П. С. Развитие корней в зависимости от температуры почвы в первый период роста растений. Журн. опытной агрономии, кн. 4, 1903.
- Радченко С. И. Влияние температурного градиента на рост и развитие высших растений. Экспериментальная ботаника, сер. 4, вып. 4, 1940.
- Дадыкин В. П. О водном режиме и питании растений на холодных почвах. ДАН СССР, т. 70, вып. 6, 1950.
- Дадыкин В. П. Особенности поведения растений на холодных почвах. Изд. АН СССР, М., 1952.
- Туманов И. И., Винокур Р. Л. Влияние температуры почвы на рост и перезимовку деревьев лимона. Физиология растений, т. 1, вып. 1, 1954.
- Коровин А. И., Дохунаев В. Н. Некоторые данные о корневых системах растений в районе г. Якутска. Уч. зап. Якутского пединститута, Якутск, 1954.
- Коровин А. И. Влияние пониженной температуры почвы на формирование урожая яровой пшеницы. ДАН СССР, т. 94, № 6, 1954.
- Разумов В. И. Яровизация с/х растений на Крайнем Севере. Проблемы северного растениеводства, вып. 4, 1934.
- Разумов В. И., Смирнова М. И. Значение летнего ночного периода суток в полярных районах для развития растений. Вестник соц. растениеводства, № 1, 1940.
- Лысенко Т. Д. Влияние термического фактора на продолжительность фаз развития. Тр. Азербайджанской селекционной станции им. Орджоникидзе в г. Гандже, вып. 3, 1928.
- Ипполитов Д. В., Колясев Ф. Е. Влияние малых изменений температуры почвы на развитие и урожай зерновых культур. Ботанический журнал, том. 41, № 5, 1956.