

**О РЕГУЛИРОВАНИИ ВОДНОГО РЕЖИМА ЧЕРНОЗЕМА
ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМЫХ КУЛЬТУР В ЦЕЛЯХ ЛИКВИДАЦИИ ДЕФИЦИТА ВЛАГИ****ON THE REGULATION OF CHERNOZEM WATER REGIME DURING WINTER CROP CULTIVATION
TO ELIMINATE MOISTURE DEFICIENCY**

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, рожь, плотность, водные свойства, общие и продуктивные запасы влаги, водный дефицит, орошение, поливные нормы.

Особенности возделывания озимой ржи в районах с низким ГТК указывают на то, что в годы с малым количеством атмосферной влаги условия для нормального развития растений отсутствуют. Поэтому для увеличения урожайности ржи все приемы должны обеспечивать ликвидацию дефицита почвенной влаги посредством влагозарядки и поливов в течение вегетации. В 2001 г. в июне выпало малое количество дождей, поэтому к началу июля сложилась негативная ситуация, при которой слой почвы 0-20 см под рожью был увлажнен только до 14,3 мм. В июле озимая рожь также испытывала недостаток увлажнения. Поэтому было необходимо использовать орошение поливными нормами от 507 до 340 т/га в пахотном горизонте чернозема. Осадки летнего периода 2002 г. обеспечили увлажнение пахотного горизонта, поэтому в июне почвенные условия для ржи были оптимальными. Но уже в июле запасы влаги резко снизились, а в середине августа явно обозначился дефицит почвенной влаги для 20-сантиметрового слоя в размере 34,5 мм. Лето 2003 г. было засушливым, поэтому условия увлажнения в профиле чернозема вновь оказались дискомфортными для растений. Уже к концу июня дефицит продуктивной влаги составил 24,4 мм, а к середине июля и до конца вегетации находился в пределах 35-40 мм, что требовало применения орошения поливной нормой не менее 350 т/га.

Keywords: leached chernozem, rye, density, water properties, total and available moisture reserves, water deficiency, irrigation, irrigation rates.

The peculiarities of winter rye cultivation in the areas with low hydrothermal index indicate that on years with low amount of atmospheric moisture, there are no conditions for normal plant development. In order to increase the yields of rye, all techniques must ensure the elimination of the soil moisture deficiency through water-charging irrigation and irrigation during the growing season. In 2001, there was a small amount of rain in June, and therefore, by the beginning of July, a negative situation had developed when the soil layer of 0-20 cm under rye was moistened only to 14.3 mm. In July, winter rye also lacked moisture. Therefore, the irrigation with the rates from 507 to 340 t ha in the arable horizon of chernozem was required. The summer precipitation of 2002 provided moisture to the arable horizon, so in June the soil conditions for rye were optimal. But already in July, the soil moisture storage dropped dramatically, and in mid-August there was clearly a shortage of soil moisture for 20 cm layer as much as 34.5 mm. The summer of 2003 was dry, so the moisture conditions in the profile of the chernozem were again uncomfortable for plants. By the end of June, the deficiency of available moisture was 24.4 mm, and by mid-July and until the end of the growing season it was within 35-40 mm, and that required the irrigation at the rate of 350 t ha at least.

Макарычев Сергей Владимирович, д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: Makarychev1949@mail.ru.

Makarychev Sergey Vladimirovich, Dr. Bio. Sci., Prof., Chair of Geodesy, Physics and Engineering Structures, Altai State Agricultural University, e-mail: Makarychev1949@mail.ru.

Введение

Хлеб – основной пищевой продукт, поэтому увеличение производства зерна является главной задачей земледелия и растениеводства. Но такие зерновые культуры, как рожь и пшеница очень требовательны к плодородию и агрофизическим свойствам почвы [1, 2]. Поэтому основным условием производства максимального

количества зерна является создание оптимальных режимов влаги и тепла в генетических горизонтах почвенного профиля.

Именно гидротермический режим обуславливает питание растений, жизнедеятельность почвенной фауны, а также влияет на рост и развитие их корневой системы и в целом на урожайность. До сих пор в полной мере не изучено

влияние различных сельскохозяйственных культур на усвоение и распространение влаги и тепла в почвенной толще, а также обратный процесс воздействия водных и тепловых ресурсов на развитие растений [3]. Поэтому исследование гидротермических режимов потенциально плодородных чернозёмов Алтайского края во взаимосвязи с технологией и агромелиоративными приемами возделывания зерновых культур весьма актуальны.

Озимая рожь – одна из основных зерновых культур. Она хорошо может использовать запасы влаги в почве как осенью, так и весной, рано созревает, в меньшей степени подвержена недостатку влаги летом. Тем не менее главной причиной недобора урожая зерна озимой ржи выступает дефицит почвенной влаги во время посева. В результате семена задерживаются в прорастании, что приводит к запоздалым и изреженным всходам. В летнее время рожь при недостатке влагосодержания плохо кустится, отстает в росте, что снижает ее продуктивность. В результате агроприемы по выращиванию озимой ржи в условиях Алтайского края должны быть направлены на создание запасов влаги в почве на основе использования гидромелиораций.

Особенности возделывания озимой ржи в районах с малым гидротермическим коэффициентом (ГТК) указывают на то, что при значительном количестве осадков осенью и высоком снежном покрове к весне урожайность этой культуры довольно велика [4]. Но в годы с малым количеством атмосферной влаги условия для нормального развития растений отсутствуют. Поэтому для увеличения урожайности ржи все приемы должны обеспечивать ликвидацию дефицита почвенной влаги посредством способов обработки почвы, влагозарядки и поливов в течение вегетации.

Объекты и методы

Целью работы является изучение водного режима в почве при возделывании озимой ржи и расчете поливных норм при возникновении де-

фицита почвенной влаги. В качестве объектов исследований были выбраны чернозем выщелоченный и озимая рожь сорта Элита.

В работе использованы электротермометры и зонды для определения температуры и тепловых свойств почв [5-7]. Влагосодержание в почве измерялось с помощью весового метода [8]. Исследования проводились в условиях стационара Алтайского ГАУ в 2001-2003 гг.

Результаты исследований

Озимая рожь – перекрестноопыляющееся растение. Оптимальная температура прорастания 6-12°C. Кустится осенью, зимостойка и морозостойка. От прорастания семян до их созревания нужно 1800°C. Эта зерновая культура более требовательна к влаге, чем пшеница, ее транспирационный коэффициент составляет 340-420. Максимальную потребность в воде рожь проявляет осенью во время кущения, а также летом в фазу выхода в трубку и колошения [4]. Благодаря мощной корневой системе и ее усваивающей способности озимая рожь обеспечивает себя элементами питания и влагой даже на песчаных дерново-подзолистых почвах. Но вместе с тем она хорошо отзывается на удобрения и повышение плодородия почвы [1, 2].

Профиль исследованных выщелоченных чернозёмов слоистый. При этом пахотный горизонт представлен средним суглинком. Гор. А легкосуглинистый, а иллювиальный – тяжелый суглинок. Почвообразующая порода сформирована на лёссах, поэтому нижележащие горизонты легкосуглинистые. Черноземы содержат большое количество илистой фракции. В пахотном слое ее доля достигает 42,9%, постепенно снижаясь до 24,2% в иллювиальном горизонте, а ниже – до 15-20%. В профиле чернозема имеется довольно много песка и крупной пыли.

Плотность сложения пахотного слоя равна 1,06 г/см³, а при переходе к почвообразующей породе возрастает до 1,50 г/см³. Плотность твердой фазы составляет 2,44-2,70 г/см³. Черноземы в пахотном горизонте содержат около

4% гумуса, а в иллювиальном – не более 1% [9, 10].

Все вышеперечисленные общезначимые показатели определили величины гидрологических постоянных, представленных в таблице 1.

Таблица 1
Мощность генетических горизонтов (см), плотность сложения (г/см³), влажность завядания (ВЗ, мм), наименьшая влагоемкость (НВ, мм) и полная влагоемкость (ПВ, мм) чернозема выщелоченного

Горизонт	Мощность	Плотность	ВЗ	НВ	ПВ
А _п	0-20	1,06	19,5	60,6	53,1
А	20-39	1,14	13,2	39,9	48,3
В	39-62	1,36	28,8	82,9	35,6
ВС	62-80	1,49	14,5	47,5	30,4
С _к	80-100	1,54	17,6	55,4	28,4

Примечание. В работе использованы данные влажности, полученные С. В. Величкиной.

При этом влажность завядания рассчитана в соответствии с формулой $VZ=1,35 MГ$, полная влагоемкость найдена из соотношений плотностей почвы, наименьшая влагоемкость взята из базы данных С.В. Макарычева [11].

Значения гидрологических констант в профиле чернозема сильно дифференцированы, что обусловлено плотностью горизонтов и их мощностью. При сравнении ВЗ и НВ заметно, что чернозем выщелоченный обладает значительным диапазоном активной влаги (ДАВ). В гумусовом слое он составляет 41,1 мм, а в почвообразующей породе – 37,8 мм.

Тепловой режим почвы определяет прежде всего атмосферный климат. Кроме того, он зависит от теплофизических свойств, которые в совокупности с водно-физическими показателями в немалой степени формируют процессы распространения и аккумуляции тепла и влаги в почвенном профиле.

В агроклиматическом плане зерновые культуры за годы исследований довольно хорошо снабжались теплом. Так, сумма суточных тем-

ператур воздуха более 10°C в течение вегетации в 2001 г. составила 2571°C, а в 2002 г. – 2446°C. При этом величина осадков за то же время оказалась равной 190,7 и 228,8 мм соответственно.

По сравнению с зимним периодом 2001-2002 гг., когда сумма температур за декабрь-февраль равнялась -966,1°C, зимой 2002-2003 гг. – -1274,6°C. За годы наблюдений самым жарким был август 2001 г., при котором сумма температур превысила 600,0°C, тогда как летом 2002 г. не превышала в среднем 548,5°C.

Известно, что одним из основных условий роста и развития растений является влага [12, 13], особенно в зоне, характеризующейся ее дефицитом. При этом главное значение в формировании урожая ржи имеют ПЗВ (продуктивные запасы влаги) в почве, запасенные к началу вегетации [14].

Определение сроков полива должно быть обеспечено достоверными натурными наблюдениями, предполагающими приборный контроль над влажностью генетических горизонтов профиля чернозема. Вегетационные поливы, определяемые фазами развития растений, не всегда формируют оптимальное влагосодержание в корнеобитаемом слое почвы, что не обеспечивает необходимые условия для большого урожая. Так, в засушливые годы уже через 10-12 дней после орошения в почве создается дефицит доступной влаги.

Проведение дождевания в течение вегетации особенно необходимо, чтобы в фенологические фазы влажность почвы в корнеобитаемом слое не опускалась ниже 0,75НВ. Естественно, что потребность во влаге увеличивается в связи с нарастанием массы растений ржи, поэтому поливные нормы могут возрастать при совпадении с фазами колошения, цветения и созревания. Именно в эти сроки озимая рожь очень чувствительна к дефициту влаги в пахотном слое.

В таблице 2 представлены результаты определения общих и продуктивных запасов влаги за годы исследований.

Общие (числитель), продуктивные (знаменатель) запасы влаги, мм, и дефицит воды в слое 0-20 см (Δ , мм) в 2001-2003 гг.

Срок h, см	2001 г.		2002 г.			2003 г.		
	3-4 июля	23-24 июля	16-17 июня	15-17 июля	18-19 августа	26-27 июня	16-17 июля	10-11 сентября
0-20	$\frac{14,3}{-5,2}$	$\frac{30,5}{11,0}$	$\frac{60,3}{40,8}$	$\frac{55,9}{36,4}$	$\frac{30,5}{11,0}$	$\frac{40,6}{21,1}$	$\frac{25,6}{6,1}$	$\frac{30,3}{10,8}$
Δ	50,7	34,5	4,7	9,4	34,5	24,4	39,4	34,7
0-50	$\frac{31,8}{-15,9}$	$\frac{62,3}{14,6}$	$\frac{137,0}{89,3}$	$\frac{117,0}{69,3}$	$\frac{93,8}{46,1}$	$\frac{71,5}{23,8}$	$\frac{64,9}{17,2}$	$\frac{68,3}{20,6}$
0-100	$\frac{51,9}{-44,4}$	$\frac{76,0}{-20,3}$	$\frac{183,0}{86,7}$	$\frac{160,0}{63,7}$	$\frac{130,0}{33,7}$	Не определялись		

В 2001 г. в июне выпало мало дождей, поэтому к началу июля сложилась негативная ситуация, при которой слой почвы 0-50 см под рожью был увлажнен только до 31,8 мм, а в верхнем 20-сантиметровом слое осталось всего 14,3 мм. В середине июля прошли дожди, что увеличило увлажнение по всему почвенному профилю (табл. 2). Лето 2002 г. оказалось довольно влажным, но 2003 г. – засушливым.

Анализируя данные таблицы 2, можно сделать вывод о значительном дефиците почвенной влаги в начале июня 2001 г., когда ее содержание опустилось ниже влажности завядания. В июле озимая рожь также испытывала недостаток увлажнения. В этом случае было необходимо использовать оросительные мелиорации, причем июньская поливная норма составила бы 507 т/га только в пахотном горизонте чернозема. В середине лета требовалось орошение в количестве 345 т/га, тем не менее оно не проводилось, поэтому урожай не превысил 1,2 т/га, что для озимой ржи крайне мало. Нужно отметить, что в 2001 г. иссушение почвы наблюдалось по всему профилю, поэтому продуктивные запасы влаги даже в метровом слое почвы оказались отрицательными и не могли обеспечить оптимальный рост и развитие растений ржи.

Значительные осадки в течение вегетационного периода 2002 г. обеспечили увлажнение пахотного горизонта чернозема до приемлемых

значений. Согласно шкале А.Ф. Вадюниной [8], если доступные влагозапасы в слое 0-20 см превышают 40 мм, то они квалифицируются как «хорошие», поэтому в июне почвенные условия для ржи можно назвать «оптимальными». Уже в июле запасы влаги стали «удовлетворительными», поэтому был бы очень полезен полив объемом до 10 т/га. В середине августа явно обозначился дефицит почвенной влаги для 20-сантиметрового слоя в размере 34,5 мм, т.е. ПЗВ стали «неудовлетворительными», и требовался полив. Но вегетация озимой ржи заканчивалась, начиналась уборка, поэтому орошение не состоялось.

Лето 2003 г. оказалось засушливым, поэтому условия увлажнения в профиле чернозема вновь оказались дискомфортными для растений. Уже к концу июня дефицит продуктивной влаги составил 24,4 мм, а к середине июля и до конца вегетации находился в пределах 35-40 мм, что требовало применения орошения поливной нормой не менее 350 т/га. Поскольку этого сделано не было, урожайность ржи оказалась невысокой.

В заключение следует отметить, что, несмотря на давность проведенных исследований, подход к обеспечению достойных урожаев зерновых культур при использовании орошения остался весьма актуальным. Это обусловлено тем, что в черноземной зоне Алтайского края

гидромелиорации практически отсутствуют, хотя климатические условия в последнее время становятся неблагоприятными с точки зрения повышения летних температур и снижения атмосферных осадков.

Выводы

1. Сумма суточных температур воздуха более 10°C в течение вегетации в 2001 г. составила 2571°C, а в 2002 г. – только 2446°C. При этом величина осадков оказалась равной 190,7 и 228,8 мм соответственно. За годы наблюдений самым жарким был август 2001 г., при котором сумма температур превысила 600,0°C, тогда как летом 2002 г. не превышала в среднем 548,5°C.

2. Определение сроков поливов должно быть обеспечено достоверными натурными наблюдениями, предполагающими приборный контроль над влажностью генетических горизонтов чернозема. Вегетационные поливы, определяемые фазами развития растений, не всегда формируют оптимальное влагосодержание в почве.

3. Проведение дождевания в течение вегетации особенно необходимо, чтобы в фенологические фазы влажность почвы в корнеобитаемом слое не опускалась ниже 0,75 НВ. Естественно, что потребность во влаге увеличивается в связи с нарастанием массы растений ржи, поэтому поливные нормы могут с течением вегетации возрастать.

4. В начале июня 2001 г. имел место значительный дефицит почвенной влаги, когда ее содержание опустилось ниже влажности завядания. В июле озимая рожь также испытывала недостаток увлажнения. В этом случае было необходимо использовать оросительные мелиорации, причем июньская поливная норма составила бы 507 т/га только в пахотном горизонте чернозема.

5. Осадки летнего периода 2002 г. обеспечили увлажнение пахотного горизонта чернозема, поэтому в июне почвенные условия для ржи были оптимальными. Но уже в июле запасы влаги

резко снизились, а в середине августа явно обозначился дефицит почвенной влаги для 20-сантиметрового слоя в размере 34,5 мм.

6. Лето 2003 г. было засушливым, поэтому условия увлажнения в профиле чернозема вновь оказались дискомфортными для растений. Уже к концу июня дефицит продуктивной влаги составил 24,4 мм, а к середине июля и до конца вегетации находился в пределах 35-40 мм, что требовало применения орошения поливной нормой не менее 350 т/га.

Библиографический список

1. Бурлакова, Л. М. Плодородие Алтайских черноземов в системе агроценоза / Л. М. Бурлакова. – Новосибирск: Наука СО, 1984. – 198 с. – Текст: непосредственный.
2. Трофимов, И. Т. Использование дефеката для известкования почв Западной Сибири / И. Т. Трофимов, С. В. Макарычев, А. Н. Иванов. – Текст: непосредственный // Плодородие. – 2006. – № 4 (31). – С. 15-16. – Текст: непосредственный.
3. Макарычев, С. В. Особенности теплофизического состояния пахотных выщелоченных черноземов Приобья / С. В. Макарычев. – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2007. – № 8. – С. 949-953.
4. Кондрашова, А. А. Ресурсосберегающая технология возделывания ржи при орошении / А. А. Кондрашова. – Текст: непосредственный // Молодежь 21 века: шаг в будущее: материалы X региональной межвузовской конференции. – Благовещенск: Изд-во Поли-М, 2009. – Кн. 3. – С. 193-195.
5. Определение профильного распределения температуры почвы на основании температуры ее поверхности / Е. В. Шеин, А. Г. Болотов, М. А. Мазиров, А. И. Мартынов. – Текст: непосредственный // Земледелие. – 2018. – № 7. – С. 26-29.
6. Моделирование теплового режима почвы по амплитуде температуры приземного воздуха / Е. В. Шеин, А. Г. Болотов, М. А. Мазиров,

А. И. Мартынов. – Текст: непосредственный // Земледелие. – 2017. – № 7. – С. 26-28.

7. Макарычев, С. В. Система термостатирования для исследования теплофизических свойств почв / С. В. Макарычев, Ю. В. Беховых, А. Г. Болотов. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 6. – С. 23-27.

8. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почвы / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 416 с. – Текст: непосредственный.

9. Величина, С. В. Влияние сельскохозяйственных культур на гидротермический режим чернозема выщелоченного в условиях Алтайского Приобья / С. В. Величина. – Текст: непосредственный // Научное обеспечение устойчивого развития АПК в Сибири: материалы конференции молодых ученых. Часть II. – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 2004. – С. 21-23.

10. Величина, С. В. Влияние способа обработки зерновых культур на динамику температуры в чернозёмах выщелоченных Алтайского Приобья / С. В. Величина. – Текст: непосредственный // Вестник БГПУ. – 2004. – № 4. – С. 90-92.

11. Макарычев, С. В. Послепожарные изменения почв и особенности флоры гарей равнинных сосновых лесов Алтайского края / С. В. Макарычев, А. А. Малиновских, Ю. В. Беховых. – Текст: непосредственный // Ползуновский вестник. – 2011. – № 4-2. – С. 107-110.

12. Bolotov A.G., Shein E.V., Makarychev S.V. (2019). Water retention capacity of soils in the Altai Region. *Eurasian Soil Sci.* 52 (2): 187-192.

13. Болотов, А. Г. Вододерживающая способность почв Алтайского края / А. Г. Болотов, Е. В. Шейн, С. В. Макарычев. – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 2019. – № 2. – С. 212-219.

14. Роде, А. А. Основы учения о почвенной влаге / А. А. Роде. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1965. – 663 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Burlakova L.M. Plodorodie Altayskikh chernozemov v sisteme agrotsenoza. – Novosibirsk: Nauka SO, 1984. – 198 s.

2. Trofimov I.T. Ispolzovanie defekata dlya izvestkovaniya pochv Zapadnoy Sibiri / I.T. Trofimov, S.V. Makarychev, A.N. Ivanov // Plodorodie. – 2006. – No. 4 (31). – S. 15-16.

3. Makarychev S.V. Osobennosti teplofizicheskogo sostoyaniya pakhotnykh vyshchelochennykh chernozemov Priobya // Pochvovedenie. – 2007. – No. 8. – S. 949-953.

4. Kondrashova, A.A. Resursosberegayushchaya tekhnologiya vozdeystviya rzhii pri oroshenii // Molodezh 21 Veka: shag v budushchee. – Materialy Kh regionalnoy mezhvuzovskoy konferentsii. – Blagoveshchensk: Izd-vo Poli-M, 2009. – Kn. 3. – С. 193-195.

5. Shein E.V. Opredelenie profilnogo raspredeleniya temperatury pochvy na osnovanii temperatury ee poverkhnosti / E.V. Shein, A.G. Bolotov, M.A. Mazirov, A.I. Martynov // Zemledelie. – 2018. – No. 7. – S. 26-29.

6. Shein E.V. Modelirovanie teplovogo rezhima pochvy po amplitude temperatury prizemnogo vozdukha / E.V. Shein, A.G. Bolotov, M.A. Mazirov, A.I. Martynov // Zemledelie. – 2017. – No. 7. – S. 26-28.

7. Makarychev S.V. Sistema termostatirovaniya dlya issledovaniya teplofizicheskikh svoystv pochv / S.V. Makarychev, Yu.V. Bekhovykh, A.G. Bolotov // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2010. – No. 6. – S. 23-27.

8. Vadyunina A.F. Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochvy / A.F. Vadyunina, Z.A. Korchagina. – Moskva: Agropromizdat, 1986. – 416 s.

9. Velichkina S.V. Vliyanie selskokhozyaystvennykh kultur na gidrotermicheskiy rezhim chernozema vyshchelochennogo v usloviyakh Altayskogo Priobya // Materialy konf. molodykh uchennykh «Nauchnoe obespechenie ustoychivogo

razvitiy APK v Sibiri». Chast II. – Ulan-Ude: Izd-vo BGSKhA, 2004. – S. 21-23.

10. Velichkina S.V. Vliyanie sposoba obrabotki zernovykh kultur na dinamiku temperatury v chernozemakh vyshchelochennykh Altayskogo Priobya // Vestnik BGPU. – 2004 – No. 4. – S. 90-92.

11. Makarychev S.V. Poslepozharnye izmeneniya pochv i osobennosti flory garey ravninykh sosnovykh lesov Altayskogo kraya / S.V. Makarychev, A.A. Malinovskikh, Yu.V. Be-

khovykh // Polzunovskiy vestnik. – 2011. – No. 4-2. – S. 107-110.

12. Bolotov A.G., Shein E.V., Makarychev S.V. (2019). Water retention capacity of soils in the Altai Region. *Eurasian Soil Sci.* 52 (2): 187-192.

13. Bolotov A.G. Vodouderzhivayushchaya sposobnost pochv Altayskogo kraya / A.G. Bolotov, E.V. Shein, S.V. Makarychev. – Pochvovedenie. – 2019. – No. 2. – S. 212-219.

14. Rode A.A. Osnovy ucheniya o pochvennoy vlage. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1965. – 663 s.

