

АГРОЭКОЛОГИЯ

УДК 633.853.494"321":631.432:631.8

С.В. Гольцман, Н.А. Рендов,
Т.В. Горбачева, Е.В. Некрасова
S.V. Holzman, N.A. Rendov,
T.V. Gorbacheva, Ye.V. Nekrasova

ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ В ПОСЕВАХ ЯРОВОГО РАПСА ПРИ РАЗНОМ УРОВНЕ ХИМИЗАЦИИ

SOIL WATER REGIME IN SPRING RAPE CROPS AT DIFFERENT LEVELS OF CHEMICALIZATION

Ключевые слова: яровой рапс, коэффициент водопотребления, гербициды, инсектициды, удобрения, урожайность маслосемян.

Опыты проводились в 2013–2016 гг. на полях ИП «Гольцман С.В.», расположенных в южной лесостепи Омской области. Яровой рапс сорта Хайлайт высевали во второй декаде мая по 2 млн всхожих семян на 1 га. Из средств химизации применяли аммофос, баковую смесь гербицидов Галера и Футоре Ультра, протравитель Модесто при инкрустации семян, инсектициды Бискайя и Децис Эксперт. Рапс возделывали в севообороте со схемой: горох – пшеница – ячмень – рапс – пшеница. В 2013–2014 гг. за 5 дней перед посевом поля обрабатывали гербицидом сплошного действия (Глифор – 3,0 л/га). В 2015–2016 гг. перед посевом проводили культивацию. Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы перед посевом были хорошие (2014, 2015 гг.) и очень хорошие (2013, 2016 гг.). Подобная характеристика была и для пахотного слоя, в том числе верхнего десятисантиметрового. За вегетационный период запасы доступной влаги снижались до удовлетворительного уровня при различии между вариантами в пределах 10 мм. Продуктивнее влага расходовалась при комплексной защите растений рапса на фоне удобрений. На 1 т маслосемян затрачивалось в среднем за четыре года 1199 т воды, что меньше контрольного варианта на 60,9%.

Keywords: spring rape, water-use ratio, herbicides, insecticides, fertilizers, oilseed yield.

The studies were conducted on the fields of the farm IP "Goltsman S.V." situated in the southern forest-steppe of the Omsk Region from 2013 to 2016. Spring rape of the Highlight variety was seeded in the second ten-days of May at a seeding rate of 2 million germinable seeds per hectare. The following chemicals were applied: ammophos and ammonium nitrate at the rate of $N_{40}P_{26}$, tank-mix of herbicides Galera and Furore Ultra, disinfectant Modesto at seed incrustation, and insecticides Biskaya and Decis Expert. Rape was grown in a crop rotation according to the following scheme: peas – wheat – barley – rape – wheat. In 2013 and 2014, five days before seeding, the crops were treated with nonselective herbicide Gliophore at a rate of 3.0 L ha. Pre-seeding tillage was performed in 2015 and 2016. The storage of available soil moisture in one meter soil layer before seeding was good (in 2014 and 2015) and very good (in 2013 and 2016). A similar pattern was found in the arable layer, including the top 10 cm deep layer. During the growing season the available moisture storage decreased to a satisfactory level with a difference between the variants within 10 mm. This moisture was consumed more productively during complex protection of rape plants against the background of fertilizers. Four-year average water consumption for 1 ton of oilseeds made 1199 tons which was less than that of the control variant by 60.9%.

Гольцман Сергей Владимирович, аспирант, каф. агрономии, селекции и семеноводства, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина. Тел.: (3812) 65-12-66. E-mail: sv.goltsman@omgau.org.

Рендов Николай Александрович, д.с.-х.н., проф. каф. агрономии, селекции и семеноводства, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина. Тел.: (3812) 65-12-66. E-mail: na.rendov@omgau.org.

Holzman Sergey Vladimirovich, post-graduate student, Chair of Agronomy, Plant Breeding and Seed Production, Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin. Ph.: (3812) 65-12-66. E-mail: sv.goltsman@omgau.org.

Rendov Nikolay Aleksandrovich, Dr. Agr. Sci., Prof., Chair of Agronomy, Plant Breeding and Seed Production, Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin. Ph.: (3812) 65-12-66. E-mail: na.rendov@omgau.org.

Горбачева Татьяна Васильевна, к.с.-х.н., доцент, каф. агрономии, селекции и семеноводства, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина. Тел.: (3812) 65-12-66. E-mail: tv.gorbacheva@omgau.org.

Некрасова Екатерина Викторовна, к.с.-х.н., доцент, каф. агрономии, селекции и семеноводства, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина. Тел.: (3812) 65-12-66. E-mail: ev.nekrasova@omgau.org.

Gorbacheva Tatyana Vasilyevna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Agronomy, Plant Breeding and Seed Production, Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin. Ph.: (3812) 65-12-66. E-mail: tv.gorbacheva@omgau.org.

Nekrasova Yekaterina Viktorovna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Agronomy, Plant Breeding and Seed Production, Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin. Ph.: (3812) 65-12-66. E-mail: ev.nekrasova@omgau.org.

Введение

Лимитирующим фактором развития растений и формирования урожая ими урожайности в условиях южной лесостепи Западной Сибири является обеспеченность растений влагой, которая зависит от ее запасов в почве, пополняемых, прежде всего, за счет осадков и лишь частично за счет других факторов [1]. Отсюда важность создания благоприятных условий произрастания культурных растений для обеспечения максимально возможного использования ими влаги из почвы [2]. Для определения степени влияния условий произрастания на использование растениями рапса почвенной влаги был заложен опыт, в задачи которого входило изучение влияния применения удобрений и средств защиты культуры от сорняков и вредителей на эффективность использования влаги растениями.

Объекты и методы

Опыты проводили в 2013-2016 гг. на полях ИП «Гольцман С.В.», расположенных в южной лесостепи Омской области. Рапс возделывали в севообороте со схемой: горох – пшеница – ячмень – рапс – пшеница. Высевали сорт Хайлайт фирмы «Baуer CropScience» во второй декаде мая с коэффициентом высева 2 млн всхожих семян на 1 га. В 2013-2014 гг. за 5 дней до посева поле обрабатывали гербицидом сплошного действия Глифор (3,0 л/га). В 2015-2016 гг. перед посевом проводили культивацию. Посев осуществляли посевным комплексом John Deere-1985 с дисковыми сошниками на глубину 2-3 см во второй декаде мая.

Семена рапса инкрустированы с использованием инсектицида Модесто для защиты всходов от крестоцветной блошки. Для по-

давления сорняков применяли баковую смесь гербицидов Галера 334-0,325 л/га и Фуроре Ультра – 0,625 л/га в фазу листовой розетки. Для защиты вегетирующих растений рапса от рапсового цветоеда и ряда других вредителей применяли инсектицид Бискайя – 0,25 л/га в фазу начала бутонизации. При необходимости дополнительно опрыскивали инсектицидом Децис Эксперт – 0,125 л/га против капустной моли (2015, 2016 гг.).

Посев на половине опытного участка проводили с внесением удобрений (аммиачная селитра и аммофос) из расчета N₄₀P₂₆. Семена рапса убирала комбайном John Deere с учетной площади делянки. Повторность в опыте трехкратная, площадь делянки 1350 м², учетная – 450 м².

Влажность почвы определяли методом высушивания до постоянной массы согласно ГОСТ 5180-84. Отбор проб проводили через каждые 10 см на глубину почвы до 1 м при посеве и уборке культуры.

Результаты и их обсуждение

При посеве рапса влажность почвы определялась как средняя по вариантам для всего опытного участка в шести-восьмикратной повторности. В 2013 г. запасы продуктивной влаги для метрового слоя почвы составили 184,2 мм, что соответствует очень хорошим запасам (табл. 1). Такой градации отвечали запасы влаги и в 2016 г. – 166,9 мм. В 2014-2015 гг. они соответствовали хорошему уровню – 152,9-145,7 мм. При этом наиболее благоприятное увлажнение верхнего десятисантиметрового слоя почвы отмечалось в 2013 и 2016 гг.

Таблица 1

Запасы продуктивной влаги в почве при посеве рапса, мм

Год	Слой почвы, см										
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	0-100
2013	20,4	21,4	20,4	17,5	18,7	18,4	18,3	17,0	16,9	15,2	184,2
2014	12,9	15,4	15,6	16,0	16,6	15,8	15,5	15,5	15,2	14,4	152,9
2015	12,9	15,8	14,9	14,9	15,9	15,6	15,7	14,1	13,1	12,8	145,7
2016	20,3	20,2	17,8	15,6	13,8	14,3	15,4	15,9	17,0	16,6	166,9

Таблица 2

Запасы продуктивной влаги в почве при уборке урожая рапса, мм

Вариант	Слой почвы, см										
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	0-100
2013 г.											
Контроль	16,9	12,6	8,8	8,4	10,0	9,5	8,9	9,9	10,1	10,1	105,2
N ₄₀ P ₂₆	14,8	11,0	12,1	11,3	11,5	10,5	10,4	9,9	9,2	10,1	110,8
КЗР	16,2	12,4	11,7	7,7	10,3	9,6	10,8	11,2	11,8	9,0	110,7
КЗР+N ₄₀ P ₂₆	15,2	11,0	10,9	9,2	9,6	8,8	10,1	10,1	10,5	10,0	105,4
2014 г.											
Контроль	9,8	7,7	8,6	8,3	9,4	10,1	10,2	12,9	11,8	11,6	100,4
N ₄₀ P ₂₆	8,7	5,8	7,0	7,3	8,2	12,1	13,8	14,4	15,1	13,7	106,8
КЗР	7,0	8,0	9,4	7,5	8,4	10,1	10,8	13,3	11,5	13,3	99,3
КЗР+N ₄₀ P ₂₆	6,6	5,9	6,5	7,9	9,5	12,5	14,5	14,8	15,3	14,7	108,2
2015 г.											
Контроль	7,4	10,2	13,3	8,1	10,2	9,8	10,0	12,6	9,9	10,0	101,5
N ₄₀ P ₂₆	6,1	9,3	10,1	9,1	10,7	12,5	12,8	11,9	13,0	12,8	108,3
КЗР	6,1	7,5	10,2	11,2	12,8	11,2	9,4	12,6	11,4	11,5	103,9
КЗР+N ₄₀ P ₂₆	6,5	9,3	8,0	12,4	12,2	11,8	13,5	6,3	7,2	10,4	97,6
2016 г.											
Контроль	5,3	9,1	7,4	11,2	11,1	9,5	10,8	12,1	12,4	14,8	103,7
N ₄₀ P ₂₆	3,6	5,0	7,8	8,2	8,1	10,5	11,3	12,6	14,2	13,1	94,4
КЗР	6,0	6,4	10,9	9,8	8,3	11,7	10,8	11,3	11,3	12,0	98,5
КЗР+N ₄₀ P ₂₆	5,0	7,9	8,6	10,8	10,6	10,7	10,4	9,2	10,2	11,8	95,2

За вегетационный период рапса в метровом слое почвы на контрольном варианте без внесения удобрений и применения только инсектицида при инкрустации семян запасы влаги снижались до удовлетворительного уровня – 100,4-105,2 мм (табл. 2).

Несмотря на различия в формировании фитомассы на других вариантах, уровень оставшейся влаги был близок к контрольному показателю.

Так, при добавлении удобрений запасы влаги составили 94,4-110,8 мм. При комплексной защите растений без применения удобрений и на их фоне запасы влаги также были близки к контрольным – 98,5-110,7 и 95,2-108,2 мм соответственно. М.З. Журавлев считал различия в запасах влаги в пределах 10 мм незначительными [3].

Таблица 3

Расчет коэффициента водопотребления ярового рапса

Вариант	Запас продуктивной влаги, т/га		Осадки за период вегетации, т/га	Урожайность семян, т/га	Коэффициент водопотребления
	посев	уборка			
2013 г.					
Контроль	1842	1052	1809	0,54	4813
N ₄₀ P ₂₆	1842	1108	1809	0,62	4102
КЗР	1842	1107	1809	0,82	3102
КЗР+N ₄₀ P ₂₆	1842	1054	1809	1,08	2405
2014 г.					
Контроль	1529	1004	1341	0,52	3588
N ₄₀ P ₂₆	1529	1068	1341	0,84	2145
КЗР	1529	993	1341	1,26	1490
КЗР+N ₄₀ P ₂₆	1529	1082	1341	1,63	1097
2015 г.					
Контроль	1457	1015	2039	0,65	3817
N ₄₀ P ₂₆	1457	1083	2039	0,75	3217
КЗР	1457	1039	2039	3,24	758
КЗР+N ₄₀ P ₂₆	1457	976	2039	4,23	596
2016 г.					
Контроль	1669	1037	2260	1,60	1808
N ₄₀ P ₂₆	1669	944	2260	2,08	1435
КЗР	1669	985	2260	3,27	900
КЗР+N ₄₀ P ₂₆	1669	952	2260	4,27	697

За вегетационный период рапса в 2013 г. с осадками поступило на 1 га 1809 т воды, в 2014 г. – 1341 т, в 2015 г. – 2039 т и в 2016 г. – 2260 т (табл. 3). Имея результаты запасов продуктивной влаги при посеве и уборке урожая, а также величину урожайности семян рапса, можно оценить уровень затрат влаги на производство 1 т семян рапса. На контрольном варианте зафиксирован максимальный расход воды на 1 т продукции – 1808-4813 т. Коэффициент водопотребления за четыре года в среднем составил 3065.

По мнению сотрудников АНИИЗиС, рапс имеет повышенную требовательность к влаге, и транспирационный коэффициент больше, чем у зерновых культур [4]. Подобное заключение приводит и Д. Шпаар [5]. По данным А.Ф. Неклюдова, в южной лесостепи Омской области на формирование 1 т зерна яровой пшеницы в зависимости от предшественника расходуется от 1110 до 1410 т воды [6]. Это экономнее, чем у рапса, в два раза и более.

На фоне удобрений при формировании 1 т семян рапса расходовалось уже 2590 т воды, или меньше на 11,1%, чем на контроле. Продуктивнее влага расходовалась при комплексной защите растений. На 1 т семян затрачивалось 758-3102 т воды, или в среднем за 4 года 1562 т. При добавлении еще и удобрений здесь достигался минимальный коэффициент водопотребления – 1199, что меньше контрольного варианта на 60,9%.

По данным В.Г. Холмова и Л.В. Юшкевича, на разных фонах основной обработки почвы коэффициент водопотребления пшеницы составлял 1090-1360. На фоне же применения комплексной химизации расход воды на 1 т зерна сокращался до 830-920 т, или в среднем на 45% [7].

Подобные изменения расхода воды отмечались в южной лесостепи для голозерного ячменя, где на фоне удобрения и гербицидов её затрачивалось 769 т для формирования 1 т зерна, а без химизации – 1026 т, что на 33,4% больше [8].

Зависимость коэффициента водопотребления рапса от запасов влаги перед посевом и количества осадков в период вегетации оказалась в пределах точности опыта. Сильная обратная связь наблюдалась с уровнем урожайности семян рапса. Коэффициент корреляции составил -0,85, что говорит о более экономичном расходовании влаги при повышении сбора семян с единицы площади.

Заключение

Наиболее продуктивно влага использовалась при комплексной защите растений на фоне удобрений ($N_{40}P_{26}$). На 1 т маслосемян рапса в среднем за четыре года затрачивалось 1199 т воды, что меньше контрольного варианта на 60,9%.

Библиографический список

1. Рендов Н.А., Тараканов В.С., Мозылева С.И. Мелиоративное земледелие Западной Сибири: учеб. пособие. – Омск: ИПЦ «Сфера», 2009. – 160 с.
2. Graef F., Stachow U., Werner A., Schuette G. Agricultural practice changes with cultivating genetically modified herbicide-tolerant oilseed rape // *Agricultural Systems*. – 2007. – Vol. 94 (2). – P. 111-118.
3. Журавлев М.З. Водный режим чернозема лесостепи Западной Сибири // *Науч. тр. ОмСХИ*. – Омск, 1959. – Т. 36. – С. 7-142.
4. Возделывание рапса в Алтайском крае. – Барнаул: РИО, 1986. – 55 с.
5. Шпаар Д. Рапс и сурепица (выращивание, уборка, использование) / под общ. ред. Д. Шпаар. – М.: ИД ООО «DLV АГРОДЕЛО», 2014. – 320 с.
6. Неклюдов А.Ф. Севооборот основа урожая. – Омск: Омское кн. изд-во, 1990. – 128 с.
7. Холмов В.Г., Юшкевич Л.В. Интенсификация и ресурсосбережение в земледелии Западной Сибири: монография. – Омск: Изд-во ФГОУ ВО ОмГАУ, 2006. – 396 с.
8. Некрасова Е.В., Рендов Н.А., Гладких А.В. Сроки сева голозерного ячменя при разном уровне химизации // *Вестник Алтайского ГАУ*. – 2014. – № 3 (113). – С. 5-9.

References

1. Rendov N.A., Tarakanov V.S., Mozyleva S.I. Meliorativnoe zemledelie Zapadnoy Sibiri: ucheb. posob. – Omsk: IPTs «Sfera», 2009. – 160 s.
2. Graef F., Stachow U., Werner A., Schuette G. Agricultural practice changes with cultivating genetically modified herbicide-tolerant oilseed rape // *Agricultural Systems*. – 2007. – Vol. 94 (2). – P. 111-118.
3. Zhuravlev M.Z. Vodnyy rezhim chernozema lesostepi Zapadnoy Sibiri: nauch. tr. OmSKhI. – Omsk, 1959. – T. 36. – S. 7-142.
4. Vozdelyvanie rapsa v Altayskom krae. – Barnaul, 1986. – 55 s.
5. Shpaar D. Raps i surepitsa (vyrashchivanie, uborka, ispolzovanie) / pod. obshch.

red. D. Shpaar. – M.: ID ООО «DLV AGRODELO», 2014. – 320 s.

6. Neklyudov A.F. Sevooborot osnova urozhasya. – Omsk: Om. kn. izd-vo, 1990. – 128 s.

7. Kholmov V.G., Yushkevich L.V. Intensi-fikatsiya i resursosberezhenie v zemledelii Zapadnoy Sibiri: monografiya. – Omsk: Izd-vo FGOU VO OmGAU, 2006. – 396 s.

8. Nekrasova E.V., Rendov N.A., Gladkikh A.V. Sroki seva golozernogo yachmenya pri raznom urovne khimizatsii // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – № 3 (113). – S. 5-9.

8. Nekrasova E.V., Rendov N.A., Gladkikh A.V. Sroki seva golozernogo yachmenya pri raznom urovne khimizatsii // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – № 3 (113). – S. 5-9.



УДК 631.445.4:635.2

С.В. Макарычев, Л.В. Терновая
S.V. Makarychev, L.V. Ternovaya

ВЛАЖНОСТЬ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА, ЗАНЯТОГО ОВОЩНЫМИ КУЛЬТУРАМИ

MOISTURE CONTENT AND THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF CHERNOZEM UNDER VEGETABLE CROPS

Ключевые слова: чернозем, влажность, объемная теплоемкость, теплопроводность.

Keywords: chernozem, moisture content, volumetric thermal capacity, thermal conductivity.

Характер изменения теплофизических свойств почвы определяется такими почвенно-физическими показателями, как влажность, гранулометрический состав, плотность, температура. Была исследована динамика теплофизических коэффициентов чернозема выщелоченного при возделывании капусты и свёклы в зависимости от погодных условий и режимов почвенного увлажнения. Оказалось, что летние осадки в годы наблюдений увлажняли преимущественно верхний гумусово-аккумулятивный горизонт и быстро расходовались на транспирацию и физическое испарение. Эти особенности обусловили варьирование коэффициентов теплоаккумуляции и теплопередачи генетических горизонтов чернозема. Наиболее высокие значения теплоемкости и теплопроводности имел агрофон, занятый капустой, а минимальные величины были отмечены на залежном участке. Определены также доли влияния климатических и почвенно-физических факторов на содержание в почве таких питательных элементов, как N-NO₃, P₂O₅ и K₂O. При этом тепло и влага оказывают наиболее существенное влияние на содержание питательных веществ.

The behavior of soil thermophysical properties is determined by such soil-physical indices as moisture content, particle-size composition, density and temperature. In this regard, the dynamics of the thermophysical coefficients of leached chernozem under cabbage and beet depending on the weather conditions and soil moisture regimes was studied. It was found that summer precipitation during the years of studies moistened mainly the top humus-accumulative horizon and was rapidly consumed for transpiration and physical evaporation. These peculiarities determined the variation of heat accumulation and heat transfer coefficients of chernozem genetic horizons. The highest values of thermal capacity and thermal conductivity were found in the soil background under cabbage, and the minimum values were found in a fallow field. The influence of climatic and soil-physical factors on the content of such nutrients as N-NO₃, P₂O₅ and K₂O was also determined. It was found that heat and moisture had the greatest effect on nutrient content.

Макарычев Сергей Владимирович, д.б.н., проф., зав. каф. физики, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: phys_asau@rambler.ru.
Терновая Лариса Викторовна, к.с.-х.н., доцент, каф. гидравлики, с.-х. водоснабжения и водоотведения, Алтайский государственный аграрный университет. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Makarychev Sergey Vladimirovich, Dr. Bio. Sci., Prof., Head, Physics Dept., Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-53. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Ternovaya Larisa Viktorovna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Hydraulics, Farm Water Supply and Water Disposal, Altai State Agricultural University. E-mail: phys_asau@rambler.ru.

Введение

Как известно, характер изменения теплофизических свойств генетических горизонтов чернозема выщелоченного опреде-

ляется в первую очередь влажностью, гранулометрическим составом, плотностью и другими агрофизическими показателями. Также из литературных источников следу-