



ВЛИЯНИЕ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПЕРИОДА ВЕГЕТАЦИИ И ПЕРЕЗИМОВКИ РАСТЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ

А. В. Ивойлов¹, Т. Н. Чернышёва²

¹ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва» (г. Саранск, Россия)

²Мордовский центр Гидрометеослужбы (п. Ялга, Россия)

В статье приводятся результаты сорокалетних сопряженных наблюдений в центральной части Республики Мордовия по влиянию агрометеорологических показателей (количество атмосферных осадков, ГТК периода вегетации, глубина промерзания почвы, высота снежного покрова) на урожайность зерна озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) Мироновская 808. В результате исследований было установлено, что значительные колебания продуктивности пшеницы при ежегодном использовании практически одинаковой агротехники в основном связаны с режимом увлажнения периода вегетации и условиями перезимовки растений. Урожайность озимой пшеницы, как правило, определяется осадками, выпавшими в мае. При этом наибольшая продуктивность отмечается при сумме осадков 50–60 мм. При увеличении количества осадков (> 60 мм) или их уменьшении (< 50 мм) урожайность озимой пшеницы снижается. Зависимость зерновой продуктивности озимой пшеницы от ГТК периода вегетации также значительна. При ГТК = 1,4–1,6 формируется наибольшая ее урожайность, что соответствует годам с достаточным увлажнением (климатическая норма – 1,1). Основными метеорологическими факторами перезимовки озимой пшеницы являются промерзание почвы и высота снежного покрова. При промерзании > 50 см почвы урожайность озимой пшеницы снижается, поскольку оно, как и высота снежного покрова, оказывает непосредственное влияние на температуру почвы на глубине узла кущения. Высота снежного покрова 40–50 см позволяет получить высокий урожай озимой пшеницы, однако при дальнейшем ее увеличении происходит снижение урожайности, поскольку длительное залегание мощного снежного покрова ведет к выпреванию растений. Кроме этого, показывается, что в благоприятные по погодным условиям годы урожайность зерна озимой пшеницы при возделывании ее по чистому пару бывает высокой и в сочетании с передовой агротехникой достигает 4,0–4,5 т/га и более даже без внесения удобрений; приводится фенология растений озимой пшеницы.

Ключевые слова: озимая пшеница, погодные условия, вегетационный период, перезимовка, фенология, урожайность, корреляция

INFLUENCE OF AGROMETEOROLOGICAL CONDITIONS GROWING SEASON AND OVERWINTERING PLANTS ON YIELD OF WINTER WHEAT IN CENTRAL PART OF REPUBLIC OF MORDOVIA

A. V. Ivoylov^a, T. N. Chernysheva^b

^aOgarev Mordovia State University (Saransk, Russia)

^bMordovia Hydrometeorological Services Centre (Yalga, Russia)

The results of forty years of paired observations in the central part of the Republic of Mordovia on the impact of agro-meteorological parameters (precipitation, hydrothermic factor of the growing season, the depth of soil freezing, snow cover) on the yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) of Mironovskaya 808 breed. Research has shown that, under conditions of almost unchanging farming techniques, significant fluctuations in the productivity of wheat are mainly associated with the regime of moistening the growing season and overwintering conditions for plants. Winter wheat yield is mainly determined by precipitation of May. The highest productivity is marked with the amount of precipitation of 50–60 mm. By increasing the amount of precipitation (60 mm) or decrease (less than 50 mm), winter wheat decreases. The dependence of grain productivity of winter wheat from hydrothermic factor of the growing season is also significant. Hydrothermic factor equal to 1.4 to 1.6 formed its highest yield, which corresponds to the year with sufficient moisture (climatic norm of 1.1). The main meteorological factors of overwintering for winter wheat are soil freezing and the snow depth. When the soil is freezing for more than 50 cm, the yield is reduced since frozen soil and snow cover have a direct impact on the soil temperature at a depth of tillering node. Snow depth of 40–50 cm allows to obtain high yields of winter wheat, but a further increase reduces the showings of the yield, as thick snow layer leads to damping-off of plants. It is shown that the winter wheat grain yield in the cultivation of it at a dead fallow under the favorable weather conditions and with an advanced cultivation techniques reaches 4.0–4.5 t/ha and more, even without fertilization. Phenology of winter wheat is submitted.

Keywords: winter wheat, weather conditions, vegetation period, the conditions of overwintering, phenology, yield, correlation

Большое значение для получения устойчивых урожаев озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.), своевременного планирования валовых сборов зерна на основе прогноза ожидаемой продуктивности, принятия обоснованных хозяйственных решений имеет рациональное использование агрометеорологической информации [4; 8]. Именно поэтому знание связи урожайности озимой пшеницы с воздействующими на нее агрометеорологическими факторами достаточно актуально [10]. Для условий РМ имеются такие сведения об озимой ржи и других культурах [1–2], но отсутствуют об озимой пшенице.

В связи с этим нами были определены средние даты наступления фаз роста и развития озимой пшеницы Мироновская 808, районированной в РМ с 1969 г., и проведена количественная оценка влияния отдельных агрометеорологических факторов на ее урожайность. Для этого использовались данные учетов Агрометеорологической станции г. Саранск (в настоящее время – отдел наблюдений Мордовского центра Гидрометеослужбы) за 1974–2014 гг. и сопряженные с ними сведения об

урожайности культуры на опытном поле отдела первичного семеноводства Мордовского НИИ сельского хозяйства, где выполнялись агрометеорологические наблюдения.

Пшеница во все годы возделывалась по неудобренному черному пару. Почва участка представляет собой чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый среднемощный среднегумусный с высоким содержанием (по Кирсанову) подвижных фосфатов и повышенным обменного калия. Агротехника является традиционной для условий РМ [3]. Норма высева – 5 млн всх. семян/га. При посеве вносилась нитроаммофоска или азофоска (30–50 кг/га в физическом весе). Статистическая обработка данных осуществлялась методом корреляционно-регрессионного анализа с применением программы «Stat» (версия 2.6, ИВЦ МарГУ, 1993 г.).

Анализ данных свидетельствует о том, что средний срок посева озимой пшеницы приходился на последний день августа (табл. 1). Фаза всходов, быстрота наступления которой зависит от температуры и влажности почвы, наступала в среднем через 10 дней. На



Таблица 1
Table 1

Даты наступления фенологических фаз развития озимой пшеницы Мироновская 808 (Агрометеорологическая станция, г. Саранск, 1974–2014 гг.)

Dates of phenological phases for winter wheat Mironovskaya-808 (agro-meteorological station, Saransk, 1974–2014)

Дата наступления фазы, показатель	Фенологическая фаза												
	Посев	Входы	3-й лист	Кущение	Прекращение осенней вегетации	Возобновление весенней вегетации	Выход в трубку	Колошение	Цветение	Молочное состояние зерна	Восковое состояние зерна	Полная спелость	Дата уборки
Самая ранняя	18.08	26.08	04.09	08.09	21.09	28.03	14.04	24.05	28.05	12.06	26.06	04.07	09.07
Год	1977	1977	1977	1977	1977	2007	1983	1975	1975	1975	1975	1975	1975
Средняя	31.08	10.09	18.09	25.09	19.10	14.04	03.05	05.06	13.06	27.06	14.07	26.07	29.07
Межфазный период, дни	–	10	8	7	24	–	19	33	8	14	17	12	3
Самая поздняя	16.09	24.09	18.10	04.11	20.11	02.05	20.05	16.06	26.06	16.07	31.07	16.08	19.08
Год	2013	1976, 2013	2013	2013	1995	1979	1981	1994	1980	1994	1980	1978	1982

18-й день после посева растения озимой пшеницы образуют 3 листа.

Продолжительность периода от всходов до начала кущения за 40 лет наблюдений составляла в среднем 15 дней. Чем позднее была посеяна пшеница, тем продолжительнее был данный период от всходов до кущения. В отдельные годы при поздних сроках сева пшеница не успевала раскуститься осенью (1976, 1978, 1985, 1993 гг.). В таких случаях ее кущение происходило весной.

Вегетация озимой пшеницы осенью прекращается при температуре воздуха 5 °С и ниже. Средняя дата приходится на 19 октября. Межфазный период от всходов до прекращения осенней вегетации пшеницы составляет в среднем 39 дней. Ввиду различных метеорологических условий период от полных всходов до прекращения осенней вегетации озимой пшеницы длится 26–71 дней ($V = 55\%$).

Весной при наступлении температуры 5 °С пшеница начинает отрастать и дополнительно куститься. Средняя дата возобновления весенней вегетации – 14 апреля, однако в отдельные годы вегетация растений может начинаться в последние дни марта или в первых числах мая. Фаза выхода в трубку отмечается, как правило, на 19-й день после возобновления весенней вегетации.

Пшеница в условиях РМ выколашивается в среднем в первой декаде июня. Однако при запоздалой весне или позднем сроке сева дата наступления этой фазы может отклоняться на 11 дней. Как правило, озимая пшеница цветет через 8 дней после откошения. Восковая спелость зерна отмечается во второй половине июля, а через 12 дней – его полная спелость. Средний срок уборки озимой пшеницы приходится на последние дни июля, однако в сухие жаркие годы ее начинают убирать в конце первой декады июля, а в годы с дождливым летом – в конце второй декады августа.

Урожайность зерна пшеницы варьировалась от 1,64 (1981 г.) до 4,83 т/га (1992 г.). Многомерный статистический анализ данных показал, что значительные колебания продуктивности пшеницы при ежегодном использовании практически одинаковой агротехники в основном связаны с режимом увлажнения периода вегетации и условиями перезимовки растений.

В связи с тем, что РМ расположена в зоне неустойчивого увлажнения [5] и обеспеченность посевов влагой имеет решающее значение в создании уровня продуктивности культуры, нами была оценена роль осадков периода вегетации в формировании урожайности озимой пшеницы Мирановская 808. Оказалось, что суммарное количество осадков весенне-летнего периода вегетации недостаточно четко определяло уровень урожайности зерна из-за крайне неравномерного их выпадения. В то же время наиболее тесная зависимость сбора зерна пшеницы установлена от майских осадков, и это неслучайно. В данный период формируется колос (IV–VII этапы органогенеза по Ф. М. Куперман), развивается наибольшая вегетативная масса растений, происходит интенсивный рост озимой пшеницы, усиленное развитие ее корневой системы и активное использование имеющихся в почве влаги и элементов минерального питания [6].

Уравнение регрессии, устанавливающее связь между урожайностью озимой пшеницы (Y , т/га) и суммой осадков за май (O_v , мм), имеет следующий вид:

$$Y = 2,346 + 0,0475 O_v - 0,00045 O_v^2; R = 0,65; n = 40, \quad (1)$$

где R – индекс коэффициента корреляции; n – число лет наблюдений.

В соответствии с уравнением (1), наибольшая урожайность озимой пшеницы формируется при сумме осадков за май 50–60 мм при климатической норме за май 44 мм (табл. 2).



**Урожайность озимой пшеницы Мироновская 808 в зависимости
от выпадения суммы осадков в мае**

Yields of winter wheat Mironovskaya-808 depending on precipitation amount in May

Показатель	Сумма осадков за май, мм							
	10	20	30	40	50	60	70	80
Урожайность, т/га	2,78	3,12	3,37	3,53	3,60	3,58	3,47	3,27

Как показатель увлажненности территории значительное распространение в России и за рубежом получил гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова [9]. Нами была оценена связь ГТК за период вегетации озимой пшеницы Мироновская 808 с ее урожайностью (У, т/га), которая выражается следующим уравнением регрессии:

$$Y = 0,552 + 3,77 \text{ ГТК} - 1,25 \text{ ГТК}^2; \quad (2)$$

$$R = 0,59; n = 40.$$

В соответствии с уравнением (2), наибольшая урожайность озимой пшеницы Мироновская 808 получена при ГТК = 1,4–1,6, что соответствует годам с повышенной влажностью климата (табл. 3). В сухие и сильно увлажненные годы урожайность зерна озимой пшеницы существенно снижается.

Таблица 3

Table 3

**Урожайность озимой пшеницы Мироновская 808 в зависимости
от выпадения суммы осадков в мае**

Yields of winter wheat Mironovskaya-808 depending on HC during growing season

Показатель	ГТК							
	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Урожайность, т/га	2,36	2,77	3,07	3,28	3,38	3,38	3,29	3,09

Известно, что урожайность озимой пшеницы в значительной степени зависит также от условий перезимовки. Сезонное промерзание почвы, вызванное отрицательным тепловым балансом в ней зимой, является одним из основных факторов, определяющих перезимовку озимой пшеницы [7; 10].

Зависимость урожайности озимой пшеницы (У, т/га) от максимальной глубины промерзания почвы (П, см) выражается следующим уравнением регрессии:

$$Y = 3,521 + 0,01259 \text{ П} - 0,00017 \text{ П}^2; \quad (3)$$

$$R = 0,53; n = 40.$$



В соответствии с уравнением (3), при увеличении глубины промерзания почвы (> 50 см) урожайность озимой пшеницы снижается (табл. 4).

Зависимость урожайности зерна озимой пшеницы (Y, т/га) от высоты снежного покрова (B, см) имеет следующий вид:

$$Y = 0,2246 B - 0,002432 B^2 - 0,947; R = 0,61; n = 40. \quad (4)$$

Таблица 4

Table 4

Урожайность озимой пшеницы Мироновская 808 в зависимости от глубины промерзания почвы

Yields of winter wheat Mironovskaya-808 depending on depth of soil freezing

Показатель	Глубина промерзания почвы, см					
	25	50	75	100	125	150
Урожайность, т/га	2,73	3,73	3,51	3,08	2,44	1,58

При увеличении высоты снежного покрова до 46 см (табл. 5) урожайность озимой пшеницы повышается. Однако как при высоком снежном покрове (> 50 см), так и незначительном (< 40 см) происходит

снижение урожайности, поскольку длительное залегание на полях мощного снежного покрова приводит к выпреванию растений, а в дальнейшем – к изреженности и гибели части стеблей.

Таблица 5

Table 5

Урожайность озимой пшеницы Мироновская 808 в зависимости от высоты снежного покрова

Yield of winter wheat Mironovskaya-808 depending on depth of snow cover

Показатель	Высота снежного покрова, см					
	20	30	40	50	60	70
Урожайность, т/га	2,57	3,60	4,14	4,20	3,77	2,86

Таким образом, значительное варьирование урожайности озимой пшеницы в условиях РМ наряду с агротехническими и социально-экономическими причинами связано с колебаниями режима влажности почвы, температуры воздуха и условиями перезимовки. В благоприятные с точки зрения влагообеспечения и перезимовки годы урожайность зерна озимой пшеницы при

ее возделывании по чистому пару бывает высокой и в сочетании с передовой агротехникой даже без внесения удобрений достигает 4,0–4,5 т/га и более.

Основными метеорологическими факторами перезимовки озимой пшеницы являются промерзание почвы и высота снежного покрова. При промерзании почвы > 50 см урожайность озимой пшеницы снижается, поскольку



ку оно, как и высота снежного покрова, оказывает непосредственное влияние на температуру почвы на глубине узла кущения.

Высота снежного покрова 40–50 см позволяет получать хороший урожай озимой пшеницы, однако при ее дальнейшем увеличении происходит снижение урожайности, поскольку длительное залегание мощного снежного покрова ведет к выпреванию растений.

Урожайность озимой пшеницы в основном определяется осадками,

выпавшими в мае. При этом наибольшая продуктивность отмечается при сумме осадков 50–60 мм. При увеличении количества осадков (> 60 мм) или их уменьшении (< 50 мм) урожайность озимой пшеницы снижается. Зависимость зерновой продуктивности озимой пшеницы от ГТК периода вегетации также значительна. При ГТК = 1,4–1,6 формируется наибольшая ее урожайность, что соответствует годам с достаточным увлажнением (климатическая норма 1,1).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Агроклиматические ресурсы Мордовской АССР. – Москва : Гидрометеиздат, 1971. – 106 с.
2. Агроклиматический справочник по Мордовской АССР. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1959. – 116 с.
3. Адаптивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в условиях Республики Мордовия : метод. руководство / Под общ. ред. А. М. Гурьянова. – Саранск : [б. и.], 2003. – 428 с.
4. Биоклиматический потенциал России : теория и практика / А. В. Гордеев [и др.]. – Москва : Товарищество науч. изд. КМК, 2006. – 512 с.
5. Бучинский, И. Е. Засухи и суховеи / И. Е. Бучинский. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1976. – 214 с.
6. Куперман, Ф. М. Морфобиология растений / Ф. М. Куперман. – Москва : Высш. шк., 1973. – 256 с.
7. Моисейчик, В. А. Агрометеорологические условия и перезимовка озимых культур / В. А. Моисейчик. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1975. – 294 с.
8. Николаев, М. В. Современный климат и изменчивость урожаев / М. В. Николаев. – Санкт-Петербург : Гидрометеиздат, 1994. – 200 с.
9. Справочник агронома по сельскохозяйственной метеорологии : Нечерноземная зона европейской части РСФСР / Под ред. И. Г. Грингофа. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1986. – 526 с.
10. Уланова, Е. С. Агрометеорологические условия и урожайность озимой пшеницы / Е. С. Уланова. – Москва : Гидрометеиздат, 1975. – 302 с.

Поступила 28.08.2015 г.

Об авторах:

Ивойлов Александр Васильевич, профессор кафедры почвоведения, агрохимии и земледелия Аграрного института ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва» (Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68), доктор сельскохозяйственных наук, **ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5355-6251>**, ivoilov.av@mail.ru

Чернышёва Татьяна Николаевна, инженер-метеоролог отдела наблюдений Мордовского центра Гидрометеослужбы (Россия, п. Ялга, ул. Мичурина, д. 5), ivoilov.av@mail.ru

Для цитирования: Ивойлов, А. В. Влияние агрометеорологических условий периода вегетации и перезимовки растений на урожайность озимой пшеницы в центральной части Республики Мордовия / А. В. Ивойлов, Т. Н. Чернышёва // Вестник Мордовского университета. – 2015. – Т. 25, № 4. – С. 125–132. DOI: 10.15507/0236-2910.025.201504.125

REFERENCES

1. Agroklimaticheskiye resursy Mordovskoy ASSR [Agroclimatic resources of Mordovian ASSR]. Moscow: Gidrometeoizdat Publ., 1971, 106 p.
2. Agroklimaticheskiy spravochnik po Mordovskoy ASSR [Agroclimatic reference of Mordovian ASSR]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1959, 116 p.
3. Adaptivnyye tekhnologii vozdeleyvaniya selskokhozyaystvennykh kultur v usloviyakh Respubliki Mordoviya: metod. rukovodstvo [Adaptive technologies of cultivation of agricultural crops in the Republic of Mordovia: methodical guide], ed. by A. M. Guryanov. – Saransk: [b. i.], 2003, 428 p.
4. Gordeyev A. V., Kleshchenko A. D., Chernyakov B. A., Sirotenko O. D. Bioklimaticheskiy potentsial Rossii: teoriya i praktika [Bioclimatic potential of Russia: theory and practice]. Moscow: Tovarishestvo nauch. izd. KMK Publ., 2006, 512 p.
5. Buchinskiy I. Ye. Zasukhi i sukhovei [Drought and hot winds]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1976, 214 p.
6. Kuperman F. M. Morfofiziologiya rasteniy [Morphophysiology of plants]. Moscow: Vyssh. shk. Publ., 1973, 256 p.
7. Moiseychik V. A. Agrometeorologicheskiye usloviya i perezimovka ozimyykh kultur [Agrometeorological conditions and overwintering of winter crops]. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1975, 294 p.
8. Nikolayev M. V. Sovremennyy klimat i izmenchivost urozhayev [Modern climate and variability of the yields]. Saint Petersburg: Gidrometeoizdat Publ., 1994, 200 p.
9. Spravochnik agronoma po selskokhozyaystvennoy meteorologii: Nechernozemnaya zona yevropeyskoy chasti RSFSR [Reference book on agricultural meteorology: non-Chernozem zone of the European part of the RSFSR], ed. by I. G. Gringof. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1986, 526 p.
10. Ulanova Ye. S. Agrometeorologicheskiye usloviya i urozhaynost ozimoy pshenitsy [Agrometeorological conditions and yield of winter wheat]. Moscow: Gidrometeoizdat Publ., 1975, 302 p.

Submitted 28.08.2015

About the authors:

Ivoylov Aleksandr Vasilyevich, professor of chair of Agronomical Pedology, Chemistry and Agriculture of Ogarev Mordovia State University (68, Bolshevistskaya str., Saransk, Russia), Dr.Sci. (Agriculture), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-5355-6251>, ivoilov.av@mail.ru

Chernysheva Tatyana Nikolayevna, meteorologist of Observatons department of Mordovia Hidrometeorological Services Centre (5, Michurina str., Yalga, Russia), ivoilov.av@mail.ru

For citation: Ivoylov A. V., Chernysheva T. N. Influence of agrometeorological conditions growing season and overwintering plants on yield of winter wheat in central part of Republic of Mordovia. *Vestnik Mordovskogo universiteta* [Mordovia University Bulletin]. 2015, vol. 25, no. 4, pp. 125–132. DOI: 10.15507/0236-2910.025.201504.125