

## АБИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И УСТОЙЧИВОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ПОВОЛЖЬЯ

**Тойгильдин Александр Леонидович**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Земледелие и растениеводство»

**Морозов Владимир Иванович**, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой «Земледелие и растениеводство»

**Подсевалов Михаил Ильич**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Земледелие и растениеводство»

ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина».

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; тел.: 8(8422)55-95-75;

e-mail: [zemledelugsha@yandex.ru](mailto:zemledelugsha@yandex.ru)

**Ключевые слова:** абиотические факторы, засуха, устойчивость, озимая пшеница, предшественники, удобрения.

В статье приведены данные по устойчивости урожайности озимой пшеницы в зависимости от предшественников, гидротермических условий вегетационного периода и интенсивности засухи. Выявлен вклад севооборотов и удобрений в формирование урожайности озимой пшеницы. Установлена связь формирования всходов озимой пшеницы и ее продуктивности с содержанием продуктивной влаги в почве.

### Введение

Продуктивность агроэкосистем определяется биотическими и абиотическими факторами. Современные агротехнологии - это управление продукционным процессом за счет севооборотов, обработки почвы, внесения удобрений, подбора сортов и защиты их от фитопатогенов, фитофагов и конкуренции сорняков. Однако существуют малоуправляемые факторы, в частности количество осадков и их распределение по периодам года, что определяет влагообеспеченность посевов и урожайность культур, характерных для условий лесостепи Поволжья.

Озимая пшеница как продовольственная культура пользуется устойчивым спросом на зерновом рынке [1], но ее производство характеризуется неустойчивостью по годам. Анализ данных урожайности озимой пшеницы в Ульяновской области за период 1966-2011 гг. показывает вариабельность от 28,6 до 5,8 ц/га, при размахе варьирования 22,8 ц/га – 115 % к средней урожайности и коэффициенте вариации 26,9 % [2].

Вариабельность урожайности связана, в первую очередь, с влагообеспеченностью посевов и температурным режимом, что

обуславливает изучение динамики продуктивной влаги в агробиогеоценозах с озимой пшеницей с целью повышения устойчивости производства зерна.

Цель исследований: оценить влияние абиотических факторов на устойчивость урожайности озимой пшеницы в условиях лесостепи Поволжья.

### Объекты и методы исследований

В трёхфакторном стационарном полевом опыте кафедры земледелия Ульяновской ГСХА проводится изучение четырёхшестипольных севооборотов (фактор А), 2-х систем обработки почвы (фактор В) и органо-минеральных фонов удобрений (фактор С). В статье приводятся данные урожайности озимой пшеницы, размещенной в севооборотах после паров (чистый, занятый – горох, вика; и сидеральный), по двум фонам органо-минеральных систем удобрений: 1) навоз + NPK 2) солома + NPK и по сидеральному пару на фонах 3) сидерат + NPK 4) сидерат + солома + NPK. Навоз вносили после уборки парозанимающих культур, солому - после ее измельчения при обмолоте зерновых и зернобобовых культур, дозы минеральных удобрений рассчитывались балансовым методом на запланированный урожай: гороха



**Рис.1 - Вид стационарного полевого опыта, на переднем плане предшественники озимой пшеницы**



**Рис.2 – Посевы озимой пшеницы после различных предшественников**

– 25 ц/га, вики 15 ц/га и озимой пшеницы 30-35 ц/га зерна [3] (рис. 1, 2).

Почва опытного участка чернозем выщелоченный среднесуглинистый.

#### **Результаты исследований**

В лесостепи Поволжья климат характеризуется континентальностью с резкими температурными колебаниями, с вероятным проявлением весенних и осенних заморозков, с обострением засушливости и периодическим чередованием переувлажнения в разные годы и периоды вегетации растений. Имеют место большие потери влаги на сток и испарение. Ликвидация этих потерь, сохранение влаги в почве – крупный резерв роста урожайности и обеспечения устойчивости зернового производства [4].

Существуют различные методы оценки гидротермических условий вегетационного периода и интенсивности засух [5, 6,

7]. Нами в качестве характеристик водно-теплового режима посевов озимой пшеницы рассматривался гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова [8]. Разной степени увлажнения соответствуют следующие градации ГТК [9]: ГТК < 0,4 – очень сильная засуха;  $0,4 \leq \text{ГТК} \leq 0,5$  – сильная засуха;  $0,5 \leq \text{ГТК} \leq 0,7$  – средне засушливо;  $0,7 \leq \text{ГТК} \leq 1,0$  – недостаточно влажно;  $1,0 < \text{ГТК} \leq 2,0$  – достаточно влажно; ГТК > 2,0 – переувлажнено.

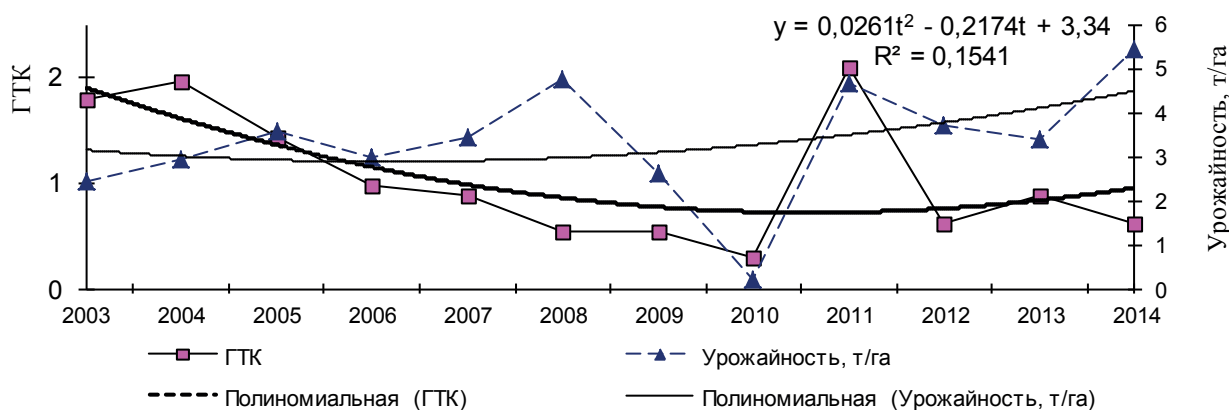
Анализ количества осадков за период 2003-2014 гг. (май-июнь) показал, что их количество изменялось от 34,0 мм в 2010 г. (ГТК= 0,29) до 205 мм в 2011 г. (ГТК= 2,1).

За период 2003-2012 гг. один раз проявилась очень сильная засуха (2010 г.), четыре раза сильная засуха (2008, 2009, 2012 и 2014 гг.), три раза период май-июнь были недостаточно влажными (2006, 2007 и 2013 гг.), 3 года с достаточным (2003-2005 гг.) и один год с избыточным увлажнением (2011 г.).

Уровень урожайности озимой пшеницы в опытах имел сильную изменчивость. В период 2003-2014 гг. она изменялась от 0,22 т/га (2010 г.) до 5,42 т/га (2014 г.) при размахе варьирования 5,20 т/га, или 156% по отношению к среднему значению.

Несмотря на то, что возрастает частота весенне-летних засух за май-июнь, динамика урожайности озимой пшеницы по средним данным полевых опытов имеет тенденцию к повышению, которая характеризуется полиномиальным уравнением, при средней положительной связи  $R=0,393$  (рис.3).

Минимальный уровень урожайности озимой пшеницы был отмечен в год очень сильной засухи - 2010 г., однако в другие годы, в том числе в годы со средней засухой, продуктивность озимой пшеницы мало зависела от ГТК (май-июнь), экстремальные условия не помешали получить высокую урожайность озимой пшеницы.



**Рис.3. – Урожайность озимой пшеницы и гидротермический коэффициент за май-июнь (2003-2014 гг.)**

**Таблица 1**

**Средняя урожайность озимой пшеницы в опытах и ее связь с интенсивностью засух, т/га**

Интенсивность засухи	Очень сильная ГТК<0,4	Сильная 0,4-0,5	Средняя ГТК 0,5-0,7	Слабая ГТК 0,7-1,0	Без засухи ГТК>1,0
Год	2010	-	2008, 2009, 2012, 2014	2006, 2007, 2013	2003, 2004, 2005, 2011
Урожайность озимой пшеницы	0,22	-	4,12	3,27	3,39

**Таблица 2**

**Связь урожайности озимой пшеницы с ГТК за май-июнь и ее устойчивость в зависимости от предшественников**

Предшественник	Связи урожайности с ГТК за май-июнь: уравнение регрессии, коэффициент корреляции	Средняя урожайность, т/га	Коэффициент, %	
			V	U
Чистый пар	$y=0,3665x+3,3399$ ; $R=0,165$	3,72	45,1	54,9
Занятый пар	$y=0,3185x+2,8101$ ; $R=0,141$	3,15	56,3	43,7
Сидеральный пар *	$y=0,4682x+2,7488$ ; $R=0,247$	3,24	38,5	61,5

\*- Сидеральный пар (2003-2008 гг.) и занятый пар (2009-2014 гг.)

В годы со средней засухой в период май-июнь было получено 4,12 т/га, тогда как в годы недостаточного увлажнения – 3,27 т/га, а в годы с отсутствием засухи – 3,39 т/га. Этот факт указывает на то, что озимая пшеница эффективно использует запасы почвенной влаги весеннего периода и устойчива к стрессовым воздействиям атмосферной засухи (табл. 1).

Проведенный нами корреляционно-регрессионный анализ показал, что урожайность озимой пшеницы имеет слабую зависимость от ГТК за май-июнь (табл. 2).

Анализ показывает, что более высокая урожайность была получена после чистого пара – 3,72 т/га, после занятых паров (горох, вика, люпин) урожайность составила 3,15 т/га и после сидерата – 3,24 т/га зерна, при этом коэффициент устойчивости изменялся от 43,7% после занятого пар до 61,5% после сидерального пара.

Водно-тепловой режим почвы и посевов - главный регулятор продукционного процесса в агроэкосистемах. Поэтому изучение водно-теплого режима почвы с целью управления ресурсами влаги за счет неравномерно выпадающих атмосферных осадков в регионе – важная задача в системах земледелия и эффективная мера преодоления засушливых условий и смягчения их последствий.

Учитывая вышеизложенное, можно констатировать, что урожайность озимой

Таблица 3

**Запасы продуктивной влаги в почве под озимой пшеницей по паровым предшественникам за 2002-2008 гг., мм**

Вид пара	Удобрения	Посев		Возобновление вегетации		Уборка	
		0-20 см	0-100 см	0-20 см	0-100 см	0-20 см	0-100 см
Чистый пар	1	29	128	46	185	15	61
	2	28	127	45	183	15	62
Занятый (горох)	1	22	109	41	175	14	60
	2	21	108	42	174	14	61
Занятый (вика)	1	21	107	42	175	14	61
	2	21	107	42	175	14	60
Сидеральный (вико-овес)	3	21	117	43	178	15	62
	4	22	117	44	179	14	62

пшеницы в меньшей степени зависела от гидротермических условий за май-июнь и в большей степени определялась влиянием предшественников.

Однако эффективность видов пара в качестве предшественников определялась, прежде всего, накоплением и сохранением влаги к посеву озимой пшеницы.

Некоторые ученые отмечают, что в чистых парах за время парования испаряется большое количество влаги [10, 11, 12], но, несмотря на это, к моменту посева озимой пшеницы в чистом пару создается лучшая влагообеспеченность верхнего слоя почвы (0-20 см) - 28-29 мм, а после занятых и сидерального паров - 21-22 мм (табл. 3).

Многие авторы указывают, что влагообеспеченность растений в период посевов имеет большое значение для озимых культур, так как это определяет дальнейшее их развитие и в конечном итоге урожайность [13, 14, 15, 16].

Содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы в чистом пару к посеву озимой пшеницы составляло в среднем 128-127 мм, что больше чем после занятых паров на 19-21 мм, и сидерального пара на 10-11 мм.

Результаты корреляционно-регрессионного анализа свидетельствуют о тесной положительной зависимости количества взойдящих растений ( $y$ , шт/м<sup>2</sup>) от запасов продуктивной влаги в 20 см слое почвы ( $x$ , мм) перед посевом озимой пшеницы. Зависимость выражается уравнением регрессии следующего вида:  $y = 2,8885x + 365,87$ ; ( $R^2 = 0,90$ )

После посева в продолжение осенней вегетации озимой пшеницы запасы продуктивной влаги по всем вариантам опыта увеличивались за счет атмосферных осадков. К моменту ухода в зиму запасы влаги в 100 см слое почвы по вариантам опыта практически выравнивались, некоторое преимущество осталось за чистым паром.

К периоду возобновления весенней вегетации озимой пшеницы запасы продуктивной влаги по предшественникам находилось на уровне 174-185 мм, но лучшая влагозарядка почвы, во все годы наблюдений, отмечалась по чистому пару и составляла 183-185 мм. По остальным предшественникам запасы влаги находились в пределах 174-179 мм.

К уборке озимой пшеницы отличий по различным предшественникам и системам удобрений не отмечалось.

Расход влаги на формирование урожайности озимой пшеницы за период возобновления весенней вегетации - уборка в среднем составил по чистому пару по первому фону удобрений 333,3, второму 330,3 мм, после гороха и вики соответственно 322,3-324,3, по сидеральному пару 325,3-326,3 мм (табл. 5).

На формирование 1 т урожая надземной биомассы озимой пшеницы расход влаги по чистому пару по первому фону удобрений составил 361 м<sup>3</sup>, а по второму 372 м<sup>3</sup>. После занятых паров потребление влаги озимой пшеницей было больше: после гороха 414-418, вики 405-408 и по сидеральному пару 411-412 м<sup>3</sup> воды.

Таблица 4

**Запасы продуктивной влаги и коэффициент водопотребления озимой пшеницы по различным предшественникам и фонам удобрений**

(в среднем за 2003-2008 гг.)

Вид пара	Фон удобрений*	Урожайность, т/га	Запасы продуктивной влаги в слое 0-100 см, мм		Расход влаги за период возобновление вегетации - уборка, мм	Коэффициенты водопотребления, м <sup>3</sup> /т
			возобновление вегетации	перед уборкой		
Чистый	1	<u>9,23</u> 3,76	185	61	333,3	<u>361</u> 886
	2	<u>8,88</u> 3,62	183	62	330,3	<u>372</u> 912
Занятый (горох)	1	<u>7,84</u> 3,21	175	60	324,3	<u>414</u> 1010
	2	<u>7,71</u> 3,16	174	61	322,3	<u>418</u> 1020
Занятый (вика)	1	<u>7,99</u> 3,27	175	61	323,3	<u>405</u> 989
	2	<u>7,94</u> 3,25	175	60	324,3	<u>408</u> 998
Сидеральный	3	<u>7,91</u> 3,24	178	62	325,3	<u>411</u> 1004
	4	<u>7,89</u> 3,23	179	62	326,3	<u>412</u> 1010

\* Фон удобрений: 1–навоз+NPK; 2 – солома+NPK; 3 – сидерат+NPK; 4 – сидерат+солома+ NPK

\*\*Осадки за период возобновление вегетации - уборка составили 209,3 мм (в среднем за 2003-2008 гг.).

Оценка урожайности озимой пшеницы показала преимущество чистого пара, где она варьировала по годам от 3,14 (2004 г.) до 5,31 т/га (2008 г.) по системе удобрений с внесением навоза от 3,04 до 5,2 т/га за те же годы по системе удобрений с соломой. По сидеральному пару урожайность достоверно снижалась до уровня 3,17-3,26 т/га. После занятых паров (горох, вика) урожайность озимой пшеницы по сравнению с сидеральным и чистым парами была ниже на 0,5 - 1,5 т/га. Однако в 2005 году урожайность после гороха и вики была на уровне с вариантом по чистому пару 3,42-3,82 т/га, так как в этом году сложились лучшие условия влагообеспеченности посевов как в осенний, так и весенне-летний период вегетации (табл. 4).

В условиях 2003 года (ГТК=1,79) урожайность озимой пшеницы изменялась от 1,71 до 3,35 т/га. Максимальный сбор зерна был получен также по чистому пару - 3,33-3,35 т/га. После гороха урожайность соста-

вила 1,71-1,72 т/га, что в 1,9 раз ниже, чем по чистому пару. По сидеральному пару урожайность на 36-43 % была ниже, чем по чистому пару, но на 3-10 % выше, чем после занятых паров.

В 2005, 2006, 2007 и 2008 годах просматривалась такая же закономерность. Чистый пар, как предшественник, обеспечил максимальную урожайность озимой пшеницы в сравнении с другими предшественниками. Следует отметить положительное влияние и сидерального пара. За исключением засушливого 2008 года, во все годы исследований урожайность по этому предшественнику была выше, чем после гороха и вики, а в 2004 году на 6,3 % выше урожайности полученной по чистому пару.

В среднем за период 2003-2008 гг. урожайность озимой пшеницы по чистому пару составила 3,76 т/га (V =21,5 %), по второму фону - 3,62 т/га (V=21,9 %). При размещении озимой пшеницы после гороха было получено 3,21-3,16 т/га зерна соответственно

Таблица 5

Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественников и удобрений в севооборотах 2003-2008 гг.

Виды пара	Удобрения*	Урожайность по годам, т/га						В среднем за 6 лет	V, %
		2003	2004	2005	2006	2007	2008		
Чистый пар	1	3,33	3,14	3,91	3,25	3,62	5,31	<b>3,76</b>	21,5
	2	3,35	3,04	3,46	3,16	3,52	5,20	<b>3,62</b>	21,9
Занятый (горох)	1	1,71	2,58	3,78	2,78	3,35	5,06	<b>3,21</b>	35,8
	2	1,72	2,79	3,42	2,73	3,30	5,02	<b>3,16</b>	34,5
Занятый (вика)	1	2,22	2,61	3,82	2,84	3,37	4,74	<b>3,27</b>	28,0
	2	2,28	2,74	3,54	2,80	3,29	4,87	<b>3,25</b>	27,9
Сидеральный (вико-овес)	3	2,44	3,35	3,17	3,06	3,59	3,81	<b>3,24</b>	14,7
	4	2,34	3,33	3,26	3,07	3,55	3,82	<b>3,23</b>	15,7
НСР 05		0,14	0,19	0,10	0,11	0,09	0,14	-	-
НСР фактор А		0,09	0,13	0,15	0,08	0,15	0,28	-	-
НСР фактор В		0,06	0,09	0,11	0,06	0,04	0,07	-	-

\* Фон удобрений: 1–навоз+NPK; 2–солома+NPK; 3–сидерат+NPK; 4–сидерат+солома+ NPK

по первому и второму фонам удобрений (V=35,8-34,5 %), после вики соответственно 3,27-3,25 т/га (V=28-27,9 %). Возделывание озимой пшеницы по сидеральному пару обеспечило получение 3,24-3,23 т/га зерна, при высокой устойчивости урожайности по годам – коэффициент вариации составил 14,7-15,7 %.

Посредством корреляционно-регрессионного анализа нами установлена положительная связь (R=0,709) между содержанием продуктивной влаги перед посевом озимой пшеницы (x, мм) и урожайностью зерна озимой пшеницы (y, т/га), что характеризуется уравнением регрессии:  $y = 0,0415x + 2,3565$

Дисперсионный анализ урожайности озимой пшеницы за 2003, 2004, 2006, 2007, 2008 гг. показал, что 74-98 % изменений урожайности вызваны влиянием предшественников, т.е. севооборота, и лишь 0,7-5,5 % изменений связаны с применением разных фонов органоминеральных систем удобрений. В 2005 году (благоприятном по влагообеспеченности) 23 % изменений урожайности вызвано влиянием удобрений и 53 % действием предшественников в севооборотах. Данные дисперсионного анализа показывают, что использование фонов удобрений солома + NPK, сидераты + NPK, сидераты + солома + NPK не уступают по эффективности органоминеральной системе

удобрений навоз + NPK.

#### Выводы

1. Вегетационный период в условиях земледелия лесостепи Поволжья характеризуется частыми (67%) весенне-летними засухами различной интенсивности, что следует учитывать при совершенствовании элементов системы земледелия и агротехнологий.

2. По содержанию продуктивной влаги в почве перед посевом озимой пшеницы преимущество имел чистый пар, где содержалось 28-29 мм, что больше чем по занятому и сидеральному парам на 6-8 мм, это обеспечивало лучшие условия для появления всходов.

3. Влагозарядка метрового слоя почвы к посеву озимой пшеницы наиболее высокой была по чистому пару (несмотря на потери влаги на физическое испарение). Суммарное водопотребление здесь составило 361-372 мм при лучшей влагообеспеченности агроценоза по сравнению с другими предшественниками.

4. Наибольшая урожайность озимой пшеницы сформировалась в севообороте по чистому пару 3,76 и 3,62 т/га соответственно первому и второму фонам удобрений при высоком коэффициенте вариации 21,5-21,9 %, на втором месте по урожайности озимая пшеница после сидерального пара – 3,24-3,23 т/га со средней устойчивостью (V=14,7-15,7%). После занятых паров урожайность

озимой пшеницы имела сильную вариативность 27,9-35,8%.

Урожайность имела прямую сильную зависимость от содержания продуктивной влаги перед посевом ( $R=0,706$ ).

5. Дисперсионный анализ урожайности озимой пшеницы показал, что наибольшие изменения урожайности вызваны влиянием предшественника от 53 до 98 %, вклад удобрений составил 0,7-23,0%, что связано с засушливостью вегетационного периода.

Для повышения устойчивости урожаев зерна озимой пшеницы в изменяющихся метеорологических условиях лесостепи Поволжья, следует осваивать приемы, способствующие накоплению и рациональному использованию продуктивной влаги за счет доли чистого пара, применения сидеральных паров как фактора воспроизводства плодородия почв, оптимизации обработки почвы и применении органоминеральных систем удобрений.

#### Библиографический список

1. Алтухов, А.И. Развитие Рынка продовольственного зерна в России/ А.И. Алтухов// Нива Поволжья. – 2012. - №2. - С.2-10
2. Морозов, В.И. Зерновое хозяйство и его эффективность в условиях среднего Поволжья / В.И. Морозов, С.В. Басенкова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. - № 2. - С. 33-37.
3. Морозов, В.И. Полевой опыт как метод познания и практического освоения инновационных технологий / В.И. Морозов, А.Л. Тойгильдин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2012. - №1 (17). - С. 40-44.
4. Морозов, В.И. Засуха 2010: учесть уроки, ослабить риски/ В.И. Морозов // Поволжье Агро. – 2011. – № 1-2. – С. 32-35.
5. Зоидзе, Е.К. О подходе к исследованию неблагоприятных агроклиматических явлений в условиях изменения климата в Российской Федерации /Е.К. Зоидзе // Метеорология и гидрология.- 2004.- № 1.- С. 96-105.
6. Кабанов, П.Г. Погода и поле / П.Г. Кабанов. – Саратов: Приволжское книжное издательство.- 1975.- 240 с.
7. Биоклиматический потенциал России: теория и практика / А.В. Гордеев, А.Д. Клещенко, Б.А. Черняков [и др.]. – М.: Т-во научных изданий КМК.- 2006.- 512 с.
8. Селянинов, Г.Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата / Г.Т. Селянинов // В кн.: Мировой агроклиматический справочник. - Л.: Гидрометеоиздат, 1937. – С.5-27.
9. Справочник эколого-климатических характеристик г. Москвы / под ред. А.А. Исаева. М.: Изд-во геогр. ф-та МГУ. - 2005. - Т. 2. - 412 с.
10. Авраменко, Р.В. Динамика влажности почвы в севооборотах с разными видами паров и системами основной обработки под культуры / Р.В. Авраменко // Тезисы докладов 44 научной конференции профессорско-преподавательского состава сотрудников и аспирантов. - Самара, 1997.- С. 155.
11. Зеленский, Н.А. Совместные посевы озимой пшеницы с люцерной – будущее растениеводства/ Н.А. Зеленский, Г.М. Зеленская, А.П. Авдеенко // Фундаментальные исследования.- 2006. - №6. - с. 53-56.
12. Власова, Ольга Ивановна Научное обоснование приемов сохранения плодородия почв при возделывании пшеницы озимой в условиях центрального Предкавказья: автореф. дис. ... доктора сельскохозяйственных наук: 06.01.01 / О.И. Власова. - Старополья, 2014.– 43 с.
13. Богомазов, С.В. Роль агротехнических приемов в технологии возделывания озимой пшеницы в условиях черноземных почв Среднего Поволжья / С.В. Богомазов, О.А. Ткачук, Е.В. Павликова [и др.] // Нива Поволжья. - 2014. - № 31. - С. 2-7.
14. Вериги, С.А. Почвенная влага (применительно к запросам сельского хозяйства). / С.А Вериги, Л.А. Разумова// Л.: Гидрометеоиздат. - 1973. - 328 с.
15. Кулик, М.С. Оценка агрометеорологических условий весенней вегетации озимых / М.С. Кулик // Метеорология и гидрология. -1964.- № 8.- С. 16-22.
16. Шабаев, А.И. Ресурсосберегающие технологии возделывания озимой пшеницы в агроландшафтах Поволжья/ А.И. Шабаев// Земледелие. -2009. -№ 4. -С. 13-15.