УДК: 633.112.1"321": 631.432: 632.112 (470.56)

Крючков А.Г., Елисеев В.И.
Оренбургский научно-исследовательский иститут сельского хозяйства
E-mail: orniish@mail.ru

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОСТУПЛЕНИЯ И РАСХОДА ВЛАГИ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЕЙ В ЗАСУШЛИВОЙ СТЕПИ ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Оренбургская область является одной из ведущих областей по производству зерна яровой твердой пшеницы. Частые засухи в течение вегетационного периода снижают уровень урожайности яровой твердой пшеницы. В связи с этим, ведется постоянный поиск приемов, обеспечивающих повышение продуктивности яровой твердой пшеницы, при сохранении и улучшении технологических качеств зерна. Важнейшее значение придается улучшению условий ее водообеспеченности и питания.

Выявление в многолетнем стационарном опыте закономерностей поступления и расхода влаги этой культурой в различные по метеоусловиям годы, является актуальным для Оренбургской области и других регионов с подобными почвенно-климатическими условиями.

В основу исследований были положены многолетние (1974–2015 гг.) экспериментальные данные по урожайности яровой твердой пшеницы, полученные в стационарном опыте с удобрениями на обыкновенном черноземе центральной зоны области и метеоданные Оренбургского Гидрометеоцентра с применением методов математического моделирования.

В результате выявлены закономерности поступления и расхода влаги яровой твёрдой пшеницей и их роль в формировании ею урожайности на фонах без удобрения и с внесением NPK.

Исследованиями установлен более экономный расход влаги на удобренном фоне, что очень важно для засушливых условий области. на фоне без удобрений коэффициент водопотребления равен 2192,5 куб. м/т, на фоне $N_{80}P_{80}K_{40}$ – 1976,8 куб.м /т.

Впервые для условий Оренбургской области рассчитаны скорости расхода доступной влаги растениями яровой твёрдой пшеницы на удобренном и неудобренном фонах и их связи с урожайностью.

Установленные в результате исследований зависимости урожайности яровой твёрдой пшеницы от запасов влаги в почве, количества выпадающих осадков и расхода доступной влаги, а также уравнения могут быть использованы на практике при производстве яровой твёрдой пшеницы.

Ключевые слова: яровая твердая пшеница, поступление и расход влаги, урожайность, корреляционные связи, параметры.

Введение

Вода была, есть и будет оставаться важнейшей составляющей фотосинтеза при формировании растениями своего организма и плодообразования. Её недостаток и несвоевременное поступление сопровождаются снижением продуктивности возделываемых культур в засушливом климате степных регионов страны и мира.

Поэтому чрезвычайно важно знать особенности увлажнения каждой территории землепользования, которые определяются климатом региона, зоны и особенности рельефа.

Успешное климатически оправданное возделывание любой культуры определяется возможностями климата территории и адаптированностью культуры к этим условиям.

Исторический опыт свидетельствует о том, что в степном Оренбуржье может производиться отличное по своим качествам зерно яровой твердой пшеницы. Но в силу ряда причин (бесконечное повышение цен на удобрения, ГСМ, средства защиты растений, старение и износ техники и машин без своевременной замены, слом прежней стройной системы семеноводства, ухудшение кадрового состава работников и т. п.) внимание к этой культуре ослабленно, поскольку возникает противоречие между затратностью на её производство при ограниченном наращивании урожайности в условиях засушливого климата.

Вопросы особенности водного режима почвы в связи с внесением минеральных удобрений под яровую пшеницу в засушливых условиях Оренбургской области отражены в более ранних исследованиях [1]–[3].

В то же время, таких данных нет по зоне обыкновенных чернозёмов области, в длительных исследованиях.

В связи с этим, целью нашего исследования было выявить возможности поступления влаги и величины её расхода на формирование уро-

жайности зерна яровой твердой пшеницы, дабы уберечь сельхозпроизводителей от необоснованного планирования, кредитования и определения размеров страхования посевов.

Материалы и методы исследований

Материалами для исследований служили метеоданные Оренбургского Гидрометеоцентра [5], результаты многолетнего (1974–2015 гг.) стационарного опыта с удобрениями в 5ти польном севообороте на черноземе обыкновенном, ведущемся на базе б. Оренбургской областной государственной с.-х. опытной станции (позднее б. ОПХ «Урожайное», п. Чебеньки), заложенном по схеме ВИУА [2]. При анализе данных использованы методы: статистический, корреляционно-регрессионный нелинейный, графический и монографический анализы (по Б.А. Доспехову, 1985 [3]). Расчеты выполнены на ПЭВМ по программе Statgrafiks.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты анализа 35ти летних учетов (1974–2015 гг) показали, что в метровом слое почвы к севу яровой твердой пшеницы на фоне без удобрений содержалось 125,8 мм (87,1–170,7 мм), а по удобренному $N_{80}P_{80}K_{40}$ фону – 128,7 мм (78,5–172,3 мм) продуктивной влаги, расходовалось из почвы соответственно 94,9 мм (56,7–132,6 мм) – 94,5 мм (19,6–133,7 мм) влаги. В период полной спелости её оставалось в почве 30,9 мм (0,5–144 мм) – 34,2 мм (0,0–123,0 мм).

Осадков за вегетацию выпало 114,5 мм (30,7–262,4 мм).

В итоге растения яровой твердой пшеницы на разных фонах располагали резервом влаги 240,3–243,3 мм (134,3–402,1 мм и 130,7–400,2 мм). Ими было израсходовано на формирование урожайности 212,4 мм (115,0–329,1 мм) и 212,2 мм (122,1–329,5 мм) суммарной влаги.

Скорость расхода суммарной влаги составила 2,25 мм/сут. (1,11–3,83 мм и 1,13–3,83 мм/сут.). Коэффициент водопотребления на фоне без удобрений был равен 2192,5 куб.м/т (930,6–10140 куб.м/т), а на фоне $N_{80}P_{80}K_{40}$ – 1976,8 куб.м/т (878,9–9550,0 куб.м/т).

Получена общая характеристика данных о резервах доступной растениям влаги и её расхода свидетельствует о значительной неустойчивости этого природного фактора климата степной зоны Южного Урала.

В связи с этим, возникла необходимость выявления зависимостей урожайности яровой твёрдой пшеницы от показателей её водоснабжения и потребления.

Корреляционно-регрессионный анализ показал на существование сильных и тесных зависимостей урожайности этой культуры от количества выпадающих осадков ($\eta_{ух}$=0,933 и 0,945), расхода суммарной доступной влаги ($\eta_{ух}$= 0,914 и 0,920), суммы доступного резерва влаги ($\eta_{ух}$=0,893 и 0,934) и скорости расхода доступной влаги за вегетацию ($\eta_{ух}$=0,929 и 0,847) (табл. 1).

Связей с запасом влаги в почве к севу не было получено.

Графический анализ полученных уравнений свидетельствует о росте

урожайности яровой твёрдой пшеницы от 4,97 до 18,2 ц с 1 га по фону без удобрений и с 5,82 до 26,5 ц с 1 га по фону с внесением $N_{80}P_{80}K_{40}$ при выпадении за вегетацию от 22 до 262,4 мм и от 30,7 до 262,4 мм осадков (рис. 1).

Таблица 1. Зависимости урожайности яровой твёрдой пшеницы от запасов, поступления и расхода влаги (п. Чебеньки, агрохимический стационар, 1974-2015 гг.) Чернозём обыкновенный

п/п	Факторы	Корреляционные отношения связи с урожайностью, ед.	
		Фон – без удобрений	Фон – $N_{80}P_{80}K_{40}$
1	Запас влаги в слое почвы 0 – 100 см к севу, мм	0,241	0,542
2	Сумма осадков за вегетацию, мм	0,933	0,945
3	Сумма доступной влаги (запас к севу + осадки за вегетацию), мм	0,893	0,934
4	Расход суммы доступной влаги, мм	0,914	0,920
5	Скорость расхода доступной влаги за вегетацию, мм/сут.	0,939	0,847

Увеличение суммы доступной влаги (её резерва) со 134,3 до 403,1 мм и со 130,7 до 400,2 мм соответственно фонам сопровождалось повышением урожайности с 4,13 до 18,21 ц с 1 га и с 5,95 до 24,6 ц с 1 га.

Расходы доступной влаги с 99 до 329,1 мм по неудобренном фону повышали урожайность с 4,85 до 18,9 ц с 1 га, а по удобренному $N_{80}P_{80}K_{40}$ со 122,1 до 329,5 мм наращивали её с 6,36 до 24,0 ц с 1 га.

Скорость расхода доступной суммарной влаги растениями яровой твёрдой пшеницы по мере повышения с 1,11 и 1,13 мм/сут до 3,83 мм/сут по неудобренному и удобренному $N_{80}P_{80}K_{40}$ фонам способствовала повышению её урожайности с 4,11 и 4,29 до 17,6 и 23,8 ц с 1 га.

Отсутствие достоверных связей урожайности от запасов влаги в почве к севу, мм относит на влияние не рассматриваемы в настоящей статье факторов погоды, хотя и полагаем, что запасы влаги в почве являются страховым фондом сопротивления растений другим, сильно действующим факторам почвы.

Тем не менее, важно было выявить, как связана урожайность с запасом влаги к севу и количеством выпадающих осадков. Множественный корреляционный анализ показал, что на фоне без удобрений урожайность яровой твёрдой пшеницы в сильной степени ($\eta_{ммy1x2}$=0,712; K_g

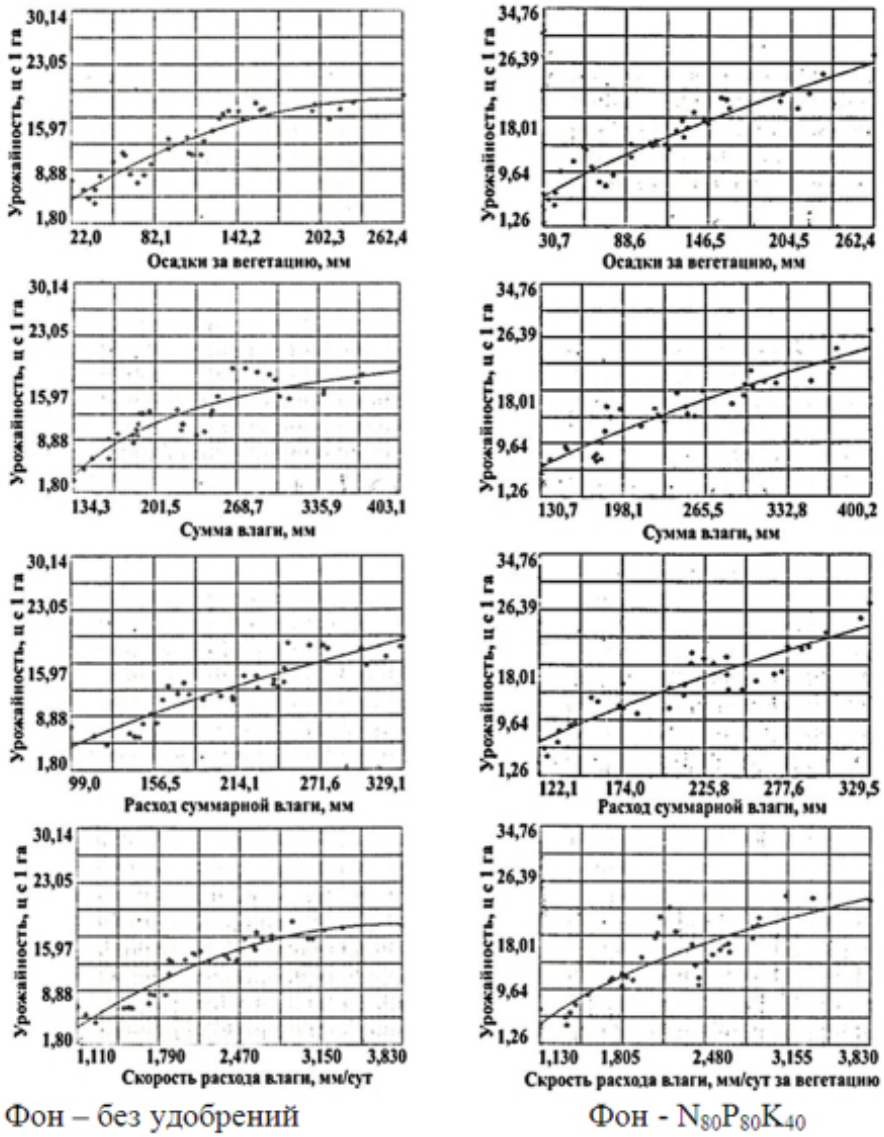


Рисунок 1. Зависимость урожайности яровой твёрдой пшеницы от наличия, поступления и расхода влаги за вегетацию (п. Чебеньки, агрохимический стационар, 1974-2015 гг.)

=50,63% при $F_{факт}$=5,95> $F_{теор01}$=2,26) зависит от запасов влаги к севу в почве (x_1) и осадков, выпадающих за период её вегетации (x_2) (рис. 2).

На фоне удобрения $N_{80}P_{80}K_{40}$ урожайность её была связана несколько в меньшей степени с запасами влаги к севу и осадками ($\eta_{ммх1х2}$=0,702; K_g=49,26% при $F_{факт}$=5,63> $F_{теор01}$=2,26). Зависимости выражены уравнениями вида:

1. для фона без удобрений:

$$y_{ммх1х2} = -20,50564+0,347353x_1 + \\ +0,1734316x_2 - 1,316199Д - 03x_8^2 - \\ - 3,1759725Д - 04x_1x_2 - 26,360128Д - 04x_1x_2 - \\ - 2,6360128Д - 04x_2^2 \pm 4,43 \text{ ц с 1 га} \quad (1)$$

2. для фона $N_{80}P_{80}K_{40}$

$$y_{ммх1х2} = -27,76616 + 0,552928x_1 + 5,53709Д - \\ - 02x_2 - 2,495158Д - 03x_1^2 + 6,26527397Д - \\ - 04x_1x_2 \pm 6,25 \text{ ц с 1 га} \quad (2)$$

Растения в посевах поддерживали свой водный баланс, поочередно используя влагу из почвенного запаса или осадков при их выпадении. Это подтверждается проявлением тесной множественной связи величины расхода суммарной влаги (y) от запасов влаги в метровом слое почвы (x_1) и выпавших осадков (x_2). ($\eta_{ммх1х2}$=0,983; K_g=96,59% при $F_{факт}$=164,6> $F_{теор01}$=2,26) на фоне без удобрений (рис. 2). Уравнение для расчета имеет следующий вид:

$$y = -194,903808+4,3537658x_1 + \\ +1,14341893x_2 - 1,64329118Д - \\ - 02x_1^2 + 1,907703Д - 03x_1x_2 - 1,80460369Д - \\ - 03x_2^2 \pm 12,65 \text{ мм} \quad (3)$$

На удобренном $N_{80}P_{80}K_{40}$ фона зависимость расхода суммарной влаги (y_1) от запасов влаги в почве к севу (x_1) и выпавшего количества осадков (x_2) была также тесной ($\eta_{ммх1х2}$=0,945; K_g=89,3% при $F_{факт}$=48,42> $F_{теор01}$=2,26) и выражалось уравнением вида:

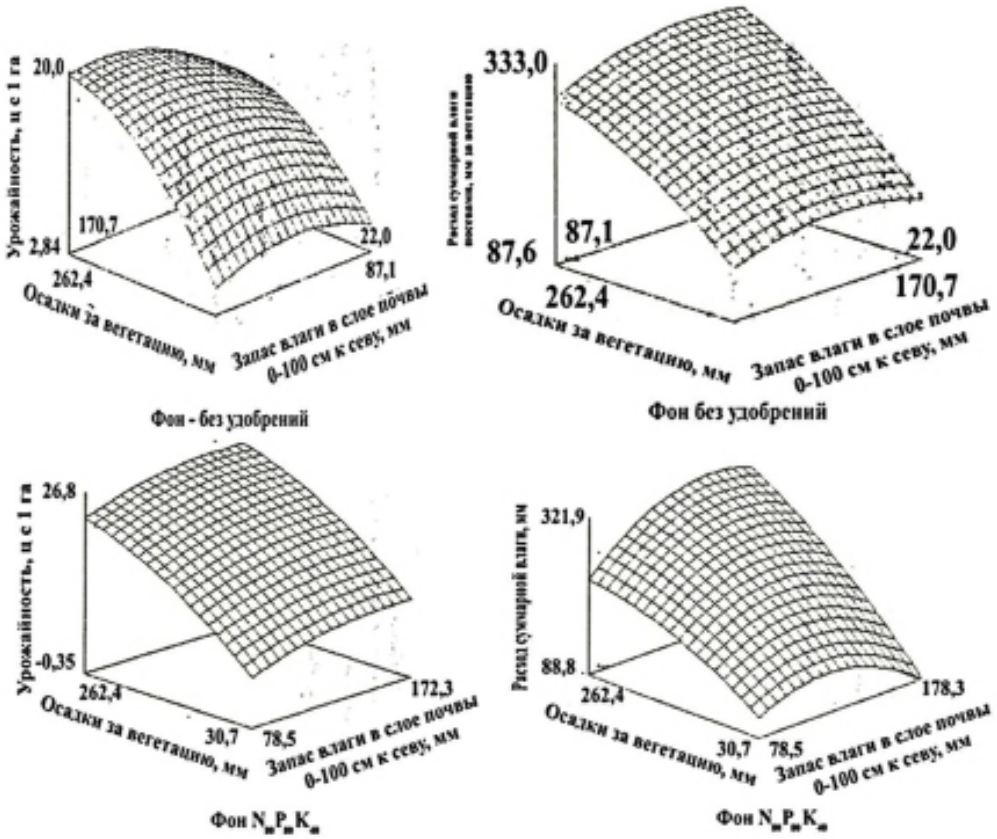


Рисунок 2. Зависимость расходов суммарной влаги и урожайности яровой твердой пшеницы от запасов влаги к севу и осадков за вегетацию (1974–2015 гг.)

$$y_1 = -107{,}682592 + 2{,}674731x_1 + 1{,}359353x_2 - 8{,}563182Д - 03x_1^2 - 2{,}9211126Д - 04x_1x_2 - 1{,}802815Д - 03x_2^2 \pm 21{,}17 \text{ мм} \quad (4)$$

Поскольку зависимость между расходом суммарной влаги от запасов влаги к севу в почве и суммы осадков выше, чем урожайности от этих факторов, возникает вопрос об эффективности расхода влаги на формирование урожайности.

Для выявления роли повышения эффективности использования влаги под действием внесенного полного удобрения, мы проследили связи величин расходов, скоростей её роста на фоне без удобрений и с его внесением.

Выявлено, что скорости расхода влаги по неудобренному и удобренному фонам тесно коррелирует ($\eta_{ммх1х2}$=0,973; K_g=94,73% при $F_{факт}$=17,87> $F_{теор01}$=2,76). в соответствии с полученным уравнением вида:

$$y = 0{,}5701057 + 0{,}6243347x + 5{,}108555E - 02x^2 \pm 0{,}134 \text{ мм/сутки} \quad (5)$$

По мере роста скорости расхода влаги растениями на фоне без удобрений с 1,11 мм/сут. до 3,83 мм/сут. скорость её расхода на фоне удобрения повышается с 1,32 до 3,71 мм/сут. (рис. 3).

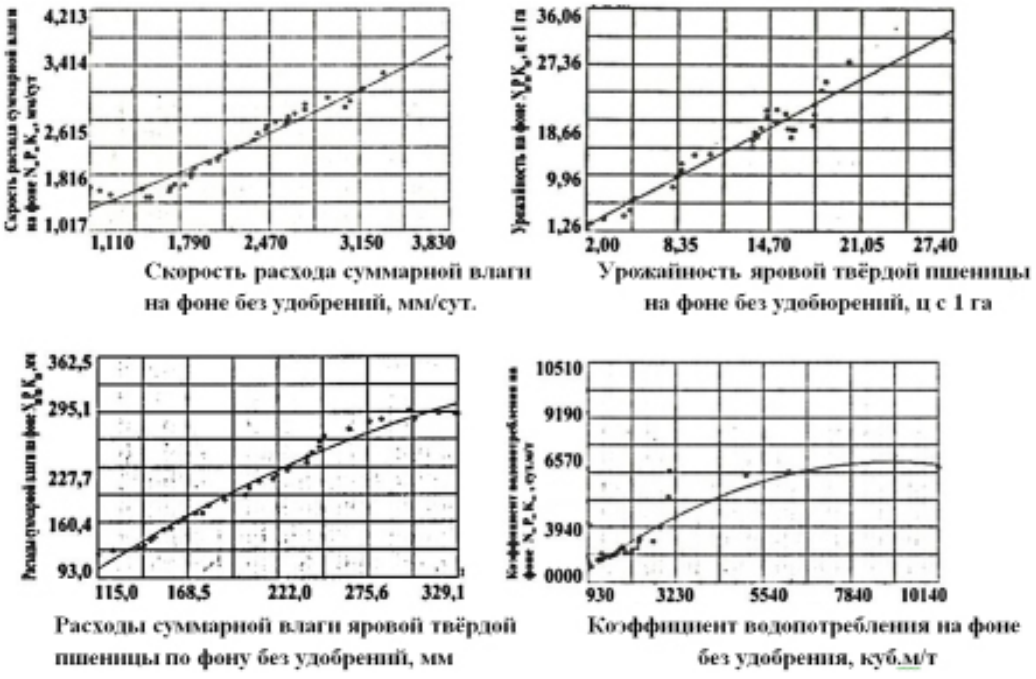
Как видно из данных скорость расхода суммарной влаги при её низких показателей выше, чем на фоне без удобрения, но по мере её возрастания постепенно снижается на фоне удобрения в сравнении с неудобренным фоном.

Расходы суммарной влаги по фону без удобрений (х) и по фону с внесением $N_{80}P_{80}K_{40}$ (у) тесно коррелирует ($\eta_{ммх1х2}$=0,990; K_g=98% при $F_{факт}$=47,05> $F_{теор01}$=1,76) и описывается уравнением вида:

$$y = -70{,}38766 + 1{,}709637x - 1{,}730053E - 03x^2 \pm 8{,}37 \text{ мм} \quad (6)$$

В соответствии с ним при увеличении расходов суммарной влаги по фону без удобрений со 115 до 329 мм расходы её по удобренному фону повышается со 103,3 до 305 мм, т. е. складываются более низкими.

Коэффициенты водопотребления по фону без удобрения (х) и с внесением $N_{80}P_{80}K_{40}$ (у) также тесно коррелировали между собой ($\eta_{ммх1х2}$=0,905; K_g=93,16% при $F_{факт}$=13,73> $F_{теор01}$=1,76). По полученному уравнению вида:



Скорость расхода суммарной влаги на фоне без удобрений, мм/сут.

Урожайность яровой твёрдой пшеницы на фоне без удобюрений, ц с 1 га

Расходы суммарной влаги яровой твёрдой пшеницы по фону без удобрений, мм

Коэффициент водопотребления на фоне без удобрения, куб.м/т

Рисунок 3. Зависимости скорости расхода суммарной влаги, их величины, коэффициентов водопотребления и урожайность на фоне $N_{80}P_{80}K_{40}$ от их показателей по неудобренному фону (п. Чебеньки, 1974–2015 гг.)

$$y = -717{,}1039 + 1{,}450815x - 8{,}137315E - 05x^2 \pm 334{,}2 \text{ куб.м/т} \quad (7)$$

коэффициент водопотребления по фону $N_{80}P_{80}K_{40}$ возрастал с 562,6 до 5749,6 куб.м на 1 т зерна и затем снижался до 5627,4 куб.м/т по мере увеличение коэффициента водопотребления по фону без удобрений с 930,6 до 8908,88 и 10140 куб.м/т.

Зависимости величины урожайности яровой твёрдой пшеницы по удобренному $N_{80}P_{80}K_{40}$ фону от урожайности её по фону без удобрений была тесной ($R_{ммх1х2}$=0,972; K_g=94,44% при $F_{факт}$=17,45> $F_{теор01}$=1,76) и описывается уравнением вида:

$$y = 0{,}3811502 + 1{,}210205x \pm 1{,}74 \text{ ц с 1 га} \quad (8)$$

Согласно полученному уравнению при увеличении урожайности на фоне без удобрений с 2,0 до 27,4 ц с 1 га, она повышается под действием удобрения с 2,04 до 32,8 ц с 1 га (рис. 4).

Скорость накопления урожайности яровой твёрдой пшеницы на фоне без удобрений изменялась от 2,02 до 27,4 кг/га/сут при средней величине за 1974–20155 гг, равной 13,3 кг/га/сут. на фоне с внесением удобрения в дозах $N_{80}P_{80}K_{40}$ она изменялась в более широком диапазоне (1,48-82,2 кг/га/сут) и в среднем была выше, чем по неудобренному фону, составляла 15,65 кг/га/сут.

Зависимость между скоростями накопления урожайности на этих фонах была тесной

Рисунок 4. Зависимость между скоростью накопления урожайности яровой твёрдой пшеницы по фону без удобрений и на фоне $N_{80}P_{80}K_{40}$ (1974–2015 гг.)

($\eta_{ммх1х2}$=0,991; K_g =98,15% при $F_{факт}$=52,52> $F_{теор01}$=1,76). Она описывается уравнением вида:

$$y = -1{,}334825E - 02 + 1{,}177097x_1, \quad (9)$$

где x – скорость накопления урожайности по фону без удобрений, кг/га/сут.; y – по фону $N_{80}P_{80}K_{40}$

Характер связи показан на рисунке 4.

Согласно полученного уравнения скорость накопления урожайности яровой твёрдой пшеницы на удобренном $N_{80}P_{80}K_{40}$ фоне возрастает с 2,30 до 32,23 кг/га/сут по мере её наращивания на фоне без удобрений с 2,02 до 27,4 кг/га/сут.

Заключение

Наше впервые проведенное обобщение о наличии внесенных запасов влаги, поступление осадков, суммарной её величины, расходах за вегетацию на формирование урожайности яровой твёрдой пшеницы за многолетний период исследований в стационарном химическом опыте (1974–2015 гг.), ведущемся на опытном поле ФГБНУ Оренбургский НИИ сельского хозяйства, осуществленный с помощью применения методов математического анализа позволяет сделать следующее заключение.

На чернозёме обыкновенном степной зоны Оренбургского Предуралья метровый слой почвы к севу может содержать 125,8–128,7 мм с колебаниями по годам от 78,5–87,1 до 170,7–172,9 мм продуктивной влаги. Осадков за вегетацию выпадает 114,5 мм (30,7–262,4 мм).

Растения располагают возможным резервом суммарной доступной влаги в 240,3–243,3 мм с колебаниями от 130,7 до 402,1 мм, из которых расходуется 212,2–212,4 мм (115,0–329,5 мм) в период вегетации (на испарение и формирование урожайности) со скоростью 2,25 мм/сут. (1,11–3,83 мм/сут.) коэффициенты водопотребления составили 2192,55 куб.м/т (930,6–10140 куб.м/т) на фоне без удобрения и 1976,8 куб.м/т (878,9–9550 куб.м) на фоне $N_{80}P_{80}K_{40}$.

Наиболее сильно зависит урожайность этой культуры от количества выпадающих осадков и расхода доступной суммы влаги.

Наиболее высокая урожайность зерна достигается на фоне без удобрения и на фоне $N_{80}P_{80}K_{40}$ соответственно при выпадении 262,4 мм осадков (18,2 и 26,5 ц с 1 га), резерве доступной суммарной влаги 403,1–400,2 мм (18,21 и 24,6 ц с 1 га), расходах суммарной влаги 329,1–329,5 мм (18,9 и 24,0 ц с 1 га).

Более сильно с величиной урожайности коррелирует совместное действие запасов влаги и количества выпадающих осадков, что объяснимо переключением растений на попеременное их использование. Сильными и тесными связями между собой характеризуется показатели величин расходов доступной влаги, скорости их расхода, коэффициентов водопотребления и урожайности и скорость её накопления на фонах без удобрения и с внесением $N_{80}P_{80}K_{40.}$ При этом проявляется более эффективное использование влаги на удобренном фоне.

11.04.2016

Список литературы:
1. Крючков А.Г. Максютов Н.А. Погодные факторы и роль предшественников в повышении урожайности яровой твёрдой пшеницы в степной зоне Оренбуржья / №11, стр.7-12.
2. Крючков А.Г. Елисеев В.И., Абдрашитов Р.Р. Удобрение яровой твёрдой пшеницы и её урожайность в Оренбургском Предуралье // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2012 г. – №1 С. 53-57.
3. Аникович В.Ф. Особенности водного режима почвы в связи с внесением минеральных удобрений под яровую пшеницу в засушливой степи Оренбургской области / Сборник научных трудов, Уфа. – 1988. – С. 68-74.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с. с илл.
5. Материалы бюллетеней Оренбургского Гидрометеоцентра за 1974-2015 гг.
6. Научные отчеты лаборатории агрохимии ФГБНУ «Оренбургский НИИСХ» за 1974-2015 гг.

Сведения об авторах:

Крючков Анатолий Георгиевич, главный научный сотрудник, исполняющий обязанности по управлению отделом технологии зерновых культур Оренбургского научно-исследовательского института сельского хозяйства, доктор сельскохозяйственных наук
460051, г. Оренбург, пр-т Гагарина, 27/1, тел. 71-04-88, e-mail: orniish@mail.ru

Елисеев Виктор Иванович, ведущий научный сотрудник, заведующий комплексной аналитической лабораторией Оренбургского научно-исследовательского института сельского хозяйства, кандидат сельскохозяйственных наук
460051, г. Оренбург, пр-т Гагарина, 27/1, тел. 71-02-92, e-mail: orniish@mail.ru