

7. Новиков В.М., Нечаев Л.А. Дифференцированная система основной обработки почвы в зерновом звене зернопропашного севооборота // Главный агроном, 2012. №8. – С.7-9.
8. Новиков В.М. Влияние систем основной обработки почвы на замыкающую культуру в севообороте с просом, горохом, гречихой // Зернобобовые и крупяные культуры, 2013. №1(5). – С.59-66.
9. Средние многолетние запасы продуктивной влаги под озимыми и ранними яровыми зерновыми культурами по областям ... Европейской части СССР// Справочник. - Т.1. – Л-д: Гидрометеиздат, 1986. – 124 с.

FORMATION OF PRODUCTIVE MOISTURE AND WATER CONSUMPTION BY LEGUMINOUS AND GROAT CROPS UNDER THE INFLUENCE OF METHODS OF SOIL CULTIVATION AND FERTILIZINGS

V.M. Novikov

The All-Russia Research Institute of Legumes and Groat Crops

Abstract: *In the article the analysis of accumulation of productive moisture and quotient of water consumption by crops of crop rotations depending on agrotechnical methods is resulted. Indicators of water consumption by crops in region of researches are established.*

Keywords: productive moisture, water consumption, crop of crop rotation, soil cultivation, fertilizings

УДК 633.11:581.19

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА

Н.И. РЯБЧУН, кандидат сельскохозяйственных наук

Институт растениеводства им. В. Я. Юрьева НААН Украины

В статье рассматривается возможность прогнозирования урожайности зерна пшеницы мягкой озимой на различных этапах онтогенеза. Установлена тесная положительная корреляция между кустистостью, корнеобеспеченностью растений после прекращения осенней вегетации и урожайностью зерна. Выявлена связь между перезимовкой и урожайностью зерна, теснота которой обусловлена напряженностью стрессовых факторов зимы и весенне-летнего периода. В годы с суровой зимой урожайность на 83,6% определяется зимостойкостью сорта, в средние и благоприятные годы перезимовка определяет величину урожайности на 51,2-59,1%.

При прогнозировании урожайности в фазу налива зерна варьирование соотношения фактической и прогнозированной урожайности было незначительным, $V = 5,75\%$, а коэффициент реализации прогноза в среднем по сортам – высоким ($0,93 \pm 0,053$).

Ключевые слова: пшеница мягкая озимая, урожайность, перезимовка, корреляция, прогнозирование

В организации современного растениеводства прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур имеет важное значение, поскольку дает возможность предварительно выбрать и спланировать технологические операции по уходу за посевами, определить необходимое количество и ассортимент удобрений, средств защиты растений и других материалов, объемы уборочных работ, а также предварительно рассчитать возможные доходы предприятия [1]. Осо-

бое значение прогнозирование урожайности имеет для озимых зерновых культур, в частности пшеницы мягкой озимой, как основной продовольственной культуры многих стран мира [2].

Определение потенциальной урожайности на раннем этапе развития растений предоставляет больше возможностей скорректировать приемы ухода за посевом с целью повышения их адаптивности и продуктивности, и больше времени для подготовки сбора, размещения на хранение и реализации будущего урожая. Этой проблеме были посвящены работы, в которых рассматривалось прогнозирование урожайности по функционированию органов растений, устойчивости агроэкосистем, с точки зрения статистики [3-6], однако представляет интерес также изучить связь урожайности зерна с параметрами растений пшеницы озимой на протяжении вегетации.

Целью исследований было определить связи между урожайностью зерна пшеницы мягкой озимой и параметрами развития растений, их перезимовкой, соотношению между прогнозируемой и фактической урожайностью на различных этапах онтогенеза.

Материалы и методика исследований

Исследования проводились в 2007-2012 гг. в Институте растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН Украины. Посев пшеницы мягкой озимой проводили в полевом опыте на экспериментальной базе Института растениеводства им. В.Я. Юрьева «Элитное». Почва опытного участка – чернозем мощный слабовыщелоченный на суглинистом лессе с содержанием гумуса 5,0-5,4%, с толщиной гумусного слоя 75 см.

Материалом для исследования служили 23 сорта пшеницы мягкой озимой происхождением из Украины, России, Германии. Сорта имеют различный уровень зимостойкости – от 2,5 до 8,0 балла по девятибалльной шкале, где 9 баллов – максимальная устойчивость, 1 балл – минимальная.

Основная обработка почвы – зяблевая вспашка под предшественник черный пар, предпосевная – культивация с боронованием. Под предпосевную культивацию вносили полное минеральное удобрение (нитроаммофоска) нормой 32 кг/га д.в. Посев проводили в оптимальные для зоны сроки тракторной селекционной сеялкой «Клен». Учетная площадь делянок – 10 м², норма высева – 4,5 млн. всхожих семян на гектар. Полевые и лабораторные опыты проводили согласно изданий: «Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» [7]; Б.А. Доспехов, 1985 [8].

Результаты исследований и их обсуждение

Определение будущей урожайности на ранних этапах онтогенеза связано со многими переменными факторами, причем у озимых культур их значительно больше, чем у яровых. В осенний период, после прекращения вегетации растений пшеницы мягкой озимой, прогнозирование потенциальной урожайности базируется на определении биометрических показателей растений (количество и развитость побегов, наличие вторичной корневой системы, степень развития конуса роста), густоты и равномерности распределения растений на площади поля. Важную роль играет учет экологических особенностей: обеспеченности почвы влагой и питательными веществами, зараженности посева болезнями и заселенности вредителями, количества сорняков [9, 10].

В наших исследованиях проведено изучение связи урожайности зерна пшеницы мягкой озимой с биометрическими характеристиками растений в фазу осеннего кущения (в конце осен-

ней вегетации) при оптимальном сроке сева и густоте растений, в годы с различными погодными характеристиками.

Выявлено, что характер зависимости (коэффициент корреляции) между изучаемыми показателями по каждому отдельному году (рис. 1) отличался от коэффициентов корреляции в целом по общему количеству лет (табл. 1).

Среди биометрических параметров растений в конце осенней вегетации наименьшую тесноту связи с величиной урожайности зерна пшеницы мягкой озимой имела высота растений: коэффициент корреляции по годам имел отрицательное значение и варьировал от $-0,622$ до $-0,999$, что свидетельствует об обратной связи между этими показателями, а за весь период исследований равен $0,256$, что свидетельствует о слабой связи между этими признаками, при их наблюдении в различных погодных условиях; коэффициент детерминации за период исследований $d_{xy} = 0,066$, то есть только $6,6\%$ изменчивости урожайности были обусловлены высотой растений перед зимовкой. Обратная корреляционная зависимость с высокой теснотой связи установлена между размером конуса роста и урожайностью по годам (коэффициент корреляции равен от $-0,742$ до $-0,975$), а в целом по массиву данных зависимость была обратной средней тесноты $r = -0,411$).

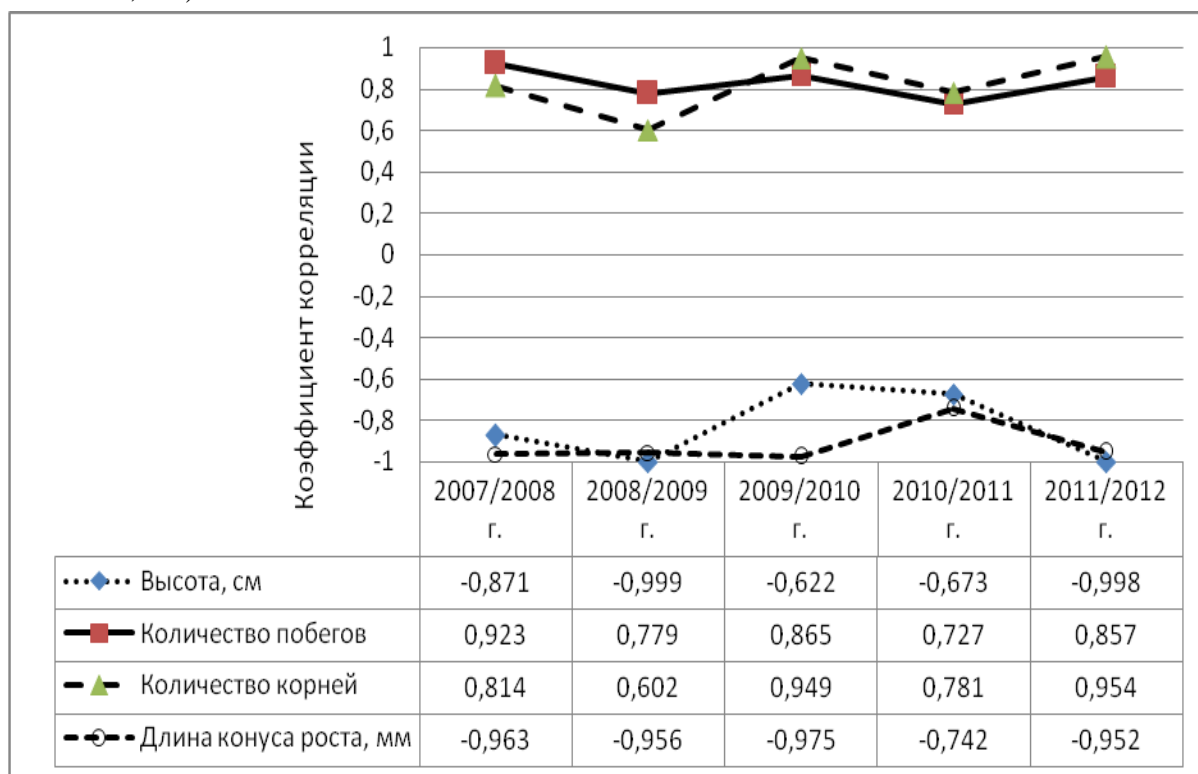


Рис. 1 Коэффициенты корреляции между урожайностью и биометрическими показателями растений сортов пшеницы мягкой озимой в осенний период.

Наиболее сильная прямая связь урожайности выявлена с количеством побегов и вторичных корней у растений в осенний период, коэффициент корреляции между этими показателями составил по годам от $r=0,602$ до $0,954$, а за весь период исследований соответственно $0,753$ и $0,787$. Коэффициент детерминации d_{xy} в этих случаях составлял $0,567$ и $0,619$ соответственно. Таким образом, показателями, в наибольшей мере определяющими урожайность пшеницы мягкой озимой в осенний период, являются кустистость и корнеобеспеченность растений.

В ранневесенний период, в фазу весеннего кушения, на формирование урожайности значительное влияние оказывает степень перезимовки растений [11]. За период исследований были годы с благоприятными условиями зимовки (2007/2008, 2008/2009 гг.), а также годы с различным уровнем напряженности неблагоприятных факторов зимовки (средние 2010/2011 и 2011/2012 гг. и неблагоприятный 2009/2010 гг.).

Таблица 1 – Биометрическая характеристика растений в фазу осеннего кушения и урожайность сортов пшеницы мягкой озимой, 2007-2012 гг.

Год, сорт	Высота, см (А)	Количество, шт.		Состояние конуса роста		Урожайность, т/га (Г)
		побегов (Б)	узловых корней (В)	этап развития	длина (Д)	
2007/2008 г.						
Подольянка	22,6	4,6	6	II	0,35	8,42
Досконала	24,8	4,2	6	II	0,37	9,00
Ермак	25,0	4,8	7	II	0,44	8,73
Актер	29,1	3,0	5	III	0,73	4,60
2008/2009 г.						
Подольянка	24,1	4,1	5	II	0,38	5,82
Досконала	25,0	3,9	5	II	0,36	5,36
Ермак	25,9	4,5	6	II	0,40	4,86
Актер	28,7	3,0	4	III	0,70	3,12
2009/2010 г.						
Подольянка	19,6	3,4	4	II	0,30	2,96
Досконала	19,0	3,1	4	II	0,33	2,98
Ермак	18,5	3,3	4	II	0,35	2,03
Актер	20,3	2,6	2	II- III	0,60	0
2010/2011 г.						
Подольянка	16,5	3,0	3	II	0,29	5,38
Досконала	16,8	3,2	4	II	0,31	4,38
Ермак	17,0	3,0	4	II	0,36	6,80
Актер	17,6	2,4	2	II	0,54	2,03
2011/2012 г.						
Подольянка	17,8	3,5	4	II	0,35	5,07
Досконала	17,6	3,2	4	II	0,36	6,14
Ермак	18,0	3,3	4	II	0,36	4,48
Актер	19,0	2,6	3	III	0,62	0,85
<i>r</i>	<i>AG</i> = 0,256	<i>BГ</i> = 0,753	<i>BГ</i> = 0,787		<i>ДГ</i> = -0,411	
<i>d_{xy}</i>	0,066	0,567	0,619		0,169	

По результатам анализа выборки из 23 сортов с уровнем зимостойкости от 2,5 до 8 баллов (по 9-ти балльной шкале) установлено, что варьирование уровня перезимовки сортов наиболее значительно в год с суровыми условиями зимы – 2009/2010 г. (табл. 2). Перезимовка растений составила от 5% у сорта Актер до 75-85 % у сортов Косовица, Харус, Дюк, Харківська 105, что обусловило высокий коэффициент вариации этого признака $V=27,0\%$ и, соответственно, низкий коэффициент выравненности $B=73,0\%$ (табл. 3). Средняя урожайность по сортам в этот год была самая низкая – 2,23 т/га при максимальной 3,18 т/га и минимальной 0 т/га. Изменчивость уро-

жайности была значительной, коэффициент вариации составил $V=36,7\%$, а коэффициент выравненности $B=63,3\%$.

Таблица 2 – Перезимовка сортов пшеницы мягкой озимой различного уровня зимостойкости в годы с разными неблагоприятными факторами зимовки, %

Сорт	Год					Зимостой- кость, балл
	2008	2009	2010	2011	2012	
Харківська 105	95	96	85	80	80	8
Досконала	95	96	77	88	95	8
Доридна	95	97	80	86	93	8
Антонівка	95	98	63	80	85	7,5
Лугастар	95	97	74	79	78	7,5
Доминанта	95	97	80	85	80	7,5
Харус	95	98	76	90	90	7
Дюк	93	96	76	83	95	7
Косовиця	94	96	75	80	95	7
Ермак	95	96	70	80	85	7
Донецька 48	95	95	75	78	88	7
Крижинка	94	96	70	82	85	7
Подольянка	94	93	74	85	85	7
Українка одеська	95	97	74	80	76	6,5
Подяка	92	98	70	80	90	6,5
Одеська 267	93	86	60	70	80	6,5
Альбатрос одеський	92	94	67	70	72	6
Селянка	94	95	70	76	95	6
Краснодарська 99	94	95	65	78	88	6
Куяльник	92	90	38	35	76	5
Спарганка	90	80	62	60	62	4
Юна	90	90	35	50	73	3
Актер	72	70	5	60	47	2,5

Зависимость между урожайностью зерна пшеницы мягкой озимой и уровнем перезимовки в 2009/2010 г. была очень тесной, коэффициент корреляции между этими показателями составил $r_{xy} = 0,914$, коэффициент детерминации $d_{xy} = 0,836$. Таким образом, в год с неблагоприятными условиями погоды в зимний период величина урожайности пшеницы мягкой озимой на 83,6% определялась перезимовкой растений.

Таблица 3 – Вариация и корреляция урожайности и перезимовки пшеницы мягкой озимой в годы с разными неблагоприятными факторами зимовки

Показатель	Год				
	2008	2009	2010	2011	2012
Урожайность (y), т/га, среднее	8,15±0,253	4,84±0,138	2,23±0,171	4,55±0,241	4,21±0,236
макс.	10,92	5,82	3,18	6,8	6,14
мин.	4,6	3,12	0	2,03	0,85
S	1,215	0,660	0,819	1,157	1,134
V, %	14,9	13,6	36,7	25,4	26,9
B, %	85,1	86,4	63,3	74,6	73,1
Перезимовка (x), %, среднее	92,8±1,00	93,3±1,38	66,1±3,72	75,4±2,72	82,3±2,41
макс.	95	98	85	90	95
мин.	72	70	5	35	47
S	4,795	6,636	17,864	13,027	11,554
V, %	5,2	7,1	27,0	17,3	14,0
B, %	94,8	92,9	73,0	82,7	86,0
r_{xy}	0,715	0,413	0,914	0,769	0,765
d_{xy}	0,512	0,171	0,836	0,591	0,586

В годы с благоприятными условиями зимы (2007-2008, 2008-2009 гг.) разброс уровня перезимовки растений по сортам пшеницы был уже, чем в средние 2010-2011 г. и 2011-2012 г. и неблагоприятный 2009/2010 г., а вариации урожайности – шире по абсолютной величине в 2007/2008 г., благодаря общему высокому уровню урожайности (рис. 2).

Коэффициент вариации перезимовки растений в годы с благоприятными условиями зимы был незначительным 5,2 – 7,1%, а урожайности – средним 13,6 – 14,9 % (см. табл. 2). В средние по условиям зимнего периода годы изменчивость перезимовки по сортам была средней ($V= 14,0 - 17,3$ %), а урожайности – значительной ($V= 25,4 - 26,9$ %).

Связь между перезимовкой и урожайностью в средние по условиям зимнего периода годы была довольно тесной $r_{xy} = 0,765 - 0,769$, коэффициент детерминации $d_{xy} = 0,586 - 0,591$. В эти годы у изучаемых сортов урожайность определялась уровнем перезимовки растений на 59,1 % в 2011 г. и на 58,6 % в 2012 г. Близкая к ним зависимость наблюдалась в благоприятном 2008 г.: коэффициент корреляции составил $r_{xy} = 0,715$, коэффициент детерминации $d_{xy} = 0,512$.

В 2009 г., несмотря на благоприятные условия зимнего периода и высокий уровень перезимовки растений, урожайность в среднем по сортам была ниже в сравнении с 2008 г. в 1,68 раза, а максимальная не достигала уровня 2011 г. и 2012 г. Это обусловлено очень неблагоприятными условиями весеннего периода 2009 г., после возобновления весенней вегетации озимых культур, для которого были характерны почвенная и воздушная засуха, резкие перепады температур от заморозков к жаре в третьей декаде апреля. Таким образом, неблагоприятные погодные условия весны привели к снижению урожайности зерна и уменьшили долю влияния перезимовки растений на урожайность до 17,1%.

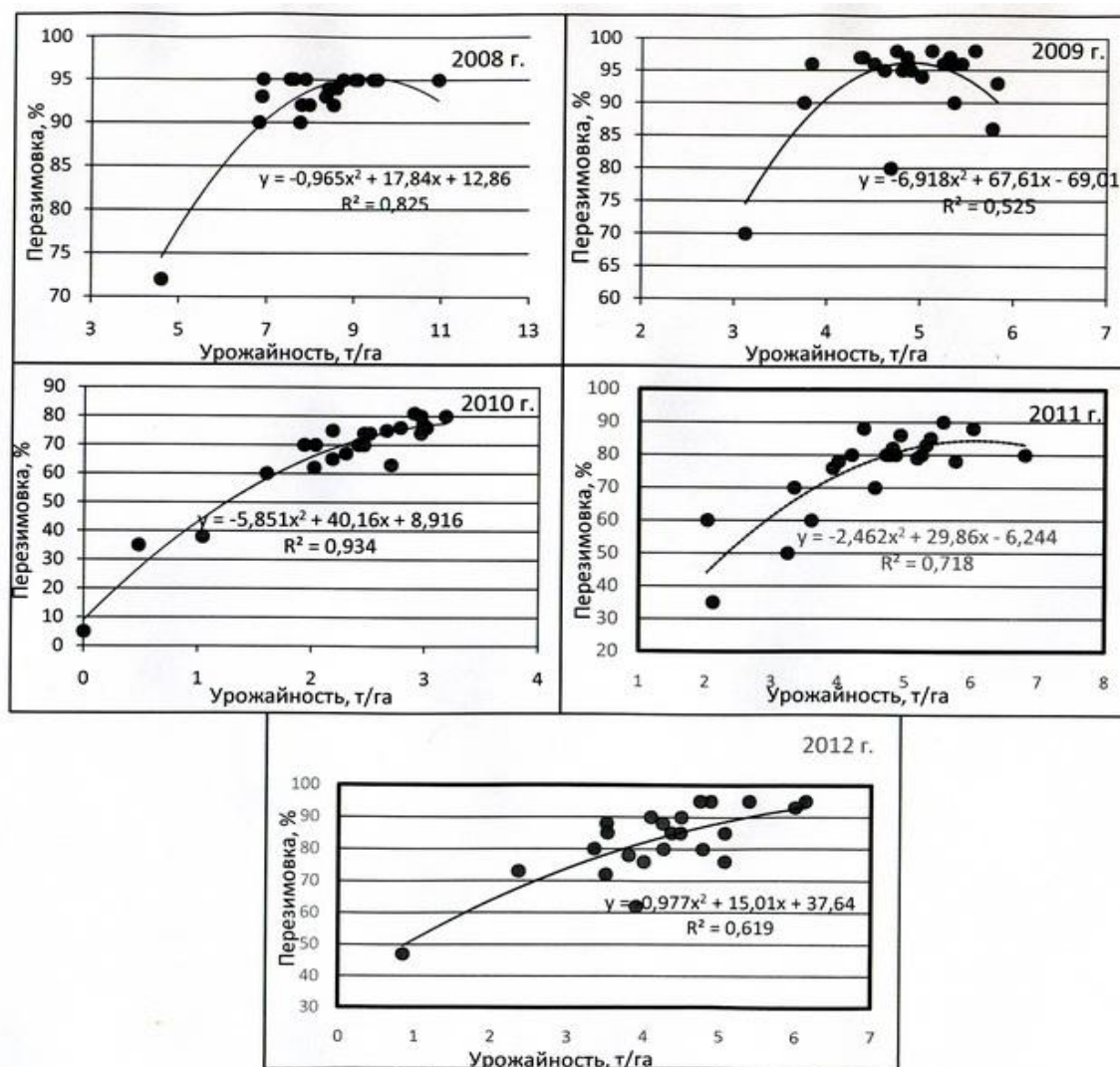


Рис. 2 Зависимость урожайности сортов пшеницы мягкой озимой от перезимовки в годы с разными неблагоприятными факторами зимовки.

В фазы формирования и налива зерна величина будущей урожайности зерна может быть определена по таким прямым показателям как количество продуктивных побегов на единицу площади, количество завязавшихся или сформировавшихся зерен в колосе и предполагаемой массе 1000 зерен [12]. Рассчитанную по этим показателям урожайность часто называют «биологической», однако, правильнее ее именовать «прогнозированной урожайностью зерна», поскольку термин «биологическая урожайность» подразумевает урожайность общей биологической массы растений.

В 2012 г. на посевах различных сортов пшеницы мягкой озимой в хозяйствах Харьковской области проведено определение прогнозированной урожайности в фазу налива зерна (табл. 4). В этот период густота продуктивного стеблестоя и количество зерен в колосе уже стабилизировались, а масса 1000 зерен и, как следствие, масса зерна с колоса прогнозировались по визуально определенной крупности зерна.

Таблица 4 – Прогнозируемая и фактическая урожайность зерна сортов пшеницы мягкой озимой, 2012 г.

Сорт	Густота продуктивного стеблелестоя, шт./м ²	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г *	Коэффициент чистоты посева	Урожайность зерна, т/га		Коэффициент реализации прогноза
					прогнозируемая	фактическая	
Антонивка	448	32	1,12	1	5,02	4,61	0,92
Богдана	488	26	0,91	1	4,44	4,08	0,92
Турунчук	472	28	0,92	1	4,34	4,21	0,97
Богдана	332	22	0,97	1	3,22	3,32	1,03
Селянка	456	29	0,96	0,90	3,94	3,40	0,86
Досконала	360	33	1,15	1	4,14	3,73	0,90
Наталка	440	30	1,11	1	4,88	4,29	0,88
Харус	420	34	1,10	1	4,62	4,26	0,92
Среднее	427±54	29,2±3,9	1,03±0,09		4,32 ±0,57	3,99±0,46	0,93±0,053
V, %	12,75	13,52	9,63		13,25	11,48	5,75

*прогнозируемая

Среди элементов структуры урожайности наиболее вариабельным по сортам был показатель числа зерен в колосе ($V = 13,52\%$), хотя он и находился в пределах среднего уровня изменчивости. Варьирование прогнозируемой урожайности ($V = 13,25\%$) было несколько выше по сравнению с изменчивостью фактической урожайности ($V = 11,48\%$), но оба показателя не выходили за пределы средней изменчивости.

Фактическая урожайность сортов пшеницы мягкой озимой в большинстве случаев была ниже, чем рассчитанная, только в одном случае, у сорта Богдана, коэффициент реализации прогноза был выше единицы – 1,03. Варьирование соотношения фактической и прогнозируемой урожайности было незначительным, $V = 5,75\%$, а коэффициент реализации прогноза в среднем по сортам оказался довольно высоким $0,93\pm 0,053$.

Таким образом, прогнозирование урожайности зерна на различных этапах онтогенеза имеет свои особенности. В осенний период, после прекращения вегетации растений пшеницы мягкой озимой, показателями, в наибольшей мере определяющими урожайность зерна, являются количество побегов кущения (коэффициент корреляции $r = 0,753$) и вторичных корней у растений (коэффициент корреляции $r = 0,787$). Коэффициент детерминации составил соответственно 0,567 и 0,619.

В фазу весеннего кущения на перспективу формирования урожайности значительное влияние оказывает степень перезимовки растений. Теснота связи между перезимовкой и урожайностью обусловлена напряженностью стрессовых факторов зимы и весенне-летнего периода. В годы с суровой зимой урожайность зерна пшеницы мягкой озимой на 83,6% определяется зимостойкостью сорта. В средние и благоприятные по условиям зимы годы перезимовка определяет величину урожайности на 51,2 – 59,1%. Крайне неблагоприятные условия весенне-летнего периода (сильная засуха) в 2009 г. уменьшили долю влияния перезимовки растений на урожайность до 17,1%.

Прогнозирование урожайности в фазу налива зерна позволяет рассчитать величину урожайности, близкую к фактической. Варьирование соотношения фактической и прогнозируемой

ной урожайности было незначительным, $V = 5,75\%$, а коэффициент реализации прогноза в среднем по сортам – высоким $0,93 \pm 0,053$.

Литература

1. Зиганшин А. А., Шарифуллин Л. Р. Факторы запрограммированных урожаев. – Казань: Татарское книжное издательство. 1974. – 175 с.
2. Моргун В. В., Швартау В. В., Киризий Д. А. Физиологические основы формирования высокой продуктивности зерновых злаков // Физиология и биохимия культ. растений. – 2010. – Т. 42, № 5. – С.371-392.
3. Прядкина Г. А., Шадчина Т. М. Прогнозирование зерновой продуктивности озимой пшеницы по хлорофилльному фотосинтетическому потенциалу листьев // Физиология и биохимия культ. растений. – 2010. – Т. 42, № 1. – С. 50-59
4. Зотиков В. И., Задорин А. Д. Повышение продуктивности и устойчивости агроэкосистем. – Орел: ГНУ ВНИИЗБК, 2007. – 197 с.
5. Сидоренко О. В., Гуляева Т. И. Прогнозирование урожайности зерновых культур в Орловской области // Вестник ОрелГАУ. – 2010. – № 6 (27). – С. 64-69.
6. Knyazikhin Y., Glassy J., Privette J.L., Tian Y., Lotsch A., Zhang Y., Wang Y., Morisette J.T., Votava P., Myneni R.B., Nemani R.R., Running S.W. Leaf Area Index (LAI) and Fraction of Photosynthetically Active Radiation Absorbed by Vegetation (FPAR) Product (MOD 15) Algorithm Theoretical Basis Document, <http://eosps0.gsfc.nasa.gov/atbd/modistables.html>, 1999.
7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. –М., 1989. –194 с.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. –М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
9. Комарова Н. Г. Геоэкология и природопользование / 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Академия, 2010. — 256 с.
10. Данилин В. Г. Влияние осадков на влагообеспеченность почв и на урожайность зерновых культур в различных зонах Красноярского края // Автореферат дисс... кандидат с-х наук. - Красноярск, 2007.- 16 с.
11. Грабовец А. И., Фоменко М. А. Создание и внедрение сортов пшеницы и тритикале с широкой экологической адаптацией // Зернобобовые и крупяные культуры. –№2(6) – 2013 г. – С. 41-47.
12. Визначення біологічної врожайності зернових колосових культур / О. Г. Кулик, П. М. Клімов, І. Ю. Тесленко, Н. І. Рябчун. –Харків, 2012. – 8 с.

FORECASTING WINTER WHEAT YIELDS AT DIFFERENT STAGES OF ONTOGENESIS

N. I. Ryabchoun

Plant Production Institute nd. a. V.Ya. Yuryev National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine (NAASU)

E-mail: vicno@mail.ru

Abstract: *The possibility of predicting wheat yield soft winter at different stages of ontogeny. A close positive correlation between tillering, number of lateral roots in plants after the termination of the autumn growing season and grain yield. A relationship between overwintering and yield of grain, which is caused by tension stressors winter and spring-summer period. During the harsh winter yield 83,6 % defined hardiness grade. In the middle and favorable conditions for wintering years determines the amount of yield by 51,2 – 59,1%. Yield forecasting in the grain-filling phase allows you to calculate the value of the yield is close to the actual. Varying the ratio of the actual and the predicted yield was low, $V = 5,75\%$, while the coefficient implementation forecast average grades - high ($0,93 \pm 0,053$).*

Keywords: winter wheat, yield, wintering, correlation, forecasting of.