

Секция «География»

**Оценка влияния метеорологических факторов на урожайность  
сельскохозяйственных культур в Центральном районе Нечерноземной зоны**  
*Суховеева Ольга Эдуардовна*

*Аспирант*

*Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева, кафедра  
метеорологии и климатологии, Москва, Россия  
E-mail: olgasukhoveeva@gmail.com*

Современные методы статистической обработки данных позволяют количественно оценить сложнейшие закономерности влияния метеорологических условий на урожайность культур.

Цель – выделить среди метеорологических факторов, влияющих на урожайность сельскохозяйственных культур, наиболее значимые в Центральном Нечерноземье. Анализировалась зависимость урожайности озимой ржи от среднемесячных температур воздуха и количества осадков.

Использовались данные Метеорологической обсерватории имени В.А. Михельсона и Длительного полевого опыта РГАУ-МСХА (1912-2013 гг.), а также ВНИИ ГМИ – МЦД и Росстата (1984-2013 гг.). В Длительном полевом опыте, где технологический фон оставался неизменным на протяжении 100 лет, были выбраны варианты без удобрений и с внесением полного комплекта питательных веществ (НРК+навоз).

Уравнения регрессии строились методом включения – исключения, достоверность проверялась с помощью коэффициентов R и R-квадрат, критериев F Фишера и t Стьюдента. Факторный анализ выполнялся с помощью пакета Statistica.

Усиление антропогенного вмешательства в агроценозы уменьшает количество воздействующих на них внешних факторов и значительно снижает зависимость урожайности культур от метеорологических условий. Так, урожайность озимой ржи в варианте без удобрений ( $R=0,56$ ) зависит от большего числа метеорологических факторов, чем в варианте НРК+навоз ( $R=0,42$ ), при этом в первом случае уравнение регрессии объясняет 31% дисперсии урожайности, а во втором доля объяснимой метеоусловиями дисперсии снижается до 18% (табл. 1).

Аналогичный вывод был получен при использовании метода факторного анализа (табл. 2). Было выделено два фактора: первый, имеющий наибольшую значимость, в основном соответствует температуре воздуха холодного сезона, второй – температурному режиму осеннего периода (табл. 3). Итоговые уравнения описывали 23% объяснимой дисперсии урожайности в варианте без удобрений и 14% в варианте НРК+навоз.

В Центральном Нечерноземье наиболее значимы положительные связи между урожайностью озимой ржи и температурой воздуха в августе (в южных районах), декабре (в северных районах) и ноябре (практически по всему региону), а также отрицательная связь с температурой в июне (в западных районах). Влияние осадков в течение вегетационного периода на продуктивность носит неустойчивый характер (табл. 4 и 5).

Повышение температур в осенне-зимний период положительно влияет на урожайность, поскольку способствует активному кущению, полноценной закалке, формированию достаточного количества элементов продуктивности. Фенологические фазы, наступление которых приходится на июнь (колошение, цветение, налив зерна), чувстви-

тельны к росту температуры и влажности, поэтому высокие температуры и обильное количество осадков негативно сказывается на урожайности, снижает качество продукции.

При движении с юго-запада на северо-восток доля объяснимой погодными условиями дисперсии урожайности увеличивается от 33-39% в Брянской и Смоленской областях до 58-60% в Костромской и Московской (карта).

#### **Иллюстрации**

Таблица 1  
Регрессионные уравнения влияния метеорологических факторов на урожайность озимой ржи по данным Длительного полевого опыта РГАУ-МСХА и Метеорологической обсерватории имени В.А. Михельсона за 1912-2013 гг.

Вариант	Уравнение регрессии	Переменные	Коэффициенты
Без удобрений	$Y = 27,389 + 1,162 x_1 + 0,793 x_2 + 1,118 x_3 + 0,097 x_4$	$x_1$ – температура воздуха в ноябре, $x_2$ – температура воздуха в декабре, $x_3$ – температура воздуха в марте, $x_4$ – количество осадков в январе	$R = 0,556$ $R^2 = 0,309$
НРК + навоз	$Y = 40,531 + 1,148 x_1 + 0,895 x_2 + 0,590 x_3$	$x_1$ – температура воздуха в ноябре, $x_2$ – температура воздуха в декабре, $x_3$ – температура воздуха в феврале	$R = 0,421$ $R^2 = 0,177$

Таблица 2  
Результаты факторного анализа влияния метеорологических условий на урожайность озимой ржи по данным Длительного полевого опыта РГАУ-МСХА и Метеорологической обсерватории имени В.А. Михельсона за 1912-2013 гг.

Вариант	Уравнение	Переменные	Коэффициенты
Без удобрений	$Y = 21,809 + 4,454 a_1 + 2,336 a_2$	$a_1$ – первый фактор, $a_2$ – второй фактор	$R = 0,476$ $R^2 = 0,227$
НРК+навоз	$Y = 28,703 + 3,721 a_1 + 2,269 a_2$		$R = 0,379$ $R^2 = 0,143$

Таблица 3  
Факторные нагрузки

Переменные	Фактор 1	Фактор 2
Температура воздуха в августе	0,082674	0,548293
Температура воздуха в сентябре	0,217484	0,529834
Температура воздуха в октябре	0,246675	0,326067
Температура воздуха в ноябре	-0,133121	0,627484
Температура воздуха в декабре	0,514394	-0,151284
Температура воздуха в январе	0,548123	-0,059063
Температура воздуха в феврале	0,656989	-0,014916
Температура воздуха в марте	0,680674	0,224653
Температура воздуха в апреле	0,681007	-0,000955
Температура воздуха в мае	0,211622	0,364767
Температура воздуха в июне	0,224472	0,227834
Температура воздуха в июле	0,360965	0,269818
Количество осадков в августе	0,250447	-0,501434
Количество осадков в сентябре	-0,246560	0,001624
Количество осадков в октябре	-0,007135	0,328311
Количество осадков в ноябре	0,095000	0,464314
Количество осадков в декабре	0,352137	-0,130944
Количество осадков в январе	0,296036	-0,032826
Количество осадков в феврале	0,594599	-0,124454
Количество осадков в марте	0,210794	-0,226122
Количество осадков в апреле	-0,129311	0,388990
Количество осадков в мае	-0,181020	0,011790
Количество осадков в июне	-0,152214	-0,111710
Количество осадков в июле	-0,069331	-0,204696
Собственные значения	3,101611	2,282125
Доля общей дисперсии	0,129234	0,095089

Рис. 1:

Таблица 4

Коэффициенты корреляции между урожайностью и метеорологическими факторами по данным Росстата и ВНИИ ГМИ – МЦД, а также Длительного полевого опыта (ДПО) и Метеорологической обсерватории имени В.А. Михельсона  
(Коэффициенты выше 0,3 выделены голубым, выше 0,4 – синим, выше 0,5 – фиолетовым)

Области	Температура, °С										Количество осадков, мм													
	Год посева					Год получения урожая					Год посева				Год получения урожая									
	авг	сен	окт	ноя	дек	январь	фев	март	апр	май	июнь	июль	авг	сен	окт	ноя	дек	январь	фев	март	апр	май	июнь	июль
ДПО, без удобр.			0,308	0,253	0,308		0,29	0,417	0,316									0,205						
ДПО, НРК+навоз	0,213		0,24	0,235	0,28		0,26	0,24										0,204						
Московская	0,24	0,273	0,334	0,37	0,355	0,245	0,217	0,305	0,36	0,225	0,207						0,446						-0,24	0,246
Костромская			0,445	0,323	0,521			0,366	0,257				0,371						0,321	0,211	0,235			
Ярославская		0,212	0,335	0,34	0,416		0,246		0,352	0,219												0,277		
Тверская	0,206	0,3	0,386	0,304	0,411		0,307			0,233		0,466					0,398	0,297						
Смоленская	0,382	0,33		0,426			0,221	-0,2	0,422			0,389												
Калужская	0,418	0,28		0,439	0,329				0,342			0,394												
Рязанская	0,495		0,341	0,486	0,26	0,266	0,453																-0,45	
Тульская				0,3		0,211					0,306	0,296	0,267			0,313						0,246		
Брянская	0,295			0,225		0,36	0,271	-0,23		0,241			0,211					0,297						

Таблица 5

Параметры уравнений регрессии по данным Росстата и ВНИИ ГМИ – МЦД, а также Длительного полевого опыта и Метеорологической обсерватории имени В.А. Михельсона

(↑ - повышающий (положительный) коэффициент, ↓ - понижающий (отрицательный) коэффициент. Для некоторых областей помимо основного уравнения регрессии (выделено синим) было получено второе (выделено красным), описывающее дополнительную долю дисперсии, связанную с другими метеорологическими факторами)

Области	Температура воздуха, °С										Количество осадков, мм												
	Год посева					Год получения урожая					Год посева			Год получения урожая									
	авг	сен	ноя	дек	январь	фев	март	апр	май	июнь	авг	сен	окт	январь	фев	март	апр	май	июнь				
Длительный опыт, без удобрений			↑	↑				↑						↑									
Длительный опыт, НРК+навоз			↑	↑			↑																
Московская	↑	↑		↑	↓		↑	↑			↑	↑		↓									
Костромская			↑	↑										↓					↑	↓			
Ярославская										↓													↓
Тверская		↑								↓		↓					↑	↓					
Смоленская			↑							↓													
Калужская			↑							↓		↓											
Рязанская	↑		↑			↑											↑						↓
Брянская						↑										↓							

Рис. 2:



Карта. Результаты регрессионного анализа влияния метеорологических условий на урожайность озимой ржи в Центральном Нечерноземье

Условные цвета. Штриховкой выделены области, по которым отсутствовали необходимые исходные данные

Рис. 3: