

УДК 633.2.:631.45

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ КОМПЛЕКСНОГО ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ  
И ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВЕГЕТАЦИИ НА ПРОДУКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС  
ЯРОВОГО ТРИТИКАЛЕ**

**Н.Н. Семененко**, доктор сельскохозяйственных наук  
РУП «Институт мелиорации»

**Ключевые слова:** минеральное питание, влажность, почва, растение, продукционный процесс

**Введение**

Важнейшая стратегическая задача земледелия Беларуси – увеличение валовых сборов зерна, которое должно основываться, прежде всего, на повышении урожайности, улучшении качества и сопровождаться снижением себестоимости производства. Одним из резервов формирования устойчивой высокой урожайности зерновых культур может быть совершенствование технологии их возделывания на основе адаптивной интенсификации продукционного процесса. За счет оптимизации минерального питания и водного режима по этапам органогенеза растений, повышения их устойчивости к полеганию и неблагоприятным погодным условиям, создания хорошего фитосанитарного состояния посева можно управлять фотосинтетической деятельностью, формированием компонентов продуктивности и урожайностью зерновых культур в целом. Особенно это важно для мелиорируемых почв, где имеется возможность регулировать влагообеспеченность растений в течение их вегетации.

Для оперативного принятия решений по проведению тех или иных мероприятий по управлению продукционным процессом необходимо знать закономерности влияния факторов жизнедеятельности растений на величину изменений показателей фотосинтеза и компонентов продуктивности зерновых культур. Важно выявить оптимальные параметры листовой поверхности, фотосинтетического потенциала, накопления биомассы и компонентов продуктивности и соответствующие им запасы доступной растениям воды и элементов минерального питания по этапам органогенеза растений, обеспечивающие формирование соответствующего уровня урожайности.

Фотосинтез – основная функция и главный процесс питания растений как автотрофных организмов, за счет которого создается 90-95 % сухой массы урожая. Повысить урожайность – это значит улучшить фотосинтетическую деятельность растений, увеличить коэффициент использования ими солнечной энергии. На интенсивность и продуктивность фотосинтеза оказывают влияние освещенность, температурный и водный режим, обеспеченность элементами питания, генотипические различия сортов и другие [1, 6]. Поэтому для получения высокой урожайности сельскохозяйственных культур необхо-

димо создание посевов с высоким фотосинтетическим потенциалом, т.е. выдерживать такую густоту стояния растений, чтобы площадь их листьев в 4-5 раз превышала площадь поля [2,3,6]. Для многих зерновых культур оптимальная площадь листьев составляет 35-50 тыс.м<sup>2</sup>/га, а фотосинтетический потенциал – 1,8- 2,0 млн.м<sup>2</sup> сутки/га и более.

Для получения высокой урожайности зерновых культур важно сформировать оптимальную ее структуру, основными элементами которой являются количество продуктивных стеблей, число зерен в колосе, масса 1000 зерен [1,3-5,7-9]. Уровень урожайности зависит на 50 % от плотности продуктивного стеблестоя, на 25% – от числа зерен в колосе и еще на столько же от массы 1000 зерен. По данным ряда исследований в условиях Беларуси оптимальная плотность продуктивного стеблестоя перед уборкой составляет у озимой ржи 400-500, ячменя – 600-700, овса – 500 шт/м<sup>2</sup>. Озерненность соцветия – определяющий показатель его продуктивности, а значит, и урожайности. У озимой ржи чаще всего формируется по 30-35, ячменя – 18-20, овса – 20-25 зерен в колосе. Однако при создании оптимальных условий для закладки колосков, цветков и оплодотворения количество зерен в одном колосе может значительно возрасти: озимая рожь – 60 и более; ячмень – 30-32; яровое тритикале – 50-55 шт. Другим важным элементом продуктивности соцветия зерновых культур является масса 1000 зерен. Ее величина в среднем равна у озимой ржи – 46 г, у ячменя – 45 и овса – 35 г. На формирование показателей структуры урожайности зерновых культур влияют почвенно-климатические условия, сорт, густота посевов, применение удобрений [1,5,8,9 и др.]. Особенно тесно связано формирование компонентов продуктивности с уровнем азотного питания и влагообеспеченности в основные этапы органогенеза растений [8].

Анализ литературных источников и существующих технологий возделывания зерновых культур на антропогенно-преобразованных торфяных почвах, площади которых составляют более 200 тыс. га, указывают на отсутствие исследований по установлению закономерностей влияния уровня и сбалансированности минерального питания, гидротермических условий на продукционный процесс сельскохозяйственных культур, в том числе и ярового тритикале на таких почвах.

**Цель исследований:** установить закономерности влияния уровня минерального питания и гидротермических условий вегетации на продукционный процесс и на этой основе выявить оптимальные уровни его показателей и нормативы условий их формирования для ярового тритикале на антропогенно-преобразованных торфяных почвах.

**Объекты, методы и условия проведения исследований**

Научной базой для разработки поставленных вопросов являются результаты комплексных многолетних лабораторных и полевых исследований и их корреляционно-регрессионного анализа. Экспериментальные полевые исследования проводились в 2001-2005 гг. на опытном поле Полесской опытной станции мелиоративного земледелия и луговодства на антропогенно-преобразованных торфяных почвах, подстилаемых с глу-

бины 35-45 см песком. Агрохимическая характеристика почвы (Ап.): рН – 5,7-6,1; содержание органического вещества – 22-28 %, подвижных соединений фосфора и калия в почве, определяемых в 0,2 М НСl вытяжке (по Кирсанову), составляло соответственно 108-129 и 293-375 мг/кг, доступных растениям соединений (0,2 М СН<sub>3</sub>СООН) азота –120-161, фосфора – 54 -91 и калия – 529-677 кг/га.

В качестве объекта исследований использовали яровое тритикале сорта Лана, которое является перспективной зернофуражной культурой и отличается более высокой урожайностью и содержанием белка в зерне, меньшим полеганием, чем ячмень. Норма высева 4,0 млн. всхожих семян на гектар. Предшественник – горохо-овсяная смесь, поукосно – редька масличная.

В исследованиях анализировалось комплексное влияние четырех уровней азотного на четырех фонах фосфорного и калийного минерального питания и гидротермических условий вегетации на динамику поглощения элементов питания по этапам органогенеза растений и их влияние на продукционный процесс ярового тритикале. Уровни минерального питания создавались за счет внесения возрастающих доз удобрений. Минеральные удобрения применялись в виде мочевины, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия, которые вносили под предпосевную культивацию почвы. Агротехника возделывания ярового тритикале – рекомендуемая для зоны Полесья на аналогичных почвах.

Учет содержания в почве доступной растениям влаги по слоям 0-20, 21-40, 41-50 см и отбор растительных проб проводили по основным этапам органогенеза растений. Содержание доступной влаги в почве, отбор проб, подготовку их к анализу и анализ проводили по существующим методам. В почвенных пробах анализировалось содержание азота, фосфора и калия по методам, используемым в Агрохимической службе, и по методам, разработанным под руководством автора статьи.

По основным этапам органогенеза (фазы начало трубкования, флагового листа, колошения и созревания) растений по вариантам опыта проводили учет формирования побегов, ассимиляционной поверхности, фотосинтетического потенциала и динамики накопления биомассы. В растительных пробах определяли содержание основных элементов питания. Анализ содержания элементов питания в растениях определяли по методам, принятым в Агрохимической службе. Определялся также вынос элементов питания биомассой растений в основные этапы органогенеза и с урожаем (зерно, солома). При созревании ярового тритикале поделяночно отбирались пробные снопы, в которых учитывалось общее и продуктивное количество стеблей, соотношение между весом зерна и соломы, структура элементов урожайности (количество зерен в колосе, масса зерна одного колоса и масса 1000 зерен). Кроме того, в зерне определялось содержание белка.

Погодные условия (табл.1) и влагообеспеченность почвы (табл.2) в годы исследований различались по этапам органогенеза растений, что повлияло на длительность

прохождения отдельных фаз их развития и сказалось на поглощении элементов минерального питания, фотосинтетической деятельности растений, формировании компонентов урожайности и урожайности ярового тритикале в целом.

**Таблица 1. Погодные условия в годы проведения исследований**

Год	Этапы органогенеза растений				Сумма за период вегетации
	посев – конец кущения	конец кущения – флаговый лист	флаговый лист – колошение	колошение – созревание	
Сумма эффективных температур (более 10 °С)					
2001	404	253	325	876	1860
2002	437	331	251	659	1678
2003	415	240	230	899	1785
2004	260	289	235	998	1783
2005	443	334	238	796	1813
Ср.многолет.	234	261	69	707	1533
Сумма осадков, мм					
2001	45	29	78	142	296
2002	62	69	26	56	214
2003	45	1	19	131	198
2004	66	14	74	168	324
2005	138	20	17	63	240
Ср.многолет.	57	38	40	95	232

**Таблица 2. Режим влагообеспеченности растений ярового тритикале в период вегетации**

Показатели	Год	Периоды роста и развития растений*						
		1	2	3	4	5	6	7
Влагозапасы в почве на начало периода (слой 0-50 см), мм	2001	90	74	63	63	-	91	-
	2002	127	60	57	48	-	31	-
	2003	145	106	66	33	-	79	-
	2004	182	165	149	66	-	97	-
	2005	183	172	157	80	-	46	-
	CV, %		26	46	43	18	-	41
Водопотребление за период, мм	2001	43	25	28	49	77	122	270
	2002	111	16	75	38	113	52	288
	2003	58	63	34	0	34	133	288
	2004	45	48	96	36	132	87	313
	2005	54	97	108	29	137	88	362
	CV, %		32	45	43	68	36	33

\* 1 – посев – три листа; 2 – три листа – конец кущения; 3 – конец кущения – флаговый лист; 4 – флаговый лист – колошение; 5 – конец кущения – колошение; 6 – колошение – созревание; 7 – посев – созревание.

Результаты исследований подвергались корреляционно-регрессионному анализу на ПЭВМ.

***Результаты исследований и их обсуждение***

Как показывают данные табл.1, 2, погодные условия и влагообеспеченность почвы по этапам органогенеза ярового тритикале в годы исследований существенно различались. Это отразилось на режиме минерального питания растений и на продукционном процессе и формировании урожайности ярового тритикале.

*Закономерности влияния уровня минерального питания на продукционный процесс ярового тритикале*

В исследованиях изучалось влияние уровня азотного, фосфорного, калийного и в целом минерального питания на фотосинтетическую деятельность и формирование компонентов продуктивности по этапам органогенеза растений. Частично материалы этих исследований опубликованы. В данной статье представлены оригинальные усредненные за 5 лет результаты исследований влияния уровня минерального питания на важнейшие показатели продукционного процесса. Из табл.3 видно, что с ростом содержания элементов минерального питания в почве и поступления их в растения возрастает уровень побегообразования и фотосинтетическая деятельность растений (площадь листовой поверхности, фотосинтетический потенциал, накопление сухой массы), достигая максимума при содержании в почве  $N_{285}P_{167-207}K_{702-742}$  кг/га д.в. Однако из-за снижения массы зерна одного колоса урожайность зерна и сбор белка при такой концентрации элементов питания в почве не только не повышается, а имеет тенденцию к снижению. В результате корреляционно-регрессионного анализа установлены закономерности влияния уровня минерального питания на фотосинтетическую деятельность, формирование компонентов продуктивности и урожайности ярового тритикале, описываемые соответствующими уравнениями регрессии (табл. 4).

*Влияние условий вегетационного периода на фотосинтетическую деятельность ярового тритикале*

Известно, что погодные условия и влагообеспеченность почвы оказывают значительное влияние на рост и развитие сельскохозяйственных культур. В наших исследованиях погодные условия существенно различались. Поэтому с научной и практической точек зрения важно было оценить закономерности влияния гидротермических условий вегетации (на оптимальном уровне минерального питания) на фотосинтетическую деятельность и формирование компонентов продуктивности ярового тритикале по основным этапам органогенеза растений. Для этого за пятилетний период наблюдений обобщены и сгруппированы результаты исследований по влагообеспеченности растений, суммы  $t > 10^{\circ}C$  и др. Также учитывались побегообразование, листовая поверхность, сухая масса, потребление элементов питания по этапам органогенеза.

**Таблица 3. Влияние уровня минерального питания на фотосинтетическую деятельность, формирование компонентной продуктивности и урожайность ярового тритикале**

Вариант опыта	Кол-во побегов, шт./м <sup>2</sup> (конец кушения)	Листовая поверхность (флаг. лист), тыс.м <sup>2</sup> /га	ФП (за период 3 листа – колосшение) млн. м <sup>2</sup> сутки/га	Сухая масса (колосшение), ц/га	Кол-во продуктивных стеблей шт./м <sup>2</sup>	Кол-во зерен в колосе, шт.	Масса зерна, г		Урожайность зерна, ц/га.	Сбор белка, ц/га.
							1 колоса	1000 зерен		
N <sub>165</sub> P <sub>87</sub> K <sub>582</sub> (б.уд.)	731 671-834	30,3 24,6-37,2	1,20 1,12-1,32	67,1 38,2-101,1	377 223-693	32 16-14	1,00 0,52-1,45	32,7 26,5-36,4	34,7 24,1-40,5	3,8
N <sub>225</sub> P <sub>127</sub> K <sub>682</sub> (N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>60</sub> )	832 768-954	40,2 32,3-61,1	1,63 1,38-1,79	84,1 61,3-114,8	513 286-582	35 26-44	1,13 0,89-1,44	33,0 27,5-37,7	46,02 36,6-58,2	5,7
N <sub>225</sub> P <sub>167</sub> K <sub>702</sub> (N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub> )	961 934-922	40,9 39,9-52,0	1,69 1,44-2,00	100,6 60,5-163,0	514 317-668	33 24-42	1,06 0,80-1,41	33,6 27,8-38,1	48,3 38,2-60,8	5,8
N <sub>255</sub> P <sub>167</sub> K <sub>702</sub> (N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub> )	1053 972-1208	52,5 44,5-57,6	1,99 1,80-2,16	113,3 75,9-164,3	602 325-900	32 21-44	1,02 0,65-1,56	32,8 26,7-36,6	51,9 41,1-65,4	6,6
N <sub>285</sub> P <sub>167</sub> K <sub>702</sub> (N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub> )	1129 988-1268	57,0 52,5-64,4	2,28 1,97-2,60	113,2 78,6-159,0	673 338-928	29 22-41	0,94 0,65-1,49	32,8 26,0-36,1	51,4 40,7-64,7	6,2
N <sub>285</sub> P <sub>207</sub> K <sub>742</sub> (N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>160</sub> )	1242 1087-1329	57,7 55,5-65,2	2,23 2,01-2,49	118,1 87,4-162,4	607 488-965	32 23-45	0,97 0,70-1,50	29,9 25,6-35,1	50,9 40,3-64,1	6,4

\* В числителе – среднее, в знаменателе – пределы колебаний по годам исследований.

**Таблица 4. Модели зависимости формирования фотосинтетической деятельности, компонентов продуктивности и урожайности ярового тритикале от уровня минерального питания (x- содержание NPK в почве, слой 0-25 см, кг/га)**

Компоненты продуктивности	Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации (R <sup>2</sup> )
1. Количество побегов (конец кущения), шт/м <sup>2</sup>	$y_1 = 1,31x - 415$	0,91
2. Площадь листовой поверхности (флаговый лист), тыс.м <sup>2</sup> /га	$y_2 = 0,075x - 34,6$	0,87
3. Фотосинтетический потенциал (период 3 листа-колошение), млн.м <sup>2</sup> .сутки/га	$y_3 = 0,003x - 1,16$	0,87
4. Сухая масса (колошения), ц/га	$y_4 = 0,14x - 51,6$	0,94
5. Продуктивные стебли (созревание), шт/м <sup>2</sup>	$y_5 = 0,67x - 176$	0,81
6. Количество зерен в колосе, шт.	$y_6 = 1E-06x^3 - 0,003x^2 + 3,35x - 1117$	0,79
7. Масса зерна 1 колоса, г	$y_7 = 3E-08x^3 - 9E-05x^2 + 0,095x - 32,1$	0,92
8. Урожайность зерна, ц/га	$y_8 = -0,0001x^2 + 0,30x - 148$	0,99
9. Сбор белка, ц/га	$y_9 = 0,007x - 2,18$	0,85

Всего обработке было подвергнуто 520 задач. В данной статье представлены результаты исследований только по наиболее важным, по-нашему мнению, этапам органогенеза растений.

Проведенный корреляционно-регрессионный анализ влияния режима влагообеспеченности и температуры, минерального питания (почва + удобрение) на фотосинтетическую деятельность растений ярового тритикале показывает (табл.5), что между многими факторами среды (влагообеспеченность, температурный режим, состояние пищевого

**Таблица 5. Статистические модели зависимости фотосинтетической деятельности растений от факторов продукционного процесса**

Показатели (этап органогенеза)	Факторы	Модели зависимости	R <sup>2</sup>	
1	2	3	4	
Листовая поверхность (конец кущения – флаговый лист)	Длительность периода, сутки	$y = -1,1x + 73$	0,4	
	Сумма осадков, мм	$y = 0,011x^2 - 0,79x + 58,4$	1,0	
	Запас доступной влаги в почве (0-50 см) на начало периода, мм	$y = 0,04x^2 - 6,79x + 316$	1,0	
	Водопотребление, мм	$y = -0,013x^2 + 1,58x + 9,73$	1,0	
	Сумма $t > 10^\circ \text{C}$	$y = 0,012x^2 - 6,78x + 1003$	1,0	
	Содержание в почве (почва +уд.) кг/га:			
	N	$y = -0,003x^2 + 1,51x - 122$	1,0	
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	$y = -0,003x^2 + 1,27x - 68,3$	1,0	
K <sub>2</sub> O	$y = 0,005x^2 - 7,05x + 2611$	1,0		

1	2	3	4	
Фотосинтетический потенциал (флаговый лист – колошение)	Длительность периода, сутки	$y = 0,035x + 0,24$	0,92	
	Сумма осадков, мм	$y = 0,0005x^2 - 0,047x + 1,54$	1,0	
	Влажность почвы, %	$y = 0,019x^2 - 0,99x + 13,2$	1,0	
	Запас доступной влаги на начало периода, мм	$y = 0,018x - 0,21$	0,93	
	Водопотребление, мм	$y = 0,0006x^2 - 0,023x + 0,69$	1,0	
	Сумма $t > 10^0$ С	$y = 0,0001x^2 - 0,064x + 9,26$	1,0	
	Поглощено растением, кг/га :	N	$y = 0,0001x^2 - 0,041x + 3,94$	1,0
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	$y = 0,0002x^2 - 0,02x + 1,22$	1,0
		K <sub>2</sub> O	$y = -0,001x + 1,11$	0,58
	Сухая масса, т/га	$y = 0,012x^2 - 0,27x + 2,20$	1,0	
	Побеги, шт./м <sup>2</sup>	$y = 0,0007x + 0,41$	0,65	
	Листовая поверхность, тыс. м <sup>2</sup> /га	$y = 0,026x^2 - 2,32x + 51,9$	1,0	
Сухая масса (конец кущения – колошение)	Длительность периода, сутки	$y = 0,371x - 4,51$	0,92	
	Сумма осадков, мм	$y = 0,052x + 4,50$	0,95	
	Влажность почвы, %	$y = 0,047x^2 - 6,12x + 203$	0,83	
	Запас доступной влаги на начало периода, мм	$y = 0,002x^2 - 0,355x + 25,2$	0,72	
	Водопотребление, мм	$y = -0,002x^2 + 0,391x - 8,68$	0,78	
	Сумма $t > 10^0$ С	$y = -0,0004x^2 + 0,492x - 130$	0,88	
	Поглощено растением, кг/га	N	$y = -0,0003x^2 + 0,179x - 20,4$	0,97
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	$y = 0,058x + 2,49$	0,93
		K <sub>2</sub> O	$y = -4E - 07x^3 + 0,0009x^2 - 0,64x + 138$	1,0
	Побеги, шт.	$y = 0,0004x^2 - 0,587x + 205$	0,57	
	Листовая поверхность тыс. м <sup>2</sup> /га	$y = -0,4x + 27,4$	0,98	
	ФП млн.м <sup>2</sup> /сутки/га	$y = 77,1x - 53$	0,96	

режима) и основными показателями фотосинтетической деятельности растений установлена тесная корреляционная связь, описываемая соответствующими уравнениями регрессии. Так, между запасами влаги на начало периода, водопотреблением за период, поглощением элементов питания, суммой температур свыше 10 °С, с одной стороны, и площадью листьев, фотосинтетическим потенциалом, накоплением биомассы растений, с другой стороны, установлена тесная корреляционная зависимость ( $R^2 = 0,70-1,00$ ).

*Закономерности влияния условий вегетации на формирование компонентов продуктивности растений*

Для формирования высокой продуктивности сельскохозяйственных культур важнейшее значение имеет возможность управления процессом побегообразования, количеством зерен в колосе, весом зерна одного колоса и весом 1000 зерен).

В табл. 6-9 представлены результаты исследований зависимости формирования компонентов продуктивности ярового тритикале от условий вегетации растений. Данные табл.6 показывают, что в период кущения ярового тритикале весенние запасы влаги в почве во все годы исследований были в целом достаточными для хорошего кущения растений. Большее влияние на процесс кущения оказывает режим минерального питания растений. Поэтому коэффициент детерминации с влагообеспеченностью ниже и более высокий — с пищевым режимом.

**Таблица 6. Влияние факторов продукционного процесса на формирование побегов ярового тритикале**

Факторы	Уравнения регрессии	R <sup>2</sup>
<i>Количество побегов в фазу конец кущения</i>		
Длина периода (посев – конец кущения), сутки	$y = 9,72x^2 - 499x + 7333$	0,63
Осадки (сумма за период), мм	$Y = -1,04x^2 + 109x - 1692$	0,41
Влажность почвы, %	$Y = -0,33x^2 + 38,2x + 37,5$	0,68
Запас доступной влаги (ЗДВ) на начало периода, мм	$y = -0,075x^2 + 20,4x - 285$	0,52
Водопотребление за период, мм	$Y = 0,071x^3 - 20,2x^2 + 1859x - 54535$	1,0
Сумма $t > 10^{\circ}C$	$Y = -0,0014x^3 + 1,66x^2 - 631x + 77626$	1,0
Поглощено растениями, кг/га:		
N	$Y = 0,15x^2 - 24,1x + 1932$	0,94
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	$Y = 2,0x^2 - 74,1x + 1637$	0,93
K <sub>2</sub> O	$Y = 0,011x^2 - 2,38x + 1097$	0,95
<i>Количество продуктивных стеблей в фазу колошение – созревание</i>		
Длительность периода, сутки	$y = -28,1x^2 + 989x - 7773$	0,64
Сумма осадков, мм	$y = 1,17x^2 - 119x + 2698$	0,73
Запас продуктивной влаги на начало периода (слой 0 – 50 см), мм	$y = -4,89x^2 + 570x - 15739$	0,87
Водопотребление за период, мм	$y = 0,378x^2 - 23,3x + 786$	0,83
Сумма $t > 10^{\circ}C$	$y = 0,3x^2 - 172x + 24153$	0,87
Поглощено растением, кг/га:		
N	$y = 0,09x^2 - 35164x + 3738$	0,94
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	$y = 0,244x^2 - 34,5x + 1638$	0,77
K <sub>2</sub> O	$y = 0,014x^2 - 11,1x + 2552$	0,95
Сухая масса в фазу колошения, т/га	$y = 88,9x^2 - 891x + 2524$	0,99
Побеги в фазу конец кущения, шт/м <sup>2</sup>	$y = 0,01x^2 - 12,5x + 4218$	0,26
Листовая поверхность в фазу флагового листа, тыс. м <sup>2</sup> /га	$y = 37x - 982$	0,74
ФП в фазу колошения, млн. м <sup>2</sup> /сутки/га	$y = -19889x^2 + 33070x - 12838$	1,0

**Таблица 7. Модели зависимости количества зерен в колосе от состояния факторов условий произрастания растений (конец кущения – флагового листа)**

Факторы	Модели зависимости	R <sup>2</sup>
Длительность периода, сутки	$y = 0,354x^2 - 13,7x + 162$	0,15
Сумма осадков, мм	$y = -0,074x^2 + 7,51x - 100$	0,98
Влажность почвы, %	$y = -1,04x^2 + 55,5x - 686$	1,0
Запас доступной влаги в почве (слой 0 – 50 см) на начало периода, мм	$y = 0,353x^2 - 40,1x + 1155$	0,99
Водопотребление за период, мм	$y = -0,039x^2 + 1,93x + 31$	0,97
Сумма $t > 10^{\circ}C$	$y = -0,011x^2 + 5,94x - 767$	0,34
Поглощено растением, кг/га:		
N	$y = 0,168x + 2,08$	0,62
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	$y = -0,018x^2 + 2,39x - 31,5$	0,96
K <sub>2</sub> O	$y = 0,085x + 7,11$	0,95
Сухая масса в фазу флагового листа, т/га	$y = -1,36x^2 + 33,9x - 158$	1,0
Побеги в фазу конец кущения, шт/м <sup>2</sup>	$y = -0,0012x^2 + 1,41x - 365$	0,89
Листовая поверхность в фазу флагового листа, тыс. м <sup>2</sup> /га	$y = -1,25x^2 + 110x - 2364$	1,0
ФП в фазу колошения, млн. м <sup>2</sup> /сутки/га	$y = 733,3x^2 - 1231x + 537$	1,0
Количество продуктивных стеблей, шт/м <sup>2</sup>	$y = -0,04x + 55,8$	0,98
Вес зерна одного колоса, г	$y = 22,9x + 8,63$	0,97
Масса 1000 зерен, г	$y = 0,781x^2 - 47,1x + 731$	0,98

**Таблица 8. Модели зависимости веса зерна одного колоса от состояния факторов условий произрастания растений (этап колошение – созревание)**

Факторы	Модели зависимости	R <sup>2</sup>
Длительность периода, сутки	$y = 0,009x^2 - 0,388x + 5,12$	0,25
Сумма осадков за период, мм	$y = -0,0033x^2 + 0,328x - 4,67$	0,93
Влажность почвы, %	$y = -0,047x^2 + 2,47x - 31$	1,0
Запас доступной влаги на начало периода в почве (слой 0 – 50 см), мм	$y = 0,015x^2 - 1,67x + 48$	0,92
Водопотребление за период, мм	$y = -0,002x^2 + 0,088x + 1,10$	0,98
Сумма температур $t > 10^{\circ}C$	$y = -0,0005x^2 + 0,248x - 32$	0,42
Поглощено растением, кг/га:		
N	$y = 0,006x - 0,04$	0,45
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	$y = -0,0008x^2 + 0,104x - 1,61$	0,95
K <sub>2</sub> O	$y = 0,004x - 0,07$	0,98
Сухая масса в фазу колошения, т/га	$y = -0,059x^2 + 1,44x - 6,90$	0,99
Побеги в фазу конец кущения, шт/м <sup>2</sup>	$y = -5E - 05x^2 + 0,061x - 16$	0,92
Продуктивные стебли при созревании, шт/м <sup>2</sup>	$y = -0,002x + 2,25$	0,47
Листовая поверхность в фазу флагового листа, тыс. м <sup>2</sup> /га	$y = -0,043x + 2,9$	0,37
ФП в фазу колошения, млн. м <sup>2</sup> /сутки/га	$y = 24,4x^2 - 42x + 18,6$	1,0

Количество продуктивных стеблей в большей степени зависит от режима влаги и питания растений, фотосинтетического потенциала в фазу колошения. Обобщенным критерием условий роста и развития растений может быть накопление сухой массы по

**Таблица 9. Влияние факторов среды на массу 1000 зерен**

Фактор	Уравнение регрессии	R <sup>2</sup>	
1. Запас доступной растениям влаги в почве (слой 0 – 50 см), мм	$y = 0,075x^2 - 8,65x + 278$	0,48	
2. Водопотребление за период колошение – созревание, мм	$y = -0,0014x^2 + 0,173x + 30,5$	0,56	
3. Количество побегов – конец кущения, шт/м <sup>2</sup>	$y = 0,0002x^2 - 0,353x + 225$	0,11	
4. Количество продуктивных стеблей – созревание, шт/м <sup>2</sup>	$y = 3E - 05x^2 - 0,04x + 45,6$	0,21	
5. Сухая масса – колошение, т/га	$y = -0,365x^2 + 8,26x - 10,5$	0,99	
6. ФП – колошение, млн. м <sup>2</sup> /сутки/га	$y = -28,3x + 54,0$	1,0	
7. Листовая поверхность – флаговый лист, тыс. м <sup>2</sup> /га	$y = -0,19x^2 + 19,7x - 475$	1,0	
8. Поглощение элементов питания – колошение, кг/га:	N	$y = -0,0033x^2 + 1,15x - 56$	1,0
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	$y = -0,0056x^2 + 0,648x + 17,6$	0,96
	K <sub>2</sub> O	$y = 0,024x + 24,2$	0,70
9. Количество зерен в колосе, шт	$y = 0,78x^2 - 47,1x + 731$	0,98	
10. Вес зерна одного колоса, г	$y = 0,112x - 2,4$	0,70	

**Таблица 10. Оптимальные параметры слагаемых продукционного процесса, обеспечивающие получение урожайности ярового тритикале 55-60 ц/га и более**

Этап роста и развития растений	Формируемые элементы продуктивности	Параметры компонентов продуктивного процесса						
		побеги, шт/м <sup>2</sup>	площадь листьев тыс. м <sup>2</sup> /га	ФП, млн. м <sup>2</sup> /сутки/га	сухая масса, т/га	зерен в колосе	вес зерна, г	
							1 колоса	1000 шт.
1. Три листа – конец кущения	Число побегов	1000 – 1200	35 – 40	0,40 – 0,50	2,5 – 3,0	-	-	-
2. Конец кущения – флаговый лист	Густота и высота растений, закладка колосков в колосе, число цветков	750 – 850	55 – 60	0,70 – 1,00	5,0 – 6,0	-	-	-
3. Флаговый лист – колошение	Рост массы растений, фертильность пыльцы, образование завязи, озерненность колосков	550 – 700	40 – 50	1,80 – 1,20	10,0 – 13,0	-	-	-
4. Колошение – созревание	Озерненность колоса, формирование зерновки и его качества	500 - 600	-	-	-	40 - 50	1,2 – 2,0	34 - 37

**Таблица 11. Ориентировочные нормативы условий формирования оптимальных параметров компонентов продуктивности ярового тритикале**

Показатели	Этапы развития растений			
	Три листа – конец кущения	Конец кущения – флаговый лист	Флагового листа - колошения	Колошения – созревания
1. Агрохимические свойства почвы (слой 0 – 25 см): рН в КСl – 5,6 – 6,0; запас N <sub>мин.</sub> 220 – 260; P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – 120 – 180; K <sub>2</sub> O – 600 – 800 кг/га ( в 0,2 м СН <sub>3</sub> СООН)				
2. Запас продуктивной влаги в почве (слой 0 – 50 см ), мм	125- 170	120 - 160	70 - 80	60 – 70
3. Водопотребление, мм	35 - 50	80 - 100	40 -50	50 – 90
4. Сумма эффективных температур (> 10 °С)	300 - 450	280 - 330	250 - 300	700 – 900
5. Поглощение элементов питания, кг/га:				
N	80 – 120	150 - 190	200 - 250	170 – 200
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	15 - 20	40 - 60	60 - 70	50 – 60
K <sub>2</sub> O	100 - 140	200 - 350	350 - 450	240 – 300

состоянию на определенный период. Между сухой массой и количеством продуктивных стеблей также установлена тесная зависимость.

Таким образом, результаты корреляционно-регрессионного анализа показывают, что развитие побегообразования, продуктивного стеблестоя, количества зерен в колосе, связано, прежде всего, с обеспеченностью растений водой, питанием и накопленным количеством биомассы (как обобщенный результат) ярового тритикале. При благоприятных погодных условиях (влагообеспеченность, температура) и оптимальном режиме минерального питания в период закладки колосков и цветков в колосе, хорошей фертильности пыльца образовывалось до 56 зерен в колосе, а вес зерна одного колоса достигал 2 г и более. Масса 1000 зерен в большей степени зависит от плотности стеблестоя и водного режима почвы. При неблагоприятных погодных условиях (недостаток влаги) в 2003 г. в период закладки колоса, цветения и налива зерна в колосе образовалось 21-25 зерен, а масса 1000 зерен составила 26-28 г, а в лучшие годы – до 40 г.

На основании обобщения и анализа полученных результатов многолетних исследований установлены оптимальные параметры слагаемых продукционного процесса (табл. 10) и нормативы водного, пищевого и температурного режимов, обеспечивающие формирование 50-60 ц/га зерна (табл. 11).

#### **Заключение**

Уровень минерального питания растений, фотосинтетическая деятельность, формирование компонентов продуктивности по этапам органогенеза и урожайность ярового тритикале находятся в тесной ( $R^2=0,84-0,99$ ) зависимости от содержания доступных рас-

тениям соединений азота, фосфора и калия в почве. Фотосинтетическая деятельность растений, развитие компонентов продуктивности ярового тритикале находятся в тесной зависимости от влагообеспеченности, температурного и пищевого режимов ( $R^2 = 0,70-0,99$ ).

На основании установленных закономерностей разработаны оптимальные параметры слагаемых продукционного процесса и нормативы пищевого, водного и температурного режимов, позволяющие формировать на антропогенно-преобразованных торфяных почвах урожайность ярового тритикале 50-60 ц/га.

### **Литература**

1. Биологические основы интенсивных технологий возделывания зерновых культур. Практич. руководство / Под. ред. Л.В. Хотылевой. – Гомель, 1991. – 135 с.
2. Кумаков, В.А. Биологические основы возделывания яровой пшеницы по интенсивной технологии. // В.А.Кумаков. – М.: Росагропромиздат, 1988 – 117 с.
3. Ламан, Н.А. Потенциал продуктивности хлебных злаков: Технол. аспекты реализации./Н.А. Ламан, Б.Н. Янушкевич.– Мн.: Наука и техника, 1987. – 53.
4. Макарова, В. М. Структура урожайности зерновых культур и ее регулирование. /В.М.Макарова. – Пермь, 1995. – 144 с.
5. Мухаметов, Э. М. Формирование высокопродуктивных агрофитоценозов зерновых культур / Э. М.Мухаметов, М. Е.Николаев., Л.К.Тупикова. – Горки, 1992. – 27 с.
6. Ничипорович, А.А. О путях повышения продуктивности фотосинтеза растений в посевах / А.А. Ничипорович. // Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. – М.: Из-во АН СССР, 1963. – С. 5-36.
7. Савицкий, М.С. Структура урожая зерновых культур./ М.С.Савицкий, М.Е.Николаев – Горки, 1976. – 19 с.
8. Семеновко, Н. Н. Адаптивные системы применения азотных удобрений./ Н.Н. Семеновко – Мн., БИТ “Хата”, 2003. – 163 с.
9. Тарасевич, Г. Ф. Влияние условий минерального питания на продукционный процесс ячменя на дерново-подзолистых песчаных почвах: Автореф. дисс. канд. с.-х. наук: 06.01.04./ Г. Ф. Тарасевич. – Минск, 1989. – 21 с.

### **Summary**

#### ***Semenenko N. Regularities of Complex Influence of Mineral Nutrition and Hydrothermal Conditions of Vegetation on the Production Process of Spring Triticale***

The results of investigations for determining the regularities of the influence of the mineral nutrition regime and hydrothermal conditions of vegetation on the photosynthetic activities, formation of the components of productivity for each stage of organogenesis of plants and productivity of the spring triticale. The optimum parameters of the components of the production process and norms of the nutrition, water and temperature regimes ensuring the obtaining of productivity of 50-60 centners/ha are presented.

*Поступила 20 мая 2008 г.*