

УДК 633.11: 631.82: 519.6

UDK 633.11: 631.82: 519.6

ОЦЕНКА РОЛИ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ФОРМИРОВАНИИ ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ АГРОФИТОЦЕНОЗА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ С ПОМОЩЬЮ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА

VALUATION OF ROLE OF AGROECOLOGICAL CONDITIONS IN FORMING OF GRAIN PRODUCTIVITY OF AGROPHYTOCENOSIS OF WINTER WHEAT WITH THE USE OF FACTORIAL ANALYSIS

Осипов Юрий Фёдорович
д.б.н.

Osipov Yuriy Fedorovich
Dr.Sci.Biol.

Иваницкий Ярослав Викторович
соискатель
ГНУ Краснодарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени П.П.Лукияненко Россельхозакадемии, Краснодар, Россия

Ivanitskiy Yaroslav Viktorovich
applicant for degree
Krasnodar Science research institute of agriculture of Russian Academy of agriculture science, Krasnodar, Russia

В статье приводятся результаты изучения продукционного процесса озимой пшеницы при изменении агроэкологических условий в течение трёх лет исследований, среди которых предшественник, срок посева, уровень исходного плодородия, система удобрений и сорта. С помощью факторного анализа выделено пять гипотетических систем. По их факторному весу выделены отдельные сорта и годы исследований

The results of study of production process of winter wheat amid of changing of agro ecological conditions such as seeding time, level of initial fertility, fertilizer system and variety throughout 3 year-research are shown in the article. Five hypothetical systems are pointed out with the help of factorial analysis. Detached varieties and research years are pointed out in terms of their factorial influence

Ключевые слова: ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА, АГРОФИТОЦЕНОЗ, АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, СТРУКТУРА УРОЖАЯ, ЭФФЕКТИВНОЕ ПЛОДОРОДИЕ, МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ, ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ, ГИПОТЕТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА, ФАКТОРНЫЙ ВЕС

Keywords: WINTER WHEAT, AGROPHYTOCENOSIS, AGROECOLOGICAL CONDITIONS, PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY, YIELD FORMULA, EFFECTIVE FERTILITY, MINERAL NUTRITION, FACTORIAL ANALYSIS, HYPOTETHEICAL SYSTEM, FACTORIAL INFLUENCE

В полевом многофакторном опыте изучали связь уровня минерального питания растений с продукционным процессом в агрофитоценозе озимой пшеницы с учётом значительного количества показателей в их динамике и взаимодействии.

Основной целью являлось исследование физиолого-ценотических параметров агрофитоценоза (АФЦ) озимой пшеницы, определяющих её зерновую продуктивность при варьировании условий внешней среды, в том числе – условий минерального питания растений. Для этого изучали уровень, варьирование и взаимодействие показателей фотосинтетической деятельности АФЦ, урожайности озимой пшеницы, химического состава

растений и показателей эффективного плодородия почвы на протяжении всего периода вегетации, на вариантах с различными дозами и видами удобрений. Таким образом в течение трёх лет (2007-2010 с.-х. гг.) на различных сортах озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) селекции КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко (Дока, Нота, Таня, Фортуна) изучали 44 показателя АФЦ, наиболее тесно связанных с продукционным процессом и минеральным питанием (табл. 1).

Таблица 1 - ПОКАЗАТЕЛИ АГРОФИТОЦЕНОЗА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И ИХ ВАРЬИРОВАНИЕ В УСЛОВИЯХ ОПЫТА (в среднем по всем сортам и вариантам 2007-2010 с.- х. гг.)

№ пп	Показатель	М ср.	Пределы варьирования		V, %	
			min	max		
1	2	3	4	5	6	
1	Зерновая продуктивность (XII этап), г/м ²	737	610	937	9,4	
2	Густота стеблестоя (XII этап), шт/м ²	634	480	844	12,1	
3	Масса 1000 зёрен (XII этап), г	36,6	31,9	43,6	7,7	
4	Кол-во зёрен в колосе (XII этап), шт	32,3	26,0	49,0	12,7	
5	Вес зерна с одного колоса (XII этап), г	1,18	0,96	1,67	11,2	
6	Содержание в листьях (VIII этап):	N, %	4,43	3,76	5,05	5,6
7		P, %	0,82	0,57	1,03	11,2
8		K, %	3,34	2,33	4,53	17,0
9		Ca, %	0,79	0,47	1,24	25,1
10		S, %	0,27	0,19	0,33	13,1
11	Содержание в листьях (X этап):	N, %	3,27	1,84	4,41	21,1
12		P, %	0,54	0,28	0,88	30,0
13		K, %	2,45	1,68	3,20	15,8
14		Ca, %	1,04	0,73	1,37	18,9
15		S, %	0,27	0,18	0,37	15,8
16	Содержание в соломе (XII этап):	N, %	0,63	0,25	1,11	33,2
17		P, %	0,18	0,08	0,40	32,5
18		K, %	2,18	1,55	2,90	14,5
19		Ca, %	0,50	0,37	0,84	21,1
20		S, %	0,10	0,04	0,14	22,2
21	Содержание пигментов в листьях (VIII этап):	Хл «а», мг/дм ²	3,54	2,77	4,45	11,0
22		Хл «b», мг/дм ²	1,99	1,13	2,71	25,0

		<i>Продолжение таблицы 1</i>			
23	каротиноиды, мг/дм ²	1,81	1,40	2,20	10,3
1	2	3	4	5	6
24	Содержание пигментов в листьях (X этап): Хл «а», мг/дм ²	3,66	1,87	5,04	20,9
25	Хл «b», мг/дм ²	2,07	0,88	3,40	27,3
26	каротиноиды, мг/дм ²	1,83	1,00	2,87	21,5
27	Уровень эффективного плодородия почвы ^{*)} , перед уходом в зиму: N-NO ₃ мг/кг	23,0	18,0	25,6	15,2
28	P ₂ O ₅ мг/кг	21,8	14,5	25,8	13,8
29	K ₂ O мг/кг	292,4	268,0	321,0	7,5
30	Ca мг экв/ 100 г	21,2	20,2	22,3	4,1
31	S-SO ₄ мг/кг	6,29	3,00	8,30	26,5
32	Mg мг экв/ 100 г	4,30	3,60	4,70	11,0
33	Уровень эффективного плодородия почвы ^{*)} , после перезимовки: N-NO ₃ мг/кг	11,2	6,8	13,9	23,7
34	P ₂ O ₅ мг/кг	23,1	11,2	26,5	17,0
35	K ₂ O мг/кг	287,4	250,0	326,0	9,6
36	Ca мг экв/ 100 г	20,6	19,6	21,6	4,1
37	S-SO ₄ мг/кг	3,6	0,7	6,2	65,1
38	Mg мг экв/ 100 г	4,7	3,9	5,1	7,6
39	Уровень эффективного плодородия почвы ^{*)} , в период колошения N-NO ₃ мг/кг	10,5	7,7	14,4	19,8
40	P ₂ O ₅ мг/кг	18,5	13,3	27,5	16,5
41	K ₂ O мг/кг	260,5	241,0	302,0	4,9
42	Ca мг экв/ 100 г	20,59	19,5	21,9	4,4
43	S-SO ₄ мг/кг	1,9	0,20	4,0	69,5
44	Mg мг экв/ 100 г	4,41	3,4	5,3	16,2

^{*)} в слое 0-20 см

Исследования проводили в центральной зоне Краснодарского края. Предшественник – кукуруза на зерно, подсолнечник; предпосевная подготовка почвы – дисковое лущение на глубину 10-12 см. Посев проводился сеялкой СН-16 во второй половине октября. Учётная площадь делянки – 16,5 м², повторность 4-6 кратная; размещение делянок – систематически - рендомизированное. Ежегодно каждый сорт изучался на 10-11 вариантах опыта, которые включали в себя: контроль (удобрения не вносились), основное удобрение, прикорневые азотные подкормки, а также

некорневые подкормки в два срока - в фазу стеблевания (VI этап) и в период формирования зерна (X этап органогенеза; Куперман, 1963). В качестве некорневых подкормок использовали растворы мочевины, азотнокислого и хлористого кальция, сернокислого и хлористого калия и некоторые их сочетания.

Гидротермический режим в 2007-2008 с.-х. году для озимой пшеницы был близок к оптимальному, хотя во время перезимовки наблюдалось некоторое повреждение растений морозами. Особенности 2008-2009 с.-х. года были: очень теплая зима, холодная и затяжная весна с заморозками в апреле, и жаркое, с кратковременными дождями лето. 2009-2010 с.-х. год характеризовался сухой и жаркой осенью, влажной зимой с длительными оттепелями, холодным и дождливым началом весны, высокими температурами в период формирования - налива зерна озимой пшеницы.

Исходные агрохимические показатели опытного участка колебались в годы исследований и имели следующие значения (слой 0–20 см): по содержанию нитратного азота 10,3-11,9 мг/кг, подвижного фосфора 17-24 мг/кг и 259-279 мг/кг обменного калия (по Мачигину). Эффективное почвенное плодородие изучали в динамике по 6 элементам (подвижные формы N, P, K, S, Ca, Mg): осенью, до внесения основного удобрения; через 1,5 месяца после посева и внесения удобрений; рано весной (в период начала весенней вегетации) и летом (в период колошения).

Физиолого-биохимические показатели определяли на VIII, X, и XII этапах органогенеза. Содержание пигментов в листьях (хлорофиллов «а» и «в», каротиноидов) определяли по методу Милаева, Примак (1969) в модификации КНИИСХ (1998). Химический состав листьев и соломы определяли после мокрого озоления (на содержание N, P, K, Ca) по общепринятым методикам в соответствии с ГОСТ, а S – по методическим указаниям ВНИИУА им. Д.Н. Прянишникова (2004 г.)

Зерновую продуктивность АФЦ и показатели структуры урожая определяли в фазу полной спелости путём отбора снопов с учётных делянок (в 8-10 кратной повторности) и дальнейшего их анализа.

Структура урожайности включала в себя густоту продуктивного стеблестоя (число колосьев), массу 1000 зёрен, количество зёрен в одном колосе, вес зерна из одного колоса.

Для математической обработки всей совокупности экспериментальных данных был использован метод системного (факторного) анализа, который позволяет одновременно оценить дисперсию большого числа признаков, их информативность, взаимосвязь и по «факторным нагрузкам» выделить наиболее значимые системы (гипотетические факторы), с которыми связана основная доля дисперсии изучавшихся показателей. При этом, система признаков, объединенных в ходе вычислений в один гипотетический фактор, отличается глубоким внутренним взаимодействием входящих в нее показателей и существенной независимостью от других систем. Признаки, связанные между собой обратной зависимостью, компенсируя изменения уровней друг друга, представляют собой системы, обладающие свойством авторегуляции своей эффективности [1,2].

Кроме того, факторный анализ позволяет по величине «факторного веса» гипотетической системы оценить сорто-годо-варианты, а по усреднённым значениям факторных весов - сорта и годы исследований.

Исследование дисперсии изучавшихся признаков АФЦ в условиях опыта (см. табл. 1) показало, что большинство из них обладали средней или значительной изменчивостью; наименьший коэффициент вариации наблюдался у такого показателя, как содержание кальция в почве (4,1-4,4%), наибольшим варьированием отличалось содержание подвижной серы в почве (26,5-69,5%).

Факторный анализ всей совокупности изучавшихся признаков АФЦ позволил выделить пять гипотетических факторов (систем), которые в сумме на 85% определяли их дисперсию (табл. 2).

Таблица 2 - ГИПОТЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ (ФАКТОРЫ), ВЫДЕЛЕННЫЕ НА ОСНОВАНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА И ИХ ЗНАЧИМОСТЬ

Наименование гипотетической системы (фактора)	Основные признаки, коррелирующие с фактором	Фактор - ная нагрузка, (r)	Доля влияния фактора, %
1	2	3	4
«Фотосинтетическая система АФЦ в период колошения озимой пшеницы в связи с содержанием элементов минерального питания в почве в ранневесенний период (февраль-март)»	Содержание в листьях хлорофилла «а»	0,76	35
	каротиноидов	0,78	
	хлорофилла «b»	- 0,91	
	Содержание в почве : N	0,96	
	K	0,80	
	Ca	0,81	
	S	0,96	
«Продуктивность колоса озимой пшеницы в связи с содержанием в почве в осенний период N,P,S, а также в связи с повышенной реутилизацией и оттоком N, P, K из листьев в период налива зерна»	Кол-во зёрен в колосе	0,57	25
	Вес зерна из 1 колоса	0,52	
	Содержание в почве : N	0,74	
	P	0,64	
	S	0,79	
	Содержание в листьях: N	- 0,70	
	P	- 0,83	
K	- 0,65		
«Низкая масса 1000 зёрен в связи с неэффективной реутилизацией питательных элементов в период налива зерна и повышенной густотой стеблестоя»	Масса 1000 зёрен	- 0,52	11
	Содержание в соломе: N	0,62	
	P	0,67	
	K	0,40	
	Ca	0,57	
	S	0,67	
«Озернённость колоса в связи с содержанием серы в листьях на VIII этапе и пониженной густотой стеблестоя АФЦ»	Густота стеблестоя	0,40	8
	Кол-во зёрен в колосе	0,74	
	Вес зерна из 1 колоса	0,57	
	Содержание в листьях S	0,86	
«Урожайность в связи с густотой продуктивного стеблестоя, содержанием фосфора и серы в почве и высокой степенью реутилизации метаболитов в период налива зерна»	Густота стеблестоя	- 0,67	6
	Зерновая продуктивность	0,53	
	Содержание фосфора в почве: в декабре	0,44	
	в феврале-марте	0,45	

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
	в апреле	0,41	
	Содержание серы в почве в декабре	0,40	
	Густота стеблестоя	0,45	
	Содержание в листьях хлорофилла «а»	- 0,38	
	Содержание в листьях S	- 0,41	
	Содержание в соломе Ca	- 0,44	
ИТОГО			85

Наиболее существенной стороной продукционного процесса является фотосинтетическая деятельность растений. Поэтому закономерно, что первой наиболее значимой системой оказалась «Фотосинтезирующая система АФЦ в связи с содержанием и соотношением элементов минерального питания в почве» Анализ этой системы показывает, что концентрация пигментов в листовом аппарате озимой пшеницы в период колошения тесно связана с уровнем эффективного плодородия почвы (по 5 элементам: N, K, S, Ca, Mg) в весенний период (см. табл. 2)

Наиболее высокие значения факторного веса данной системы оказались у сорта Фортуна в 2008-2009 с.-х. году на вариантах с применением некорневых подкормок на VI этапе азотом с калием, азотом с серой и азотом с кальцием (max = 1.079). Самый низкий факторный вес отмечен у сорта Нота в 2009-2010 с.-х. году, где применяли только основное удобрение (min = -1.424). По средним значениям факторного веса данной системы в 2007-2008 с.-х. году выделились сорта Дока и Фортуна, а в 2008-2010 с.-х. годах – сорта Таня и Фортуна. Таким образом, в целом самый большой факторный вес первой системы наблюдается у сорта Фортуна, а среди годов исследований лучшими были 2007-2008 и 2008-2009 с.-х. года (табл. 3).

Второй фактор - «Продуктивность колоса озимой пшеницы в связи с содержанием в почве в осенний период N,P,S, а также в связи с повышенной реутилизацией и оттоком N, P, K из листьев в период налива

зерна» отражает прямую связь массы зерна из колоса с уровнем минерального питания растений озимой пшеницы в осенний период и, в тоже время, обратную – с содержанием в листьях питательных элементов в период налива зерна, что можно интерпретировать, как показатель эффективной реутилизации метаболитов из листьев.

Таблица 3 - СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ФАКТОРНЫХ ВЕСОВ, РАССЧИТАННЫЕ ПО ДАННЫМ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА

Фактор	Сорт	Годы исследований			В среднем по сорту
		2007 – 2008	2008 – 2009	2009 - 2010	
1	Дока	0,834	-	-	-
	Нота	-	0,672	-1,278	- 0,430
	Таня	0,715	0,826	-1,205	- 0,008
	Фортуна	0,801	0,909	-1,176	0,055
	За год	0,783	0,802	- 1,220	
2	Дока	1,387	-	-	-
	Нота	-	-1,542	-0,360	-0,874
	Таня	1,102	-0,982	0,126	0,086
	Фортуна	1,208	-1,149	0,214	0,102
	За год	1,232	-1,224	-0,007	
3	Дока	-0,198	-	-	-
	Нота	-	-0,477	-0,413	-0,441
	Таня	-0,586	-0,207	-0,709	-0,520
	Фортуна	0,291	0,974	1,278	0,887
	За год	-0,164	0,097	0,052	
4	Дока	0,053	-	-	-
	Нота	-	1,437	1,037	1,125
	Таня	0,041	-1,550	-0,789	-0,768
	Фортуна	0,664	-0,549	-0,322	-0,092
	За год	0,253	-0,221	-0,025	
5	Дока	0,233	-	-	-
	Нота	-	0,278	0,428	0,363
	Таня	0,550	0,571	0,463	0,522
	Фортуна	-0,754	-0,872	-0,897	-0,846
	За год	0,010	-0,008	-0,002	

Максимальные значения факторного веса второй системы отмечаются у сорта Дока (2007-2008 с.-х. г.) на вариантах с применением некорневых подкормок на фоне основного удобрения ($\max = 1,639$). Минимальный факторный вес этой системы наблюдается у сорта Нота (2008-2009 с.-х. г.) на вариантах с основным внесением удобрений и применением подкормок ($\min = -1,888$). Среди сортов наиболее значительный факторный вес имеет сорт Фортуна, а в среднем за годы исследований выделяется 2007-2008 с.-х. год (см. табл. 3).

Третья система - «Низкая масса 1000 зёрен в связи с неэффективной реутилизацией питательных элементов в период налива зерна и повышенной густотой стеблестоя» отражает связь массы 1000 зёрен с оттоком метаболитов из стебля в зерно в период созревания и возможной конкуренцией в посеве при его загущении. Поскольку факторная нагрузка наиболее значимого признака (масса 1000 зёрен) имеет отрицательное значение, что отражено и интерпретации самого фактора, лучшими являются варианты с наиболее низким (отрицательным) факторным весом. Самые низкие значения наблюдались в 2008-2010 с.-х. годах у сортов Таня и Нота на контрольных вариантах, без удобрений ($\min = -3.501$), а самые высокие – у сорта Фортуна (2009-2010 с.-х. г.) при повышенном уровне минерального питания. Это согласуется с результатами наших исследований, где пониженная масса 1000 семян наблюдалась на удобренных вариантах с высокой густотой продуктивного стеблестоя, а повышенная – на контрольных вариантах с низкой густотой стеблестоя. В среднем за годы исследований, минимальный факторный вес третьей гипотетической системы выявлен у сорта Таня, и, по тому же показателю, выделяется 2007-2008 с.-х. год.

Четвёртая система интересна тем, что, с одной стороны, показывает существенную и положительную связь озернённости колоса с содержанием серы в листьях растений в период колошения, а с другой –

отрицательную, с густотой стеблестоя АФЦ. Наибольшим факторным весом данной системы в 2007-2008 с.-х. году отличается сорт Фортуна, а в 2008-2010 с.-х. годах – сорт Нота.

И наконец, пятая система логически отражает связь зерновой продуктивности посева с содержанием фосфора и серы в почве, густотой продуктивного стеблестоя и уровнем реутилизации метаболитов в период налива зерна. Максимальными значением факторного веса этой системы в годы исследований выделялся сорт Таня, который, в нашем опыте, ежегодно давал высокие урожаи при различных погодных условиях.

Таким образом, факторный анализ позволил нам выделить пять автокомпенсаторных систем, которые в сумме на 85% определяют дисперсию 44 изучавшихся нами показателей АФЦ. Системный анализ показал, насколько тесно продукционный процесс связан с фотосинтетической деятельностью растений, уровнем минерального питания (включая макроэлементы N, P, K, S, Ca, Mg) на протяжении всей вегетации, оптимальной густотой стеблестоя и, что очень важно, с уровнем реутилизации метаболитов в период формирования и налива зерна.

По факторному весу систем были выделены сорта и годы исследований. Установлена значительная сортоспецифичность в различных агроэкологических условиях. По данным факторного анализа выделился 2007-2008 с.-х. год, который по гидротермическому режиму был близок к оптимальному.

Литература:

1. Лиёпа, И. Я. Математические методы в биологических исследованиях. Факторный и компонентный анализы / И. Я. Лиёпа.- Рига, 1980.- 126 с.
2. Фадеева, О.И. Физиологическая оценка продуктивности сортов озимой пшеницы с использованием факторного анализа / О.И.Фадеева, Ю.Ф.Осипов, В.В.Коноваленко, Л.М.Лопатина, Ф.А.Колесников, А.Т.Казарцева // Сельскохозяйственная биология.- 1984.- № 6.- С.47-52.