

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, ВОЗДЕЛЫВАЕМОЙ ПОСЛЕ ПОДСОЛНЕЧНИКА

А.Х. Шеуджен, чл.-корр. РАН, Л.И. Громова, к.б.н., Я.Е. Пастарнак, Кубанский ГАУ

Показано в стационарном многофакторном полевом опыте определяющее влияние азотных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы. Составлены уравнения производственной функции урожайности, содержания белка и клейковины в зерне озимой пшеницы в зависимости от минеральных удобрений.

Ключевые слова: озимая пшеница, минеральные удобрения, урожайность, качество зерна.

В зерновом балансе Российской Федерации ведущее место принадлежит озимой пшенице. Пятая часть её производится в Краснодарском крае, где её высевают на площади более 1 млн га, что составляет около 30 % пашни.

Учитывая ценность пшеницы как в нашей стране, так и за рубежом, особое внимание уделяют росту урожайности и повышению качества зерна. Удобрения – важнейший рычаг интенсификации земледелия, они позволяют эффективно использовать ограниченные размеры сельскохозяйственных земель [1]. В этой связи первоочередное значение в системе агротехнических мероприятий имеет применение удобрений. Наибольшее значение в этом отношении приобретают оптимизация питания озимой пшеницы и сбалансированное соотношение в удобрении основных элементов питания.

Для повышения производства высококачественного зерна озимой пшеницы важно изучить теоретические основы применения минеральных удобрений и выявить связи в системе почва-удобрение-урожай. Результаты, полученные в этих опытах, позволяют проанализировать все возможные сочетания удобрений в пределах запланированных доз и иметь наиболее полную информацию не только о прямом действии изучаемых факторов, но также о степени и характере их взаимодействия [2, 3].

Цель исследований – в условиях полевого опыта выявить эффективные виды, дозы и соотношения минеральных удобрений, позволяющие получать высокий урожай качественного зерна озимой пшеницы.

В задачу исследований входило: изучить влияние минеральных удобрений на величину урожая и качество зерна озимой пшеницы; установить взаимосвязь в системе почва – удобрения – урожай.

Методика. Исследования проводили в стационарном многофакторном полевом опыте КубГАУ заложенном в 1981 г. в учхозе «Кубань».

Почва опытного участка – чернозём выщелоченный малогумусный сверхмощный тяжелосуглинистый. Содержание гумуса 2,7-2,9 %; актуальная кислотность pH_{H_2O} 6,4-6,7, pH_{KCl} 5,1-5,4; гидролитическая кислотность 1,9-2,8 мг-экв/100 г почвы; сумма поглощенных оснований 28,8-32,4; ёмкость катионного обмена 31,6-34,3 мг-экв/100 г; степень поглощенных оснований 91,2-94,4 %. Содержание минерального азота в почве ($N-NO_3 + N-NH_4$) составило 20-40 мг/кг, подвижного

фосфора и обменного калия по Чирикову, соответственно, P_2O_5 – 60-130, K_2O – 200-330 мг/кг.

Схема опыта содержит 16 вариантов и является специальной выборкой $\frac{1}{4}$ части из полной схемы $4 \times 4 \times 4$, образованной тремя факторами: N, P, K с использованием четырех градаций каждого – 0, 1, 2, 3 дозы.

Единичная доза для озимой пшеницы составила $N_{40}P_{30}K_{20}$.

Общая площадь делянки – 162 м² (30×5,4), учетная – 54,2 м². Объект исследований – сорт озимой пшеницы Краснодарская 99, предшественник – подсолнечник. Агротехника в опыте общепринятая. В опыте использовали аммонийную селитру, аммофос, двойной суперфосфат и хлористый калий. Удобрения вносили вручную согласно схеме опыта, причем всю дозу фосфора и калия и единичную дозу азота вносили до посева под культивацию. В вариантах с двойной и тройной дозами азота остальной азот вносили в виде поверхностной подкормки в фазе начала выхода растений в трубку.

Уборку урожая проводили методом прямого комбайнирования комбайном Сампо 500. Зерно с каждой учетной площади делянки взвешивали и отбирали образцы для определения влажности, засоренности и массы 1000 зерен. Урожай пересчитывали на 100 %-ную чистоту и стандартную влажность. В зерне определяли содержание сырого белка и клейковины на БИК анализаторе ФТ – 10 «Инфралюм» фирмы Люмекс. Математическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа и множественной регрессии.

Результаты исследований и их обсуждение. Годы исследований характеризовались преобладанием аномально высоких температур, особенно в осенне-зимний и летний периоды, неравномерным выпадением осадков по сезонам года, преимущественно в ранне-весенний период и во второй половине лета (рис. 1, 2).

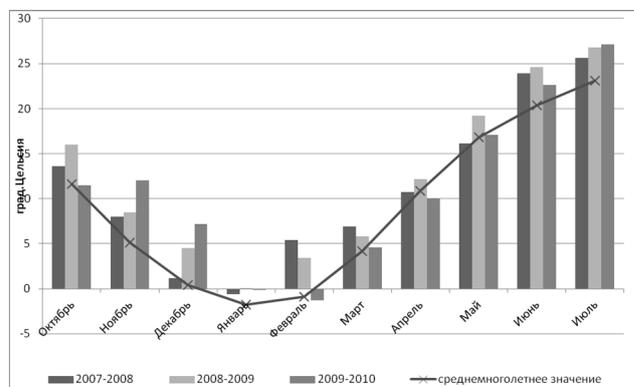


Рис. 1. Температура воздуха за годы проведения исследований

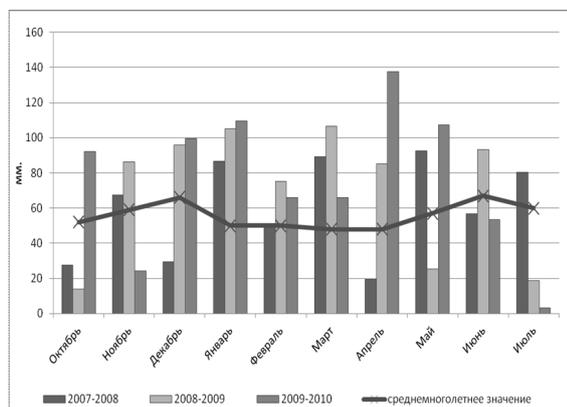


Рис. 2. Сумма осадков за годы проведения исследований

В целом погодные условия за период исследований можно охарактеризовать как удовлетворительные.

Внесение минеральных удобрений под озимую пшеницу положительно влияло на урожайность зерна (табл. 1).

На контроле, где удобрения не вносили 27 лет, урожайность озимой пшеницы невысокая и колебалась от 42,8 ц/га в 2010 г. до 53,8 ц/га в 2009 г.

В среднем за три года она составила 47,4 ц/га. Это можно объяснить негативным влиянием предшественника. Подсолнечник является «жестким» предшественником: сильно иссушает почву и обедняет ее питательными веществами. Так во второй ротации севооборота урожайность на контроле после бобовых культур люцерны и сои составила 55,1 и 55,6 ц/га соответственно [4-6].

1. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от видов, доз и соотношений минеральных удобрений, ц/га

Вариант	2007-2008 гг.	2008-2009 гг.	2009-2010 гг.	Средняя	Прибавка за 2007-2010 гг.	
					ц/га	%
000	45,7	53,8	42,8	47,4	-	-
200	64,5	71,6	60,9	65,6	18,2	38,4
020	47,1	54,2	52,6	51,3	3,9	8,2
002	47,3	56,1	48,6	50,6	3,2	6,7
220	71,3	69,0	63,0	67,7	20,3	42,8
202	71,2	68,7	56,5	65,5	17,8	38,2
022	45,7	51,0	53,9	50,2	2,8	5,9
222	76,7	72,0	59,0	69,2	21,8	45,9
111	55,1	62,9	45,6	54,5	7,1	14,9
311	77,7	75,2	66,4	73,1	25,7	54,2
131	57,3	56,9	53,5	55,9	8,5	17,9
113	62,6	60,7	53,8	59,0	11,6	24,5
331	79,1	70,2	70,3	73,2	25,8	54,4
313	78,2	76,3	62,7	72,4	25,0	52,7
133	57,6	59,0	53,1	56,6	9,2	19,4
333	79,5	71,3	67,3	72,7	25,3	53,4

Фосфорные и калийные удобрения не оказали значительного влияния на урожайность озимой пшеницы. Прибавка от внесения фосфорных удобрений была достоверной только в 2010 г. и составила 9,8 ц/га. Внесение калийных удобрений во все годы исследований не привело к существенному повышению урожайности.

Наибольшее влияние на урожайность озимой пшеницы оказали азотные удобрения. Достоверные прибавки урожая от их применения получены во всем годам проведения исследований. Внесение N_{80} повысило урожайность в среднем за три года до 65,6 ц/га, прибавка составила 18,2 ц/га, или 38,4 %.

При внесении полного удобрения в единичной дозе $N_{40}P_{30}K_{20}$ урожайность озимой пшеницы в среднем за три года составила 54,5 ц/га, что выше контроля на 7,1 ц/га. Двойные $N_{80}P_{60}K_{40}$ и тройные $N_{120}P_{90}K_{60}$ дозы

удобрений были более эффективными. Урожайность составила 69,2 и 72,7 ц/га, прибавка 21,8 и 25,3 ц/га соответственно. Однако разница между урожайностью в вариантах с двойной и тройной дозами полного удобрения не достоверна. Максимальная урожайность была получена при внесении тройной дозы азота и фосфора и единичной дозы калия ($N_{120}P_{90}K_{20}$), она составила 73,2 ц/га.

По результатам трехлетних исследований лучшим и самым экономичным вариантом под озимую пшеницу, возделываемую на черноземе выщелоченном после подсолнечника, можно считать внесение N_{40} до посева под предпосевную культивацию и N_{40} в подкормку в фазе начала выхода растений в трубку. Урожайность в этом варианте опыта колебалась по годам от 60,9 до 71,6 ц/га, а прибавка в среднем за три года составила 18,2 ц/га, что на 38,4% выше, чем на контроле. Увеличение дозы азота до 120 кг д.в./га на разных фонах позволило получить урожайность около 73 ц/га.

Влияние удобрений на величину урожайности озимой пшеницы несколько отличается по годам проведения исследований. Однако анализ уравнений производственной функции, составленной по результатам регрессионного анализа, доказывает, что определяющее значение в повышении урожайности имеет азотное удобрение (табл. 2).

Регрессионный анализ показывает, что урожайность озимой пшеницы сорта Краснодарская 99, которую можно получить на черноземе выщелоченном в полевом севообороте по предшественнику подсолнечник без применения удобрений колеблется по годам от 45,9 до 56,1 ц/га.

Во все годы исследований азотные удобрения оказывали достоверное положительное действие на урожайность озимой пшеницы, причем по мере увеличения дозы азота постепенно увеличивается урожайность, но не прямолинейно, а по затухающей кривой. Результирующая кривая также имеет аналогичный характер, где-то у неё есть максимум, после чего начинается депрессия урожайности. Доля влияния азотных удобрений в формировании прибавки урожая колеблется по годам от 60 до 87 %.

2. Результаты регрессивного анализа данных урожайности зерна озимой пшеницы

Год	Уравнение производной функции	Коэффициент корреляции (r)	Доля влияния фактора, %		
			N	P	K
2007-2008	$Y = 45,9 + 10,72N + 0,24P + 0,8K$	0,97	86,9	1,9	3,5
2008-2009	$Y = 56,09 + 7,2N - 1,60P - 0,16K$	0,96	76,3	16,8	1,7
2009-2010	$Y = 47,12 + 5,45N + 1,84P - 0,95K$	0,98	59,9	16,7	6,3

Влияние фосфорных и калийных удобрений на урожайность озимой пшеницы выражено значительно слабее, чем азотных и результирующая кривая также имеет затухающий характер, причем их действие в разные годы проявляется неоднозначно. В 2007-2008 сельскохозяйственном году при оптимальных погодных условиях действие фосфора и калия имеет положительный характер. В остальные годы действие калийных удобрений носило незначительный отрицательный характер.

В понятие «качество пшеницы» входит более двух десятков признаков, которые характеризуют состав

зерна, а также хлебопекарные свойства муки. Среди них содержание белка является определяющим показателем качества зерна озимой пшеницы. Содержание белка в зерне и качество клейковины – признак наследственный и в большей степени зависит от сорта, но под воздействием агротехнических приемов колебания могут достигать 8 % и более. Белковость зерна в значительной степени зависит от предшественника, причем наилучшие результаты наблюдаются после бобовых культур [7]. После подсолнечника содержание белка в зерне озимой пшеницы было невысоким. Погодные условия также отразились на накоплении белка в зерне озимой пшеницы (табл. 3).

3. Содержание белка в зерне озимой пшеницы в зависимости от видов, доз и соотношений минеральных удобрений

Вариант	2007-2008 гг.	2008-2009 гг.	2009-2010 гг.	Среднее за 2007-2010 гг.
000	11,6	11,1	11,2	11,3
200	13,0	12,4	12,5	12,6
020	11,7	11,2	11,6	11,5
002	12,2	11,7	11,0	11,6
220	12,8	12,0	12,0	12,3
202	12,7	11,9	12,4	12,3
022	11,4	11,4	11,7	11,5
222	13,3	11,8	12,7	12,6
111	12,0	11,2	11,8	11,7
311	14,3	12,9	13,2	13,5
131	11,6	11,3	11,5	11,5
113	11,8	11,1	12,1	11,7
331	14,0	12,2	13,7	13,3
313	13,7	12,1	13,4	13,1
133	12,0	11,2	11,8	11,7
333	13,7	12,7	12,8	13,1

Период 2007-2008 гг. характеризовался благоприятными условиями увлажнения и температурным режимом, что положительно сказалось на качестве зерна озимой пшеницы. В 2008 г. содержание белка в зерне озимой пшеницы было самым высоким из трех лет исследований и составляло более 14 %.

Погодные условия 2008-2009 гг. в период формирования качества зерна были менее благоприятными: повышенный температурный режим и недостаток влаги привели к недобору белка в зерне. Его содержание составило 11,1-12,9 %. В 2010 г. в период налива зерна наблюдались недостаток тепла и избыток влаги, что также неблагоприятно сказалось на качестве зерна. Содержание белка колебалось от 11,2 до 13,7 %. На контроле, где удобрения не вносят с 1981 г., содержание белка в зерне озимой пшеницы составило в среднем за 3 года исследований 11,3 %.

Внесение минеральных удобрений оказало заметное влияние на накопление белка в зерне озимой пшеницы, причем белковость зерна находится в прямой зависимости от доз вносимых удобрений. Внесение единичной дозы полного удобрения практически не повлияло на содержание белка в зерне, в среднем за 3 года оно изменилось с 11,3 до 11,7 %. Внесение двойной и тройной доз полного удобрения повысило содержание белка в зерне до 12,6 и 13,1 % соответственно.

Зависимость содержания белка в зерне от видов минеральных удобрений представлена уравнениями производственной функции, составленными по результатам регрессионного анализа (табл. 4).

4. Результаты регрессионного анализа данных по содержанию белка в зерне озимой пшеницы

Год	Уравнение производственной функции	Коэффициент корреляции (r)	Доля влияния фактора, %		
			N	P	K

2007-2008	$B = 11,6 + 0,79N - 0,08P - 0,04K$	0,936	75,9	7,7	4,1
2008-2009	$B = 11,30 + 0,45N - 0,07P - 0,06K$	0,855	55,6	9,5	8,0
2009-2010	$B = 11,18 + 0,63N - 0,35P + 0,08K$	0,899	80,8	1,4	3,0

Регрессионный анализ данных по содержанию белка в зерне показывает наличие тесной ($r = 0,855-0,936$) корреляционной зависимости этого показателя от видов, доз и сочетания минеральных удобрений. Как видно из уравнения регрессии, при возделывании озимой пшеницы без применения удобрений на черноземе выщелоченном после подсолнечника зерно может накапливать 11,33 % белка. Доля влияния азотных удобрений на накопление белка в зерне озимой пшеницы колеблется по годам от 55,6 до 80,8 %. Результаты исследований подтверждают первостепенное значение азотных удобрений в накоплении белка в зерне озимой пшеницы. Влияние фосфорных и калийных удобрений на накопление белка в зерне практически не проявляется. Доля их влияния не превышает 10,5 %.

Чаще всего качество зерна озимой пшеницы оценивают по содержанию сырой клейковины. Количество сырой клейковины в зерне колебалось от 14,1 до 24,3 % (табл. 5).

Такое низкое содержание сырой клейковины в зерне, как отмечалось, объясняется последствием предшественника. Так, по исследованиям 1999-2001 гг., зерно озимой пшеницы сорта Дельта, возделываемой после сои, накапливало 24-29,4 % клейковины [4].

Внесение удобрений несколько повышало содержание клейковины в зерне. В варианте с единичной дозой полного удобрения содержание клейковины по годам колебалось от 14,2 % в 2009 г., неблагоприятном по погодным условиям, до 20,5 % и в среднем за 3 года составило 18,1 %, что только на 0,7 % выше, чем на контроле. Увеличение дозы полного удобрения способствовало накоплению клейковины. При внесении двойной дозы полного удобрения содержание клейковины в зерне озимой пшеницы составило в среднем за три года 20,3, а тройной дозы – 21,7 %.

5. Содержание клейковины в зерне озимой пшеницы под влиянием минеральных удобрений

Вариант	2007-2008 гг.	2008-2009 гг.	2009-2010 гг.	Среднее
000	19,0	14,1	19,2	17,4
200	21,7	17,4	22,5	20,5
020	19,2	14,4	20,2	17,9
002	20,1	15,7	18,2	18,0
220	21,7	15,9	21,2	19,6
202	21,0	16,1	21,3	19,5
022	18,5	14,6	19,5	17,5
222	23,2	16,0	21,7	20,3
111	19,6	14,2	20,5	18,1
311	24,7	18,6	23,9	22,4
131	19,4	13,6	19,5	18,3
113	19,5	14,3	21,0	18,3
331	24,2	16,7	24,3	21,2
313	23,3	16,5	23,0	20,9
133	19,9	15,1	19,9	19,3
333	23,5	18,1	23,6	21,7

Наибольшее действие на накопление клейковины оказали азотные удобрения. Внесение N_{80} позволило получить зерно с содержанием клейковины 20,5 %. Фосфорные и калийные удобрения не оказали существенного влияния на содержание клейковины в зерне. Добавление фосфорных и калийных удобрений к азотным также не имело существенного влияния. Это подтверждается ре-

зультатами регрессионного анализа данных по содержанию клейковины (табл. 6).

6. Результаты регрессионного анализа данных по содержанию клейковины в зерне озимой пшеницы

Год	Уравнение производственной функции	Коэффициент корреляции (r)	Доля влияния фактора, %		
			N	P	K
2007-2008	$K = 18,86 + 1,68N - 0,04P - 0,11K$	0,929	79,4	1,7	5,3
2008-2009	$K = 14,49 + 1,1N - 0,27P - 0,02K$	0,828	54,4	13,3	0,9
2009-2010	$K = 19,15 + 1,49N + 0,05P - 0,17K$	0,938	77,1	2,4	8,6

Математическая обработка показателей содержания сырой клейковины методом пошаговой множественной регрессии свидетельствует о сильной корреляционной зависимости ($r=0,83-0,94$) изучаемого фактора от видов и доз минеральных удобрений. Уравнение регрессии подтверждает значительное положительное действие азотных удобрений на накопление клейковины в зерне озимой пшеницы и отсутствие действия фосфорных и калийных удобрений. Следует отметить, что при низком содержании клейковины (18-22 %) качество её было хорошее и соответствовало I группе. Узкое соотношение между содержанием белка и клейковины объясняется сортовыми особенностями современных интенсивных сортов озимой пшеницы, возделываемых на Кубани.

Выводы. 1. При возделывании озимой пшеницы на черноземе выщелоченном после подсолнечника перво-степенное значение в формировании урожая имеют азотные удобрения. Наилучшим вариантом их применения следует считать внесение N_{80} (N_{40} вносят осенью и N_{40} поверхностно весной в фазе начала выхода в

трубку), что позволяет получить 65,6 ц/га. 2. Уравнение производственной функции зависимости урожайности озимой пшеницы от минеральных удобрений показало, что доля влияния азотных удобрений колебалась от 60 до 87 %. 3. При возделывании озимой пшеницы на черноземе выщелоченном после подсолнечника без применения удобрений невозможно получить качественное зерно. Первостепенное значение в накоплении белка и клейковины в зерне принадлежит азотным удобрениям. Действие фосфорных и калийных удобрений на качество зерна озимой пшеницы значительно ниже и математически не доказано.

Литература

1. Романенко Г.А., Тютюнников А.И., Сычев В.Г. Удобрения, значение, эффективность применения. - М.: РАСХН, 1998. - 374 с.
2. Перегудов В.Н. Планирование многофакторных полевых опытов с удобрениями и математическая обработка их результатов. - М.: Колос, 1981. -124 с.
3. Сычев В.Г. Основные ресурсы урожайности сельскохозяйственных культур и их взаимосвязь. - М.: Изд-во ЦИНАО, 2003. - 226с.
4. Громова Л.И., Чернега Е.В., Шеуджен А.Х. Влияние видов, доз и сочетаний минеральных удобрений на структуру урожая и продуктивность озимой пшеницы, возделываемой после сои на черноземе выщелоченном // Тр. КубГАУ. 2006. Вып. 2. - С. 181-191.
5. Шеуджен А.Х. Влияние минеральных удобрений на продуктивность полевого севооборота / Шеуджен А.Х., Суетов В.П., Онищенко Л.М., Громова Л.И., Дроздова В.В., Ерезенко Е.Е. Осипов М.А. / Вестник РАСХН, 2008. Вып.6.
6. Бершадская С.И. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от предшественников и удобрений на черноземах Западного Предкавказья: Автореф. дис. к.с.-х.наук, Краснодар, 2001. - 25 с.
7. Шеуджен А.Х. Влияние доз и сочетаний минеральных удобрений на урожайность и качество сельскохозяйственных культур, возделываемых на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / Шеуджен А.Х., Столяров А.И., Леплявченко Л.П., Громова Л.И., Суетов В.П., Дроздова В.В. // Тр. КубГАУ, 2008. Вып. 431 (459). - С. 160-184.

EFFECT OF MINERAL FERTILIZERS ON THE GRAIN YIELD AND QUALITY OF WINTER WHEAT GROWN AFTER SUNFLOWER

A.Kh. Sheudzhen, L.I. Gromova, Ya.E. Pastarnak

Kuban State Agrarian University ul. Kalinina 13, Krasnodar, 350044 Russia e-mail: Yanakuzya@rambler.ru

A stationary multifactor field experiment has shown the decisive influence of nitrogen fertilizer on the yield and grain quality of winter wheat. Equations have been derived for the production function of crop yield and the contents of protein and gluten in winter wheat grain depending on the application of mineral fertilizers.

Keywords: winter wheat, mineral fertilizers, crop yield, grain quality.