

УДК 581.5:631.4:631.445.51.8

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЫ И РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ТЕХНОЛОГИИ

Канд. с.-х. наук Б.Н. Насиев

В повышении продуктивности зернопаровых севооборотов и технологического качества продукции, а также сохранения плодородия и экологических качеств темно-каштановых почв важное значение имеет правильный подбор вносимых удобрений. По данным исследований видно, что в условиях Западного Казахстана этим требованиям наиболее полно отвечает применение органических и сидеральных удобрений.

Существенный недостаток многих удобрений, особенно азотных – их физиологическая кислотность, а также наличие остаточной кислоты вследствие несовершенства технологий производства. Интенсивное применение таких удобрений приводит к заметному подкислению почв и, соответственно, ухудшению их свойств. При этом повышается подвижность радионуклидов и тяжелых металлов [5].

По данным Н.И. Крупкина сельскохозяйственное использование приводит к увеличению гидролитической кислотности в оподзоленных черноземах на 1,27 мг-экв, в выщелоченном – на 0,46 мг-экв. на 100 г почвы [6]. Из промышленных минеральных удобрений суперфосфат отличается наиболее высоким содержанием тяжелых металлов, в частности наиболее токсического кадмия, при внесении 90 кг/га суперфосфата содержания кадмия в почве увеличивалось на 0,44 % [7].

Бокарев В.Г. в своей работе отмечает, что главный источник дополнительного загрязнения почвы стронцием (18 %) – фосфорные удобрения [1]. Содержание в почве подвижного стронция увеличивается при всех условиях эксперимента, что свидетельствует об осаждении поглощаемого растениями стронция в корнях с медленным кумулятивным накоплением его в верхних слоях почвы. По данным Р.С. Кираева, И.О. Чанышева, З.Х. Галауетдинова при внесении минеральных удобрений содержание

меди в почве возросло на 8,3 %, цинка – на 24 %, кадмия – на 26 % и свинца – на 7,3 %. Увеличение содержания в почве тяжелых металлов приводило и к незначительному накоплению их в зерне пшеницы. Содержание меди, цинка, свинца и кадмия повысилось на 8...10 % [4]. Поступление кадмия и других тяжелых металлов увеличивается при использовании в качестве фосфорных удобрений фосфорной муки.

Заметным источником поступления кадмия и других тяжелых металлов в почву являются органические удобрения. В стойловом навозе содержится в среднем 0,4 мг кадмия и 6,6 мг свинца на 1 кг сухого вещества. При норме внесения до 5 т сухого вещества на 1 га с навозом ежегодно вносится 1...4 г кадмия на 1 га, т.е. такое же количество, как и при внесении суперфосфата [5]. Другие ученые наоборот отмечают, что внесение в почву навоза приводило к снижению содержания тяжелых металлов в почве относительно контроля: по меди на 64 %, цинку – на 28 %, кадмию – на 53 %, свинцу – на 5,4 % [4].

Деятельность человека нарушает экологическое равновесие в окружающей среде. Применение пестицидов (ретордантов, ядохимикатов, гербицидов и т.д.) удобрений, искусственных структурообразователей, мелиорантов приводит не только к накоплению последних в почве, но и вызывает изменение химических свойств почвы, изменяет подвижность тяжелых металлов, накапливает радионуклиды и т.д. Под различными культурами эти процессы происходят с различной интенсивностью.

В исследованиях, проведенных в Западно-Казахстанской области, по определению наиболее выгодных видов удобрений особое внимание было уделено вопросу экологической характеристики почвы и растительной продукции.

Работы проводились на темно- каштановых почвах на зернопаровом севообороте с чередованием культур пар – озимая пшеница – яровая пшеница – ячмень. Изучали различные виды удобрений: контроль без удобрений; минеральное удобрение: пар (P_{60}) – озимая пшеница (N_{30}) – яровая пшеница ($N_{20}P_{20}$) – ячмень ($N_{20}P_{20}$); органическое удобрение: пар (навоз 40 т/га) – озимая пшеница – яровая пшеница (солома озимой пшеницы) – ячмень (солома яровой пшеницы); органоминеральное удобрение: пар (навоз 40 т/га) – озимая пшеница (N_{30}) – яровая пшеница ($N_{20}P_{20}+$ солома озимой пшеницы) – ячмень ($N_{20}P_{20}+$ солома яровой пшеницы); сидеральное удобрение: донник (сидерат) – озимая пшеница – яровая пшеница (навоз 40 т/га) – ячмень (солома яровой пшеницы).

Закладка опыта осуществлялась в соответствии с общепринятой методикой. Все изучаемые в опыте сорта, районированные. Агротехника возделывания полевых культур общепринятая для зоны проведения исследований. Определение тяжелых металлов проводили согласно методических указаний по определению тяжелых металлов в почвах и продукции растениеводства атомно-адсорбционным спектрометре С115М, содержание радионуклидов – гамма-вентта спектрометре.

Как показывают данные исследований, удобрения снижали содержание *Zn*, *Cu*, *Ni* в почве под озимой пшеницей (табл.1).

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в почве под различными культурами, мг/кг

Вариант опыта	Слой почвы, см	Элемент					
		Zn	Cu	Pb	Cd	Ni	Hg
Озимая пшеница							
Контроль без удобрений	0...20	39,5	13,0	11	0,46	35,7	0,008
	20...40	32,0	10,0	13	0,33	32,3	0,010
Минеральные удобрения	0...20	21,9	5,0	14	0,46	34,0	0,011
	20...40	39,5	9,8	16	0,46	36,0	0,013
Органические удобрения	0...20	33,0	11,0	15	0,49	35,7	0,011
	20...40	26,5	9,0	13	0,48	23,0	0,010
Сидераты	0...20	23,0	7,0	12	0,40	19,8	0,010
	20...40	26,5	11,8	13	0,46	27,0	0,010
ПДК		220	132	130	2,0	80	2,1
Яровая пшеница							
Контроль без удобрений	0...20	29,0	9,0	11	0,44	25,7	0,009
	20...40	37,5	12,4	13	0,47	35,0	0,012
Минеральные удобрения	0...20	38,5	10,6	12	0,47	34,0	0,020
	20...40	41,5	13,0	11	0,47	36,3	0,013
Органические удобрения	0...20	35,0	9,6	14	0,47	25,0	0,011
	20...40	37,5	12,0	16	0,47	31,3	0,013
Сидераты	0...20	30,0	10,0	13	0,55	30,2	0,012
	20...40	31,0	10,4	15	0,48	27,0	0,012
Ячмень							
Контроль без удобрений	0...20	32,0	14,0	11	0,47	29,3	0,010
	20...40	31,0	10,0	16	0,44	22,7	0,009
Минеральные удобрения	0...20	36,5	14,4	21	0,44	39,3	0,010
	20...40	40,0	14,4	19	0,44	36,0	0,010
Органические удобрения	0...20	34,0	14,0	15	0,47	35,0	0,010
	20...40	33,0	13,0	15	0,47	31,0	0,010
Сидераты	0...20	35,0	14,0	15	0,47	33,3	0,009
	20...40	27,8	12,4	16	0,47	31,0	0,010

Использование справочного материала помогает дать оценку содержания тяжелых металлов в почве под озимой пшеницей [8]. Содержа-

ние цинка можно отнести к низкому или среднему при ПДК 220 мг почвы; количество меди – к низкому при ПДК 130 мг/кг; свинца – к среднему при ПДК 130 мг/кг; никеля – к среднему при ПДК 80 мг/кг; ртути – к низкому или среднему при ПДК 2,1 мг/кг. Содержание всех тяжелых металлов под озимой пшеницей было много ниже ПДК.

Под яровой пшеницей количество тяжелых металлов в почве мало отличалось от озимой пшеницы (табл. 1). Однако распределение их по вариантам было несколько иное. Отмечено снижение только по органическим удобрениям.

Под озимой пшеницей при внесении удобрений и особенно органических отмечено снижение таких тяжелых металлов, как цинк и никель. Наибольшее снижение отмечено при заправке сидератов.

Под яровой мягкой пшеницей наблюдалось заметное снижение меди, цинка и никеля. Под озимой пшеницей при внесении минеральных удобрений отмечено незначительное повышение свинца и ртути. Увеличение содержания ртути отмечено и под яровой пшеницей при внесении минеральных удобрений. Органические удобрения снижали содержание в почве количества тяжелых металлов, особенно цинка, меди, свинца и никеля под всеми культурами, кроме ячменя.

Внесение минеральных удобрений способно повышать содержание ртути и свинца в почве.

Определение радиоактивных веществ показало, что внесение удобрений как органических, так и минеральных, снижало содержание радионуклидов в почве (табл. 2).

Таблица 2

Содержание радионуклидов в почве под культурами севооборота, Бк/кг

Вариант опыта	Слой почвы, см	Озимая пшеница			Яровая пшеница		
		Cs ₁₃₇	K ₄₀	Ra ₂₂₆	Cs ₁₃₇	K ₄₀	Ra ₂₂₆
Контроль без удобрений	0...20	36	650	87	23	735	83
	20...40	28	735	60	21	600	59
Минеральные удобрения	0...20	19	400	93	20	510	88
	20...40	21	555	90	17	602	82
Органические удобрения	0...20	9	635	55	27	435	46
	20...40	18	600	46	17	653	46
Сидераты	0...20	23	615	42	18	603	41
	20...40	15	530	11	22	662	46

Гумус имеет важное значение в плодородии почвы. Гумус является запасным фондом питательных веществ. При разложении гумуса высвобож-

даются азот, кальций, сера, фосфор и др. Гумусовые вещества обладают большой поглотительной способностью. Поглощенные Ca^{++} и Mg^{++} образуют устойчивые от вымывания соединения, сохраняя гумус почвы. Гуминовые кислоты склеивают минеральные частицы, образуя почвенные структурно-агрономически ценные агрегаты, способствуя улучшению физических свойств почвы. В почве образование гумуса и его разложение находятся в динамическом равновесии, которое определяется комплексом факторов. Большое значение в изменении гумуса почвы имеют антропогенные факторы.

Обработка почвы, удобрение культур, чередование их в севообороте влияют на количества гумуса в почве. Обработка почвы усиливает разложение гумуса. Возделываемые культуры, особенно многолетние травы, оставляя большое количество пожнивных остатков, способствуют новообразованию гумуса. Навоз, перегной, солома, зеленое удобрение являются источниками органического вещества в почве, а следовательно, и образования гумуса.

По М.М. Кононовой, навоз увеличивал количество гумуса на 0,37 %, а после люцерны на каштановых почвах гумуса было на 0,11 % больше, чем под чистым паром (2,89 и 2,78 %) [3].

Возделывание культур в опытах Темерязевской сельскохозяйственной академии (ТСХА) повышало количество гумуса в почве в 1,7...2,8 раза по сравнению с бессменным чистым паром. Навоз увеличивал содержание гумуса в почве в 1,4...2,3 раза, а минеральные удобрения в 1,1...1,5 раза. Пропашные культуры снижали количество гумуса на 0,31 %, а чистый пар – на 1,01 % в течение сорока лет.

Содержание гумуса в почве определяли по методу Тюрина в модификации ЦИНАО ГОСТ 26213-84.

Как показывают данные наших исследований (табл. 3) за период ротации севооборота с чистым паром на контроле отмечено снижение гумуса в почве в слое 0...40 см на 0,12 %. В опыте с повышением урожая культур увеличивался вынос азота. Вынос питательных веществ с урожаем не покрывался содержанием последних в почве и компенсировался разложением гумуса почвы, которое было интенсивным в условиях повышенного увлажнения. Снижение гумуса в почве достигало 0,11...0,12 %.

Внесение навоза и ежегодная заплата соломы в почву приводили к поступлению в почву органического вещества, что создавало положительный баланс гумуса в почве. За ротацию севооборота гумуса увеличилось на 0,03...0,05 %. Внесение только минеральных удобрений не обеспечива-

ло в севообороте бездефицитный баланс гумуса в почве. Снижение гумуса составило 0,05...0,09 % для слоя 0...40 см – в среднем 0,07 %.

Таблица 3

Изменение содержания гумуса в почве по вариантам опыта за ротацию севооборота, % к массе почвы

Вариант опыта	Слой почвы, см	Исследования		Изменение содержания гумуса, %
		начало ротации	конец ротации	
Контроль без удобрений	0...20	3,12	2,99	-0,13
	20...40	2,96	2,85	-0,11
	0...40	3,04	2,92	-0,12
Минеральные удобрения	0...20	3,13	3,08	-0,05
	20...40	2,96	2,87	-0,09
	0...40	3,04	2,97	-0,07
Органические удобрения	0...20	3,13	3,18	+0,05
	20...40	2,95	2,98	+0,03
	0...40	3,04	3,08	+0,04
Сидеральное удобрение	0...20	3,12	3,16	+0,04
	20...40	2,99	3,00	+0,01
	0...40	3,05	3,08	+0,03
НСР ₀₅			0,056	

При запашке биомассы сидератов обеспечивался бездефицитный баланс гумуса в почве. Здесь отмечена прибавка гумуса. Она составила в слое 0...20 см – 0,04 %, в слое 20...40 см – 0,01 % и для слоя 0...40 см в среднем – 0,03 %. Такая незначительная прибавка гумуса объясняется неравномерным поступлением органического вещества в почву, которое приходилось, главным образом, на начало ротации севооборота.

Внесение удобрений влияло на качество зерна всех культур в севообороте (табл. 4).

Качество зерна пшеницы и его технологические свойства зависят от содержания белка, его аминокислотного состава и физико-химических свойств. Сорты пшеницы различаются по содержанию (на 1...2 %) белка в зерне. Существуют формы пшеницы, содержащие на 3...5 % белка выше, чем возделываемые сорта, но их урожайность очень низкая. Обратная взаимосвязь белковости зерна и величины урожайности – пока непреодолимый барьер улучшения качества пшеницы с помощью селекции.

С точки зрения изучения влияния условий выращивания пшеницы на качество зерна в засушливом Приуралье, наиболее перспективном для возделывания высокобелковых сортов, имело определенный научный и

практический интерес. Как показывают данные исследований (табл. 4) содержание белка возрастало при внесении минерального азота. По сравнению с контролем, при внесении минеральных удобрений содержание белка в зерне озимой пшеницы выросло на 10 %. При применении органических и сидеральных удобрений также отмечено увеличение содержания белка в зерне. Это указывает на большое участие в процессе поглощения азота и других факторов, изменяющихся под влиянием увеличения органического вещества в почве.

Таблица 4

Качество зерна культур в севообороте

Вариант опыта	Клейковина, %	ИДК	Белок, %	Нитраты, мг/кг	Натура, г/л
Озимая пшеница					
Контроль	25	100	13,0	33	755
Минеральные удобрения	28	100	14,0	34	760
Органические удобрения	30	75	13,8	32	770
Сидеральное удобрение	30	75	13,7	35	770
Яровая пшеница					
Контроль	23	85	12,5	33	760
Минеральные удобрения	25	95	13,1	32	770
Органические удобрения	28	75	13,8	31	775
Сидеральное удобрение	28	75	13,6	30	775
Ячмень					
Контроль			11,5	58	650
Минеральные удобрения			12,0	56	658
Органические удобрения			12,3	53	660
Сидеральное удобрение			12,5	53	660

Аналогично белку в зерне изменялось содержание клейковины под влиянием удобрений. Внесение минеральных удобрений в дозе N₃₀ приводило к увеличению клейковины в зерне по сравнению с контролем на 3 %. Применение в качестве органического удобрения навоза повышало содержание клейковины на 5 %. Запашка сидератов увеличивала количество клейковины в зерне также на 5 %.

Внесение свежего органического вещества, богатого белком (биомасса донника), улучшало водно-физические свойства почвы, повышало ее биологическую активность, изменяло состав и количество лабильных органических веществ и положительно влияло не только на азотный режим почвы, но и растений через изменение степени использования азота из почвы и удобрений и мобилизации его при поглощении этого элемента растениями.

В зерне яровой пшеницы (табл. 4) удобрения улучшали качество и количество клейковины, повышали содержание клейковины, белка, натуру зерна, снижали количество нитратов. При применении удобрений содержание клейковины по сравнению с контролем увеличилось на 3...5 %, белка на 0,6...1,8 %, натуральный вес зерна на 10...15 г, а содержание нитратов в зерне уменьшилось до 3 мг/кг.

Как показывает данные табл. 4, применение органических и сидеральных удобрений заметно увеличивает количества белка в зерне, натуру, при этом содержание нитратов в зерне ячменя снижалось.

В исследованиях, наряду с повышением качества зерна особое внимание уделено экологической характеристике продукции.

Как известно, применение удобрений, пестицидов, искусственных структурообразователей, мелиорантов не только изменяет подвижность тяжелых металлов и радионуклидов в почве, но и приводит к накоплению их в растительной продукции. Определение количества тяжелых металлов в зерне озимой пшеницы показало, что внесение удобрений и особенно органических снижало количество цинка и меди в зерне (табл. 5).

Таблица 5

Экологическая оценка качества зерна различных культур

Вариант опыта	Тяжелые металлы, мг/кг					Радионуклиды, Бк/кг	
	Zn	Cu	Pb	Cd	Hg	Cs ₁₃₇	St ₉₀
Озимая пшеница							
Контроль	15,0	4,5	0,2	0,03	0,0020	1,8	1,8
Минеральные удобрения	12,5	4,5	0,2	0,04	0,0019	2,0	1,9
Органические удобрения	11,0	3,5	0,2	0,05	0,0017	2,3	1,8
Сидеральное удобрение	12,0	3,6	0,1	0,02	0,0018	2,2	1,1
Яровая пшеница							
Контроль	15,5	3,7	0,1	0,03	0,0019	2,5	2,0
Минеральные удобрения	13,5	3,2	0,1	0,03	0,0019	1,8	2,1
Органические удобрения	14,0	3,2	0,2	0,04	0,0019	1,8	2,2
Сидеральное удобрение	13,5	3,2	0,1	0,04	0,0019	2,0	2,3
Ячмень							
Контроль	20,9	3,8	0,2	0,04	0,0014	2,6	3,8
Минеральные удобрения	19,6	3,8	0,2	0,05	0,0014	3,0	3,2
Органические удобрения	17,6	4,2	0,2	0,04	0,0017	1,7	3,3
Сидеральное удобрение	20,9	3,8	0,2	0,04	0,0017	2,6	3,4

Удобрения незначительно повышает содержание радиоактивного цезия. Содержание стронция незначительно увеличилось при применении минеральных удобрений. Снижение радиоактивного стронция до 1,1 Бк/кг

отмечено при применении сидератов. Сопоставление содержания тяжелых металлов с государственными стандартами показывает, что цинка было меньше ПДК в 4...5 раз; меди – в 2,5...3 раза; свинца – в 2,5...5 раза; кадмия – в 2,5...10 раз; ртути – в 10 раз. Подобная закономерность отмечена и в зерне яровой пшеницы (табл. 5).

Следует отметить снижение радионуклидов цезия при внесении удобрений, и особенно органических и сидеральных удобрений. В этих вариантах отмечено незначительное увеличение содержания радионуклидов стронция. В зерне ячменя содержание тяжелых металлов находилось ниже ПДК (табл. 5).

Уменьшение содержания цинка, меди отмечено при внесении минеральных и органических удобрений. При внесении сидератов содержание этих металлов находилось на уровне показателей контрольного варианта. Определение содержания радионуклидов показывает, что при внесении минеральных удобрений отмечено незначительное увеличение в зерне цезия до 3 БК/кг.

При применении органических и минеральных удобрений по сравнению с контролем отмечено снижение содержания в зерне радионуклидов стронция. Содержание стронция в контрольном варианте составило 3,8 БК/кг, а при внесении удобрений данный показатель снижался на 0,4...0,6 Бк/кг.

Таким образом, в условиях Западного Казахстана для повышения качества зерна полевых культур, получения экологически безопасной продукции, а также для сохранения почвенного гумуса и экологических характеристик темно-каштановых почв целесообразно применение в севооборотах органических удобрений – навоза, соломы и сидератов. При этом в качестве сидеральной культуры наиболее эффективно возделывание донника.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

3. Бокарев В.Г. Воспроизводство плодородия орошаемых темно-каштановых почв Поволжья и управление минеральным питанием сельскохозяйственных культур: Автореф. дис. ... доктора с.-х. наук. – Саратов, 2000. – 46 с.
4. Возбуцкая А.Е. Химия почвы. – М.: Высшая школа, 1964. – 398 с.
5. Кононова М.М. Проблема почвенного гумуса и современные задачи его изучения. – М.: Изд-во АН СССР, 1951. – 391 с.
6. Кираев Р.С., Чанышев И.О., Галауетдинов З.Х. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве и продукции сельскохозяйственных

- культур в условиях Южного Приуралья // Почва, жизнь, благосостояние: Сб. материалов Всероссийской конференции. – Пенза, 2000. – С. 217-220.
7. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – Колос, 1996. – 367 с.
 8. Крупкин П.И. Изменение свойств черноземов Центральной Сибири при их сельскохозяйственном использовании // Почвоведение. – 1991. – №9. – С. 73-80.
 9. Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. – М.: Колос, 1993. – С. 68-73.
 10. Медико-биологическое требование и стандартные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов. – М.: Изд-во стандартов, 1990.

Национальный аграрный университет, г. Уральск

**ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗ ТЕХНОЛОГИЯНЫ ПАЙДАЛАНУ
ЖОЛЫМЕН ТОПЫРАҚ ПЕН ӨСІМДІКТЕРДІҢ ӨНІМДІК САПАЛЫ
КӨРСЕТКІШТЕРІН КӨТЕРУ**

Халық шар. ғылымд. канд. Б.Н. Насиев

*Батыс-Қазақстан аймағында астық дақылдарынан мол,
жоғары және экологиялық көрсеткіштері бойынша таза өнім
алу үшін органикалық тыңайтқыштарды қолданған жөн.*

*Сидералды дақыл ретінде ақбас тұйе жоңышқаны өсірген
пайдалы.*