



ПОЧВОВЕДЕНИЕ

УДК 631.679.4

О.А. Сорокина, А.А. Труфанова

ПРОДУКТИВНОСТЬ БИОМАССЫ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ ВНЕСЕНИИ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ТЕМНО-СЕРЫХ ПОЧВАХ

В серии вегетационных опытов на темно-серых почвах Красноярской лесостепи с яровой пшеницей «Тулунская 12», «Новосибирская 15», овсом «Орел» выявлена довольно высокая эффективность применения комплексного удобрения нитроаммофоса в сочетании с сульфатом калия. Статистически достоверно повышалась продуктивность биомассы культур в сравнении с неудобренными вариантами в год внесения. В последствии прибавка биомассы культур существенно снижалась.

Ключевые слова: темно-серая почва, комплексные удобрения, варианты опыта, продуктивность, биомасса, морфометрические показатели, прибавка.

О.А. Sorokina, A.A. Trufanova

THE CEREAL CROPS BIOMASS PRODUCTIVITY IN THE CASE OF INTRODUCING COMPLEX FERTILIZERS INTO DARK GRAY SOILS

Rather high efficiency of complex fertilizer nitro-ammophos combined with potassium sulphate in the series of vegetation experiments with spring wheat «Tulunskaya 12», «Novosibirskaya 15», oats «Orel» on the Krasnoyarsk forest-steppe dark gray soils is revealed. The crop biomass productivity statistically reliably increased in comparison with unfertilized variants in the year of introduction. In the aftereffect biomass crops increase significantly declined.

Key words: dark gray soil, complex fertilizers, experiment variants, productivity, biomass, morphometric indicators, increase.

Введение. Возделывание сельскохозяйственных культур в Сибирском регионе производится в условиях рискованного земледелия. Здесь действие природных факторов риска снижает продуктивность растениеводства на 50–70%. Поэтому применение удобрений является огромным резервом регулирования и получения урожая. В задачу земледелия входят не только кратковременные решения острых проблем дефицита удобрений за счет местных агрохимических ресурсов, но и научное обоснование перспективы применения новых видов промышленных удобрений. Туковая промышленность предлагает для сельского хозяйства виды комплексных удобрений, имеющих ряд неоспоримых преимуществ перед простыми туками [http://udobrenie.com]. Эти удобрения имеют хорошие физические свойства, высокую концентрацию питательных веществ, хорошую смешиваемость с семенами, со всеми гранулированными удобрениями, обладают хорошим последствием. Они высокотехнологичны и поэтому характеризуются хорошей экономической эффективностью применения. В то же время комплексные удобрения отличаются некоторыми недостатками, например неудовлетворительным соотношением питательных веществ, особенно азота и фосфора. Поступающие в край тройные комплексные удобрения диаммофоска, азофоска, нитроаммофоска, а также двойные (нитроаммофос, аммофос) отличаются очень хорошими технологическими свойствами, имея гранулированное физическое состояние, суммарное количество питательных веществ около 50% и более. Некоторые удобрения сбалансированы по питательным веществам. Наибольшая окупаемость тройных комплексных удобрений установлена при внесении под картофель, кормовые корнеплоды, овощи. Однако зачастую хозяйства вынуждены вносить эти удобрения под зерновые культуры наряду с двойными туками (что вполне оправдано), учитывая острый дефицит однокомпонентных фосфорных удобрений. В современных технологиях ресурсосбережения при использовании высокопроизводительных посевных агрегатов тройные комплексные удобрения можно вносить в рядки при посеве культур, особенно под вторые зерновые, а также при низкой обеспеченности минеральным азотом. Если отсутствует техника для внутривидового внесения удобрений, двойные и тройные комплексные удобрения можно вносить под предпосевную культивацию вразброс. Однако эффективность использования питательных веществ из комплексных удоб-

рений при таком способе внесения существенно снижается за счет уменьшения коэффициента их усвоения [Сорокина, 2011].

Влияние комплексных удобрений на урожай и качество сельскохозяйственных культур определяется видом и биологическими особенностями растений, приемами внесения, почвенно-климатическими условиями, свойствами почв, выбором наиболее оптимальных форм и сочетаний удобрений, имеющих в ассортименте [Танделов, 2002; Штундюк, 2004; Антонова, 2009 и др.].

Физиолого-агрохимические особенности использования питательных веществ и эффективность новых видов комплексных удобрений при внесении под конкретные сельскохозяйственные культуры и на различных почвах Красноярского края исследованы довольно слабо. Поэтому мы поставили **цель** изучить действие и последствие комплексных удобрений на продуктивность биомассы зерновых культур и некоторые морфометрические показатели.

Методика исследований. Закладывалась серия вегетационных опытов в лаборатории кафедры почвоведения и агрохимии КрасГАУ с 2006 по 2010 г. Изучали действие (в год внесения) и последствие (на следующий год) двойных и тройных комплексных удобрений, поступающих в Красноярский край. Закладка и проведение опытов проводились по общепринятой методике в типовых полиэтиленовых сосудах.

Схема опытов включала следующие варианты: 1) контроль (без удобрений); 2) диаммофоска (ДАФК); 3) аммофос (АФ) + сульфат калия (Кс); 4) нитроаммофос (НАФ) + сульфат калия (Кс). Дозы всех удобрений вносили из расчета средней рекомендованной дозы под яровую пшеницу на почвах с низкой обеспеченностью минеральным азотом, эквивалентные 60 кг действующего вещества на гектар. Содержание действующего вещества в используемых удобрениях стандартное. Таким образом, схема опытов включала варианты, позволяющие сравнить тройное азотно-фосфорно-калийное комплексное удобрение (ДАФК) с вариантами совместного внесения двойных азотно-фосфорных комплексных удобрений (АФ и НАФ) и калийного удобрения (Кс). В 2010 г. в качестве тройного комплексного удобрения в опыте использовали азофоску. Остальные варианты были прежними.

Повторность опытов четырехкратная. В 2006–2008 гг. высевали пшеницу «Тулунская 12» и овес «Орел», в 2008–2010 гг. – «Новосибирскую 15». Из 20 посеянных проросших семян в сосуде оставляли при прореживании по 15 здоровых всходов. Определяли высоту растений в фазу всходов, кущения и выхода в трубку. Результаты измерения высоты растений яровой пшеницы подсчитывались на каждом варианте из двенадцати определений. Учитывали воздушно-сухую биомассу в период максимального формирования вегетативных органов. В течение вегетационного периода за посевами проводили уход, сосуды систематически поливали. Результаты измерения высоты растений и продуктивности биомассы обрабатывали в вычислительной лаборатории КрасГАУ. Подсчитали НСР₀₅, а также статистический показатель силы влияния (ПСВ,%) фактора тройных азотно-фосфорно-калийных комплексных удобрений и двойных азотно-фосфорных в сочетании с калийными удобрениями на формирование продуктивности биомассы зерновых культур в сравнении с необогащенными вариантами.

Почва опыта – темно-серая лесная Красноярской лесостепи, характеризующаяся средним содержанием гумуса, слабокислой реакцией, низкой гидролитической кислотностью, довольно высокой суммой обменных оснований. Содержание минеральных форм азота и фосфора низкое, а подвижного калия среднее.

Обсуждение результатов. Внесение в опытах тройных и двойных комплексных удобрений и их сочетание с простыми туками эффективно в год внесения (2006 г.) и в последствии (2007 г.) под яровую пшеницу сорта «Тулунская 12» и малоэффективны во второй год последствия (2008 г.) под овес сорта «Орел», что следует из таблицы 1.

Таблица 1

Продуктивность зерновых культур в год действия (2006) и последствия (2007–2008), г/сосуд воздушно-сухой биомассы

Вариант	2006 г.		2007 г.		2008 г.	
	Пшеница «Тулунская 12» ср. из 4 повт.	прибавка	Пшеница «Тулунская 12» ср. из 4 повт.	прибавка	Овес «Орел» ср. из 4 повт.	прибавка
Контроль	14,3	-	13,0	-	3,0	-
ДАФК	14,4	0,1	17,4	4,4	3,5	0,5
АФ + Кс	14,6	0,3	18,0	5,0	3,7	0,7
НАФ + Кс	14,8	0,5	14,8	1,8	3,5	0,5
НСР ₀₅	-	0,43	-	2,95	-	0,96

В год внесения удобрений продуктивность биомассы колеблется по вариантам опыта от 14,3 до 14,8 г/сосуд. По сравнению с контролем во всех удобренных вариантах опыта воздушно-сухая масса растений несколько выше и составляет от 0,1 до 0,5 г/сосуд. Максимальная прибавка биологической массы яровой пшеницы отмечена на варианте с совместным внесением нитроаммофоса и калийного удобрения (вариант 4). Здесь прибавка составляет 0,5 г/сосуд при НСР 0,43. Эффективность действия диаммофоски по сравнению со смесями комплексных и одинарных минеральных удобрений оказалась существенно ниже, чем ожидалось. В этом варианте получена статистически недостоверная прибавка продуктивности пшеницы.

Следует отметить, что биомасса пшеницы при последствии удобрений в 2007 г. несколько выше, чем в год внесения (2006 г.), кроме контрольного варианта. Она колеблется в разных вариантах опыта от 13 до 18 г на сосуд. Продуктивность биомассы растений пшеницы на вариантах 2 и 3 намного выше, чем на контроле. Прибавка продуктивности при применении диаммофоски и аммофоса с сульфатом калия составляет здесь соответственно 4,4 и 5,0 г/сосуд при НСР 2,95. Если в 2006 г. эффективность действия диаммофоски по сравнению со смесями комплексных и простых минеральных удобрений оказалась довольно низкой, то в последствии продуктивность пшеницы на этом варианте достоверно увеличилась по сравнению с контролем. Максимальная прибавка биомассы яровой пшеницы в 2007 г. отмечена на варианте совместного внесения аммофоса и калийных удобрений. Не дал статистически достоверной прибавки продуктивности в последствии вариант, где применялся нитроаммофос с сульфатом калия. По-видимому, питательные вещества этого удобрения, особенно азот, были использованы в год внесения на формирование более высокой биологической массы растений.

Как следует из таблицы 1, на второй год последствия удобрений (2008 г.) продуктивность биомассы овса резко снизилась на всех вариантах опыта. По сравнению с контролем при внесении удобрений были получены прибавки воздушно-сухой биологической массы овса. Однако эти прибавки статистически недостоверны.

Таблица 2

Высота растений (ср. из 12 определений), см

Вариант	6.06.2007 г.	27.06.2007 г.	5.06.2008 г.	23.06.2008 г.
	Пшеница	Пшеница	Овес	Овес
Контроль	35,2	46,0	30,6	33,6
ДАФК	32,0	51,0	27,6	35,9
АФ + Кс	29,8	50,0	28,5	35,8
НАФ + Кс	34,6	48,3	28,8	35,0
НСР ₀₅	5,64	3,12	2,79	2,52

В таблице 2 представлена высота растений яровой пшеницы в 2007 г. по датам, соответствующим фазам полных всходов (6.06) и кущения (27.06). В 2008 г. высота растений овса определялась в те же фазы вегетации. Из таблицы 2 видно, что растения пшеницы в 2007 г. от фазы всходов до кущения существенно выросли, особенно на вариантах с внесением комплексных удобрений, что обусловило прибавку продуктивности. На вариантах, где вносилось двойное комплексное удобрение (НАФ) совместно с калийными, высота растений статистически не отличалась от контрольного варианта. Однако растения здесь были более зеленые, с широкой листовой пластинкой.

Высота растений овса во второй год последствия (2008) значительно ниже, как в фазу полных всходов, так и в кущения. Прирост вегетативной массы овса за этот период незначительный, что также сказалось на очень низкой продуктивности этой культуры при последствии комплексных удобрений на всех вариантах опыта.

Несмотря на максимальную прибавку продуктивности яровой пшеницы при совместном внесении нитроаммофоса с сульфатом калия, величина биоэнергетического коэффициента при оценке эффективности несколько ниже, чем при внесении тройного комплексного удобрения (ДАФК). Она составляет в 2006 г. на данном варианте 0,69 против 0,77 при сочетании простых и комплексных удобрений. Это связано с более высокими энергозатратами на производство, транспортировку и внесение механических смесей удобрений, их более низкой «технологичностью» в сравнении с комплексными комбинированными удобрениями. В целом по данному вегетационному опыту отмечены пониженные коэффициенты биоэнергетической эффек-

тивности применения простых и комплексных удобрений под яровую пшеницу и овес на темно-серых лесных почвах Красноярской лесостепи как в год внесения, так и при последствии.

Результаты учета продуктивности биомассы яровой пшеницы «Новосибирская 15» в 2008–2009 гг. при действии и последствии удобрений на темно-серой почве приведены в таблице 3. Продуктивность биомассы пшеницы «Новосибирская 15» в этих опытах существенно выше по сравнению с «Тулунской 12». В 2008 г. максимальную статистически достоверную прибавку биомассы пшеницы вновь показал вариант с совместным внесением нитроаммофоса и сульфата калия. В последствии (2009 г.) также проявилось довольно сильное влияние всех вносимых удобрений на продуктивность растений пшеницы. На всех вариантах опыта получена статистически достоверная прибавка биомассы пшеницы от последствия комплексных удобрений.

Таблица 3

Продуктивность биомассы пшеницы «Новосибирская 15» при действии (2008 г.) и последствии (2009 г.) удобрений (ср. из 4 повт.), г/сосуд

Вариант	2008 г.		2009 г.	
	Средняя	Прибавка	Средняя	Прибавка
Контроль	18,3		11,1	-
ДАФК	18,6	0,3	11,6	0,5
АФ + Кс	18,7	0,4	11,6	0,5
НАФ + Кс	18,9	0,6	11,8	0,7
НСР ₀₅	-	0,43	-	0,39

Не отмечено различий по продуктивности пшеницы при сравнении тройного комплексного удобрения (ДАФК) и двойного (АФ), внесенного совместно с сульфатом калия. В этих комплексных удобрениях содержание азота очень близкое и составляет: в ДАФК – 10%, в АФ – 12%. Самое существенное влияние на продуктивность пшеницы оказал вариант с применением нитроаммофоса в сочетании с сульфатом калия, что объясняется более высоким содержанием в нем азота (23%) по сравнению с другими удобрениями.

Результаты определения высоты растений пшеницы «Новосибирская 15» в 2008–2009 гг. представлены в таблице 4. Внесение полного комплексного удобрения (ДАФК) не дало прироста высоты растений пшеницы в фазу всходов. Слабое его влияние связано, по-видимому, с более низким содержанием азота в этом удобрении и замедленным разложением в почве, следовательно, незначительной доступностью растениям пшеницы в начальные периоды роста растений. Измерение высоты растений еще через 10 дней показало те же закономерности. Было отмечено существенное увеличение высоты пшеницы по сравнению с предыдущим определением, так как она начала интенсивно куститься. Самое активное нарастание вегетативной массы и увеличение высоты растений установлены при внесении нитроаммофоса совместно с сульфатом калия. Минимальный прирост растений по сравнению с контролем также был получен на варианте с внесением диаммофоски. Высота растений пшеницы в фазу выхода в трубку на всех вариантах при последствии комплексных удобрений статистически достоверно отличается от контроля. Однако самый большой прирост растений по сравнению с контрольным вариантом в эту фазу зафиксирован при внесении НАФ в сочетании с Кс.

Таблица 4

Высота растений пшеницы «Новосибирская 15» (ср. из 12 определений), см

Вариант	2008 г.	2009 г.	2009 г.	2009 г.
	Полные всходы	Полные всходы	Кущение	Выход в трубку
Контроль	17,5	20,4	29,0	42,0
ДАФК	20	21,6	29,6	47,5
АФ + Кс	21,0	22,1	31,0	49,4
НАФ + Кс	22,5	23,7	32,5	52,0
НСР ₀₅	3,2	4,71	4,26	4,9

Таким образом, определение высоты растений пшеницы в различные фазы показало, что на ранних сроках развития пшеницы не установлено положительное влияние полного комплексного удобрения (ДАФК) по сравнению с контролем и вариантами, удобренными двойными комплексными удобрениями совместно с калийными.

В 2010 г. на всех удобренных вариантах вегетационного опыта по сравнению с контролем отмечено увеличение биомассы пшеницы «Новосибирская 15». Прибавка продуктивности воздушно-сухой массы составляет от 0,7 до 1,5 г/сосуд при НСР₀₅ 0,48. Максимальная статистически достоверная прибавка биомассы пшеницы получена на вариантах совместного внесения нитроаммофоса с калийным удобрением и на варианте с тройным комплексным удобрением азотфоской (АЗФК). Она составляет соответственно 1,7 и 1,5 г/сосуд. Прибавка биомассы пшеницы при внесении азотфоски была в этом опыте существенно выше, чем при внесении диаммофоски в предыдущих опытах, что связано, по-видимому, с более высоким содержанием азота в азотфоске (16%) по сравнению с диаммофоской (10%). Другие элементы питания (фосфор и калий) не смогли проявить свое положительное действие на растения, так как уборка пшеницы проводилась в фазу максимального развития не генеративных, а вегетативных органов. Вероятно, что при более поздних фазах и развитии репродуктивных органов зерновых культур в условиях полевого опыта влияние изучаемых комплексных удобрений проявилось бы более отчетливо и специфично.

Результаты статистической обработки биомассы пшеницы при внесении разных видов и сочетаний удобрений по сравнению с неудобренными вариантами опытов показали, что самое сильное влияние на получение прибавки воздушно-сухой массы пшеницы оказывает внесение нитроаммофоса в сочетании с калийными удобрениями. Здесь показатель силы влияния фактора (ПСВ) составляет 43,7%. ПСВ аммофоса в сочетании с калийными удобрениями на продуктивность пшеницы также выше по сравнению с тройным комплексным удобрением диаммофоской, что следует из таблицы 5. Вклад всех комплексных удобрений в получение биологической массы зерновых культур также довольно существенный в сравнении с контролем, что показывает ПСВ взаимодействия факторов, составляющий 20,9%.

Таблица 5

Дисперсионный анализ влияния вида комплексного удобрения на продуктивность биомассы зерновых культур

Источник вариации	Статистические показатели			
	ПСВ, %	F	P-значение	F критическое
Продуктивность биомассы зерновых культур				
ДАФК	11,8	8,4	3,6	2,3
НАФ + Кс	43,7	42,6	2,9	2,7
АФ + Кс	20,9	7,7	4,3	1,9
Взаимодействие	25,3	10,51	5,2	1,7

Заключение. Таким образом, наиболее эффективным в годы внесения оказался вариант совместного применения двойного комплексного удобрения нитроаммофоса с калийным удобрением, который обеспечил оптимальное питание яровой пшеницы сортов «Тулунская 12» и «Новосибирская 15» на темно-серой лесной почве Красноярской лесостепи. Вероятно, это связано с более высоким содержанием азота в нитроаммофосе и более легкой доступностью его растениям по сравнению с диаммофоской. Из пяти вегетационных опытов по изучению действия и последствий комплексных удобрений на продуктивность биологической массы яровой пшеницы в трех опытах получена достоверная прибавка продуктивности воздушно-сухой массы культур при внесении двойного азотно-фосфорного удобрения нитроаммофоса в сочетании с сульфатом калия. Необходимо отметить, что в годы изучения последствий удобрений в условиях вегетационного опыта может сказаться эффект токсического воздействия продуктов метаболизма на рост и развитие растений в таких замкнутых системах, как вегетационные сосуды. Это может привести к их угнетению и снижению продуктивности. Установлена более высокая эффективность последствий аммофоса в сочетании с калийными удобрениями по сравнению с нитроаммофосом. Более высокий биоэнергетический коэффициент получен при внесении диаммофоски. На варианте нитроаммофоса в сочетании с калийными удобрениями он несколько меньше. В целом получены средние величины биоэнергетических коэффициентов при внесении всех видов и сочетаний удобрений, что связано с большими затратами энергии на их производство.

Литература

1. Антонова О.И. О прямом действии и последствии допосевого внесения азотосодержащих удобрений под лен масличный в зоне засушливой степи на темно-каштановых почвах // Аграрная наука – сельскому хозяйству: мат-лы IV Междунар. науч.-практ. конф. Кн.2. – Барнаул, 2009. – С. 341–349.
2. Сорокина О.А. Особенности применения удобрений в технологиях ресурсосбережения. Инновационные технологии производства продуктов растениеводства. – Красноярск, 2011. – С. 50–59.
3. Танделов Ю.П., Майборода Н.М. Особенности применения минеральных удобрений в новых экономических условиях: метод. рекомендации. – Красноярск, 2002. – 21с.
4. Штундюк В.В. Эффективность ассортимента минеральных удобрений и способов их внесения на почвах центральной части Средней Сибири // Почвы – национальное достояние России: мат-лы IV съезда ДОП. – Новосибирск, 2004. – С. 214–215.
5. <http://udobrenie.com>.



УДК 631.445.4(571.51)

А.А. Шпедт, В.В. Картавых

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВЫПАХИВАНИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ ПАРОВЫХ ПОЛЕЙ В УСЛОВИЯХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

В статье рассматривается накопление нитратного азота в чистых парах в зависимости от количества и качества органического вещества. По содержанию легкоразлагаемого органического вещества и подвижных гумусовых веществ дана оценка степени выпаживания парующихся почв.

Ключевые слова: почва, чистый пар, гумус, подвижный гумус, легкоразлагаемое органическое вещество, нитратный азот.

A.A. Shpedt, V.V. Kartavykh

THE ASSESSMENT OF HUMUSFALLOW FIELDS PLUCKING DEGREE IN THE KRASNOYARSK KRAI CONDITIONS

The accumulation of nitrate nitrogen in pure fallow depending on the quantity and quality of organic substance is considered in the article. The assessment of fallow soils plucking degree according to the content of the easily decomposed organic substance and mobile humus substances is given.

Key words: soil, pure fallow, humus, mobile humus, easily decomposed organic substance, nitrate nitrogen.

Введение. Каждой почве присуще свое природное (естественное) плодородие, которое определяется потенциальными запасами элементов питания, содержанием и составом гумуса, водно-физическими свойствами, реакцией почвенной среды, обеспеченностью элементами питания и другими показателями. При использовании почв в сельскохозяйственном производстве естественное плодородие переходит в эффективное, или экономическое, которое во многом зависит от уровня интенсификации земледелия.

Цель исследования. Определить потенциальное и эффективное плодородие почв паровых полей в ряде хозяйств Красноярского края и на этой основе оценить их степень выпаживания.

Объекты и методы исследования. Объектами изучения стали агрочерноземы глинисто-иллювиальные типичные паровых полей нескольких хозяйств, расположенных в земледельческой части Красноярского края: ОПХ «Минино» Емельяновского района; СХПК «Причулымский» Ачинского района; ЗАО «Провинция+» Боготольского района. Отбор почвенных образцов проводился осенью 2011 года при помощи агрохимического бура на глубину 0–20 см. Каждый участок был представлен 19–20 объединенными образцами, состоящими из 20 единичных проб.

Содержание общего гумуса почвы определяли по методу И.В. Тюрина. Для извлечения подвижной части гумусовых веществ ($C_{0,1n}$, NaOH) использовали 0,1н гидрооксид натрия при соотношении почвы и растворителя 1:20, а для легкоразлагаемого органического вещества (Слов) – тяжелую жидкость ($P=1,9-2,0$ г/см³). Содержа-