

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПИТАНИЯ ОЗИМЫХ КУЛЬТУР ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОДКОРМОК МИНЕРАЛЬНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ

*O.A. Sorokina, M.E. Turchanov*

### OPTIMIZATION OF NUTRITION OF WINTER CROPS IN CONDUCTING TOP-DRESSING WITH MINERAL FERTILIZERS

**Сорокина О.А.** – д-р биол. наук, проф. каф. почвоведения и агрохимии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск; E-mail: geos0412@mail.ru

**Турчанов М.Е.** – асп. каф. почвоведения и агрохимии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск; зам. директора по производству АО «Березовское», Красноярский край, Курагинский р-н. E-mail: geos0412@mail.ru

**Sorokina O.A.** – Dr. Biol. Sci., Prof., Chair of Soil Science and Agrochemistry, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk. E-mail: geos0412@mail.ru

**Turchanov M.E.** – Post-Graduate Student, Chair of Soil Science and Agrochemistry, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk; Deputy Director on Production, JSC 'Berezovskoye', Krasnoyarsk Region, Kuraginsky District. E-mail: geos0412@mail.ru

*В работе приводятся результаты полевых опытов по изучению влияния подкормок минеральными удобрениями на условия питания и продуктивность трех сортов озимой ржи в условиях Южно-Минусинского природного округа Красноярского края. Для контроля условий питания озимой ржи сортов Влада, Тетра, Енисейка проведена почвенная, растительная (тканевая и химическая), биометрическая диагностика. Установлена оптимальная влагообеспеченность посевов всех сортов озимой ржи при проведении подкормок удобрениями. Чернозем выщелоченный опытных участков высоко гумусирован, имеет повышенное содержание всех элементов минерального питания. Балл обеспеченности растений азотом по тканевой диагностике существенно повышается, а пространственное варьирование этого показателя снижается при подкормке аммонийной селитрой и акварином 5. Сильнее отзываются на данный прием сорта Тетра и Влада. Отмечается улучшение химического состава растений озимой ржи, оптимизация биометрических показателей при проведении подкормок, особенно аммонийной селитрой и сульфатом аммония. Слабо отзывается на ранневесенние подкормки удобрениями озимая рожь Влада в условиях плохой пере-*

*мовки, но дает существенные прибавки урожая при хорошей перезимовке. Максимальная статистически достоверная прибавка урожайности зерна получена при проведении подкормок аммонийной селитрой сортов озимой ржи Тетра и Енисейка.*

**Ключевые слова:** озимая рожь, подкормка, азотные удобрения, акварины, тканевая диагностика, биометрическая диагностика, химический состав, структура урожая.

*The results of field experiments on the research of influence of top-dressing with mineral fertilizers on conditions of food and efficiency of three grades of winter rye in the conditions of Southern Minusinsk natural district of Krasnoyarsk Region are given in the study. For control of conditions of food of winter rye of grades Vlad, Tetr, Yeniseika was carried out soil, vegetable (fabric and chemical), biometric diagnostics. Optimum moisture security of crops of all grades of winter rye when carrying out was established in top-dressing with fertilizers. The chernozym lixivious highly humified experimental sites had raised maintenance of all elements of mineral food. The point of supply of plants with nitrogen on tissue diagnostics significantly increased, and the spatial variation of this indicator decreased at top-dressing by ammonium nitrate supplementa-*

*tion and aquarium 5. The respond on this reception of the grades Tetr and Vlad was stronger. The improvement of chemical composition of plants of winter rye, the optimization of biometric indicators when carrying out top-dressing, was noted by especially ammonium nitrate and ammonium sulfate. Winter rye Vlad in the conditions of bad wintering poorly responded to early-spring top-dressing by fertilizers, but gave essential increases of the crop, well wintering. Maximum statistically reliable rise of productivity of grain was got when carrying out top-dressing with ammonium nitrate varieties of grades of winter rye Tetr and Yeniseika.*

**Keywords:** *winter rye, top dressing, nitrogen fertilizers, aquariums, tissue diagnostics, biometric diagnostics, chemical composition, crop structure.*

**Введение.** В последние годы для регулирования азотного питания озимых культур рекомендуется взамен дорогостоящей аммонийной селитры применение более дешевого азотного удобрения сульфата аммония. Одновременно актуальной для изучения является проблема возможности применения для «листных» подкормок акваринов. Акварины относятся к новым видам комплексных тройных водорастворимых удобрений, обогащенных микроэлементами. Сравнительного изучения эффективности этих удобрений для регулирования и оптимизации питания озимых культур при ранневесенней подкормке в условиях Красноярского края не проводилось.

**Цель исследований.** Сравнительная оценка влияния подкормок разными видами минеральных удобрений на оптимизацию условий питания различных сортов озимой ржи и их продуктивность в Южно-Минусинском природном округе. Не все резервы повышения урожайности и качества озимых культур в этой зоне исчерпаны, особенно с точки зрения оптимизации минерального питания [1, 4]. Уровень применения удобрений низкий и не может удовлетворить физиологическую потребность в сбалансированном оптимальном питании, особенно таких требовательных интенсивных культур, как озимые [2, 3].

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводились в 2014–2015 гг. на территории землепользования АО «Березовское» Курагинского района. Полевые опыты с

разными сортами озимой ржи были заложены на черноземе выщелоченном, который является основным типом почв хозяйства, занимающим в структуре почвенного покрова 81,8 %. По гранулометрическому составу преобладает средний и тяжелый суглинок. Изучали три сорта озимой ржи: Влада, Тетра короткостебельная (далее именуется как Тетра), Енисейка. Исследования включали следующие варианты:

- без удобрений;
- подкормка аммонийной селитрой;
- подкормка сульфатом аммония;
- подкормка акварином марки 5;
- подкормка акварином марки 9.

Для опытов в производственных посевах землепользования хозяйства были отведены делянки размерами 10x10м (100 м<sup>2</sup>) в пятикратной повторности. Посевы сортов озимых культур изолированы друг от друга, находятся в одинаковых почвенных и геоморфологических условиях. Подкормки проводили рекомендованной дозой азотных удобрений 30 кг д.в./га с учетом поправки по результатам тканевой диагностики. Подкормка акваринами осуществлялась в дозе 3 кг физической массы растворами из расчета 200 литров на гектар.

Для контроля условий питания, роста, развития, формирования урожая озимых культур и его качества в опытах использовали почвенную, растительную и биометрическую диагностику. Образцы почвы для анализов отбирали в пятикратной повторности из слоев 0–20 и 20–40 см. Содержание общей влаги определяли весовым методом. В течение вегетации, отличающейся растянутостью у озимых культур, начиная с середины октября предшествующего года (перед уходом в зиму), а также в фазу полного кущения и выхода в трубку на всех вариантах опытов проводилась растительная и биометрическая диагностика в двадцатикратной повторности. Тканевая диагностика для определения балла обеспеченности азотом (N), фосфором (P) и калием (K) проводилась на срезах вегетирующих растений. Валовые формы азота, фосфора, калия в растительной продукции по химической диагностике определяли согласно ГОСТ 13496.4-93, ГОСТ 26657-97; ГОСТ 30504-97.

В пятикратной повторности провели учет биологической урожайности сортов озимой ржи. Результаты исследований обработали стати-

стическими методами с использованием программы Microsoft Excel.

**Результаты и их обсуждение.** При оценке условий возделывания озимых культур важнейшее значение имеет почвенная диагностика. Почва опыта характеризуется относительно высоким плодородием, имеет достаточно мощный гумусовый горизонт (30–40 см) с содержанием гумуса до более 9 %, узкое отношение C:N, высокое содержание валовых форм элементов питания: азота, фосфора и калия, нейтральную реакцию среды. Обеспеченность почвы нитратным азотом, подвижным фосфором и обменным калием повышенная или высокая.

Озимая рожь как интенсивная культура, имеющая мощную корневую систему, использует влагу подпахотного слоя. Установлено оптимальное количество влаги в корнеобитаемом слое почвы под всеми сортами озимой ржи после перезимовки, составлявшее от 27,9 до 35,3 %. В середине мая, после проведения ранневесенней подкормки, содержание влаги на всех вариантах опытов несколько снижается, однако остается оптимальным (20–22 %). В оба года исследований минимальное содержание влаги установлено на всех неудобренных вари-

антах опыта. Это связано с более интенсивным расходом влаги растениями озимой ржи на вариантах без проведения подкормок, что подтверждает классическое положение об экономном расходовании влаги при внесении удобрений и непроизводительных ее потерях без удобрений. В целом влажность почвы не являлась лимитирующим фактором для оптимального роста и развития озимых культур в опытах. Пространственное варьирование содержания почвенной влаги очень низкое и не выходит за пределы 5–6 %.

Результаты тканевой диагностики показывают, что после проведения подкормок самая низкая обеспеченность практически всеми элементами питания, особенно фосфором и калием, характерна для неудобренных вариантов опыта 2014 г. К существенному повышению балла обеспеченности азотом в тканях растений у сортов Тетра и Енисейка привела подкормка посевов аммонийной селитрой, а сульфатом аммония – у сортов Тетра и Влада. После перезимовки озимой ржи в 2015 г. самый низкий балл обеспеченности азотом был установлен у сорта Енисейка (табл. 1).

Таблица 1

**Балл обеспеченности азотом (M ср) и его пространственное варьирование (Cv,%) в фазу выхода в трубку озимой ржи (ср. из 20 опр.), 14.06. 2015 г.**

Вариант	Тетра		Влада		Енисейка	
	M ср	Cv	M ср	Cv	M ср	Cv
Без удобрений	0,4	122,5	0,4	122,4	0,3	152,8
Аммонийная селитра	3,8	25,8	1,4	85,7	0,7	65,5
Сульфат аммония	0,4	136,3	1,8	54,4	0,4	122,5
Акварин 5	5,5	19,1	2,8	35,0	0,8	110,6
Акварин 9	4,3	16,6	2,4	20,4	0,4	122,5

После проведения подкормок большинством видов удобрений количество азота в клеточном соке растений озимой ржи увеличивается. Отчетливое положительное влияние оказала подкормка акваринами марки 5 и 9 на накопление азота растениями у сорта Тетра. Максимальный балл обеспеченности растений азотом по тканевой диагностике получен при подкормке акварином 5 за счет сбалансированного высокого содержания всех питательных веществ (18:18:18).

Слабо отозвалась на подкормки озимая рожь сорта Енисейка.

Характерно очень высокое пространственное варьирование балла обеспеченности азотом на неудобренных вариантах всех сортов озимой ржи. Подкормка сульфатом аммония привела к увеличению азота только в растениях озимой ржи сорта Влада. Не установлено каких-либо закономерностей по аккумуляции калия в растительной массе разных сортов и на различных вариантах. Однако, как правило, содержание

валового калия выше на контрольных неудобренных вариантах, что связано, возможно, с оттоком калия в генеративные органы при вне-

сении удобрений. Увеличение содержания фосфора в эту фазу зафиксировано только у сортов Влада и Тетра.

Таблица 2

**Химический состав растительной массы озимой ржи после проведения подкормок, фаза колошения**

Сорт	Вариант	Валовые, %			
		2014 г.		2015 г.	
		N	N	P	K
Тетра	Без удобрений	3,070	1,040	0,232	2,205
	Аммонийная селитра	3,645	1,376	0,194	1,871
	Сульфат аммония	3,780	0,616	0,143	1,531
	Акварин 5	3,605	1,636	0,219	2,062
	Акварин 9	2,900	0,928	0,201	0,958
Влада	Без удобрений	2,010	1,012	0,166	2,424
	Аммонийная селитра	3,405	1,448	0,196	2,108
	Сульфат аммония	4,080	1,100	0,199	2,043
	Акварин 5	2,525	1,044	0,152	1,836
	Аквариин 9	2,255	1,492	0,195	2,497
Енисейка	Без удобрений	2,955	0,664	0,232	1,645
	Аммонийная селитра	3,765	0,76	0,212	1,678
	Сульфат аммония	3,080	0,904	0,245	1,988
	Акварин 5	2,600	0,516	0,187	1,722
	Акварин 9	2,615	1,9	0,243	2,328

Поскольку в фазу колошения ткани озимых культур довольно сильно грубеют, провести тканевую диагностику очень затруднительно. Поэтому после подкормки акваринами в 2014 г. в растительной массе определили содержание валового (общего) азота как основного показателя, влияющего на формирование продуктивности и отражающего качество продукции, так как с содержанием азота тесно связано накопление белка в зерне. Характерно, что подкормки как аммонийной селитрой, так и сульфатом аммония существенно увеличили содержание валового азота в растительной массе у всех сортов озимой ржи (табл. 2). Улучшение качества растений озимой ржи сорта Енисейка по содержанию азота установлено на вариантах с подкормкой аммонийной селитрой. У сорта Влада положительное влияние оказала подкормка сульфатом аммония. Сорт Тетра слабо отозвался на подкормки различными удобрениями.

Результаты химической диагностики в фазу колошения 2015 г. показывают, что после про-

ведения подкормок минимальная обеспеченность практически всеми элементами питания, особенно фосфором и калием, характерна для неудобренных вариантов опыта. Некорневые подкормки вегетирующих растений растворами двух марок акваринов не оказали в эту фазу эффективного действия на химический состав озимой ржи разных сортов. Более существенное положительное влияние на накопление азота в растениях оказал акварин марки 9, в котором содержание азота самое высокое. Максимальное повышение содержания азота под влиянием акварина 9 установлено у сорта Енисейка, затем у сорта Влада, а при подкормке акварином 5 – у сорта Тетра.

Самое большое количество листьев отмечалось на варианте с подкормкой аммонийной селитрой, где растения озимой ржи практически всех сортов были выше, имели более длинные и развитые корни, а также зеленую окраску. Максимальную отзывчивость на внесение аммонийной селитры, по данным биометрической

диагностики, в 2014 г. показал сорт Влада. Несмотря на угнетенное состояние посевов озимой ржи Енисейка после перезимовки, растения этого сорта в течение вегетации очень активно отрастали, образуя хорошую фотосинтетическую поверхность. К концу вегетации они могли опережать в росте и развитии такие сорта, как Тетра и Влада.

В 2015 г. установлено отчетливое влияние подкормок удобрениями на высоту растений сорта Тетра. У этого сорта зафиксировано увеличение массы 100 колосьев при внесении удобрений по сравнению с контролем и очень слабое пространственное варьирование биометрических показателей, особенно при подкормке аммонийной селитрой и акварином 9 (табл. 3).

Таблица 3

**Биометрические показатели (М ср из 20 опр.) сортов озимой ржи (14.06.2015) и их пространственное варьирование (Cv, %)**

Сорт	Вариант	Статистический показатель	Биометрические показатели		
			Высота растения, см	Длина колоса, см	Масса 100 колосьев, г
Тетра	Без удобрений	М ср	83,6	11,9	277
		Cv	10,0	10,1	19,7
	Аммонийная селитра	М ср	89,9	14,7	403
		Cv	8,4	10,0	10,5
	Сульфат аммония	М ср	97,6	13,1	358
		Cv	9,5	11,2	11,2
	Акварин 5	М ср	84,2	13,7	428
		Cv	8,1	14,7	9,8
	Акварин 9	М ср	91,5	14,7	447
		Cv	7,0	11,1	7,9
Влада	Без удобрений	М ср	81,4	7,9	120
		Cv	11,9	17,6	22,1
	Аммонийная селитра	М ср	80,9	15,0	482
		Cv	12,9	5,4	12,4
	Сульфат аммония	М ср	102,4	13,8	407
		Cv	5,5	5,5	11,5
	Акварин 5	М ср	103,0	14,8	472
		Cv	8,0	5,9	7,8
	Акварин 9	М ср	77,3	13,2	389
		Cv	11,3	10,0	9,0
Енисейка	Без удобрений	М ср	104,8	9,3	176
		Cv	18,9	16,7	23,1
	Аммонийная селитра	М ср	121,6	11,0	253
		Cv	15,3	16,1	12,7
	Сульфат аммония	М ср	110,1	9,6	228
		Cv	12,4	19,1	13,9
	Акварин 5	М ср	140,8	9,7	174
		Cv	22,3	16,4	10,7
	Акварин 9	М ср	116,3	11,8	284
		Cv	22,3	12,2	8,6

Резкие отличия установлены также при сравнении удобренных и неудобренных вариантов по массе 100 колосьев у сорта Влада. Здесь масса 100 колосьев при подкормке аммонийной селитрой и акварином 5 в 2–3 раза выше, чем

на контрольном варианте. Подтверждается закономерность более слабого варьирования биометрических показателей при проведении подкормок в сравнении с неудобренным контролем. Сорт озимой ржи Енисейка, отличаю-

щийся устойчивым биологическим потенциалом и давший самую высокую массу 100 растений на контрольном варианте, больше всего отозвался на подкормки аммонийной селитрой, сульфатом аммония и акварином 9.

Условия перезимовки озимых культур в 2014 г. были неблагоприятными. Особенно пострадала озимая рожь сорта Влада, уровень урожайности которой был низким. Весной, по-

сле перезимовки, посевы были очень изреженными и угнетенными. Балл обеспеченности азотом растений в этот период составлял 2,6 (при оптимальном балле обеспеченности 5–6). Самый высокий биологический потенциал урожайности в этих условиях показал сорт Енисейка, который дал довольно высокую урожайность даже на контрольном варианте (табл. 4).

Таблица 4

**Урожайность зерна сортов озимой ржи при проведении подкормок минеральными удобрениями (ср. из 5 повт.)**

Сорт	Вариант	Урожайность, ц/га	
		2014 г., при НСР <sub>05</sub> 2,29	2015 г., при НСР <sub>05</sub> 2,27
Тетра	Без удобрений	26,6	29,4
	Сульфат аммония	36,9	48,2
	Аммонийная селитра	37,2	49,5
	Акварин 5	30,9	43,2
	Акварин 9	28,2	35,8
Влада	Без удобрений	21,2	35,4
	Сульфат аммония	21,1	45,2
	Аммонийная селитра	23,0	42,9
	Акварин 5	23,8	35,5
	Акварин 9	22,5	37,8
Енисейка	Без удобрений	29,2	20,1
	Сульфат аммония	29,4	42,5
	Аммонийная селитра	31,0	44,3
	Акварин 5	33,2	35,5
	Акварин 9	30,0	34,2

Урожайность зерна озимой ржи в этом году статистически достоверно повышалась при проведении подкормок всеми видами минеральных удобрений только у сорта Тетра. Проявилась эффективность применения акварина 5 у сорта Енисейка и сорта Влада. При подкормке аммонийной селитрой получены самые высокие прибавки урожайности зерна озимой ржи всех сортов. Внесение сульфата аммония оказалось эффективным только под озимую рожь сорта Тетра. Меньше всех отозвалась на внесение азотных удобрений озимая рожь Влада. Высокий биологический потенциал показала озимая рожь сорта Енисейка. В 2015 г. озимая рожь этого сорта больше всех отозвалась на подкормки минеральными удобрениями. Максимальная статистически достоверная прибавка урожайно-

сти зерна и соломы была получена при подкормке аммонийной селитрой и сульфатом аммония. На существенное увеличение урожайности озимой ржи сорта Тетра оказала влияние ранневесенняя подкормка аммонийной селитрой, затем – сульфатом аммония. По сравнению с контролем комплексные удобрения акварины обеих марок дали статистически достоверную прибавку урожая зерна, но она существенно ниже, чем при подкормке одинарными азотными удобрениями. Сорт Влада слабее отозвался на подкормки минеральными удобрениями по сравнению с сортом Тетра.

**Заключение.** По показателям почвенной диагностики, содержанию влаги, элементов минерального питания в посевах разных сортов озимой ржи установлено довольно высокое потен-

циальное и эффективное плодородие, отвечающее требованиям этой культуры. Подкормка азотными удобрениями приводит к повышению балла обеспеченности элементами питания растений озимой ржи. Максимальный балл обеспеченности ими отмечен в клеточном соке озимой ржи сортов Тетра и Влада. Для всех сортов озимой ржи после проведения подкормок аммонийной селитрой характерно повышение содержания валового азота в растительной массе. Наиболее развитыми, по результатам биометрической диагностики, являются растения озимой ржи при подкормке аммонийной селитрой в сравнении с сульфатом аммония, акварианами марки 5 и 9, а также с неудобренными вариантами. Внесение азотных удобрений выравнивает пространственное варьирование длины колоса.

Максимальное влияние на оптимизацию условий питания и продуктивность сортов озимой ржи оказала подкормка аммонийной селитрой, затем – сульфатом аммония и акварином 5. Слабее всех отозвалась на подкормки озимая рожь Енисейка. В то же время самый высокий биологический потенциал, судя по абсолютным величинам урожайности на удобренных вариантах, показал этот сорт, затем сорт Тетра. Сорт Влада оказался менее отзывчивым на внесение удобрений за счет плохой перезимовки. Проведение подкормок азотными удобрениями, особенно аммонийной селитрой, всех сортов озимой ржи положительно повлияло на формирование конечной продуктивности растений.

## Литература

1. *Акимова О.И.* Эффективность применения агротехнических приемов возделывания озимых зерновых культур в лесостепной и степной зонах Минусинской впадины. – Абакан, 2006. – 210 с.
2. *Бекетова Т.А., Берзин А.М., Бекетов А.Д.* Агрокомплекс возделывания озимой ржи в Красноярском крае: рекомендации. – Красноярск, 1985. – 39 с.
3. *Ведров Н.Г., Дмитриев В.Е., Халипский А.Н.* Сибирское растениеводство. – Красноярск, 2002. – 311 с.
4. *Лисунова С.И.* Озимая рожь в Восточной Сибири. – Красноярск, 2013. – 173 с.

## Literatura

1. *Akimova O.I.* Jeftektivnost' primenenija agrotehnicheskikh priemov vzdelyvanija ozimyh zernovyh kul'tur v lesostepnoj i stepnoj zonah Minusinskoj vpadiny. – Abakan, 2006. – 210 s.
2. *Beketova T.A., Berzin A.M., Beketov A.D.* Agrokompleks vzdelyvanija ozimoj rzihi v Krasnojarskom krae: rekomendacii. – Krasnojarsk, 1985. – 39 s.
3. *Vedrov N.G., Dmitriev V.E., Halipskij A.N.* Sibirskoe rastenievodstvo. – Krasnojarsk, 2002. – 311 s.
4. *Lisunova S.I.* Ozimaja rozh' v Vostochnoj Sibiri. – Krasnojarsk, 2013. – 173 s.

