

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ В АГРОЦЕНОЗАХ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

V.N. Romanov, G.A. Demidenko

YIELD AND QUALITY OF SPRING WHEAT GRAIN WHEN USING NITROGEN FERTILIZERS IN AGROCENOSES OF THE KRASNOYARSK FOREST-STEPPE

**Романов Василий Николаевич** – д-р с.-х. наук, вед. науч. сотр. отдела агротехнологий Красноярского НИИ сельского хозяйства ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск.

E-mail: romanov1948@yandex.ru

**Демиденко Галина Александровна** – д-р биол. наук, проф., зав. каф. ландшафтной архитектуры, ботаники, агроэкологии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск.

E-mail: demidenkoekos@mail.ru

**Romanov Vasily Nikolaevich** – Dr. Agr. Sci., Leading Staff Scientist, Department of Agrotechnologies, Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture FRC KRC SB RAS, Krasnoyarsk.

E-mail: romanov1948@yandex.ru

**Demidenko Galina Alexandrovna** – Dr. Biol. Sci., Prof., Head, Chair of Landscape Architecture, Botany, Agroecology, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk.

E-mail: demidenkoekos@mail.ru

*Цель исследования: агроэкологическая оценка влияния азотных удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы; обоснование приемов эффективного использования азотных удобрений в агроценозах Красноярской лесостепи (на базе ОПХ «Минино»; ООО «Емельяновское» Емельяновского района Красноярского края). Представлены результаты изучения влияния азотных удобрений на урожайность и качество зерна мягкой яровой пшеницы Омская 32 (форма азотных удобрений, глубина внесения при локальном и поверхностном способах). В полевом опыте применялись меченые удобрения (аммиачная селитра, сульфат аммония, мочевины, натриевая селитра) в дозе 90 кг/га. Фосфорные применяли в той же дозе, калийные – 60 кг/га. Формирование урожая яровой пшеницы значительно изменяется в зависимости от того, на какой глубине находятся азотные удобрения. Наибольшая прибавка урожая наблюдается при внесении аммиачной селитры в слой почвы 0–20 см и составляет 70 %. Разные формы азотных удобрений при поверхностном и локальном способах их внесения проявляют дифференцированное влияние на урожайность зерна яровой пшеницы. При поверхностном внесении азотных удобрений достоверная прибавка урожая составила 7,9–13,5 и 6,5–8,0 ц/га. Анализ применения различных форм азотных удобрений показал преимущество*

*натриевой селитры (прибавка к РК составляет 81 %) и аммиачной селитры (прибавка составила 60 %) в действии, а сульфата аммония и натриевой селитры в последствии. Внесение азотных удобрений в оптимальных дозах оказывает положительное воздействие на содержание белка и клейковины в зерне мягкой яровой пшеницы Омская 32.*

**Ключевые слова:** Красноярский край, Красноярская лесостепь, яровая пшеница, азотные удобрения, формы азотных удобрений, урожайность, качество зерна, белок, клейковина.

*The research objective was agroecological assessment of the influence of nitric fertilizers on the productivity and quality of spring wheat grain; the substantiation of the methods for efficient application of nitrogen fertilizers in the agroecosystems of the Krasnoyarsk forest-steppe (based on "Minino" industrial complex; LLC "Emelyanovskoe", Emelyanovsky district of Krasnoyarsk Region). The results of studying the influence of nitric fertilizers on the productivity and quality of grain of soft spring wheat Omsk 32 (the influence of the forms of nitrogen fertilizers, the depth of application with local and surface methods) were presented. In field experiment labeled fertilizers (ammonium nitrate, ammonium sulfate, urea, sodium nitrate) were used at a dose of 90 kg/hectare were used. Phosphoric fertilizers were applied in the same dose, potassium fertilizers – 60 kg/ hectare. The formation of spring wheat crop varied significantly*

depending on the depth of nitrogen fertilizers. The greatest yield increase was observed when ammonium nitrate was introduced into the soil layer of 0–20 cm and made 70 %. Different forms of nitrogen fertilizers with surface and local methods of their application showed differentiated effect on the yield of spring wheat. At surface application of nitrogen fertilizers reliable yield increase was 7.8–13.8 and 5.5–7.1 c/hectare. The analysis of application of various forms of nitrogen fertilizers showed the advantage of sodium nitrate (the increase to RC made 81 %) and ammonium nitrate (the increase made 60 %) in action, and ammonium sulfate and sodium nitrate in the aftereffect. The application of nitrogen fertilizers in optimal doses had a positive effect on the content of protein and gluten in the grain of soft spring wheat Omskaya 32.

**Keywords:** Krasnoyarsk Region, Krasnoyarsk forest-steppe, spring wheat, nitrogen fertilizers, forms of nitrogen fertilizers, productivity, grain quality, protein, gluten.

**Введение.** Увеличение производства зерна является одной из приоритетных задач растениеводства и земледелия Красноярского края [1–3]. Яровая пшеница является основной сельскохозяйственной культурой, занимающей более 60 % посевных площадей, и весьма требовательна к условиям минерального питания. Наблюдается прямая зависимость между накоплением азота в растениях пшеницы и концентрацией доступных форм этого элемента в корнеобитаемом слое почвы. Поступление азота начинается с первых дней жизни растения. Поэтому одним из резервов увеличения урожайности сельскохозяйственных культур являются азотные туки.

Высокая потребность полевых культур в дополнительном внесении промышленного азота установлена многими учеными [4–5]. По мнению Н.Г. Ведрова [6], пшеница чувствительна к недостатку азота в период кущения – выхода в трубку, когда происходят интенсивный рост вегетативной массы, дифференциация колосков, цветков. Отзывчивость культурных растений на азотные удобрения в Красноярской лесостепи объясняется в основном низким содержанием доступного азота в почве весной из-за слабой биологической активности вследствие ее неблагоприятного температурного режима [7]. Эффективность действия различных форм азотных удобрений на урожайность яровой пшеницы зависит от способов внесения [8].

Исследованиями Красноярского НИИСХ установлено, что внесение удобрений в дозе  $N_{60}P_{40}K_{40}$  (под вторую пшеницу после пара) повышает урожайность с 1,4 до 2,5 т/га, а силу муки – с 191 до 243 единиц альвеографа. Дробное, равномерное внесение по поверхности почвы азота в дозе 90 кг д.в./га является эффективным приемом повышения урожайности и качества зерна [9–10].

Вопросы азотного режима почв, диагностики нуждаемости растений в азоте, методики определения доз азота под планируемый урожай, определения количественных показателей использования, закрепления в почве и потери азота удобрений изучены недостаточно. Требования к экономически оправданному и экологически уравновешенному применению азотных удобрений обусловили целесообразность проведения исследований по оптимизации азотного питания растений на основе почвенной диагностики и агротехнических приемов рационального их внесения.

Актуальность работы заключается в комплексном изучении оптимизации влияния азотного питания на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в природных условиях Красноярской лесостепи.

**Цель исследований.** Оценка влияния азотных удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы, обоснование приемов эффективного использования азотных удобрений в Красноярской лесостепи.

**Задачи:** изучить роль глубины внесения азотных удобрений на формирование урожая, влияние форм азотных удобрений при локальном и поверхностном способах внесения на урожайность и качество зерна мягкой яровой пшеницы.

**Объект, материалы и методы исследований.** Полевые опыты с мягкой яровой пшеницей сорта Омская 32 проводились в ОПХ «Минино» Красноярского НИИСХ ФИЦ КНЦ СО РАН и ООО «Емельяновское» Емельяновского района в 2014–2016 гг. с использованием методики полевого опыта [11]. Лабораторные исследования выполнены в Инновационной лаборатории «Мониторинг сельскохозяйственных и лесных культур» в Красноярском ГАУ.

Полевые опыты по определению влияния азотных удобрений на урожайность зерновых культур в зависимости от форм азотных туков, способов, сроков и глубины их внесения проводились на делянках площадью 100 м<sup>2</sup>. Аммиач-

ная селитра, сульфат аммония, мочеви́на, натриевая селитра и фосфорные удобрения применяли в дозе 90 кг/га ДВ, калийные – 60 кг/га.

Схема полевого опыта: 1) РК – фон; 2) фон + аммиачная селитра; 3) фон + мочеви́на; 4) фон + натриевая селитра; 5) фон + сульфат аммония. Удобрения вносили поверхностно и локально. При первом способе их перемешивали с верхним слоем (0–5 см), при втором – смешивали с песком и вносили узкой лентой на глубину 10 см через 7,5 см. В слои почвы глубже 20 см удобрения вносили из расчета 90 кг/га ДВ, выбуривая скважину 80 см<sup>2</sup> ручным буром на нужную глубину и засыпая ее после внесения селитры с сохранением грунта горизонтов.

Определение количества клейковины в зерне проводилось в лабораторных условиях согласно требованиям ГОСТ 13586.1-68. Белок (сырой протеин) определяется согласно государственной методике ГХИ микрометодом Кьельдаля. Математическая обработка результатов исследований проведена с помощью пакета программ Снедекор [12].

Исследования выполнены в семипольном зернопаротравяном севообороте (пар чистый – пшеница – ячмень + люцерна – люцерна – люцерна – пшеница – овес). Основная обработка – вспашка с боронованием.

Климат зоны резко континентальный, средне-многолетняя годовая температура до -1,8 °С. В среднем за год выпадает около 380 мм осадков, но колебания по годам составляют от 280 до 550 мм [13]. Основное количество осадков (75 % от годовой нормы) выпадает в теплый период, при неравномерном распределении по месяцам. Максимальное количество (36 %) приходится на июль и август. Продолжительность вегетационного периода составляет 105–120 суток. Сумма эффективных температур равна 1550–1700 °С, с годовым коэффициентом увлажнения 0,96, что позволяет вызревать всем районированным культурам.

Почвенный покров полевого стационара в Монино – чернозем обыкновенный среднесуглинистый (агрочернозем криогенно-мицелярный), характеризуется высоким содержанием гумуса (7,9–9,6 %) в слое 0–20 см, слабощелочной реакцией среды (рН<sub>Н<sub>2</sub>О</sub> – 7,1–7,8), высокой суммой обменных оснований (40,0–45,2 м-экв/100 г). Предельная полевая влагоемкость метрового слоя составляет 323 мм. Серые лесные средние и тяжелосуглинистые почвы ООО «Емельянов-

ское» занимают 26 % от площади хозяйства. Залегают на лессовидных карбонатных и покровных суглинках. Содержание гумуса в слое 0–20 см – 5,8–6,3 %, с глубиной снижается. Реакция почвенного раствора слабокислая, емкость поглощения 33–36 мг-экв/100 г, степень насыщенности основаниями – 75–90 %.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Определение содержания нитратного азота на стационаре в Монино перед уходом в зиму (1 октября) показало, что колебания элемента по территории участка находятся в небольших пределах (6,2–8,7 мг/кг почвы). Нитраты распределены по всему метровому профилю, с глубиной содержание возрастает с 7,7 мг (слой 0–10 см) до 11 мг/кг (слой 90–100 см). Весной, 23 апреля, содержание нитратов соответствует низкой (1-й класс) обеспеченности и находится в слое 0–20 см на уровне 2,2 мг/кг почвы.

Низкий уровень обеспеченности отмечается в течение всего вегетационного периода, снижаясь от верхней границы шкалы обеспеченности к нижней. Наблюдения также показали наличие нитратов по всей метровой толще почвы и в период уборки культур. В слое 80–100 см содержание составило 3,2–2,2 мг/кг.

В отличие от нитратного азота обеспеченность чернозема обыкновенного подвижным фосфором в течение вегетации культур находится на повышенном и высоком уровне – 4,9–5,9 мг/100 г (по Мачигину). Обеспеченность обменным калием находится на среднем уровне, составляя 20–23 мг/100 г почвы. В нижних горизонтах метрового профиля и до глубины 12,5 м эти элементы также присутствуют.

Таким образом, наличие доступных элементов питания под растениями, хотя и на низком уровне, отмечается в течение всей вегетации. В связи с этим возникает вопрос, в каком количестве и в какой слой почвы необходимо вносить удобрения для повышения урожайности пшеницы? Внесение аммиачной селитры повышало урожайность пшеницы с 3,7 до 3,9 т/га, урожайность ячменя выросла на 15 %, с 2,1 до 2,3 т/га.

Использование яровой пшеницей азота минеральных удобрений во многом зависит от глубины размещения основной массы корней. Это показывают результаты полевого опыта по изучению величины урожая пшеницы в зависимости от удобрений, внесенных в разные слои серой лесной почвы (табл.1).

Таблица 1

**Величина урожая яровой пшеницы при внесении аммиачной селитры дозой  
90 кг/га в разные слои почвы, т/га**

Глубина внесения, см	Средние значения	
	Урожайность зерна	Прибавка от удобрений
Без удобрений	1,1	-
0-20	3,5	2,4
40	1,9	0,8
50	1,2	0,1
70	1,1	0,0
90	1,1	0,0
100	1,0	0,0
НСР <sub>05</sub>	1,7	-

Величина урожая пшеницы на серых лесных почвах значительно изменяется в зависимости от глубины залегания азотных удобрений. При внесении аммиачной селитры в слой почвы 0–20 см урожайность составляет 3,5 т/га, при внесении в слой 20–40 см в 1,8 раза ниже (НСР<sub>05</sub> = 1,7 т/га). Внесение азота в слои почвы глубже 40 см приводит к снижению их эффективности, урожайность культуры снижается с 1,9 до 1,0 т/га, а прибавки по сравнению с контролем (без удобрений) невысокие.

Разные формы азотных удобрений при поверхностном и локальном способах их внесения оказывают дифференцированное влияние на урожайность (табл. 2).

При поверхностном внесении прибавка урожая составила 0,8–1,7 т/га в первый год (дейст-

вие) и 0,6–0,8 т/га соответственно во второй год (последствие) (НСР<sub>05</sub> = 1,0 и 0,9 т/га). Лучшими вариантами стали внесение сульфата аммония, прибавка к фону (РК) составила 1,3 т/га, и аммиачной селитры – 1,0 т/га. Действие натриевой селитры и мочевины примерно одинаковое, но прибавка меньше и составила 0,8 т/га. В последствии большее влияние оказывают натриевая селитра и сульфат аммония. В этих вариантах опыта увеличение урожайности ячменя колеблется в пределах 59 и 51 %. В вариантах опыта с аммиачной селитрой и мочевиной урожайность выросла на 43–46 %.

Отмечается положительное влияние азотных удобрений на качество зерна яровой пшеницы (табл. 3).

Таблица 2

**Влияние форм азотных удобрений и способов их внесения на урожайность зерна яровой пшеницы, т/га**

Вариант опыта	1-й год	2-й год	Прибавка к контролю, %
	Действие	Последствие	
1	2	3	4
Поверхностное внесение			
РК (фон)	1,7 —	1,3 —	—
РК + амм. селитра	2,7	1,9	51
РК + мочевина	2,5	1,9	46
РК + натриевая селитра	2,5	2,1	53
РК + сульфат аммония	3,1	2,0	70
Локальное внесение			
РК (фон)	0,9 —	1,5 —	—

1	2	3	4
РК + амм. селитра	3,7	1,8	116
РК + мочевины	3,4	1,9	97
РК + натриевая селитра	3,3	1,8	112
РК + сульфат аммония	3,8	1,9	137
НСР <sub>05</sub>	1,0	0,9	

Таблица 3

**Влияние различных сочетаний удобрений на содержание белка и клейковины в зерне яровой пшеницы, %**

Вариант	Содержание белка	Увеличение к контролю	Содержание клейковины	Увеличение к контролю
Без удобрений (контроль)	10,2		23,7	—
N <sub>60</sub>	11,9	1,7	26,3	2,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	12,2	2,0	27,6	3,9
N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	11,8	1,6	27,0	3,3
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	12,5	2,3	28,6	4,9
НСР <sub>05</sub>	0,81	-	0,79	-

Влияние начинает проявляться при использовании средних доз. Внесение N<sub>60</sub> повысило содержание белка с 10,2 до 11,9 % (НСР<sub>05</sub> = 0,81 %). Содержание клейковины выросло с 23,7 до 26,3 % (НСР<sub>05</sub> = 7,9 %). Во всех вариантах опыта содержание белка возрастает на 1,8–2,3 %, а клейковины на 2,6–5,0 % по отношению к контролю. Отклик растений пшеницы на азот усиливается при внесении азота на фоне фосфорных удобрений, повышение содержания белка и клейковины более существенно.

**Выводы.** Полученные данные свидетельствуют, что урожай зерна яровой пшеницы, в том числе его прибавка, формируется за счет азота, находящегося в слое почвы 0–20 см, в меньшей степени – в слое 20–40 см.

При поверхностном внесении сульфата аммония урожайность зерна на серой лесной почве повышается на 1,3 т/га (НСР<sub>05</sub> 1,0 т/га), внесение аммиачной селитры повышает урожайность на 1,0 т/га. Внесение азота в слои почвы глубже 40 см приводит к резкому снижению эффективности удобрений. Прибавки урожая снижаются, а уровень урожайности падает с 18,7 до 11 ц/га.

Содержание белка возрастает существенно с 10,2 до 12,5 %, проявляется тенденция роста содержания клейковины, отмечено ее повышение с 23,7 до 28,6 %.

### Литература

1. Брылев С.В., Романов В.Н. Зобова Н.В. [и др.]. Система земледелия Красноярского края на ландшафтной основе. Красноярск. 2015. 224 с.
2. Агропромышленный комплекс Красноярского края в 2011–2015 гг. Красноярск, 2016. 217 с.
3. Трубников Ю.Н. Природные ресурсы и агроэкологический потенциал сельскохозяйственных культур в Красноярском крае // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 6. С. 63.
4. Shpedt A.A., Aksenova Yu.V., Shayakhmetov M.R., Zhulanova V.N., Rassypnov V.A., Butyrin M.V. Soil and ecological evaluation of agrochernozeams of Siberia // International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies. 2019. Volume 10. № 3. P. 309–318. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2019.30. URL: <http://tuengr.com/Vol10.html>.
5. Дмитриев В.Е. Экология и технология возделывания яровой пшеницы в Красноярском крае. Красноярск : КрасГАУ, 2005. 120 с.
6. Ведров Н.Г. Селекция и семеноводство полевых культур. Красноярск: КрасГАУ, 2005. 130 с.

7. Шпедт А.А., Аксенова Ю.В., Жуланова В.Н. [и др.]. Оценка агрочерноземов Сибири на основе современных подходов // Земледелие. 2019. № 4. С. 8–13. DOI:10.24411/0044-3913-2019-10402.
8. Келер В.В., Хижняк С.В. Аспекты повышения продуктивности и рентабельности производства зерна яровой пшеницы в Красноярском крае // Вестник КрасГАУ. 2019. № 6. С. 28–34.
9. Сидоров А.В., Нешумаева Н.А., Плеханова Л.В. Основные направления селекции яровой пшеницы в Красноярском НИИСХ // Совершенствование систем земледелия: селекция и семеноводство, адаптивно-ландшафтный подход, современные агротехнологии. Красноярск 2018. С. 31–48.
10. Трубников Ю.Н., Шпедт А.А. Влияние удобрений на агрохимические свойства и производительную способность черноземов Приенисейской Сибири // Плодородие почв и оценка продуктивности земледелия. VIII Сибирские Прянишниковские агрохимические чтения: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. (Тюмень, 18–20 июля 2018 г.). Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2018. С 182–190.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
12. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Новосибирск, 2004. 162 с.
13. Агрометеобюллетени АМС «Минино» за 2014–2016 гг. Красноярск, 2016.
4. Shpedt A.A., Aksenova Yu.V., Shayakhmetov M.R., Zhulanova V.N., Rassypnov V.A., Butyrin M.V. Soil and ecological evaluation of agrochernozeams of Siberia // International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies. 2019. Volume 10. № 3. P. 309–318. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2019.30. URL: <http://tuengr.com/Vol10.html>.
5. Dmitriev V.E. Jekologija i tehnologija vozdeľvanija jarovoj pshenicy v Krasnojarskom krae. Krasnojarsk: KrasGAU, 2005. 120 s.
6. Vedrov N.G. Selekcija i semenovodstvo polevyh kul'tur. Krasnojarsk: KrasGAU, 2005. 130 s.
7. Shpedt A.A., Aksenova Ju.V., Zhulanova V.N. [i dr.]. Ocenka agrochernozeamov Sibiri na osnove sovremennyh podhodov // Zemledelie. 2019. № 4. S. 8–13. DOI:10.24411/0044-3913-2019-10402.
8. Keler V.V., Hizhnjak S.V. Aspekty povyshenija produktivnosti i rentabel'nosti proizvodstva zerna jarovoj pshenicy v Krasnojarskom krae // Vestnik KrasGAU. 2019. № 6. S. 28–34.
9. Sidorov A.V., Neshumaeva N.A., Plehanova L.V. Osnovnye napravlenija selekcii jarovoj pshenicy v Krasnojarskom NIISH // Sovershenstvovanie sistem zemledelija: selekcija i semenovodstvo, adaptivno-landshaftnyj podhod, sovremennye agrotehnologii. Krasnojarsk 2018. S. 31–48.
10. Trubnikov Ju.N., Shpedt A.A. Vlijanie udobrenij na agrohimicheskie svojstva i proizvitel'nuju sposobnost' chernozemov Prienisejskoj Sibiri // Plodorodie pochv i ocenka produktivnosti zemledelija. VIII Sibirskie Prjanishnikovskie agrohimicheskie chtenija: mat-ly mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Tjumen', 18–20 ijulja 2018 g.). Tjumen': GAU Severnogo Zaural'ja, 2018. S 182–190.
11. Dosphehov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanija). M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
12. Sorokin O.D. Prikladnaja statistika na komp'jutere. Novosibirsk, 2004. 162 s.
13. Agrometeobjulleteni AMS «Minino» za 2014–2016 gg. Krasnojarsk, 2016.

#### Literatura

1. Brylev S.V., Romanov V.N. Zobova N.V. [i dr.]. Sistema zemledelija Krasnojarskogo kraja na landshaftnoj osnove. Krasnojarsk. 2015. 224 s.
2. Agropromyshlennyj kompleks Krasnojarskogo kraja v 2011–2015 gg. Krasnojarsk, 2016. 217 s.
3. Trubnikov Ju.N. Prirodnye resursy i agroekologicheskij potencial sel'skohozjajstvennyh kul'tur v Krasnojarskom krae // Dostizhenija nauki i tehniki APK. 2016. T. 30. № 6. S. 63.
11. Dosphehov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanija). M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
12. Sorokin O.D. Prikladnaja statistika na komp'jutere. Novosibirsk, 2004. 162 s.
13. Agrometeobjulleteni AMS «Minino» za 2014–2016 gg. Krasnojarsk, 2016.

