

17 мг/кг относительно фонового варианта; повышенная доза АгроМага 200 кг/га (7-й вар.) увеличила содержание кальция и магния на 51 и 108 мг/кг соответственно, что выше действия $MgSO_4$ (6-й вар.).

Наилучшие показатели отмечены в варианте NPK + Mg_{200} АгроМаг (7 вар.) и NPK + Mg_{200} АгроМаг + АктиМакс, 6 л/га (8 вар.).

Расчет экономической эффективности по результатам полевого опыта показал, что применение магниесодержащих удобрений выгодно во всех сочетаниях и дозах. Условный доход в вариантах с применением магниевых удобрений от дополнительной продукции колебался от 80,6 до 197,4 тыс. руб/га, себестоимость продукции снизилась до 3,18-4,02 руб/кг, окупаемость составила 1,9-6,0 руб/руб. затрат, при росте рентабельности производства с 248 до 371%. Наилучшие экономические показатели, связанные с максимальным урожаем клубней, получены в варианте Фон + АгроМаг гран., 200 кг д.в/га + АгроМаг АктиМакс подкормка по листу в дозе 6 л/га x 2 раза.

Выводы. Высокие значения хозяйственно-ценных признаков (урожайность, структура, качество продукции) получены в варианте с комплексным применением Агромаг гранулированный в дозе 200 кг д.в/га и двукратным опрыскиванием АгроМаг АктиМакс в дозе 6 л/га: урожайность в среднем за два года – 44,5 т/га (прибавка к фону 16,5 т/га, или 58,9%), товарность 96,2%, максимальный выход сухого вещества (1,17 т/га) и крахмала (0,84 т/га); низкая концентрация нитратов – 52 мг/кг клубней. Результаты по сбору питательных веществ в этом варианте являются рекордными, что позволяет рекомендовать АгроМаг гранулированный в дозе 200 кг д.в/га в сочетании с двукратными некорне-

выми подкормками АгроМаг АктиМакс в дозе 6 л/га для использования в практике возделывания культуры для картофелеперерабатывающих предприятий.

Литература

1. Сычев В.Г., Аканова Н.И. Современные проблемы и перспективы химической мелиорации кислых почв // Плодородие. – 2019 – №1(106). – С. 3-8.
2. Аканова Н.И. Значение реакции среды и потери кальция и магния из почвы в формировании урожайности культур // «SCITECHNOLOGY» – 2018. – №7. – С. 24-29.
3. Тихомирова В.Я. Влияние свойств почв, удобрений, извести и погодных условий на обеспеченность магнием сельскохозяйственных растений // Агрохимия. – 2011. – № 5. – С. 84-89.
4. Шильников И.А., Сычев В.Г., Шеуджен А.Х. и др. Потери элементов питания растений в агробиогеохимическом круговороте веществ и способы их минимизации. – М.: ВНИИА, 2012. – 351 с.
5. Биккинина Л.М.-Х., Ломако Е.И., Алиев Ш.А., Ильясов М.М. Эффективность местной доломитовой муки различного гранулометрического состава в условиях ресурсосберегающих технологий // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – №3. – С. 20-22.
6. Байбеков Р.Ф., Шильников И.А., Аканова Н.И., Скубаков О.Н. Методические рекомендации по применению минерального удобрения Серпомаг производства ЗАО «Литосфера» в качестве химического мелиоранта и магниевого удобрения в сельскохозяйственном производстве Российской Федерации. – М.: Изд-во ФГБНУ ВНИИА, 2015. – 42 с.
7. Фирсов С.С. Эффективность магниесодержащих удобрений на дерново-подзолистых почвах Тверской области // Агрохимический вестник. – 2015. – № 6. – С. 42-44.
8. Байкин Ю.Л., Каренгина Л.Б., Байкенова Ю.Г. Эффективность использования магнезита в качестве магниевого и известкового удобрения // Аграрное образование и наука. – 2013. – №3. – С. 2.
9. Моисеенко Ф.В., Воробьева Л.А. / Агромагновое перспективное концентрированное, высокоэффективное магниевое удобрение для производственных полей и личных земельных участков // Овощеводство и тепличное хозяйство. – 2011. – №1. – С. 49-50.
10. Лабунцев А.В., Пасько С.В., Медведева В.И. Влияние магниевого удобрения Агромаг на урожайность озимой пшеницы, кукурузы и подсолнечника // Известия Оренбургского ГАУ. – 2013. – №5 (43). – С. 46-49.

EFFICIENCY OF NEW FORMS OF MAGNESIUM FERTILIZERS IN POTATO CULTIVATION

Akanova N.I., Kozlova A.V., Fedotova L.S., Timoshina N.A.

Application to the soil agroMag granulated in doses of 100-200 kg/ha a.i. annually and foliar top dressing with a suspension of AgroMag AktiMax during vegetation in combination with NPK-fertilizers provides a significant increase in potato yield, reducing the incidence of tubers, improving product quality and increasing the fertility of sod-podzolic acidic soils. The largest increases in the yield of tubers were obtained in variants with the introduction of AgroMag granulated into the soil and AgroMag AktiMax during non-root spraying on the leaf, while a significant decrease in the content of nitrates in the products was noted.

Keywords: yield, potatoes, product quality, soil fertility, environmental reaction, chemical reclamation, magnesium, calcium.

УДК 633.11 : 631.84 : 631.442.1

DOI: 10.25680/S19948603.2022.124.03

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА СУПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ

П.В. Лекомцев¹, Т.С. Рутковская^{2,4}, А.В. Пасынков³, Ю.В. Хомяков²

¹ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет»,

²ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»,

³Ленинградский НИИСХ «Белогорка» – филиал ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха»,

⁴ООО «Экан»

e-mail: pasynkova.elena@gmail.com

Приведены экспериментальные данные по эффективности возрастающих доз азотных удобрений при возделывании яровой пшеницы сорта Дарья на дерново-подзолистых супесчаных почвах Ленинградской области. В результате проведения исследований определены оптимальные дозы азотных удобрений для получения зерна целевого назначения: семена (высокий коэффициент размножения, максимальная всхожесть и окупаемость единицы азота урожая зерна – N_{30} до посева), фуражное (зерно с повышенным содержанием белка – N_{60}) и продовольственное использование (зерно, соответствующее по технологическим качествам требованиям ГОСТ Р 52554-2006.

Пшеница. Технические условия – N₉₀ до посева). С использованием метода инструментальной диагностики установлены зависимости урожайности зерна яровой пшеницы от показаний прибора N – тестерTM (фирма Jara) по фазам вегетации.

Ключевые слова: яровая пшеница, супесчаные почвы, азотные удобрения, технологические качества зерна, N – тестерTM.

Для цитирования: Лекомцев П.В., Рутковская Т.С., Пасынков А.В., Хомяков Ю.В. Эффективность азотных удобрений при возделывании яровой пшеницы на супесчаных почвах// Плодородие. – 2022. – №1. – С. 9-13.

DOI: 10.25680/S19948603.2022.124.03

На дерново-подзолистых почвах Нечерноземья России, характеризующихся, сравнительно низким уровнем естественного плодородия, ведущая роль в формировании урожая зерновых культур принадлежит азотным удобрениям [1, 2]. Однако их эффективность в формировании урожая и, особенно технологических качеств зерна, существенно зависит от гидротермических условий, складывающихся в весенне-летний период вегетации [3]. Известно, что современный этап развития сельскохозяйственного производства России характеризуется низким уровнем применения минеральных и органических удобрений. По этой причине возникает необходимость в разработке рациональной системы удобрения яровой пшеницы, которая способствовала бы получению зерна целевого назначения: кондиционные семена для посева, продовольственное и фуражное использование [4]. Особенно актуальна разработка такой системы применения удобрений на почвах легкого гранулометрического состава.

Цель исследований – выявить реакцию сорта яровой пшеницы на уровень азотного питания при возделывании на дерново-подзолистых супесчаных почвах Ленинградской области.

При этом предусматривалось решение следующих задач: определить оптимальные дозы азотных удобрений для получения зерна целевого назначения: семена и возможное продовольственное и фуражное использование, оценить зависимость урожая зерна яровой пшеницы от показаний прибора N – тестерTM (фирма Jara).

Методика. Изучение закономерностей действия азотных удобрений на величину урожая основной и побочной продукции, биохимический состав и технологические качества зерна яровой пшеницы сорта Дарья (селекции научно-практического центра по земледелию Республики Беларусь) проведено на дерново-подзолистой супесчаной среднекислой почве (рН_{KCl} 4,8-5,2) Меньковского филиала АФИ в 2013-2015 г. Содержание фосфора – 170-198, калия – 172-195 мг/кг (по Кирсанову), гумуса 1,85-2,41% (по Тюрину в модификации ЦИНАО). Предшественник – картофель. Повторность опытов – трехкратная.

Принимая во внимание, что на подзолистых и дерново-подзолистых почвах в первом минимуме находится азот, а для получения зерна яровой пшеницы, соответствующего по качеству требованиям фуражного, необходимо зерно с максимально высоким содержанием белка, для продовольственного – с максимально высоким содержанием не только белка, но и сырой клейковины, в схему опыта были включены варианты с возрастающими дозами азотных удобрений на постоянном фосфорно-калийном фоне (см. табл. 2). Дозы фосфорных и калийных удобрений с учетом содержания их подвижных форм в почве рассчитаны на получение урожайности зерна пшеницы 30-35 ц/га [1, 4].

В первый год проведения полевого опыта период вегетации (посев-полная спелость) характеризовался избыточным увлажнением (табл. 1). Необходимо отметить сравнительно равномерное выпадение осадков по всем межфазным периодам в этот год. Во второй год гидротермические условия в вегетативный период (посев-цветение) были благоприятны для роста и развития растений: избыточное увлажнение, сочетающееся с пониженными температурами. Однако резкий недостаток осадков (ГТК = 0,30) в репродуктивный период (цветение-полная спелость) оказал влияние на крупность зерна, что привело к более низкому уровню урожайности, чем в первый год опыта.

1. Гидротермический коэффициент (ГТК по Г.Т. Селянникову) в период вегетации

Год	П – К	К – Т	Т – Ц	П – Ц	Ц – ПС	П – ПС
2013	3,37	2,79	1,42	2,49	1,68	2,13
2014	2,74	2,48	2,66	2,62	0,30	1,38
2015	1,06	1,18	1,14	1,12	0,91	1,02

Примечание. П – посев, К – кущение, Т – трубкование, Ц – цветение, ПС – полная спелость.

В сравнении со среднемноголетними данными весенне-летний период вегетации в третий год характеризовался как несколько засушливый с пониженными температурами в первую, теплый и засушливый – во вторую половину вегетации. Таким образом, складывающиеся гидротермические условия в период вегетации во все годы опытов в основном благоприятствовали формированию сравнительно высокой урожайности зерна пшеницы.

Анализ почвы, зерна и растений выполнены по соответствующим ГОСТам и общепринятым в агрохимических исследованиях методикам в аналитической лаборатории АФИ. Определение питательности зерна яровой пшеницы проведено в соответствии с [5]. Статистическая обработка полученных экспериментальных данных осуществлена методом дисперсионного и регрессионного анализов по Б.А. Доспехову [6], в среднем за годы исследований по методу [7], используя пакет статистических программ "Stat" (М.: ВИУА, 1991).

Результаты и их обсуждение. Несмотря на отмеченные некоторые различия в сложившихся гидротермических условиях весенне-летних периодов вегетации, средняя урожайность зерна пшеницы по годам проведения полевых опытов практически не различалась (табл. 2). Так, в первый год она составила 38,7 ц/га, а во второй и третий – 35,8 и 35,6 ц/га соответственно.

Ввиду того, что тенденции к варьированию урожайности зерна яровой пшеницы под действием возрастающих доз азотных удобрений во все годы проведения полевого опыта изменялись лишь в одном направлении, рассмотрим их в среднем за период исследований. Минимальная урожайность зерна во все годы была сформирована в фоновом варианте, максимальная – на фоне применения максимальных доз азотных удобрений –

N₁₅₀ и N₁₈₀. По сравнению с фоновым вариантом внесение N₃₀ приводило к достоверному возрастанию урожая зерна. Как видно, каждая последующая доза азотных удобрений (как и при проведении опытов с яровой трикале на супесчаных почвах [8]) приводила к меньшей прибавке урожая зерна по сравнению с предыдущей.

2. Урожайность зерна яровой пшеницы, ц/га

Вариант	Год			Среднее за 3 года	Прибавка урожая, ц/га / %	Окупаемость 1 кг азота зерном, кг
	2013	2014	2015			
P ₄₅ K ₆₀ -фон	21,6	25,2	26,6	24,5	-	-
Фон + N ₃₀	30,5	31,2	31,1	30,9	6,4/26,1	21,3
Фон + N ₆₀	37,0	36,1	34,2	35,8	11,3/46,1	10,7
Фон + N ₉₀	41,0	38,4	37,6	39,0	14,5/59,2	7,1
Фон + N ₁₂₀	43,0	41,5	37,9	40,8	16,3/66,5	5,3
Фон + N ₁₅₀	46,9	41,6	40,0	42,8	18,3/74,7	4,3
Фон + N ₁₈₀	51,2	36,8	42,0	43,3	18,8/76,7	3,6
Среднее	38,7	35,8	35,6	36,7	-	-
НСР ₀₅	3,9	3,5	2,8	2,4	-	-

Данные статистической обработки результатов, представленные в таблице 2, показывают, что существенные прибавки урожая зерна по сравнению с предыдущей дозой азотных удобрений получены в первый и третий годы опытов до дозы N₉₀, во второй год – только до дозы N₆₀. Необходимо отметить сравнительно сильное поражение ассимиляционного аппарата растений пшеницы бурой (листовой) ржавчиной во второй год (2014). Это, вероятно, и не позволило получить достоверные прибавки урожая при внесении N₆₀ и выше, а в варианте N₁₈₀ – даже привело к существенному снижению урожая зерна по сравнению с внесением N₁₅₀ и N₁₂₀. В этом же варианте была отмечена и максимальная пораженность флагового листа бурой ржавчиной (>45%).

Окупаемость, как один из показателей эффективности использования азотных удобрений, с возрастанием их доз снижалась с 21,3 кг/кг в варианте с минимальной дозой до 3,6 кг/кг – в варианте с максимальной дозой азота.

С усилением уровня азотного питания сбор побочной продукции (солома + полова) и величина коэффициента хозяйственной эффективности фотосинтеза (K_{хоз.}) возрастали. При этом в вариантах с максимальными дозами (N₁₅₀ и N₁₈₀) наблюдалась устойчивая тенденция к снижению K_{хоз.}, т.е. доли зерна в общей надземной массе (зерно + солома + полова). Наиболее высокие K_{хоз.} в среднем по опыту отмечены в третий, первый и второй годы, они составили 0,40, 0,39 и 0,38 соответственно, т.е. существенно не различались.

Анализ структуры урожая показал, что во все годы проведения полевого опыта возрастающие дозы азотных удобрений увеличивали: общее количество растений на единице площади (1 м²) (за счет большего их количества, сохранившегося к периоду полной спелости зерна), густоту продуктивного стеблестоя, величину коэффициента продуктивной кустистости, массу зерна с одного колоса и число зерен в нем, а также высоту растений (табл. 3).

Несколько иначе изменялась величина массы 1000 зерен. В первый и третий годы опыта, когда в репродуктивный период наблюдалось избыточное увлажнение (2013) или некоторый недостаток влаги (2015), с возрастанием доз азотных удобрений масса 1000 зерен возрастала, а в год с резким недостатком влаги (2014) – снижалась. По этой причине каких-либо существенных изменений величины массы 1000 зерен в среднем за

годы проведения опыта не наблюдалось. Еще одной из причин уменьшения массы зерновки во второй год опыта (2014) могло стать отмеченное ранее существенное поражение ассимиляционного аппарата растений пшеницы бурой ржавчиной.

3. Структура урожая яровой пшеницы (среднее за 2013 – 2015 г.)

Вариант	Р	ПС	КПК	ВР	МЗК	ЧЗК	МТЗ
P ₄₅ K ₆₀ -фон	395	445	1,13	79	0,55	14	38,8
Фон + N ₃₀	433	495	1,14	81	0,62	16	39,2
Фон + N ₆₀	433	516	1,19	83	0,73	19	39,0
Фон + N ₉₀	437	522	1,19	83	0,77	20	38,9
Фон + N ₁₂₀	445	558	1,25	83	0,80	21	38,7
Фон + N ₁₅₀	422	555	1,31	83	0,87	23	38,4
Фон + N ₁₈₀	423	541	1,28	84	0,91	25	37,3
Среднее	427	519	1,22	82	0,75	20	38,6
НСР ₀₅	16	22	0,04	2	0,03	1,5	2,1
V, %	10,5	11,4	8,2	18,5	17,3	21,4	13,6
2013 г.	463	548	1,18	93	0,70	19	37,4
2014 г.	385	481	1,25	91	0,73	22	33,3
2015 г.	433	527	1,22	62	0,81	18	45,2

Примечание. Р – число растений; ПС – число продуктивных стеблей на 1 м²; КПК – коэффициент продуктивной кустистости; ВР – высота растений, см; МЗК – масса зерна с одного колоса, г; ЧЗК – число зерен в колосе; МТЗ – масса 1000 зерен, г.

Вариационно-статистический анализ показателей структуры урожая пшеницы показал, что под действием возрастающих доз азотных удобрений и изменяющихся гидротермических условий в весенне-летний период вегетации в максимальной степени варьируют число зерен и масса зерна с одного колоса, а также высота растений и масса зерновки, в меньшей степени – количество растений на единице площади и густота продуктивного стеблестоя (см. табл. 3). Корреляционный анализ выявил, что наиболее тесно урожайность зерна пшеницы от элементов ее структуры статистически значимо (при n = 21 и p < 0,05) связана с массой зерна одного колоса (r = 0,80) и числом зерен в нем (r = 0,74), менее тесно – с густотой продуктивного стеблестоя (r = 0,65) и коэффициентом продуктивной кустистости (r = 0,47). Зависимости урожая зерна от количества растений на единице площади, высоты растений и массы 1000 зерен были незначимыми.

Возрастающие дозы азотных удобрений оказали существенное влияние не только на величину урожая и его структуру, но и на показатели технологических качеств (всхожесть, натуру, стекловидность) и биохимического состава зерна (содержание белка и сырой клейковины) и не оказали достоверного влияния на содержание сырого жира, сырой клетчатки и золы (табл. 4). Во все годы опытов с возрастанием доз азотных удобрений содержание белка и сырой клейковины, а также натура и стекловидность зерна пшеницы увеличивались. При этом наблюдалась устойчивая тенденция к снижению всхожести семян. Избыточное увлажнение как и резкий недостаток влаги в репродуктивный период, наблюдавшиеся в первый и второй годы опыта (см. табл. 1), приводили к существенному снижению всхожести по сравнению с данными, полученными в третий год (2015), когда период налива зерна характеризовался недостаточным увлажнением (в среднем по опыту 88,7; 94,1 и 96,3 % соответственно).

Согласно требованиям ГОСТ Р 52554-2006, основные показатели, определяющие пригодность зерна пшеницы для хлебопечения: содержание сырой клейковины и ее качество, определяемое на приборе ИДК – 1, натура и стекловидность. В первый и второй годы опыта зерно,

соответствующее по содержанию клейковины III классу качества (не < 23 %), получено при внесении N_{90} и более, а в третий, более благоприятный год, при внесении N_{30} и

N_{60} . Дальнейшее повышение доз азота (N_{90} - N_{180}) в 2015 г. позволило получить зерно пшеницы, соответствующее по содержанию сырой клейковины II классу (28-32 %).

4. Технологические качества и биохимический состав зерна яровой пшеницы (среднее за 2013 – 2015 г.)

Вариант	Всхо- жесть, %	Сырая клейковина, % / ИДК-1 (ед.)	Натура, г/л	Стекловид- ность, %	Сырые, % а.с.в.			
					Белок	Зола	Клетчатка	Жир
$P_{45}K_{60}$ -фон	94,3	21,1/72	776,1	27	10,85	1,88	2,91	2,02
Фон + N_{30}	94,3	21,5/70	776,7	36	11,08	1,88	3,23	2,09
Фон + N_{60}	93,8	23,3/70	778,3	43	11,53	1,86	3,73	2,26
Фон + N_{90}	93,0	27,0/77	780,1	56	13,22	1,94	3,96	2,22
Фон + N_{120}	92,3	28,2/77	782,8	62	13,68	1,92	4,09	2,37
Фон + N_{150}	92,2	30,1/74	770,9	65	14,57	1,97	3,72	2,06
Фон + N_{180}	91,2	30,9/79	766,0	64	15,03	2,00	3,03	2,20
Среднее	93,0	26,0/74	775,8	50	12,85	1,92	3,52	2,17
HCP_{05}	0,9	1,1/4	2,2	6	0,42	0,14	0,58	0,36
V, %	3,9	18,8/6,6	2,5	60,9	16,2	11,5	6,9	8,2
2013 г.	88,7	23,9/71	753,2	22	12,53	2,20	3,79	2,26
2014 г.	94,1	25,3/74	776,2	49	10,69	1,82	3,64	2,19
2015 г.	96,3	28,9/77	798,2	80	14,42	1,73	3,13	2,06

В первый год, несмотря на избыточное увлажнение в период налива, по качеству сырой клейковины зерно соответствовало I классу (хорошая, 47-77 ед. прибора ИДК-1). Во второй и третий годы зерно, соответствующее по качеству клейковины I классу получено в фоновом варианте и в вариантах с минимальными дозами азотных удобрений – N_{30} и N_{60} до посева. Дальнейшее повышение доз азота в оба года опытов приводило к ухудшению качества клейковины, и зерно соответствовало лишь II классу качества: удовлетворительная слабая (77-102 ед.). То есть увеличение доз азотных удобрений приводит к ослаблению сырой клейковины [4].

В первый год опыта, характеризующийся избытком влаги в репродуктивный период (ГТК = 1,68), зерно пшеницы во всех вариантах по стекловидности (16-26%) не соответствовало требованиям стандарта. Во второй год опыта зерно, соответствующее по стекловидности III классу (не < 40%), получено при внесении N_{90} , а в вариантах N_{120} - N_{180} – II классу (не < 60%). В третий год зерно во всех вариантах, кроме фоновом, по стекловидности соответствовало II классу.

Во все годы опытов зерно пшеницы с минимальной натурой получено в фоновом варианте, с максимальной – при внесении N_{120} . Дальнейшее повышение доз азота снижало натуру практически до уровня фоновом варианта. Условия увлажнения, складывающиеся в период вегетации, также существенно влияли на натуру. Зерно с максимальной натурой было сформировано в третий год проведения опыта (в среднем – 798,2 г/л), с минимальной (753,2 г/л) – в первый год, характеризующийся избытком влаги в период налива зерна. По величине натуре зерно, соответствующее I классу качества (не < 750 г/л), получено в третий год опыта во всех вариантах, а в первый и второй годы – при внесении доз азотных удобрений, не превышающих 120 кг д.в./га (см. табл. 4).

Таким образом, наряду с азотными удобрениями, складывающиеся гидротермические условия в период вегетации, особенно на почвах легкого гранулометрического состава, могут служить фактором, оказывающим существенное влияние на формирование величины урожая, основных элементов его структуры, показателей технологических качеств и биохимического состава зерна не только яровой тритикале, но и яровой пшеницы (см. табл. 2-4).

Данные, представленные в таблице 5, показывают, что с увеличением доз азота содержание переваримого протеина в зерне пшеницы возрастало, а безазотистых экстрактивных веществ – снижалось. Однако на содержание переваримого жира и клетчатки применение азотных удобрений существенно не влияло. Не отмечено достоверных изменений и в содержании кормовых единиц (к.е.) в 1 кг зерна (интервал варьирования 1,384-1,409). По этой причине во всех вариантах изменения сбора к.е. с 1 га были аналогичны изменениям урожайности зерна.

5. Содержание переваримых питательных веществ в зерне яровой пшеницы и сбор кормовых единиц (среднее за 2013-2015 г.)

Вариант	Про- теин	Жир	Клет- чатка	БЭВ	Сбор к. е., ц/га	Обеспечен- ность 1 к.е. переваримым протеином, г
	г / кг а.с.в. зерна					
$P_{45}K_{60}$ -фон	91,1	11,8	9,5	757,5	34,5	64,7
Фон + N_{30}	93,1	11,8	9,8	751,8	43,4	66,3
Фон + N_{60}	96,9	11,7	10,6	741,7	49,9	69,5
Фон + N_{90}	111,0	12,2	10,4	723,7	54,1	80,0
Фон + N_{120}	114,9	12,1	11,1	717,0	56,5	83,1
Фон + N_{150}	122,4	12,4	9,7	714,7	59,5	88,1
Фон + N_{180}	126,3	12,6	10,3	715,2	60,5	90,3
Среднее по опыту	108,0	12,1	10,2	737,1	51,2	77,4

С возрастанием доз азота обеспеченность 1 к.е. переваримым протеином увеличивалась. При этом максимальные ее величины, как и при проведении исследований с яровой тритикале, наблюдались при внесении азота в дозе 120-180 кг д.в./га. Однако дозы азотных удобрений свыше 90 кг д.в./га на супесчаных почвах считаются экологически небезопасными [1, 2, 4], поэтому эти варианты не рекомендуют производству.

В последнее время наряду с традиционными методами диагностики азотного питания растений получает распространение инструментальный метод, в частности, с использованием прибора N-тестерTM (фирма Jara). Принцип действия его основан на тесной зависимости содержания азота с содержанием хлорофилла в растении [8]. Проведение регрессионного анализа показало отсутствие во все фазы вегетации каких-либо статистически значимых линейных зависимостей (при $n = 21$ и $p < 0,05$) урожайности зерна яровой пшеницы от показаний прибора N-тестерTM (табл. 6).

6. Зависимость урожайности зерна яровой пшеницы (Y, ц/га) от показаний прибора N-тестер™ (X, ед. прибора)

Y / X	Фаза вегетации	Уравнение регрессии (n = 21)	r	R ²
Урожайность / N-тестер™	Кущение	$Y = 26,119 + 0,022X$	0,147	0,022
		$Y = -673,3840 + 2,9064X - 0,0029X^2$	ТЭ = 501	0,175*
	Трубкавание	$Y = 26,529 + 0,017X$	0,224	0,050
		$Y = -111,8774 + 0,4917X - 0,0004X^2$	ТЭ = 615	0,215*
	Цветение	$Y = 18,907 + 0,028X$	0,391	0,153
		$Y = -84,2482 + 0,3605X - 0,0003X^2$	ТЭ = 601	0,395*

Примечание. n – общее число наблюдений; * – статистически значимо при $p < 0,05$; ТЭ – точка экстремума.

Однако при использовании уравнений второго порядка во все фазы вегетации получены статистически значимые нелинейные зависимости. Так, с возрастанием показаний прибора N-тестер™ от его минимальных величин урожайность зерна повышается. Однако каждое последующее увеличение показаний прибора сопровождается замедлением темпов роста урожайности и, достигнув точек экстремума, находящихся в пределах полученных экспериментальных данных, урожайность зерна начинает снижаться. Следует отметить, что с прохождением фаз вегетации (кущение – трубкавание – цветение) наблюдается увеличение тесноты связи урожайности с показаниями шкалы прибора, т.е. наиболее тесно урожайность зерна пшеницы связана с показаниями прибора в фазе цветения.

Заключение. 1. Для получения семян с высоким коэффициентом размножения, максимальной всхожестью и окупаемостью единицы азота урожаем при возделывании яровой пшеницы на дерново-подзолистых супесчаных почвах с повышенным содержанием фосфора и калия рекомендуется внесение N_{30} до посева. Для сбора более высокой урожайности фуражного зерна с повышенным содержанием белка дозу азотных удобрений необходимо увеличить в 2 раза (N_{60}). Для получения зерна пшеницы, соответствующего требованиям продовольственного (ГОСТ Р 52554-2006), рекомендуется внесение N_{90} до посева.

2. На дерново-подзолистых супесчаных почвах Ленинградской области, ввиду складывающихся гидро-термических условий в период вегетации, получение

зерна пшеницы, соответствующего требованиям стандартов на семенное зерно, продовольственные и фуражные цели возможно не ежегодно. Поэтому в целях устойчивого производства семян и бесперебойного снабжения продовольственным и фуражным зерном, необходимо создание их переходящих (или страховых) фондов, полученных в благоприятные по увлажнению годы.

3. Урожайность зерна яровой пшеницы максимально тесно связана статистически значимой нелинейной зависимостью (уравнением второго порядка) с показаниями прибора N-тестер™ в фазе цветения.

Литература

1. Кореньков Д.А. Продуктивное использование минеральных удобрений. – М.: Росагропромиздат, 1985. – 192 с.
2. Кореньков Д.А. Агроэкологические аспекты применения азотных удобрений. – М.: Агроконсалт, 1999. – 296 с.
3. Завалин А.А., Пасынкова Е.Н., Пасынков А.В. Вклад факторов в формирование урожая и основных показателей качества яровых зерновых культур // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 1. – С. 8-10.
4. Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы. – М.: Росинформагротех, 2018. – 396 с.
5. Зоотехнический анализ кормов. Изд. 2-е, доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1989. – С. 143-146.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1968. – С. 90 – 92.
7. Афанасьев Р.А. К методике дисперсионного анализа результатов многолетних полевых опытов // Агрохимия. – 2004. – № 5. – С. 85 – 91.
8. Точное сельское хозяйство (Precision Agriculture) / Под ред. Шпаара Д., Захаренко А.А., Якушева В.П. – СПб.-Пушкин, 2009. – 397 с.

THE EFFICIENCY OF NITROGEN FERTILISERS IN THE CULTIVATION OF SPRING WHEAT ON SANDY LOAM SOILS

P.V. Lekomtsev¹, T.S. Rutkovskaya^{2,4}, A.V. Pasyunkov³, Yu.V. Khomyakov²

¹Russian State Hydro Meteorological University; ²Agrophysical Scientific-Research Institute;

³Leningrad Research Agriculture Institute Branch of Russian Potato Research Centre; ⁴Ekan
e-mail: pasynkova.elena@gmail.com

Experimental data on the effectiveness of increasing doses of nitrogen fertilizers in the cultivation of spring wheat of the Daria variety on sod-podzolic sandy loam soils of the Leningrad region are presented. As a result of the research, the optimal doses of nitrogen fertilizers were determined for obtaining grain for the intended purpose: seeds (high reproductive rate, maximum germination and recoupment of nitrogen unit by grain yield – N_{30} before sowing), feed (grain with a high protein content – N_{60}) and food use (corresponding to the technological qualities of the requirements of GOST R 52554-2006. Wheat. Specification – N_{90} before sowing). Using the method of instrumental diagnostics, the dependences of the yield of spring wheat grain on the readings of the N-tester™ (Jara company) by the phases of the growing season were established.

Keywords: spring wheat, sandy loam soils, nitrogen fertilizers, technological qualities of grain, N-tester™.