

Выводы. Таким образом, оценка биологической эффективности инсектицида с содержанием действующего вещества 5 г/кг имидаклоприда показала, что его внесение в почву при посадке клубней препарата в норме 30 г/10 м² обеспечивает снижение поврежденности клубней проволочниками во всех трех климатических зонах: Ленинградской (I зона), Белгородской (II зона) и Волгоградской (III зона). Считаем возможным использование данного препарата для защиты картофеля от проволочника способом внесения в почву при посадке с последующей заделкой после прохождения им процедуры государственной регистрации и включения в Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации.

Литература

1. Богомаз А.В. Эффективность пестицидов на разных сортах картофеля / А.В. Богомаз, О.А. Богомаз // Агрохимический вестник. – 2007. – № 1. – С. 18-19.
2. Васильева З.В. Один из способов экологизации защиты картофеля от проволочников в условиях Псковской области / З.В. Васильева, З.В. Николаева, И.Н. Павлов // Материалы межд. научно-практ. конф.: Наука об актуальных проблемах и перспективах инновационного развития регионального АПК, 14-15 апреля 2016 г. – Великие Луки: РИО ВГСХА, 2016. – С. 37-42.
3. Васильева З.И. Биологическое обоснование защиты картофеля от проволочников в условиях Псковского района / З.И. Васильева, З.В. Николаева // Материалы межд. научно-практ. конф.: Развитие агропромышленного комплекса: теория, практика, перспективы, 16-17 апреля 2015 г. – Великие Луки: РИО ВГСХА, 2015. – С. 29-32.
4. Вахитова Р.К. Эффективность применения инсектицидов на посадках картофеля в борьбе с проволочниками в условиях республики Башкортостан / Р.К. Вахитова, Н.В. Файзулина // Защита картофеля. – 2016. – № 2. – С. 15-17.

5. Волгарев С.А. Проволочники – вредители картофеля в Ленинградской области и эффективные инсектициды в борьбе с ними / С.А. Волгарев // Вестник защиты растений. – 2003. – № 2. – С. 64-67.
6. Глез В.М. Эффективность неоникотиноидных инсектицидов на картофеле / В.М. Глез, В.Н. Зейрук, С.В. Васильева, М.К. Деревягина // Земледелие. – 2015. – № 7. – С. 43-46.
7. Долженко В.И. Совершенствование ассортимента инсектицидов и технологий их применения для защиты картофеля от вредителей / В.И. Долженко // Агрохимия. – 2009. – № 4. – С. 43-54.
8. Еремина О.Ю., Лопатина Ю.В. Перспективы применения неоникотиноидов в сельском хозяйстве России и сопредельных стран. / О.Ю. Еремина, Ю.В. Лопатина // Агрохимия. – 2005. – № 6. – С. 87-93.
9. Жукова М.И. Предпосадочная обработка клубней / М.И. Жукова // Защита и карантин растений. – 2017. – № 4. – С. 9-13.
10. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве. – СПб., 2009. – 320 с.
11. Методические указания по регистрационным испытаниям пестицидов в части биологической эффективности. Общая часть. – М., 2018. – 56 с.
12. Попов Ю.В. Особенности борьбы с вредными организмами на картофеле в ЦЧР / Ю.В. Попов, В.Ф. Рукин, Е.И. Хрюкина // Защита и карантин растений. – 2015. – № 4. – С. 31-35.
13. G. I. Sukhoruchenko Modern insecticides for potato pest control / G. I. Sukhoruchenko, O. V. Dolzhenko, I. A. Tsibul'skaya // Russian Agricultural Sciences. – 2012. – Volume 38 -Issue 5-6. – P. 377-383.
14. Seal Dakshina R Baniya Wireworm (Coleoptera: Elateridae) Species Composition and Management in Sweet Potato Grown in North Florida Using Chemical Insecticides and Entomopathogenic Nematodes. / Seal Dakshina R Baniya, Anil B. Dyrdaul-Young, Ruhyyih Hochmuth, Robert Clepple, Norman CFenneman, Daniel KBroughton, Rhoda De TDi Genaro, Peter // Environmental entomology. – 2020. – Volume 49 -Issue 6. – P. 1415-1426.
15. Van Herk, W G Ortiz Mortality of a wireworm, Agriotes obscurus (Coleoptera: Elateridae), after topical application of various insecticides. / W G; Vernon, R S; Tolman, J H; Saavedra, H // Journal of economic entomology. – 2008. – Volume 101 -Issue 2. – P. 375-383.

NEW MEANS OF POTATO PROTECTION AGAINST PESTS. ELATERIDAE

M.N. Shorokhov^{1,2}, candidate of biological sciences, O.V. Dolzhenko¹, candidate of biological sciences, V.I. Dolzhenko¹, Academician of the Russian Academy of Sciences

¹Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute for Plant Protection" 196608, St. Petersburg, Pushkin, sh. Podbelsky, 3

²Limited Liability Company "Innovation Center for Plant Protection" 196607, St. Petersburg, Pushkin, Pushkinskaya st., 20, lit. A, pom. 7-H, E-mail: shorochov@icpr.ru

The results of studies in terms of establishing the biological effectiveness of an insecticide with an active ingredient content of 5 g/kg imidacloprid in the preparative form of a granule, which is used by the method of introducing into the soil during planting with subsequent incorporation in the fight against dangerous potato pests – wireworms, are presented. The biological effectiveness of the study drug was shown in three different climatic zones (Leningrad (I zone), Belgorod (II zone), Volgograd (III zone) regions). Based on the data obtained, it was concluded that it is expedient to include the investigated insecticide in the potato protection system, subject to registration and inclusion in the State Catalog of pesticides and agrochemicals approved for use in the territory of the Russian Federation. Key words: wireworms, potatoes, insecticides, imidacloprid, introduction of granules into the soil

УДК 631.452:633.11,324⁶

DOI: 10.25680/S19948603.2022.128.13

УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ АЗОТНЫХ И ЦИНКОВЫХ УДОБРЕНИЙ

В.М. Лапушкин^{1,2}, к.б.н., И.В. Верниченко¹, д.б.н., А.С. Белобусов¹, А.А. Лапушкина^{1,2} к.б.н.

¹ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,

²ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» имени Д.Н. Прянишникова»

127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, e-mail: lapushkin@rgau-msha.ru

В условиях мелкоделяночного полевого опыта на юге Московской области изучали влияние различных форм азотных удобрений и некорневой обработки растений сульфатом цинка на урожай и качество яровой пшеницы сорта Любава в зависимости от обеспеченности дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы подвижным фосфором. Установлено, что применение азотных удобрений обеспечило в среднем за два года получение прироста зерна 41-48%, а некорневые подкормки сульфатом цинка дополнительно увеличивали урожай на 5-10%. С ростом содержания подвижного фосфора в почве действие азотных удобрений усиливалось при одновременном снижении действия цинка. При увеличении обеспеченности растений доступным фосфором наблюдалось

изменение структуры полученного урожая в направлении усиления формирования основной продукции. Значительное влияние цинк оказал на вынос растениями пшеницы макроэлементов, который возрастал на 8-10%. Существенных различий по качеству зерна не выявлено, однако наблюдалась тенденция к некоторому увеличению накопления азотистых веществ при применении цинка и росту сбора сырого протеина при усилении фосфатного питания.

Ключевые слова: яровая пшеница, карбамид, кальциевая селитра, сульфат аммония, сульфат цинка, фосфор, урожай, азотные удобрения.

Для цитирования: Лапушкин В.М., Верниченко И.В., Белобусов А.С., Лапушкина А.А. Урожай и качество яровой пшеницы в зависимости от применения азотных и цинковых удобрений// Плодородие. – 2022. – №5. – С. 48-54.

DOI: 10.25680/S19948603.2022.128.13.

В настоящее время в России, несмотря на достижение сборов зерна более 120 млн т ежегодно, средняя урожайность зерновых сохраняется на относительно низком, по сравнению со странами Западной Европы, уровне – 28,6 ц/га, а средняя урожайность яровой пшеницы, по данным Росстата на 2020 г., составила 18,8 ц/га, при том, что данная культура занимает треть земель в структуре посевных площадей зерновых культур (22,7 млн га) [14]. Проблема повышения продуктивности сельхозугодий, обеспечения продовольственной безопасности страны до сих пор стоит достаточно остро, особенно в современных условиях постоянно возрастающего санкционного давления западных стран. Решить поставленную задачу можно лишь путем комплексного применения средств химизации, в частности, минеральных удобрений. Поскольку около четверти пахотных территорий России имеют низкое и очень низкое содержание подвижного фосфора, то остро встает вопрос о повышении обеспеченности этим элементом. Также при проведении крупномасштабного обследования почв России установлено, что цинк занимает первое место в ряду потребности применения микроэлементов [1, 3, 4, 6].

Известно, что цинк влияет на поступление и обмен фосфора в растении, а его недостаток, приводит к накоплению неорганических фосфатов. Этот микроэлемент также участвует в регуляции азотного обмена растений и при его дефиците наблюдается заметное увеличение небелковых соединений азота – амидов и аминокислот. Цинк участвует в синтезе ростовых веществ – ауксинов, а недостаток его вызывает задержку роста, уменьшение содержания хлорофилла в листьях, что неизбежно приводит к снижению фотосинтетической активности и накопления запасных веществ. Эффективность минеральных удобрений и продуктивность сельскохозяйственных культур сильно зависят от агрохимических свойств почвы [4, 10]. Цель наших исследований изучить действие различных форм азотных удобрений в зависимости от обеспеченности почвы подвижным фосфором и применения сернокислого цинка на урожай и качество яровой пшеницы.

Данная работа явилась продолжением исследований действия доз азотных удобрений при разном уровне фосфорного питания [14].

Методика. Мелкоделяночный опыт проводили в 2019-2020 г., на базе опытного поля Центральной опытной станции ФГБНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова в Барыбино, в городском округе Домодедово Московской области. Почва опытного участка – дерново-подзолистая тяжелосуглинистая, с

содержанием гумуса 1,46%. Для проведения исследований на участке с низким содержанием подвижного фосфора (46 мг/кг) было дополнительно смоделировано два фона с более высокой обеспеченностью фосфатами: осенью 2018 г. под основную обработку почвы вносили фосфоритную муку в дозах 300 и 700 кг P_2O_5 /га соответственно, что позволило в течение двух лет увеличить содержание подвижного фосфора в почве на 37 и 117 мг/кг. Таким образом, норматив затрат для повышения содержания в почве P_2O_5 на 10 мг/кг составил 60-80 кг/га, при том, что в литературе приводится довольно широкий диапазон варьирования – от 60 до 150 кг/га [4, 9, 10].

Почва опытного участка характеризовалась среднекислой реакцией – pH_{KCl} 4,5-4,9 (ГОСТ 26483-85), гидролитическая кислотность – 2,1-2,8 мг-экв/100 г (ГОСТ 26212-91), сумма поглощенных оснований – 12,8-15,8 мг-экв/100 г (ГОСТ 27821-88), степень насыщенности основаниями 83-87%, содержание обменного калия по Кирсанову (ГОСТ Р 54650-2011) – повышенное и высокое – 148-221 мг/кг, щелочногидролизующего азота – очень низкое – <100 мг/кг. Обеспеченность подвижным фосфором по Кирсанову (ГОСТ Р 54650-2011) по трем фонам соответствовала в 2019 г. II, III и IV группам (46, 76, и 108 мг/кг), в 2020 г. – II, III и V группам (50, 83, и 163 мг/кг). Содержание легкодоступных фосфатов по Карпинскому-Замятиной соответствовало среднему – 0,16, 0,12 мг/л и повышенному – 0,24 мг/л уровням.

В качестве объекта исследования выбрали мягкую яровую пшеницу среднеспелого сорта Любава, селекции ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Немчиновка», включенного в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, в 2012 г. и районированного для выращивания в Центральном регионе.

Схема опыта состояла из 8 вариантов, которая включала применение кальциевой селитры ($N_{кл}$), сернокислого аммония (N_a) и карбамида (N_m) на фоне трех уровней обеспеченности фосфором и некорневой обработки растений сульфатом цинка в фазе выхода в трубку в дозе 250 г/га в физической массе. Для соблюдения принципа единственного различия варианты опыта без обработки цинком опрыскивали дистиллированной водой.

Повторность опыта четырехкратная, расположение делянок двухъярусное систематическое, площадь учетной делянки 1 м². В качестве фона на все делянки вносили 9 г K_2O/m^2 . Все удобренные варианты были выровнены по этому количеству внесенного азота.

Для борьбы с возбудителями грибных заболеваний в 2019 г. семена протравливали препаратом Витацит, КС, из расчета 1,5 л/т. В фазе 5 листьев посеы

обрабатывали баковой смесью препаратов Деймос, ВРК в норме 0,3 л/га от однолетних и многолетних двудольных сорняков и препаратом Имидор, ВРК в норме 0,07 л/га от комплекса вредителей. В фазе флагового листа применяли баковую смесь препаратов Колосаль Про, КМЭ в норме 0,3 л/га от комплекса листостебельных и колосовых болезней и препарата Клонрин, КЭ в норме 0,15 л/га от комплекса вредителей зерновых культур. В 2020 г. применяли протравитель семян Хет-Трик, СК в норме расхода 1,3 л/т. В конце кушения – начале выхода в трубку проводили обработку посевов против однолетних и многолетних двудольных сорняков гербицидом Балерина Форте, СЭ в смеси с фунгицидом Колосаль Про, КМЭ в норме 0,3 л/га. В фазе молочной спелости для борьбы с вредителями и болезнями колоса применяли баковую смесь препаратов Балий, КМЭ в норме 0,7 л/га и Регент, ВДГ в норме 0,03 г/га.

Метеорологические условия за время проведения опытов отличались от среднемноголетних значений. В вегетационный период 2019 г. наблюдалось отклонение температурного режима, а также суммы выпавших осадков. Так в мае отклонение от средних значений многолетних температур составило +2,3 °С, в июне +1,7 °С. При среднем количестве осадков в мае 50 мм их фактическая сумма в 2019 г. составила лишь 23 мм, что на 54% меньше среднемноголетних данных. Такое же отклонение от средней суммы осадков наблюдалось в июне того же года, что безусловно отрицательно сказалось на формировании урожая. В 2020 г. наблюдалось еще более значительное отклонение температурного режима и суммы выпавших осадков от нормы. В мае отклонение среднесуточной температуры от средних многолетних значений составило -1,4 °С, в июне +1,4 °С, но наибольшее влияние на эффективность отдельных форм азотных удобрений в 2020 г. оказало, очевидно, резкое превышение количества выпавших осадков на начальном этапе развития растений и в течение вегетации, поскольку в мае-июле фактическая сумма осадков составила 180, 152 и 128 % соответственно.

Статистическую обработку результатов опыта осуществляли при помощи программ STRAZ и MS Excel. Химический анализ основной и побочной продукции проводили после мокрого озоления в серной кислоте в присутствии селена. Определение содержания азота проводили микрометодом Кьельдаля (ГОСТ 13496.4-93), фосфора – колориметрически (ГОСТ 26657-97), калия – пламенно-фотометрическим методом (ГОСТ 30504-97), основные показатели качества зерна определяли методом БИК-спектроскопии на приборе SpectraStar 2500 в лаборатории ФГБУ ГИАС "Московский".

Результаты и их обсуждение. Урожай яровой пшеницы под действием изучаемых факторов представлен в таблице 1. В 2019 г. проведение некорневой подкормки пшеницы в фазе выхода в трубку сульфатом цинка способствовало увеличению урожайности на 5-15%, что согласуется с результатами других авторов [11, 13]. При этом действие цинка на урожай зерна усиливалось при дефиците подвижного фосфора в почве [2, 5, 6, 10]. Так, прибавка урожая от подкормки цинком на фоне повышенной обеспеченности фосфором составила в среднем при

применении разных форм азотных удобрений 7%, а на почве со средней и низкой обеспеченностью фосфатами возросла до 11-12%. Отметим, что подкормка цинком по-разному повлияла на действие отдельных форм азотных удобрений, а наиболее высокой урожайностью характеризовались растения, выращенные в вариантах с внесением сульфата аммония.

1. Влияние применения различных форм азотных удобрений и цинка на урожай яровой пшеницы при разной обеспеченности почвы фосфором

Вариант		Урожай, г/м ²				Прибавка урожая зерна к контролю, %	
		2019 г.		2020 г.		от азота	от цинка
		Зер-но	Соло-ма	Зерно	Солома		
Низкая обеспеченность фосфором							
Контроль	-Zn	118	189	170	354	-	-
Нкц		138	209	286	499	47	-
Na		134	193	302	533	51	-
Nм		132	228	266	501	38	-
Контроль	+Zn	134	202	189	380	-	12
Нкц		153	221	292	556	38	5
Na		148	259	353	574	56	15
Nм		145	212	283	586	33	8
HCP ₀₅ : Zn		12	Fф<Fr	14	38	-	-
N		9	16	11	27	-	-
Средняя обеспеченность фосфором							
Контроль	-Zn	158	250	188	398	-	-
Нкц		198	292	315	580	48	-
Na		186	294	336	651	51	-
Nм		184	241	315	548	44	-
Контроль	+Zn	181	274	197	305	-	9
Нкц		214	289	330	552	44	6
Na		209	281	365	571	52	10
Nм		205	315	339	589	44	9
HCP ₀₅ : Zn		14	Fф<Fr	32	63	-	-
N		10	12	22	44	-	-
Повышенная обеспеченность фосфором							
Контроль	-Zn	179	294	196	322	-	-
Нкц		218	287	331	532	46	-
Na		210	288	367	595	53	-
Nм		203	253	321	528	39	-
Контроль	+Zn	193	270	215	376	-	8
Нкц		233	320	335	587	39	3
Na		228	373	384	699	50	6
Nм		213	310	331	604	33	4
HCP ₀₅ : Zn		14	Fф<Fr	21	68	-	-
N		10	14	15	48	-	-

Сравнение действия изучаемых азотных удобрений показало, что применение кальциевой селитры в засушливом 2019 г. обеспечило формирование наиболее высокой прибавки урожая зерна. Это объясняется, по-видимому, большей доступностью нитратного азота в условиях дефицита влаги, который наблюдался на ранних этапах развития растений, а также выраженной физиологической щелочностью этой соли.

Определенную роль в использовании растениями различных форм азотных удобрений и формировании урожая в вегетационный период 2020 г. также сыграли условия увлажнения, которые отличались по количеству и распределению осадков от среднемноголетних наблюдений. В целом по опыту урожай зерна в этот год был значительно выше и, в среднем, при применении азота на низком, среднем и высоком фоне содержание фосфора составило 297, 333 и 345 г/м² соответственно, а средние прибавки урожая от азота варьировали от 50 до 87%.

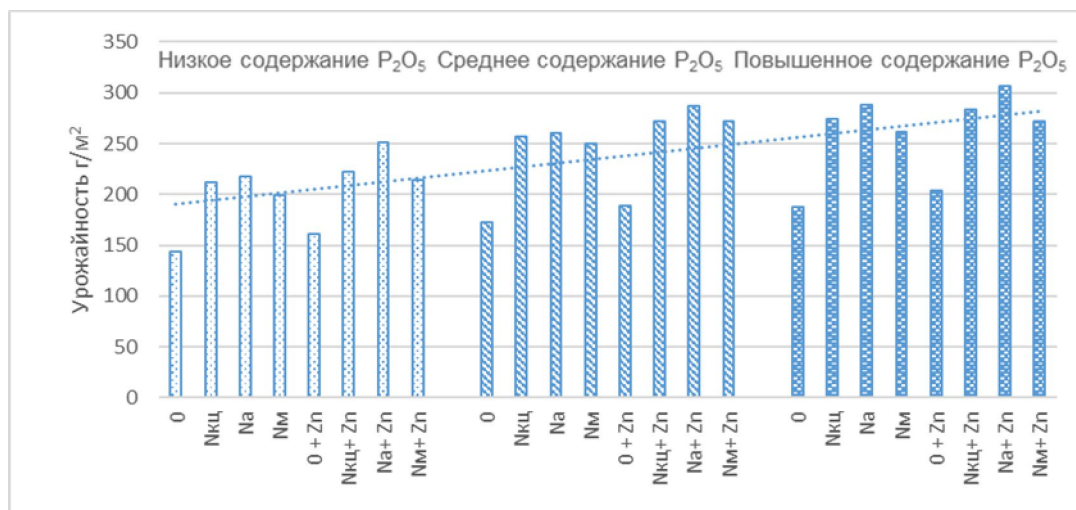


Рис.1. Урожайность яровой пшеницы при применении разных форм азотных удобрений и некорневой подкормки сульфатом цинка в зависимости от обеспеченности почвы подвижным фосфором (в среднем за 2019-2020 г.)

В отличие от сезона 2019 г., когда получению максимальных прибавок урожая способствовала кальциевая селитра, в 2020 г. наиболее выраженное действие на урожай оказал сернокислый аммоний. Различия двухлетних результатов можно объяснить тем, что ион аммония (NH_4^+), в отличие от нитрата (NO_3^-), способен к обменному поглощению почвенными коллоидами. Это в сложившихся погодных условиях 2020 г., при превышении количества фактически выпавших осадков в мае-июне на 80 и 52% относительно среднемноголетних значений, препятствовало его вымыванию из корнеобитаемого слоя, особенно на ранних этапах онтогенеза, когда потребность растений в азоте максимальная.

Следует отметить, что максимальный урожай 384 г/м² получен на фоне высокой обеспеченности почвы фосфором, в варианте с внесением сульфата аммония и обработкой цинком. Кальциевая селитра и мочевина оказали, в целом, одинаковое действие на урожай, однако, карбамид в отдельных случаях существенно уступал по эффективности сульфату аммония.

В среднем за два года исследований (рис. 1) можно заключить, что все изучаемые формы азотных удобрений достоверно повышали урожай зерна яровой пшеницы. При этом, существенный вклад в формирование урожайности внесло и усиление фосфорного питания растений [4, 5]. В целом по опыту связь между содержанием подвижных фосфатов в почве и урожайностью пшеницы описывалась уравнением линейной регрессии $y = -0,0002x^2 + 0,9328x + 156,03$, характеризовалась как прямая по направлению, линейная по форме и умеренная по тесноте ($r=0,46$).

На основании данных таблицы 2 можно утверждать, что с ростом обеспеченности растений фосфором наблюдались изменение структуры полученного урожая в направлении усиления формирования основной продукции и, как следствие, уменьшения отношения побочной продукции к основной в среднем с 1,72 на почве с низким содержанием фосфора до 1,57 при повышенной обеспеченности фосфатами.

Рост урожайности во многом определялся увеличением массы 1000 зерен, что подтверждается проведением корреляционно-регрессионного анализа связи между этими показателями (табл.2, рис.2). В годы исследований полученное зерно, в большинстве случаев, не достигало массы 1000 семян, характерной для сорта

Любава (40,5–48,5 г), но с ростом обеспеченности почвы фосфором и применением азота и цинка масса зерновок приближалась к заявленному уровню. Зависимость между массой 1000 зерен и урожайностью была прямой по направлению, линейной по форме и заметной по тесноте, $r = 0,60$ (см. рис. 2).

2. Влияние различных форм азотных удобрений и цинка, в зависимости от обеспеченности почв фосфором, на структуру урожая (в среднем за 2019-2020 г.)

урожай (в среднем за 2019-2020 гг.)				
Вариант		Натура, г/л	Масса 1000 семян, г	Отношение побочной продукции к основной
Низкая обеспеченность фосфором				
Конт-роль	-Zn	814	36,4	1,84
Нкц		802	38,1	1,63
Na		823	37,8	1,60
Нм		830	39,0	1,81
Конт-роль	+Zn	826	36,6	1,76
Нкц		839	38,1	1,67
Na		837	39,6	1,69
Нм		839	39,7	1,77
Средняя обеспеченность фосфором				
Конт-роль	-Zn	823	37,4	1,85
Нкц		836	38,2	1,66
Na		830	40,0	1,76
Нм		837	40,3	1,53
Конт-роль	+Zn	842	38,6	1,53
Нкц		840	39,2	1,51
Na		843	40,0	1,46
Нм		840	40,7	1,64
Повышенная обеспеченность фосфором				
Конт-роль	-Zn	824	38,0	1,64
Нкц		831	37,6	1,46
Na		834	39,3	1,50
Нм		841	40,4	1,44
Конт-роль	+Zn	836	37,9	1,58
Нкц		839	39,4	1,56
Na		844	39,1	1,73
Нм		850	42,3	1,64

Масса 1000 зёрен – важнейший показатель, который характеризует зерно как по физическим свойствам, так и по технологической ценности. Величина показателя в значительной степени зависит от формирования белков и

накопления крахмала в зерне. За время проведения исследований установлено, что повышение обеспеченности растений фосфором способствовало формированию более крупного зерна по сравнению с растениями, выращенными на почве с низким содержанием фосфатов. Также наблюдается тенденция к формированию более крупного зерна пшеницы при увеличении содержания в почве доступного фосфора.

Заметное увеличение массы 1000 семян от применения различных форм азотных удобрений отмечалось на почве со средним и повышенным содержанием фосфора при использовании сернокислого аммония. Средняя масса 1000 зерен в вариантах с внесением азотных удобрений на почвах со средним и повышенным содержанием P_2O_5 – 39,3 г, что на 1,1 г больше, чем на более бедной фосфором почве.

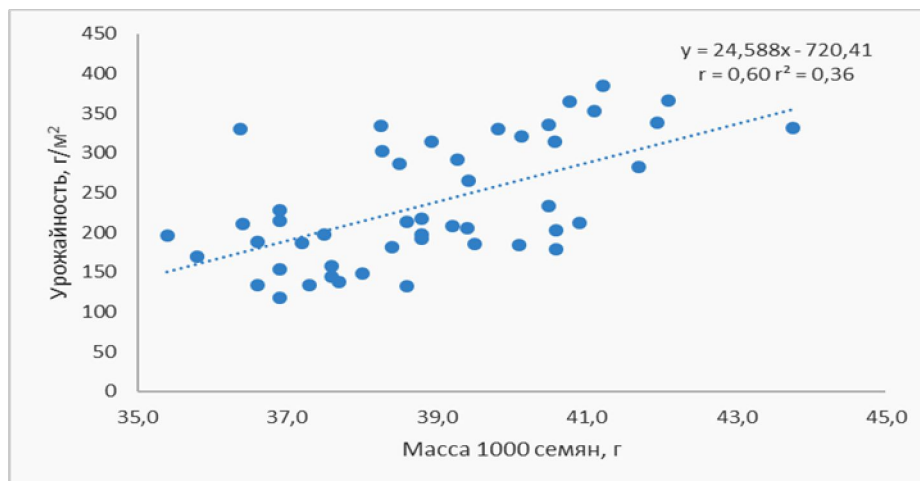


Рис. 2. Корреляционно-регрессионная связь между урожайностью яровой пшеницы и массой 1000 семян

При низком содержании подвижного фосфора максимальная масса 1000 зерен отмечена при внесении мочевины и обработке растений раствором сульфата цинка и составляла 39,7 г. Такая же зависимость наблюдается на почвах при средней обеспеченности доступными фосфатами, где максимальная масса 1000 зерен равна 40,7 г, а на почвах с высокой обеспеченностью фосфатами – 42,3 г.

Одним из важных показателей качества полученного урожая, характеризующим выполненность зерна, является его натурная масса. Для сорта Любава составляет в среднем 789-820 г/л. Результаты исследований показали, что достаточный уровень азотно-фосфорного питания обеспечил формирование довольно высокой натурной массы. В среднем, при применении разных форм азота на почве со средним и повышенным содержанием P_2O_5 , натура зерна была, соответственно, на 10 и 11 г/л выше, чем на почвах с низким содержанием фосфора.

При выращивании растений без применения удобрений натурная масса зерна возрастала с 814 г/л на почве с низкой обеспеченностью подвижными фосфатами до 824 г/л при повышенном содержании фосфора в почве. Внесение в почву различных форм азотных удобрений также способствовало увеличению натурности зерна. Применение сульфата цинка, в свою очередь, дополнительно оказало положительное влияние на формирование зерна, особенно на почве с низкой обеспеченностью фосфором, увеличивая натурность в среднем на 20 г/л.

Результаты показали, что натурная масса коррелировала с массой 1000 зерен, при этом с ростом обеспеченности почвы доступными фосфатами теснота связи между этими показателями усиливалась с $r=0,54$ при низком содержании фосфора до $r=0,81$ при повышенном.

По обобщенным данным, вынос питательных веществ 1 т зерна яровой пшеницы с учетом соответствующего количества побочной продукции составляет 32,5-37,0 кг азота, 11-12 фосфора и 21,5-26,0 кг калия [7, 8, 12, 15]. По полученным данным можно утверждать, что вынос фосфора зависел как от обеспеченности растений подвижным фосфором, так и от применения азотных и цинковых удобрений, которые, за счет роста урожайности увеличивали потребление питательных веществ (табл. 3) [2]. Увеличение выноса элементов питания с ростом обеспеченности фосфором от низкой до средней составило 15-16%, а при повышенной – от 19-20 по азоту и калию до 27% по фосфору.

Установлено, что на почве с низкой обеспеченностью фосфором действие цинка, направленное на усиление потребления элементов питания, было наиболее выраженным. Так на почве 2- и 3-й групп по фосфору проведение подкормки сульфатом цинка в большей степени усиливало питание растений фосфором, о чем свидетельствует увеличение выноса этого элемента на контрольных вариантах на 20-29%, в то время как повышение выноса азота и калия не превышало 8%. При росте обеспеченности почвы фосфором действие цинка несколько ослабевало, но вынос трех основных элементов питания, по-прежнему, возрастал на 9-15%.

Необходимо также отметить, что оптимизация фосфорного питания растений пшеницы и применение цинкового удобрения способствовали снижению удельного выноса элементов питания на формирование единицы продукции. В среднем по результатам двух лет исследования можно утверждать, что вынос азота, фосфора и калия яровой пшеницей сорта Любава соответствовал, соответственно, 31,1, 11,4 и 20,3 кг/т зерна с учетом побочной продукции.

3. Вынос основных элементов питания растениями пшеницы с делянки (в среднем за 2019-2020 г.)

Вариант		Вынос элементов питания урожаем						Соотношение		
		г/м ²			г/кг					
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Низкая обеспеченность фосфором										
Контроль	-Zn	5,0	1,7	3,7	33,8	11,2	23,9	3,0	1,0	2,1
Нкц		6,9	2,7	4,6	31,7	11,7	20,0	2,7	1,0	1,7
Na		6,8	2,3	4,0	31,7	9,9	16,5	3,2	1,0	1,7
Nм		6,6	2,5	4,5	33,4	12,0	20,5	2,8	1,0	1,7
Контроль	+Zn	5,2	2,2	4,0	31,3	12,7	22,8	2,5	1,0	1,8
Нкц		7,2	2,7	4,9	31,8	11,4	20,2	2,8	1,0	1,8
Na		8,0	2,9	5,5	32,6	10,8	21,2	3,0	1,0	2,0
Nм		7,1	2,8	5,4	32,3	12,3	22,9	2,6	1,0	1,9
Средняя обеспеченность фосфором										
Контроль	-Zn	5,7	2,0	4,2	32,1	11,0	23,1	2,9	1,0	2,1
Нкц		8,2	2,9	5,4	31,6	10,9	19,4	2,9	1,0	1,8
Na		8,3	3,1	6,7	32,3	11,4	24,1	2,8	1,0	2,1
Nм		7,3	2,9	5,1	29,1	11,2	19,2	2,6	1,0	1,7
Контроль	+Zn	5,9	2,4	3,9	30,2	12,1	20,1	2,5	1,0	1,7
Нкц		8,4	3,0	5,4	30,8	10,8	18,7	2,8	1,0	1,7
Na		8,7	3,3	5,6	30,3	11,2	17,9	2,7	1,0	1,6
Nм		8,3	3,1	6,0	30,0	11,0	20,7	2,7	1,0	1,9
Повышенная обеспеченность фосфором										
Контроль	-Zn	5,4	2,2	3,8	28,1	11,5	19,4	2,4	1,0	1,7
Нкц		7,9	3,4	5,0	28,8	11,7	17,1	2,5	1,0	1,5
Na		8,8	3,4	6,0	30,4	11,2	19,4	2,7	1,0	1,7
Nм		7,7	3,4	5,7	29,9	12,3	20,4	2,4	1,0	1,7
Контроль	+Zn	6,2	2,4	4,3	29,6	11,6	20,4	2,5	1,0	1,8
Нкц		8,9	3,4	6,1	30,9	11,4	20,1	2,7	1,0	1,8
Na		9,3	3,5	7,1	30,6	10,8	21,0	2,8	1,0	1,9
Nм		8,6	3,5	5,9	31,7	12,3	20,0	2,6	1,0	1,6

4. Влияние уровня фосфорного питания, форм азотных удобрений и применения цинка на качество зерна яровой пшеницы, % (в среднем за 2 года)

(в среднем за 2 года)								
Вариант		Сырой протеин	Крахмал	Сахар	Клетчатка	Жир	Зола	Сбор сырого протеина, г/м ²
Низкая обеспеченность фосфором								
Контроль	-Zn	15,4	61,5	4,9	1,3	2,1	1,7	19
Нкц		15,6	61,5	4,8	1,4	2,0	1,8	28
Na		15,1	62,5	4,7	1,4	2,1	1,8	28
Nм		15,0	63,0	4,7	1,2	1,9	1,7	26
Контроль	+Zn	14,9	62,6	4,7	1,5	2,0	1,8	21
Нкц		15,7	62,0	4,5	1,2	2,0	1,7	30
Na		15,3	62,1	4,4	1,5	2,1	1,8	33
Nм		16,0	61,0	4,6	1,6	2,1	1,8	29
Средняя обеспеченность фосфором								
Контроль	-Zn	15,6	62,9	4,7	1,2	1,9	1,7	23
Нкц		15,8	60,7	4,3	1,6	2,3	1,8	35
Na		15,5	60,8	4,2	1,8	2,3	1,9	35
Nм		15,2	61,9	4,3	1,5	2,2	1,8	33
Контроль	+Zn	15,4	62,6	4,3	1,4	2,0	1,7	25
Нкц		16,0	60,3	3,9	1,6	2,3	1,9	37
Na		15,4	62,6	4,0	1,5	2,1	1,8	38
Nм		15,3	62,9	4,0	1,5	2,1	1,7	36
Повышенная обеспеченность фосфором								
Контроль	-Zn	14,8	62,9	3,9	1,5	2,1	1,7	24
Нкц		15,1	62,6	4,0	1,7	2,3	1,8	36
Na		15,8	61,8	3,8	1,5	2,1	1,8	39
Nм		15,0	63,2	3,7	1,7	2,1	1,8	34
Контроль	+Zn	15,7	61,6	3,6	1,6	2,3	1,8	28
Нкц		16,0	61,6	3,8	1,5	2,1	1,8	39
Na		15,4	63,4	3,8	1,4	2,0	1,7	40
Nм		15,9	61,4	3,5	1,8	2,4	1,9	37

Помимо количественной оценки питания растений, важное значение имеет качественная сторона питания, характеризующаяся соотношением потребленных питательных веществ. Результаты показывают, что в целом по опыту питание растений было сбалансировано по основным элементам питания и характеризовалось соотношением N : P₂O₅ : K₂O = 2,71 : 1,00 : 1,79, что соответствует средним данным для яровой пшеницы.

Анализ вещественного состава зерна свидетельствует, что урожай в целом соответствовал показателям, характерным для зерна яровой пшеницы (табл. 4).

Основным показателем качества является содержание азотистых веществ (сырого белка). По Б.П. Плешкову его содержание может изменяться от 9 до 26%, в наших исследованиях содержание сырого протеина варьировалось в узком диапазоне – от 14,8 до 16,0%. Достоверных различий по вариантам опыта в содержании азотистых веществ не выявлено, однако валовой сбор сырого протеина существенно возрастал при внесении всех изучаемых форм азотных удобрений. Также следует отметить, что применение сульфата цинка способствовало усилению накопления азотистых

веществ в урожае на 8-12%. С ростом содержания в почве подвижного фосфора валовой сбор сырого протеина увеличивался, по сравнению с бедной почвой, на 22 и 29% при средней и повышенной обеспеченности соответственно.

Заключение. Таким образом, проведенные полевые исследования позволяют сделать вывод о высокой эффективности применения азотных и цинковых удобрений при выращивании яровой пшеницы на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве. Применение азотных удобрений обеспечило за два года получение прибавок зерна в среднем 41-48%, а некорневые подкормки сульфатом цинка дополнительно увеличивали урожай на 5-10%. Эффективность азотных удобрений находилась в прямой зависимости от обеспеченности почвы подвижным фосфором, в то время как действие цинка снижалось при усилении фосфорного питания растений. Обеспеченность фосфором и применяемые удобрения не оказали существенного влияния на накопление запасных веществ в зерне, однако заметно повышали валовой сбор сырого протеина с урожаем зерна.

Литература

1. Аристархов А.Н. Оптимизация питания растений и применения удобрений в агроэкосистемах. – М.: ЦИНАО, 2000. – 524 с. – ISBN 5923800098.
2. Аристархов А.Н., Волков А.В., Яковлева Т.А. Эффективность применения цинковых микроудобрений под яровую пшеницу на дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья // Плодородие. – 2014. – № 2. – С. 9-12.
3. Аристархов А.Н., Курпичников Н.А., Виноградов В.В. Эффективность применения цинковых удобрений под озимую пшеницу // Плодородие. – 2019. – № 2. – С. 7-11. – DOI 10.25680/S19948603.2019.107.02.
4. Аристархов А.Н., Прошкин В.А., Волков А.В. Влияние агрохимических свойств почв на эффективность применения цинковых микроудобрений под озимую и яровую пшеницу // Агрохимия. – 2014. – № 1. – С. 37-44.
5. Белобусов, А.С. Влияние некорневой подкормки яровой пшеницы сульфатом цинка на усвоение отдельных форм азота при разной обеспеченности почвы подвижным фосфором / А. С. Белобусов, В. М.

- Лапушкин, И. В. Верниченко // Агрохимический вестник. – 2021. – № 6. – С. 29-33. – DOI 10.24412/1029-2551-2021-6-006.
6. Бобренко И.А., Гоман Н.В., Шувалова Н.В. Эффективность разных приемов применения цинковых удобрений под яровую пшеницу в условиях Западной Сибири // Омский научный вестник. – 2012. – № 1(108). – С. 142-145.
7. Гриб С.И., Берестов И.И., Мельников Р.В., Безлюдный В.Н. Урожайность и вынос азота яровой мягкой пшеницей в зависимости от сорта и уровня применения азотного удобрения // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2016. – № 52. – С. 28-35.
8. Елисеев В.И., Абдрашитов Р.Р. Химический состав растений яровой пшеницы и вынос питательных веществ с урожаем при длительном применении удобрений // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 6. – С. 237-239.
9. Касицкий Ю.И., Любомудрова Г.В., Кулешова В.Н. Влияние фосфорных удобрений на плодородие дерново-подзолистых почв // Химия в сельском хозяйстве. – 1985. – №1. – С. 26-30.
10. Курпичников Н.А., Бижан С.П. Фосфатный режим при известковании дерново-подзолистой почвы и эффективность фосфорных и цинковых удобрений // Плодородие почв России: состояние и возможности: Сборник статей (к 100-летию со дня рождения Тамары Никандровны Кулаковской) / Под ред. В.Г. Сычева. – М.: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2019. – С. 50-56.
11. Курносоев Т.Л., Осипова Л.В., Верниченко И.В., Быковская И.А., Яковлев П.А. Формирование продуктивности растений пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и тритикале (*xTriticosecale* Wittm. & A.Camus) на фоне предпосевной обработки семян селеном, кремнием и цинком в условиях окислительного стресса, вызванного засухой // Проблемы агрохимии и экологии. – 2017. – № 3. – С. 13-23.
12. Микулич В.А. Состав и вынос элементов питания урожаем яровой пшеницы при различной обеспеченности фосфором дерново-подзолистой супесчаной почвы // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – № 1. – С. 135-145.
13. Попова В.В., Гоман Н.В., Бобренко И.А., Гайдар А.А. Влияние некорневой подкормки хелатами микроэлементов на урожайность яровой пшеницы при возделывании на лугово-черноземной почве // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 8. – С. 57-64. – DOI 10.36718/1819-4036-2020-8-57-64.
14. Сельское хозяйство в России, 2021: Стат.сб./Росстат – С 29 – М., 2021. – 100 с.
15. Сержанов И.М., Шайхутдинов Ф.Ш. Вынос элементов питания урожаем яровой пшеницы в зависимости от фона питания и норм высева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2011. – Т. 6. – № 1. – С. 150-152.
16. Плещиков Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений. – 4-е изд., доп. и перераб. – М.: Колос, 1980. – 496 с.

FORMATION OF HARVEST AND QUALITY OF SPRING WHEAT DEPENDING ON THE APPLICATION OF DIFFERENT FORMS OF NITROGEN FERTILIZERS AND ROOT FEEDING WITH ZINC SULFATE.

Lapushkin V.M.^{1,2}, Vernichenko I.V.¹, Belobusov A.S.¹, Lapushkina A.A.^{1,2}
¹Russian State Agrarian University-Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
²Pryanishnikov institute of agrochemistry
 Russian Federation, Moscow, 127550 Timiryazevskaya st., 49
 e-mai: lapushkin@rgau-msha.ru

The influence of various forms of nitrogen fertilizers during foliar treatment of plants with zinc sulfate on the formation and quality of the yield of spring wheat variety Lyubava, depending on the availability of mobile phosphorus in sod-podzolic heavy loamy soil in a small-plot field experiment. It was found that the use of nitrogen fertilizers provided an average of 41-48% grain increase over two years, and foliar fertilizing with zinc sulfate increased the yield by 5-10%. With an increase in the content of mobile phosphorus in the soil, the effect of nitrogen fertilizers increased with a parallel decrease in the effect of zinc. A correlation was found between the provision of plants with available phosphorus and the change in the structure of the obtained crop in the direction of strengthening the formation of the main product. Zinc had a significant effect on the removal of available phosphorus, where the figure increased by 8-10%. Significant differences in grain quality indicators under the conditions of these experiments were not revealed, however, there is a tendency to some increase in the accumulation of nitrogenous substances on soil with a higher phosphorus content, and all forms of nitrogen fertilizers used contributed to an increase in crude protein.