

# Оптимальные дозы и сроки проведения листовых подкормок озимой пшеницы калиевой селитрой

Полтораднев М.С., Гребенникова Т.В. и Гржебиш В.

Изучено влияние листовых подкормок раствором  $KNO_3$  на структуру урожая, урожайность и качество зерна озимой пшеницы. Количество листовых подкормок составило от одной до трех, концентрация раствора  $KNO_3$  – от 3 до 7% в зависимости от фазы развития растений. Максимальная урожайность зерна (5.55 т/га) была получена в варианте с проведением трех обработок – при возобновлении весенней вегетации (7% раствор), в фазу выхода в трубку (5% раствор) и в колошение (3% раствор). Прибавка урожайности к контролю при этом составила 30%. Максимальное содержание белка (15.5%) было получено в варианте с проведением одной листовой подкормки при возобновлении весенней вегетации (7% раствор).

Сбалансированное минеральное питание – ключевой фактор формирования высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Оптимизация форм, доз, сроков и способов внесения удобрений повышает экономическую отдачу при возделывании зерновых культур. Большое количество исследований указывает на то, что листовые подкормки азотом и калием повышают урожайность и качество зерна озимой пшеницы (Raun и Johnson, 1999; Emam и Borjian, 2000; Zecevic и др., 2004; El-Abady и др., 2009; Khan и др., 2009; Zheng и др., 2010). Положительные стороны использования листовой подкормки – это повышение потребления элементов питания растениями, а также снижение потерь азота вследствие вымывания и денитрификации (Powlson и др., 1987). Данный способ внесения азота высокоэффективен на зерновых культурах. Листовые подкормки жидкими азотными удобрениями с целью повышения содержания белка в зерне широко практикуются во многих странах мира.

Калиевая селитра ( $KNO_3$ ) служит одновременно источником азота и калия для растений. Она представляет собой кристаллический порошок белого цвета и полностью растворима в воде. Удобрение вносится в растворенном виде с помощью опрыскивателей. В полевых опытах, проведенных Барраклаухом и Хейнесом (Barraclough и Haunes, 1996), озимая пшеница обрабатывалась 2.6% раствором  $KNO_3$  на трех этапах развития: развернутый первый лист, конец колошения и молочная спелость зерна. По ВВСН-шкале (Meier, 2001) это стадии 11, 59 и 71 соответственно. Исследователи не выявили значительного влияния листовых подкормок на урожайность зерна и содержание азота в зерне даже при тройной обработке раствором  $KNO_3$ . Они объяснили этот факт высоким плодородием почвы – хорошей обеспеченностью доступными растениям формами азота и калия. Женг с соавт. (Zheng и др., 2010) в вегетационном опыте получили увеличение массы 1000 зерен и урожайности зерна озимой пшеницы при обработке 0.01 М раствором  $KNO_3$  в фазу колошения. Однако при этом наблюдалось снижение содержания белка в зерне. Авторы предположили, что это могло быть вызвано солевым стрессом у растений, поскольку они выращивались в условиях засоления

(в качестве субстрата исследователи использовали вермикулит с добавлением NaCl). Дас и Саркар (Das и Sarkar, 1981) в полевых опытах установили, что листовая подкормка 0.5% раствором  $KNO_3$  после фазы цветения дает прибавку урожайности зерна и соломы пшеницы.

В странах Восточной Европы подобных работ по изучению эффективности листовых подкормок озимой пшеницы растворами  $KNO_3$  не проводилось. Цель данного исследования – изучение влияния периодичности проведения листовых подкормок и концентрации раствора  $KNO_3$  на урожайность и качество зерна озимой пшеницы, возделываемой на почвах с низким содержанием органического вещества в условиях умеренного климата с высоким количеством осадков и значительным вымыванием элементов питания из почвы. Полевой опыт был проведен в 2009-2010 гг. на Опытной станции «Броды» Познаньского университета естественных наук в 50 км к западу от г. Познань (Польша). Данный регион характеризуется влажным континентальным климатом с холодной зимой и теплым летом. Средние температуры января и июля – 3.1°C и 18.3°C соответственно. Среднегодовое количество осадков – 500 мм с максимумом в июле. Зима 2010 г. была в целом благоприятна для перезимовки растений, однако в феврале и в течение первой недели марта растения пострадали от сильных морозов (ниже -20°C). Температуры в апреле были несколько выше, чем обычно. Наблюдалась также небольшая задержка осадков, однако количество осадков в мае компенсировало их недостаток в апреле (рис. 1).

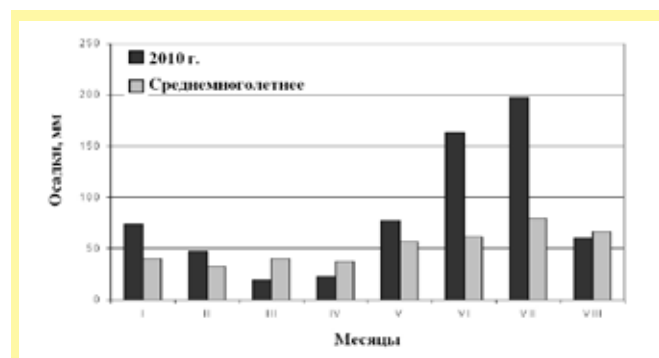


Рис. 1. Динамика осадков в 2010 г. относительно среднегодовое данных.

**Таблица 1.** Исходная агрохимическая характеристика почвы опытного участка (слой 0-30 см).

pH <sub>KCl</sub>	Гумус, %	Подвижный	Подвижный	Обменный	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>
		P	K	Mg		
мг/кг почвы (в расчете на элемент)						
5.4	2.6	92	168	82	11	45

Примечание: подвижные формы фосфора и калия определялись в вытяжке 0.2 М CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> + 0.2 М CH<sub>3</sub>COOH + 0.1 М 2(C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Ca (лактат Ca) + 0.1 М HCl, обменный Mg – в вытяжке 1.0 М KCl.

**Таблица 2.** Схема полевого опыта.

№	Вариант опыта	Концентрация раствора KNO <sub>3</sub> (%) в зависимости от фазы развития растений		
		ВВВВ (ВВСН 25)	Выход в трубку (ВВСН 31)	Колошение (ВВСН 50)
1	N <sub>70</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub> – фон (контроль)	-	-	-
2	+ 1 обработка (3%)	3	-	-
3	+ 2 обработки (3%+3%)	3	3	-
4	+ 3 обработки (3%+3%+3%)	3	3	3
5	+ 1 обработка (5%)	5	-	-
6	+ 2 обработки (5%+3%)	5	3	-
7	+ 3 обработки (5%+3%+3%)	5	3	3
8	+ 1 обработка (7%)	7	-	-
9	+ 2 обработки (7%+5%)	7	5	-
10	+ 3 обработки (7%+5%+3%)	7	5	3

**Таблица 3.** Влияние листовой подкормки KNO<sub>3</sub> на содержание азота и калия в листьях и стеблях озимой пшеницы (%) при уборке.

Вариант опыта	Листья			Стебли		
	N	K*	K:N	N	K*	K:N
1	1.54	1.18	0.77	0.70	0.82	1.17
2	1.24	1.08	0.87	0.54	0.82	1.52
3	1.21	1.38	1.14	0.77	1.00	1.30
4	1.89	1.26	0.67	0.61	0.91	1.49
5	1.47	1.06	0.72	0.69	0.66	0.96
6	1.46	1.17	0.80	0.59	0.89	1.51
7	1.66	1.10	0.66	0.50	0.89	1.78
8	1.72	1.58	0.92	0.70	1.21	1.73
9	1.61	1.25	0.78	0.66	0.93	1.41
10	1.83	1.13	0.62	0.55	0.73	1.33

\*В расчете на элемент.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая, гранулометрический состав – опесчаненный суглинок. Исходная агрохимическая характеристика почвы представлена в **табл. 1**. Удобрения – аммиачную селитру, двойной суперфосфат и хлористый калий вносили осенью перед посевом в дозах 70 кг N/га, 40 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/га и 80 кг K<sub>2</sub>O/га соответственно (фон – контроль). Схема опыта включала 9 вариантов с листовыми подкормками растворами KNO<sub>3</sub> (**табл. 2**). Обработка проводилась в следующие фазы развития растений: возобновление весенней вегетации, выход в трубку и колошение – стадии 25, 31 и 50 по ВВСН-шкале. В эксперименте использовались концентрации раствора KNO<sub>3</sub> в пределах от 3 до 7%. Расход рабочего раствора составил 350 л/га. В контрольном варианте опыта проводили обработку

растений водой соответственно трехкратному внесению растворов. Выращивалась озимая пшеница сорта Торас (*Triticum aestivum* L.). Общая площадь делянок – 25 м<sup>2</sup>, повторность – 4-х кратная.

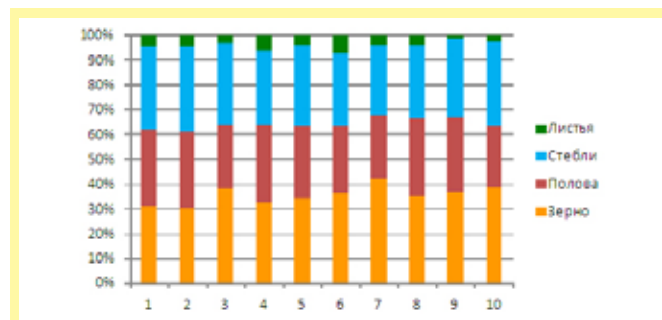
Образцы надземной биомассы растений отбирались при уборке (стадия 91 по ВВСН-шкале) и высушивались в сушильном шкафу при температуре 65°C. Содержание общего азота определяли по методу Кьельдаля (АОАС, 1990). Содержание белка в зерне рассчитывалось путем умножения содержания общего азота на 5.74.

Содержание фосфора определялось спектрофотометрическим методом (Richards, 1954); калия – пламенно-фотометрическим методом (Jackson, 1973); кальция и магния – методом атомной спектроскопии; Fe, Mn, Zn, Cu – методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭС) на приборе JY 238.

Содержание общего азота и калия было значительно ниже в стеблях по сравнению с листьями растений (**табл. 3**). Максимальное содержание азота в листьях – 1.83-1.89% наблюдалось при проведении трех обработок раствором KNO<sub>3</sub> (3%+3%+3% и 7%+5%+3% соответственно). Листовые подкормки KNO<sub>3</sub> существенно повышали содержание калия как в листьях, так и в стеблях только в одном варианте опыта – с проведением одной обработки 7% раствором.

Максимальное содержание общего азота в зерне было получено в варианте с проведением одной обработки 7% раствором KNO<sub>3</sub> при возобновлении весенней вегетации растений (**табл. 4**). Следует отметить тенденцию к увеличению накопления фосфора в зерне при проведении листовых подкормок KNO<sub>3</sub>. Заметных изменений в содержании в зерне таких макро- и микроэлементов, как K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn и Cu выявлено не было.

Влияние листовой подкормки KNO<sub>3</sub> на некоторые элементы структуры урожая озимой пшеницы показано в **табл. 5**. Достоверное увеличение числа зерен в колосе по сравнению с контролем было получено во всех вариантах опыта, где проводилось три обработки, а также в вариантах с двумя обработками (5%+3% и 7%+5%). Статистически значимое увеличение массы 1000 зерен при проведении листовых подкормок KNO<sub>3</sub> наблюдалось только в одном вари-



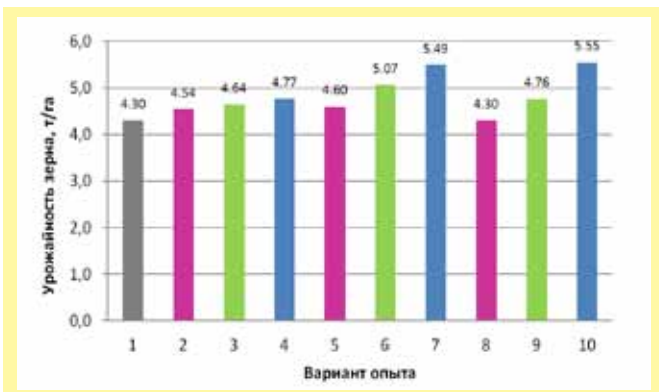
**Рис. 2.** Влияние листовой подкормки KNO<sub>3</sub> на структуру биомассы озимой пшеницы.

**Таблица 4.** Влияние листовой подкормки  $KNO_3$  на содержание макро- и микроэлементов в зерне озимой пшеницы (в расчете на элемент).

Вариант опыта	N	P	K	Mg	Ca	Fe	Mn	Zn	Cu
	%					мг/кг			
1	2.42	0.05	0.44	0.05	0.04	28.5	38.9	30.9	2.05
2	2.13	0.09	0.46	0.05	0.03	27.9	37.1	32.1	1.95
3	2.40	0.13	0.50	0.06	0.04	33.0	46.0	33.0	2.25
4	2.37	0.11	0.44	0.05	0.04	29.9	41.5	30.8	2.15
5	2.37	0.15	0.42	0.05	0.04	25.6	32.8	27.8	2.00
6	2.40	0.12	0.48	0.06	0.04	28.5	41.5	31.5	2.00
7	2.55	0.10	0.52	0.05	0.04	31.2	41.9	31.2	2.20
8	2.69	0.12	0.40	0.05	0.05	28.6	40.1	29.0	2.45
9	2.23	0.13	0.52	0.06	0.04	29.2	40.9	34.2	2.60
10	2.16	0.12	0.48	0.06	0.04	27.9	37.5	30.0	2.05

**Таблица 5.** Влияние листовой подкормки  $KNO_3$  на некоторые элементы структуры урожая и качество зерна озимой пшеницы.

Вариант опыта	Число колосьев, шт./м <sup>2</sup>	Число зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Белок, %
1	422	22.8	44.3	13.9
2	457	20.4	48.5	12.5
3	405	24.8	45.8	13.8
4	387	27.0	45.3	13.6
5	424	23.1	46.5	13.6
6	403	25.8	49.4	13.8
7	436	28.2	44.2	14.7
8	418	22.8	45.1	15.5
9	396	25.4	47.4	12.8
10	462	25.7	46.3	12.4
НСР <sub>0.05</sub>	42	2.5	4.6	1.4



**Рис. 3.** Влияние листовой подкормки  $KNO_3$  на урожайность зерна озимой пшеницы. (НСР<sub>0.05</sub> = 0.48).

анте опыта, в котором проводилось две обработки растений (5%+3%).

Доля зерна в надземной биомассе растений была максимальной при проведении трех подкормок растворами  $KNO_3$  (5%+3%+3% и 7%+5%+3%). Данный показатель составил 43 и 39% соответственно (рис. 2). В обоих случаях более высокая доля зерна в надземной биомассе была получена за счет снижения доли половы (до 25%). Таким образом, листовые подкормки растворами  $KNO_3$  в оптимальных дозах и в оптимальные сроки оказывают положительное влияние на соотношение вегетативных и репродуктивных органов у озимой пшеницы.

Урожайность зерна в контрольном варианте опыта (N70P40K80 – фон) составила 4.30 т/га (рис. 3). Следует отметить, что доза азота, равная 70 кг N/га, соответствует средней практике хозяйств. Достоверная прибавка урожайности зерна по сравнению с контролем наблюдалась в трех вариантах опыта с листовыми подкормками раствором  $KNO_3$ . Так, урожайность зерна повысилась на 0.77 т/га (на 18%) при проведении двух подкормок (5%+3%). Наибольшие прибавки урожайности – 1.19 и 1.25 т/га (на 28 и 29%) наблюдались при проведении трех подкормок (5%+3%+3% и 7%+5%+3% соответственно).

В последнем варианте опыта была получена максимальная урожайность зерна – 5.55 т/га. В вышеуказанных вариантах, как отмечено выше, наблюдалось достоверное увеличение числа зерен в колосе, а также доли зерна в надземной биомассе растений по сравнению с контролем. В нашем исследовании почва была менее обеспечена минеральным азотом и подвижным калием, чем в опытах, проведенных Барраклаухом и Хейнесом (Barraclough и Haynes, 1996), поэтому при проведении листовой подкормки раствором  $KNO_3$  и был получен значительный эффект. К аналогичным выводам пришли и другие исследователи (Zheng и др. 2010).

Результаты проведенного полевого опыта свидетельствуют о том, что максимальное содержание белка в зерне, как и содержание общего азота, отмечается в варианте с проведением одной обработки 7% раствором  $KNO_3$  при возобновлении весенней вегетации растений (табл. 5). Содержание белка в зерне в данном варианте достоверно повысилось до 15.5% по сравнению с 13.9% в контроле. Урожайность зерна при этом не изменилась.

## Выводы

Согласно полученным результатам, максимальная прибавка урожайности зерна при проведении листовых подкормок растворами  $KNO_3$  наблюдалась при проведении трех обработок: при возобновлении весенней вегетации, в фазу выхода в трубку и в колошение. Концентрации раствора  $KNO_3$  при этом составили 5%+3%+3% и 7%+5%+3%. В последнем случае была получена максимальная урожайность зерна – 5.55 т/га. Прирост урожайности зерна был достигнут за счет увеличения числа зерен в колосе и повышения доли зерна в надземной биомассе растений.

Полтораднев М.С. – агроном-консультант; e-mail: maksim.poltoradnev@uralchem.com.

Гребенникова Т.В. – руководитель департамента маркетинга и продвижения продукции; e-mail: tatiana.grebennikova@uralchem.com.

Гржебиш В. – профессор-менеджер, Познаньский университет естественных наук (г. Познань, Польша).

Авторы признательны региональному директору Международного института питания растений по Югу и Востоку России В.В. Носову за помощь в подготовке статьи.

## Литература

Raun, W.R. and G.V. Johnson. 1999. *Agron. J.* 91: 357-363.

Emam, Y. and A.R. Borjian. 2000. *J. Agr. Sci. Tech.* 2: 263-270.

Zecevic, V., Dokic, D., Knezevic, D. and D. Micanovic. 2004. *Kragujevac J. Sci.* 26: 85-90.

El-Abady, M.I., Seadh, S.E., El-Ward, A., Ibrahim, A. and A.M. El-

Amam. 2009. *Int. J. Sustain. Crop Prod.* 4 (4): 33-39.

Khan, P., Memon, M.Y., Imtiaz, M. and M. Aslam. 2009. *Pak. J. Bot.* 41 (3): 1197-1204.

Zheng, Y., Xu, X., Simmons, M., Zhang, C., Gao, F. and Z. Li. 2010. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 173: 444-452.

Powlson, D.S., Poulton, P.R., Penny, A., and M.V. Hewitt. 1987. *J. Sci. Food Agric.* 41: 195-203.

Barraclough, P.B., and J. Haynes. 1996. *Fert. Res.* 44: 217-223.

Meier, U. 2001. *Growth stages of mono- and dicotyledonous plants. BBCH Monograph. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry.*

Das, S. and A.K. Sarkar. 1981. *Indian Agriculturist* 25: 267-273.

AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis.* Washington, DC: AOAC.

Richards, L.A. 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline Alkali Soils.* USDA Handbook No. 60. Washington, DC: USDA.

Jackson, M.L. 1973. *Soil Chemical Analysis.* New Delhi: Prentice Hall of India Pvt. Ltd.

# Оптимизация азотного питания пшеницы на почвах с неблагоприятными физико-химическими свойствами подпахотного горизонта

Дж.Ф. Ангус, Ч.Н. Уолкер, Ю.Ф. Педлер и Р.Н. Нортон

При внесении азотных удобрений под пшеницу на почвах с сильной засоленностью, высокой щелочностью и/или токсичным для растений содержанием водорастворимого бора в подпахотном горизонте часто наблюдается низкая эффективность использования азота растениями и низкая экономическая отдача от применения азотных удобрений. При значительной пестроте почвенного покрова данные почвенные зоны могут быть выявлены с помощью электромагнитного индукционного зондирования. Азотные удобрения можно применять дифференцированно с учетом выявленных зон с разной выраженностью неблагоприятных свойств подпахотного горизонта.

В «зерновом поясе» Австралии, расположенном на Юго-Востоке страны, широко распространены почвы, подпахотный горизонт которых характеризуется сильной засоленностью, а также высокой солонцеватостью и, соответственно, щелочностью. Протекающие в данных почвах химические процессы ведут к переуплотнению подпахотного горизонта, накоплению токсичных количеств водорастворимого бора, а также снижению доступности почвенной влаги из-за накопления солей. Обследование ряда полей показало, что зачастую может проявляться сразу несколько из вышеуказанных лимитирующих факторов (табл. 1). В результате этого ограничивается рост корневой системы, что не позволяет растениям поглощать влагу и элементы питания из подпахотного горизонта почвы. При этом отзывчивость растений на применение азотных удобрений на таких почвах недостоверна даже в годы с достаточным количеством осадков, что ведет к низкой эффективности использования азота и низкой экономической отдаче от применения азотных удобрений.

На рис. 1 показан регион в северо-западной части штата Виктория, где в 2000-2004 гг. была проведена серия полевых опытов. В данном районе количество осадков за вегетационный сезон варьирует от 104

до 596 мм, составляя в среднем 392 мм. В каждом опыте мы оценивали систему применения азотных удобрений под пшеницу. Согласно рабочей гипотезе, отзывчивость растений на азотные удобрения можно улучшить, если доступный растениям азот будет сосредоточен в пахотном горизонте, откуда корневая система сможет его поглощать. Однако

**Таблица 1.** Результаты обследования 36-ти полей в южной части района Малли и в районе Виммера: содержание водорастворимого бора, степень солонцеватости (доля обменного Na от ЕКО) и степень засоления (удельная электропроводность – ЕС при соотношении почва:H<sub>2</sub>O = 1:5) для слоя почвы 0-60 см.

Лимитирующие факторы (в скобках даны критические значения показателей)	Площадь, %
Бор (> 8 мг/кг почвы)	67
Солонцеватость (доля обменного Na > 15%)	67
Засоление (ЕС > 2 мСм/см)	67
Бор (> 8 мг/кг почвы) и солонцеватость (доля обменного Na > 15%)	56
Бор (> 8 мг/кг почвы) и засоление (ЕС > 2 мСм/см)	47
Солонцеватость (доля обменного Na > 15%) и засоление (ЕС > 2 мСм/см)	36