

при минимализации основной обработки почвы в условиях Приобья Алтая // Вестник АГАУ. – 2010. – № 12 (74). – С. 8-20.

References

1. Zakharenko V.A. Bor'ba s sornyakami v posevakh zernovykh kolosovykh kul'tur / Zashchita i karantin rastenii. – 2007. – № 2. – S. 127.
2. Dawson K.P. Durum wheat / K.P. Durum // ESCA, Technical Note, Edinburgh, 1984. – No. 337.
3. Orlov A.N., Tkachuk O.A., Pavlikova E.V. Resursosberegayushchie priemy vozdeleyvaniya yarovoi pshenitsy v lesostepi Srednego Povolzh'ya: monografiya. – Penza, 2010. – S. 5.
4. Drobyshev A.P., Mal'tsev M.I., Morkovkin G.G., Zhandarova S.V., Aver'yanova I.P., Sovrikov A.B., Tanenkov M.V., Emelina T.S. Organizatsiya sistemy polevykh statsionarykh

issledovaniy po ekologizatsii zemledeliya v usloviyakh Altaiskogo Priob'ya / Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2011. – № 12 (86). – S.14-19.

5. Cherepanov M.E. Resursosberegayushchie tekhnologii vozdeleyvaniya yarovoi pshenitsy / Intensifikatsiya rastenievodstva v Sibiri // Sb. nauch. tr. Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet. – Novosibirsk, 2003. – S. 3-7.

6. Iodko L.N. Vesennaya agrotekhnika zernovykh kul'tur v lesostepi Novosibirskoi oblasti. – Novosibirsk, 2002, – 56 s.

7. Tsvetkov M.L. Zasorennost' posevov i urozhainost' kul'tur zernovogo sevooborota pri minimalizatsii osnovnoi obrabotki pochvy v usloviyakh Priob'ya Altaya / Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2010. – № 12 (74). – S. 8-20.



УДК 631.8:576.8

И.Г. Чучвага
I.G. Chuchvaga

**УСВОЕНИЕ АЗОТА РАСТЕНИЯМИ РЖИ ОЗИМОЙ
ПРИ СОВМЕЩЕНИИ БАКТЕРИЗАЦИИ
И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

**NITROGEN UPTAKE BY WINTER RYE PLANTS
UNDER COMBINATION OF INOCULATION AND MINERAL FERTILIZERS**

Ключевые слова: минеральный азот, рожь озимая, diazобактерин, содержание белка, бактеризация, нитратредуктаза.

Приводятся экспериментальные данные, свидетельствующие о целесообразности применения минеральных удобрений и микробного препарата «Диазобактерин» в технологии выращивания ржи озимой. В результате определения активности нитратредуктазы в флаговых листьях растений ржи озимой в фазу цветения установлено, что активность фермента возрастает как с увеличением уровня минерального удобрения, так и под влиянием diazобактерина. Сочетание инокуляции и минеральных удобрений способствует росту ферментативной активности на 54-70% в зависимости от дозы удобрения (по сравнению с вариантами без обработки биопрепаратом). При этом относительный рост активности нитратредуктазы значительно больше при меньшей дозе минерального азота. От применения минеральных азотных удобрений повышается содержание водорастворимого белка в листьях растений ржи озимой. Внесение удобрений в дозах, не превышающих $N_{60}K_{40}$, в сочетании с diazобактерином оптимизирует процесс синтеза белка. Активизация ферментных систем и улучшение усвоения минерального азота повлияли на формирование урожайности зерна ржи озимой. Так, урожайность культу-

ры при внесении $N_{60}K_{40}$ и бактеризации обеспечивает формирование почти такой же урожайности, как и при внесении удобрений в дозе $N_{90}K_{60}$. Сочетание дозы удобрений $N_{90}K_{60}$ с diazобактерином способствует получению такой же урожайности, как и при внесении $N_{120}K_{80}$ (но без инокуляции). Таким образом, можно утверждать об эквивалентности влияния diazобактерина на урожайность ржи озимой действия минеральных удобрений в дозе $N_{30}K_{20}$. Применение diazобактерина способствует росту содержания белка в зерне. При сочетании инокуляции с внесением удобрений в дозе $N_{60}K_{40}$ содержание белка в зерне возрастает на 2,07% (прирост является самым высоким по опыту).

Keywords: mineral nitrogen, winter rye, Diazobakterin, protein content, inoculation, nitrate reductase.

The experimental data on the practicability of mineral fertilizers and Diazobakterin application in winter rye cultivation are discussed. It is revealed that nitrate reductase activity increases with increased rates of mineral fertilizer and under the effect of Diazobakterin. The combination of inoculation and mineral fertilizers contributes to the increase of enzyme activity by 54-70% depending on the fertilizer rate (compared with the variants

without inoculation). The relative increase in nitrate reductase activity is significantly greater at lower rates of mineral nitrogen. The content of water-soluble protein in winter rye leaves increases with the application of mineral nitrogen fertilizers. The fertilization in the rates not higher than $N_{60}K_{40}$ combined with Diazobakterin optimizes protein synthesis. The activation of the enzyme systems and improved mineral nitrogen uptake affected winter rye grain yield. In particular, the crop yield with $N_{60}K_{40}$ applied and inoculation is about the same as

with the fertilizer in a dose of $N_{90}K_{60}$. The combination of Diazobakterin with the fertilizers in a dose of $N_{90}K_{60}$ contributes to the same yield as with $N_{120}K_{80}$ (without inoculation). Therefore, the effect of Diazobakterin on winter rye yielding capacity is equal to that of mineral fertilizers rate of $N_{30}K_{20}$. Diazobakterin application increases protein content in grain. The combination of inoculation with the rate of fertilizer of $N_{60}K_{40}$ increases the protein content in grain by 2.07%.

Чучвага Ирина Григорьевна, м.н.с., сектор научно-го обеспечения производства и маркетинга инноваций, Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН, г. Чернигов, Украина. Тел.: (04622) 3-70-15; +38 (098)2408422. E-mail: chychvaga_i@i.ua.

Chuchvaga Irina Grigoryevna, Junior Staff Scientist, Institute of Agricultural Microbiology and Agricultural Industry Production of Natl. Acad. of Agr. Sci., Chernigov, Ukraine. Ph.: (04622) 3-70-15; +38 (098)2408422. E-mail: chychvaga_i@i.ua.

Введение

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур и проблема белка привлекают внимание многих исследователей. Рост урожайности зерновых культур может быть достигнут за счет применения в технологии их выращивания минеральных удобрений. Показано положительное влияние азотных удобрений как на урожайность, так и на запас белка в зерне [1]. Однако степень усвоения растениями действующего вещества из удобрений достаточно низкая: азота – в пределах 35-50%, фосфора – около 20, калия – 25-60% в зависимости от типа почвы [2]. При этом с увеличением доз удобрений интенсивность усвоения удобрений растениями снижается. Поэтому решение проблемы повышения коэффициентов использования действующего вещества из удобрений является чрезвычайно важным. Одной из составляющих биологического подхода к вопросам оптимизации усвоения растениями питательных веществ является применение микробных препаратов. Инокуляция улучшает развитие корневой системы, способствует повышению уровня фотосинтезирующих пигментов в листьях, обеспечивает растение веществами фитогормональной природы. Неоднократно сообщалось о положительном влиянии бактериализации семян на повышение степени усвоения действующего вещества из удобрений [4]. Однако влияние предпосевной инокуляции в сочетании с различными дозами удобрений на усвоение растениями питательных веществ изучено недостаточно.

Цель исследования – оценить возможность влияния предпосевной бактериализации семян ржи озимой на усвоение соединений азота растениями ржи озимой.

Объекты и методы

С целью изучения особенностей усвоения азота растениями ржи озимой сорта Синте-

тик-38 под воздействием инокуляции диазобактерином и в зависимости от агрофона проводили полевые опыты на дерново-подзолистой пылевато-супесчаной окультуренной почве опытного поля Института сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН (Черниговское Полесье) в 2011-2013 гг. Пахотный слой почвы характеризовался следующими показателями: содержание гумуса – 1,02% (по Тюрину) рН_{солевое} – 6,2, содержание легкогидролизированного азота – 54,9 мг/кг (по Корнфилду), содержание подвижного P_2O_5 – 330 мг/кг (по Чирикову); обменного калия (K_2O) – 148 мг/кг. Предшественник – горохово-овсяная смесь.

Схема опыта:

- I. Без инокуляции.
 1. Без удобрений.
 2. $N_{30}K_{20}$ (N_{20} осенью + N_{10} ранней весной).
 3. $N_{60}K_{40}$ (N_{30} осенью + N_{30} ранней весной).
 4. $N_{90}K_{60}$ (N_{30} осенью + N_{30} ранней весной + N_{30} в фазу выхода в трубку).
 5. $N_{120}K_{80}$ (N_{30} осенью + N_{45} ранней весной + N_{45} в фазу выхода в трубку).
- II. С инокуляцией.
 - 6-10 – такие же варианты удобрения.

Схема опыта не предусматривала внесение фосфорных удобрений из-за высокого содержания водорастворимых фосфатов в почве. Доза азотных удобрений 120 кг/га и калийных 80 кг/га рассчитана по выносу с максимально запланированным урожаем в 3,5 т/га.

В качестве инокулянта использовали микробный препарат «Диазобактерин» на основе азотфиксирующей бактерии *Azospirillum brasilense* 18-2 (ТУ У24.1-00497360-002:2005).

В опыте определяли содержание водорастворимого белка (по Лоури) и активность нитратредуктазы в флаговом листке, содержание белка в зерне (по Кьельдалю), проводили учет урожая [5, 6]. Планирование и проведение полевого опыта, статистическую

обработку экспериментальных данных выполняли по общепринятым методикам [7].

Результаты и их обсуждение

При изучении азотного питания особое внимание уделяется нитратредуктазе (НР-аза) – первому ферменту в осуществлении реакции восстановления нитратов в растениях до аммиака и амидной формы азота, поскольку способность растений ассимилировать нитратный азот рассматривается как важный признак производительности и белковости. Среди факторов, влияющих на синтез и реализацию активности НР-азы, значительный интерес представляет установление зависимости ее активности от различных доз азотного удобрения, примененных в том числе и в сочетании с биопрепаратами. Данные литературы свидетельствуют о значительной степени положительной корреляции между нитратредуктазной активностью и азотным статусом растений. Рост, урожайность, содержание белка коррелируют с уровнем содержания фермента в листьях [8]. Таким об-

разом, активность фермента в листьях может служить важным критерием в оценке продуктивности культуры при определенном уровне удобрения.

Определение активности НР-азы проводили в флаговых листьях растений в фазу цветения. В результате исследований установлено, что активность исследуемого фермента в листьях ржи озимой растет как с увеличением уровня минерального удобрения, так и под влиянием diazobактерина (рис. 1).

Сочетание инокуляции и минеральных удобрений способствует росту ферментативной активности на 54-70% по отношению к показателям абсолютного контроля в зависимости от дозы удобрения. Вероятно, это объясняется тем, что при инокуляции diazobактерином свободные нитраты в большем количестве поступают к листьям и индуцируют синтез и активность НР-азы в зеленых листьях в фазу цветения. При этом относительный рост активности нитратредуктазы значительно больше при меньшей дозе минерального азота.

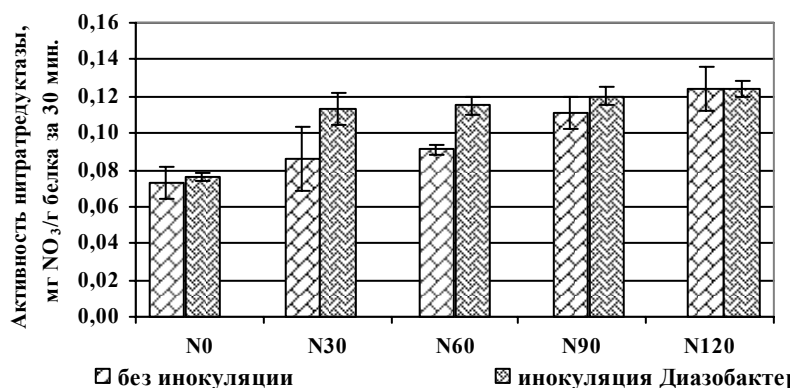


Рис. 1. Активность нитратредуктазы в листьях растений ржи под влиянием инокуляции и минеральных удобрений; фаза цветения (через 62 дня после ранневесеннего внесения минерального азота и через 25 дней после подкормки растений)

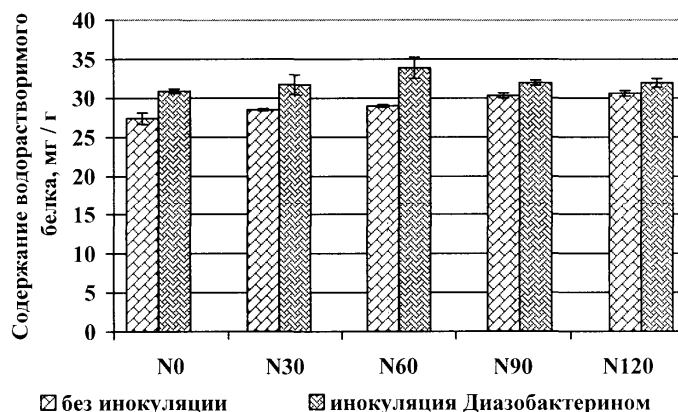


Рис. 2. Влияние минеральных удобрений и diazobактерина на содержание водорастворимого белка (по Лоури) в листьях растений ржи; фаза цветения (через 62 дня после ранневесеннего внесения минерального азота и через 25 дней после подкормки растений)

Таблица 1

Урожайность ржи озимой под воздействием минеральных удобрений и микробного препарата

Варианты опыта	Урожайность, т/га				Прибавка от каждой последующей дозы удобрений*		Прибавка от инокуляции	
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее	т/га	%	т/га	%
<i>Без инокуляции</i>								
Без удобрений, контроль	2,63	2,45	3,18	2,75	–	–	–	–
N ₃₀ K ₂₀	3,45	3,75	4,13	3,78	1,03	37,5	–	–
N ₆₀ K ₄₀	4,05	4,45	4,48	4,33	0,55	14,6	–	–
N ₉₀ K ₆₀	4,55	5,13	4,83	4,84	0,51	11,8	–	–
N ₁₂₀ K ₈₀	4,68	5,60	5,00	5,09	0,25	5,2	–	–
<i>Инокуляция диазобактерином</i>								
Без удобрений	2,83	2,63	3,38	2,95	0,20	7,3	0,20	7,3
N ₃₀ K ₂₀	3,93	4,03	4,50	4,15	1,20	40,7	0,37	9,8
N ₆₀ K ₄₀	4,53	5,03	4,88	4,81	1,03	27,2	0,48	11,1
N ₉₀ K ₆₀	5,03	5,53	5,15	5,24	0,91	21,0	0,40	8,3
N ₁₂₀ K ₈₀	5,15	5,90	5,23	5,43	0,59	12,2	0,34	6,7
НСР ₀₅ по опыту для удобрений	0,66	0,65	0,71					
для инокуляции и взаимодействия	0,29	0,46	0,50					
	0,38	0,26	0,29					

Примечание. В т.ч. от сочетания с инокуляцией.

Таблица 2

Влияние минерального удобрения и диазобактерина на содержание белка в зерне ржи озимой

Варианты опыта	Содержание белка в зерне, %	Прирост белка, %	
		от каждой последующей дозы удобрений*	от инокуляции
<i>Без инокуляции</i>			
Без удобрений, контроль	8,18	–	–
N ₃₀ K ₂₀	8,98	0,80	–
N ₆₀ K ₄₀	10,68	1,70	–
N ₉₀ K ₆₀	11,43	0,75	–
N ₁₂₀ K ₈₀	12,11	0,68	–
<i>Инокуляция диазобактерином</i>			
Без удобрений	8,53	–	0,35
N ₃₀ K ₂₀	9,65	1,12	0,67
N ₆₀ K ₄₀	11,05	1,40	0,37
N ₉₀ K ₆₀	11,71	0,66	0,28
N ₁₂₀ K ₈₀	12,38	0,67	0,27
НСР ₀₅ по опыту для удобрений	0,54		
для инокуляции и взаимодействия	0,38		
	0,22		

Примечание. В т.ч. от сочетания удобрений с инокуляцией.

Азот, усвоенный растением, мигрирует преимущественно в молодые органы, прежде всего в листья, аккумулируется в них и является субстратной основой для синтеза белка [9]. Проведенные исследования показывают, что при внесении минеральных азотных удобрений повышается содержание водорастворимого белка в листьях растений ржи озимой. Внесение удобрений в дозах, не превышающих N₆₀K₄₀, в сочетании с диазобактерином оптимизирует процесс синтеза белка (рис. 2).

Активизация ферментных систем и улучшение усвоения минерального азота повлияли на формирование урожайности зерна ржи озимой. Необходимо отметить, что с увели-

чением уровня минерального питания уменьшается отдача удобрений урожаем (табл. 1). Так, применение наименьшей в опыте дозы удобрений обеспечивает прирост урожайности на 37,5%, а наибольшей – только на 5,2%. Инокуляция существенно улучшает ситуацию. При этом отдача удобрений значительно больше. Например, применение диазобактерина в сочетании с N₃₀K₂₀ обеспечивает прирост урожая ржи на 40,7%. Урожайность культуры при внесении N₆₀K₄₀ и бактериализации способствует формированию почти таких же показателей, как и при внесении удобрений в дозе N₉₀K₆₀ – 4,81 и 4,84 т/га соответственно. Сочетание с биопрепаратом дозы удобрений N₉₀K₆₀ способствует получе-

нию несколько большей урожайности, чем при внесении $N_{120}K_{80}$ (без инокуляции).

По нашему мнению, это вполне закономерный результат, поскольку бактеризованные растения способны получать дополнительное азотное питание, а также рациональнее использовать минеральные удобрения в процессах конструктивного метаболизма [4]. Ориентируясь на урожайные данные, можем утверждать об эквивалентности влияния diazobактерина на продуктивность культуры действию минеральных удобрений в дозе $N_{30}K_{20}$.

Применение diazобактерина способствует формированию продукции с высокими качественными показателями. Так, в частности, возрастает содержание белка в зерне (табл. 2).

Следует обратить внимание на оптимальность совмещения в технологическом процессе выращивания ржи минеральных удобрений в дозах, не превышающих $N_{60}K_{40}$. Это происходит вследствие активного усвоения питательных веществ, и в т.ч. минерального азота инокулированными растениями, а также активизации их азотассимиляторных ферментов, что позволяет вовлечь поступивший азот в процессы конструктивного метаболизма.

Выводы

Бактеризация положительно влияет на усвоение азота растениями ржи озимой, повышая активность азотассимиляторных растительных ферментов, в частности нитратредуктазы, что положительно сказывается на содержании белка. Влияние diazобактерина на урожайность культуры эквивалентно действию минеральных удобрений в дозе $N_{30}K_{20}$.

Библиографический список

1. Кретович В.Л. Обмен азота в растениях. – М.: Наука, 1972. – 528 с.
2. Кореньков Д.А. Вопросы агрохимии азота и экология // Агрохимия. – 1990. – № 11. – С. 28-37.
3. Созинов О.О., Козлов М.В., Лапа М.А. та ін. Агроєкологічні основи раціонального використання добрив // Агроєкологія і біотехнологія. – Київ: Аграрна наука, 1996. – С. 77-95.
4. Волкогон В. В. Мікробні препарати як фактор підвищення засвоюваності рослинами

мінеральних добрив // Сільськогосподарська мікробіологія: міжвід. темат. наук. зб. – Чернівці: ЦНТЕІ, 2006. – № 4. – С. 21-30.

5. Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., Randall R.J. Protein measurement with the Folin phenol reagent // Journal of Biological Chemistry. – 1951. – Vol. 193. – P. 265-275.

6. Методы биохимического исследования растений / под ред. А.И. Ермакова. – Л.: Колос, 1972. – 456 с.

7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.

8. Кретович В.Л. Усвоение и метаболизм азота у растений. – М., 1987. – 480 с.

9. Brar M.S., Arora C.L., Takkar P.N. Critical nitrogen levels in different plant parts of wheat // Journal of Research, Punjab Agricultural University. – 1982. – Vol. 19. – N 1. – P. 7-13.

References

1. Kretovich V.L. Obmen azota v rasteniyakh. – M.: Nauka, 1972. – 528 s.

2. Koren'kov D.A. Voprosy agrokhimii azota i ekologiya // Agrokhimiya. – 1990. – № 11. – S. 28-37.

3. Sozinov O.O., Kozlov M.V., Lapa M.A. та ін. Agroekologichni osnovy racional'nogo vykorystannja dobryv // Agroekologija i biotekhnologija. – K.: Agrarna nauka, 1996. – S. 77-95

4. Volkogon V.V. Mikrobni preparaty jak faktor pidvyshhennja zasvojuvanosti roslynamy mineral'nyh dobryv // Sil'skogospodars'ka mikrobiologija: mizhvid. temat. nauk. zb. – Chernigiv: CNTEI, 2006. – № 4. – S. 21-30.

5. Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., Randall R.J. Protein measurement with the Folin phenol reagent // Journal of Biological Chemistry. – 1951. – Vol. 193. – P. 265-275.

6. Metody biokhimicheskogo issledovaniya rastenii / Pod red. A.I. Ermakova. – L.: Kolos, 1972. – 456 s.

7. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. – M.: Agropromizdat, 1985. – 352 s.

8. Kretovich V.L. Usvoenie i metabolism azota u rastenii. – M., 1987. – 480 s.

9. Brar M.S., Arora C.L., Takkar P.N. Critical nitrogen levels in different plant parts of wheat // Journal of Research, Punjab Agricultural University. – 1982. – Vol. 19. – No. 1. – P. 7-13.

