

УДК 633.11:546.175(571.150)

Д.Ю. Эллерт, Е.В. Райхерт

Накопление нитратов в растениях и качество озимой пшеницы при систематическом применении удобрений (в условиях Топчихинского района Алтайского края)

D.J. Ellert, Y.V. Reichert

Nitrate Accumulation in Plants and the Quality of Winter Wheat within the Systematic Application of the Fertilizers (in conditions of Topchikhinsky district in Altai Krai)

Рассмотрено влияние минеральных и органических удобрений на продуктивность и качество пшеницы озимой. В результате проведенных исследований установлено, что урожайность озимой пшеницы, получаемая за счет потенциального плодородия почв, в среднем за 3 года составила $2,3 \pm 0,1$ т/га.

Систематическое внесение удобрений в севообороте способствовало увеличению урожайности озимой пшеницы. При внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ получены прибавки к контролю 1,1 т/га (47,8%). На вариантах, где озимая пшеница испытывала последствие навоза 30 т/га в сочетании с $N_{60}P_{60}K_{60}$, прибавка урожая составила соответственно 1,1 и 1,2 т/га (47,8 и 52,2%). Наибольшая урожайность озимой пшеницы получена при внесении минерального удобрения в норме $N_{120}P_{120}K_{120}$ и составила $3,8 \pm 0,3$ т/га (прибавка к контролю 64,0%). Помимо влияния различных видов удобрений и их доз на продуктивность озимой пшеницы, оценено их влияние на такие показатели качества, как содержание сырого белка и клейковины.

На контрольном варианте в среднем содержание белка составило $12,45 \pm 0,45$. Наибольшее количество белка наблюдалось при внесении $N_{120}P_{120}K_{120}$ и составило $13,25 \pm 0,45\%$. Следует отметить, что качество клейковины и содержание белка в зерне озимой пшеницы по всем рассматриваемым вариантам достоверно выше по сравнению с контролем. Содержание клейковины на контрольном варианте в среднем составило $21,4 \pm 2,75\%$, при внесении удобрений изменялось в пределах 24,6–28,2%. Наибольшее количество белка наблюдалось при внесении $N_{120}P_{120}K_{120}$ и составило $28,2 \pm 3,5\%$.

Кроме этого, изучено содержание нитратов в зерне и растениях пшеницы озимой при внесении различных доз минеральных и органических удобрений.

Следует отметить, что содержание нитратов в зерне озимой пшеницы не зависело от внесения удобрений и изменялось в пределах от 43 до 51 мг/кг, в соломе эта зависимость прослеживалась незначительно. Так, если на контрольном варианте содержание нитратов составило 129,5 мг/кг, то на удобренных вариантах оно изменялось от 129,5 до 153,0 мг/кг. Максимальное

The article considers the influence of mineral and organic fertilizers on the productivity and quality of winter wheat. During the investigation it was found that the average yield of winter wheat by means of potential soil fertility in 3-year was $2,3 \pm 0,1$ t/ha.

Systematic application of the fertilizers in crop rotation helped to increase the yield of winter wheat. After the treatment $N_{60}P_{60}K_{60}$ the additions in 1,1 t/ha (47,8%) to the control have been received. On the plots where winter wheat was tested the aftereffect of manure 30 t/ha in combination with $N_{60}P_{60}K_{60}$ increases the yield on 1,1 and 1,2 t/ha (47,8 and 52,2%) respectively. The highest yield of winter wheat obtained by application of mineral fertilizers in quantity $N_{120}P_{120}K_{120}$ was $3,8 \pm 0,3$ t/ha (addition 64,0% to the control). In addition to the investigations of the different fertilizer type's influence and their dosage on the winter wheat productivity their impact on the quality of the following indicators: crude protein content and gluten has been evaluated.

On the control option the average protein content was $12,45 \pm 0,45$. The record amount of protein observed after $N_{120}P_{120}K_{120}$ application was $13,25 \pm 0,45\%$. It should be noted that the quality of the gluten protein content and the winter wheat grain in all these tests is significantly higher compared with controls.

The average gluten content in the control test was $21,4 \pm 2,75\%$, while during the fertilizer using it varied in the range of 24,6–28,2%. The highest protein was observed after $N_{120}P_{120}K_{120}$ application $28,2 \pm 3,5\%$.

Besides that the nitrate content in the grain and plants of winter wheat after different doses of mineral and organic fertilizers have been examined.

It should be noted that the nitrate content in winter wheat grain is independent from the fertilizer and varied from 43 to 51 mg/kg, in the straw this dependence has been slightly observed. So if the control has 129,5 mg/kg nitrate content, in the fertilized tests it varied from 129,5 to 153,0 mg/kg. Maximum nitrate content was on the plot after the minimum $N_{60}P_{60}K_{60}$ application and manure usage at 30 t/ha.

Comparative study of the influence of mineral and organic fertilizers, as well as their combinations showed

содержание нитратов было на варианте, где вносилось $N_{60}P_{60}K_{60}$, минимальное при внесении навоза 30 т/га.

Сравнительное изучение влияния минеральных и органических удобрений, а также их сочетаний показало, что при применении органических удобрений наблюдается меньшее накопление нитратов в растениях, чем минеральных и органо-минеральных.

Ключевые слова: нитраты, минеральные удобрения, органические удобрения, пшеница озимая, урожайность, дозы удобрений.

DOI 10.14258/izvasu(2014)3.1-20

Необходимость устойчивого роста производства растениеводческой продукции, с одной стороны, и высокие требования культур к азотному питанию — с другой, требуют внесения повышенных доз азотных удобрений в агроэкосистемах. Однако их применение нередко приводит к негативным последствиям: недобору или получению урожая низкого качества из-за несоответствия потребности культур в азоте и возможностей регуляции азотного питания за счет почвенных ресурсов в период вегетации растений [1]. Кроме того, недостаточно обоснованное внесение азотных удобрений нередко вызывает экологические нарушения: загрязнение товарной продукции и окружающей среды различными минеральными соединениями азота [2; 3, с. 417–420]. Наиболее серьезные экологические последствия связаны с эвтрофикацией водоемов, приводящей иногда к необратимым последствиям в природных экосистемах [4; 5]. Все это требует дальнейшего совершенствования системы азотного питания растений и поиска новых подходов к разработке теоретических основ регулирования баланса и трансформации азотсодержащих соединений в агроэкосистемах.

В связи с этим целью наших исследований явилось изучение накопления нитратов в растениях и их влияния на качество озимой пшеницы при систематическом применении минеральных удобрений.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- рассмотреть влияние длительного применения минеральных и органических удобрений на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы;
- определить содержание нитратов в растениях озимой пшеницы в разных фазах онтогенеза.

Исследования проводились в 2010–2012 гг. на территории ОАО «Чистюньский» Топчихинского района Алтайского края.

Объектом исследований послужили почвы хозяйства, представленные черноземами обыкновенными среднесуглинистыми, на которых был размещен агроценоз пшеницы озимой (*Triticum L.*).

that after the application of organic fertilizer fewer nitrates accumulates in plants than after mineral and organic-mineral.

Key words: nitrates, mineral fertilizers, organic fertilizers, winter wheat, productivity, fertilizer dosage.

Для оценки влияния минеральных и органических удобрений на повышение плодородия почв и продуктивность пшеницы озимой нами изучены варианты внесения различных доз этих удобрений.

С целью оценки содержания нитратов в растениях пшеницы озимой отбирались растительные образцы в период кущения и уборки с учетных площадок площадью 1 м². Отбор растительного материала осуществлялся в 3-кратной повторности.

В результате проведенных исследований установлено, что урожайность озимой пшеницы, получаемая за счет потенциального плодородия почв, в среднем за 3 года составила 2,3±0,1 т/га (табл. 1).

Систематическое внесение удобрений в севообороте способствовало увеличению урожайности озимой пшеницы.

При внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ получены прибавки к контролю 1,1 т/га (47,8%). На вариантах, где озимая пшеница испытывала последствие навоза 30 т/га в сочетании с $N_{60}P_{60}K_{60}$, прибавка урожая составила соответственно 1,1 и 1,2 т/га (47,8 и 52,2%). Наибольшая урожайность озимой пшеницы получена при внесении минерального удобрения в норме $N_{120}P_{120}K_{120}$ и составила 3,8±0,3 т/га (прибавка к контролю 64,0%).

Помимо оценки выхода зерна озимой пшеницы с единицы площади, нами был оценен выход побочной продукции (солома). По результатам исследований выход соломы озимой пшеницы за счет потенциального плодородия в среднем за 3 года составил 3,35±0,05 т/га. Систематическое внесение удобрений способствовало увеличению выхода соломы пшеницы.

При внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ получены прибавки к контролю 1,5 т/га (44,8%). При внесении навоза 30 т/га и в сочетании с $N_{60}P_{60}K_{60}$ прибавки к контролю — 1,5 и 1,65 т/га (44,8 и 49,3%). Наибольшая продуктивность соломы озимой пшеницы получена при внесении $N_{120}P_{120}K_{120}$ и составила 5,45±0,45 т/га, что на 2,1 т/га (60%) больше по сравнению с контролем.

Влияние длительного применения удобрений на продуктивность и качество озимой пшеницы (среднее за 2010–2012 гг.)

Варианты опыта	Продуктивность зерна озимой пшеницы, т/га	Прибавка к контролю		Урожайность соломы, т/га	Прибавка к контролю		Качество озимой пшеницы	
		т/га	%		т/га	%	белок, %	клейковина, %
Контроль	2,3±0,1	–	–	3,35±0,05	–	–	12,45±0,45	21,4±2,75
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,4±0,3*	1,1	47,8	4,85±0,45*	1,5	44,8	13,05±0,45*	25,7±3,25*
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	3,8±0,3*	1,5	65,2	5,45±0,45*	2,1	60	13,25±0,45*	28,2±3,5*
Навоз 30 т/га	3,4±0,3*	1,1	47,8	4,85±0,35*	1,5	44,8	12,95±0,45*	24,6±3,1*
Навоз 30 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,5±0,6*	1,2	52,2	5,00±0,80*	1,65	49,3	12,9±0,40*	27,3±3,45*
НСР ₀₅	0,77			1,196			0,09	1,20

* — различия достоверны.

Важнейшим показателем качества зерна пшеницы является содержание белка и клейковины. Чем больше в зерне белка, тем выше его пищевая ценность. Для получения хорошего хлеба желательно иметь не менее 14% белка в зерне. Качество клейковины должно соответствовать первой группе при содержании ее в зерне не ниже 28% [6].

Как показали результаты наших исследований, на контрольном варианте в среднем содержание белка составило 12,45±0,45%. Наибольшее количество белка наблюдалось при внесении N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ — 13,25±0,45%. Следует отметить, что качество клейковины и содержание белка в зерне озимой пшеницы по всем рассматриваемым вариантам достоверно выше по сравнению с контролем.

Содержание клейковины на контрольном варианте в среднем составило 21,4±2,75%, при внесении удобрений изменялось в пределах 24,6–28,2%. Наибольшее количество белка наблюдалось при внесении N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ — 28,2±3,5%.

За счет естественного плодородия чернозема обыкновенного обеспечивалась низкая среднегодовая продуктивность (2,3 т/га).

Применение удобрений способствовало росту продуктивности озимой пшеницы. Ведущую роль при этом играли азотные удобрения. Максимальная продуктивность зерна озимой пшеницы (повышенный и высокий уровень) достигается при внесении полного минерального удобрения (N₆₀P₆₀K₆₀ и N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀) и совместного внесения навоза и N₆₀P₆₀K₆₀.

Кроме качественных показателей получаемой продукции, немаловажное значение играет содержание в ней нитратов, поскольку в больших количествах они обладают канцерогенными свойствами.

Как известно, сельскохозяйственной продукции без нитратов не бывает, поскольку они являются основным источником азота в питании растений.

Для получения не только высоких, но и высококачественных урожаев необходимо вносить в почву минеральные азотные удобрения и органику. Потребность растений в азоте зависит от многих факторов: вида, сорта, погодных условий, свойств почвы и количества ранее применявшихся удобрений. Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о том, что в связи с интенсивным применением азотных удобрений наблюдается множество случаев избыточного накопления нитратов в растениях [7; 8, с. 25–27].

Причинами чрезмерного накопления нитратов в растениеводческой продукции могут быть применение сверхвысоких доз азотных удобрений, несбалансированность питания растений макро- и микроэлементами на протяжении всего периода вегетации, несовершенство техники внесения азотных удобрений в почву [9, с. 3–14].

Повышенное содержание нитратов в растениях может быть обусловлено не только применением больших доз азотных удобрений, но и рядом других факторов, влияющих на метаболизм азотсодержащих соединений. Скорость восстановления нитратов в растениях зависит не только от количества вносимого азота, но и в значительной степени от соотношения различных питательных веществ, освещенности, температуры, влажности и некоторых других внешних факторов.

Избыточное накопление нитратов в биомассе растений связано, как правило, с нарушением соответствия между их поступлением и возможностью растений включать азот в собственные белковые соединения.

Таким образом, концентрация нитратов в растениях обуславливается, с одной стороны, интенсивностью поглощения минерального азота растениями, а, с другой стороны, факторами, влияющими на интенсивность его ассимиляции [9].

Накопление нитратов в растениях и качество озимой пшеницы...

В таблице 2 представлены данные, характеризующие влияние удобрений на содержание нитратов в растениях озимой пшеницы.

Таблица 2

Содержание нитратов в растениях озимой пшеницы на черноземе типичном (среднее за 2010–2012 гг.), мг/кг

Варианты опыта	Сроки отбора образцов		
	Кущение	Уборка	
		зерно	солома
Контроль	179,5±25,5	43±6	129,5±22,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	248,5±35,5*	51±7*	153±27,0*
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	307,0±44,0*	47,5±6,5*	142±25,0*
Навоз 30 т/га	188,0±27,0	43±6	129,5±22,5
Навоз 30 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	213,5±30,5*	45,5±6,5*	137,0±24,0*
НСП ₀₅	29,45	1,65	7,434

* — различия достоверны.

Как показали результаты исследований, на всех вариантах с внесением удобрений содержание нитратов в зеленой массе озимой пшеницы было выше, чем на контроле. На контрольном варианте содержание нитратов составило 179,5 мг/кг, на удобренных вариантах оно изменялось от 188,0 до 307,0 мг/кг. Накопление нитратов выше ПДК (500 мг/кг) в зеленой массе озимой пшеницы в среднем за 3 года исследований не наблюдалось.

Содержание нитратов в зерне озимой пшеницы не зависело от внесения удобрений и изменялось в пределах от 43 до 51 мг/кг, в соломе эта зависимость прослеживалась незначительно. Так, если на контрольном варианте содержание нитратов составило 129,5 мг/кг, то на удобренных вариантах оно изменялось от 129,5 до 153 мг/кг. Максимальное содержание нитратов было на варианте, где вносилось N₆₀P₆₀K₆₀, минимальное — при внесении навоза 30 т/га.

Сравнительное изучение влияния минеральных и органических удобрений, а также их сочетаний показало, что при применении органических удобрений наблюдается меньшее накопление нитратов в растениях, чем минеральных и органо-минеральных.

Библиографический список

1. Минеев В.Г. Экологические проблемы агрохимии. — М., 1988.
2. Wendland F., Albert H., Bach M., Schmidt R. Atlas zum Nitratstrom in der Bundesrepublik Deutschland. — Berlin ; Heidelberg ; N.-Y., 1993.
3. Rutmoser K., Spann B. Nitratgehalte im Grundfutter (Bauern 1994 und 1995) // Kongressbandd 1995, Garmisch-Partenkirchen 107. VDLUFA-Kongress. — 1995.
4. Одум Ю. Экология : в 2 т. — М., 1986. — Т. 1.
5. Ревель П., Ревель Ч. Среда нашего обитания. Кн. 2 : Загрязнение воды и воздуха. — М., 1995.
6. Толстоусов В.П. Удобрения и качество урожая. — М., 1987.
7. Панников В.Д. Почва, климат, удобрение и урожай. — М., 1987.
8. Церлинг В.В. Нитраты в почве, растении, урожае // Химизация сельского хозяйства. — 1988. — № 3.
9. Соколов О.А. Экологические аспекты применения азотных удобрений // Агрохимия. — 1990. — № 1.