

АГРОХИМИЯ

УДК 630.181.34: 631.84 (574.2)

ДИАГНОСТИКА И ОПТИМИЗАЦИЯ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ

В.Г. Черненко

*Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина,
e-mail: Chernenok2@mail.ru*

В статье представлены результаты многолетних исследований проблемы азота в земледелии Северного Казахстана. Содержание и формы азота в почве, закономерности изменения азотного режима почв, основные факторы, определяющие эффективность азотных удобрений и продуктивность культур. Изложены принципиально новые подходы к диагностике и оптимизации азотного питания, гарантирующие высокую экономичность и эффективность использования удобрений

ВВЕДЕНИЕ

В Республике Казахстан основным регионом производства высококачественного товарного зерна является северные регионы, где распространены плодородные черноземы и каштановые почвы, либо эти почвы, считалось, имеют высокую обеспеченность азотом и не нуждаются во внесении азотных удобрений. Однако с момента освоения целинных и залежных земель проблема азота с каждым годом стало четко проявляться.

В связи с этим, нами впервые проведены длительные системные исследования азотного режима почв, как в краткосрочных, так и в длительных стационарных опытах.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Основные исследования проводились в длительных стационарных опытах на темно-каштановых легкосуглинистых и карбонатных тяжелосуглинистых почвах Акмолинской и Карагандинской областей и на обыкновенных черноземах Северо-Казахстанской сельскохозяйственной опытной станции (СХОС) в системе зернопаровых севооборотов с различной ротацией на фоне традиционной почвозащитной системы обработки почвы и технологии возделывания культур.

Опыты с удобрениями закладывались в севообороте по 18-20 вариантной схеме с разовым внесением фосфорных удобрений в парующемся поле на глубину 16-18 см и азотных подвесеннюю культувацию в чистом виде и на фоне фосфорных удобрений под различные культуры севооборота, где изучалось как прямое их действие, так и последствие.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Первые же результаты опытов, проведенных по разным предшественникам (пар, кукуруза, зерновые), не подтвердили отмеченной выше позиции, что все почвы Северного Казахстана не нуждаются в азотных удобрениях.

Исследования показали, что почвы Северного Казахстана имеют разное содержание валового азота, обусловленное разным содержанием гумуса: от 0,348 % на обыкновенных черноземах лесостепной зоны до 0,210-0,145 % на темно-каштановых почвах сухостепной зоны. Общим для всех почв был удельный вес трудно и негидролизуемой фракции азота - 95-96 %. На долю легкогидролизуемого азота приходится от 3,7 до 5 %. Доля же минерального азота в легкогидролизуемой фракции варьирует, в зависимости от гидротермических условий весеннего периода, от 10 до 40 % (79 % случаев) и

Таблица 1 – Соотношение N-NO₃ к N-NH₄ в слое почвы 0-40 см

Слой почвы, см	lim	M (n 71)	По полям севооборота			
			Пар (n 31)	1-я пш.(n 17)	2-я (n 14)	3-я пш.(n 9)
0-20	0-30	8,34	13,5	6,6	3,1	2,5
0-40	0-35	5,32	7,5	11,7	1,8	2,8

По результатам исследований следует, что содержание азота нитратов (N-NO₃) снижается не только в севообороте, по мере удаления культур от пара, но и по мере сельскохозяйственного использования от ротации к ротации и это является общей закономерностью. Это подтверждается обобщенными данными таблицы 2.

Таблица 2 - Содержание N-NO₃ перед посевом культур севооборота в слое 0-40 см, мг/кг

Учреждение, годы	Почвы	Культура после пара				Авторы
		1-я	2-я	3-я	4-я	
Акмолинский СХИ (1971-1985)	темно-каштановые	15,2	12,1	8,2	5,6	Черненко В.Г.
Карагандинская СХОС (1973-1981)	темно-каштановые	15,2	11,3	8,5	-	Ющенко Н.С.
КазНИИЗХ (1981-1987)	южные черноземы	24,0	12,4	8,6	5,3	Лапоников В.Н.
Северо-Казахстанская СХОС (1976-1987)	обыкновенные черноземы	18,3	11,2	10,8	9,0	Малахова В.Н.
Рузаевская СХОС (1981-1985)	обыкновенные черноземы	25,6	11,3	8,7	8,6	Требушенко Е.П.

Из таблицы видно, что на первой культуре после пара (I КПП), отмечалось разное содержание азота нитратов, обусловленное разным уровнем их плодородия. Но уже перед посевом второй культуры после пара (II КПП) содержание азота нитратов на всех почвах у разных исследователей было практически одинаково - 11-12 мг /кг почвы, на третьей культуре после пара (III КПП) на уровне 8 мг, далее - 5 мг. Более того, эта закономерность имеет и свои количественные характеристики. Как видно из таблицы содержание N-NO₃ от 2 к 3 и от 3 к 4 культуре снижается в среднем на 30 %.

Это важная для практики применения удобрений закономерность (исключение составили обыкновенные черноземы, где более выражена текущая нитрификация). Зная содержание N-NO₃ по одной из культур можно спрогнозировать содержание под следующей культурой и точнее определиться с внесением

азотных удобрений. Выявлена зависимость эффективности азотных удобрений и от обеспеченности культуры фосфором (таблица 3).

На фоне низкой обеспеченности подвижным фосфором (по градации автора) эффективность азотных удобрений была низкой - 1,4 - 4,5 ц/ га за ротацию. По мере насыщения почв фосфором от ротации к ротации эффективность азотных удобрений возрастала до 8-14 ц/га.

Это позволило определить оптимальный уровень содержания N-NO₃ в почве, обеспечивающий формирование максимально-возможного урожая. Это же подтверждается и данными корреляционно-регрессионного анализа (рисунок 4). Откуда видно, что максимальная прибавка с учетом последствия азотных удобрений получена при содержании P₂O₅ в почве 3,5 мг на 100 г почвы (или 35 мг/кг). Установлена определенная количественная связь между содер-

жанием N-NO₃ в почве и урожайностью, а также эффективностью азотных удобрений, при разной обеспеченности культуры фосфором (рисунки 1-4).

Таблица 3- Сравнительная эффективность удобрений на темно-каштановых почвах в 5-польном зернопаровом севообороте за три ротации, ц/га

Внесено	Урожайность на контроле и прибавка к нему								
	I ротация			II ротация			III ротация		
	P ₂ O ₅	ц/га	в т.ч. от N	P ₂ O ₅	ц/га	в т.ч. от N	P ₂ O ₅	ц/га	в т.ч. от N
0	18,0	45,2		21,0	60,4		24	85,4	
P ₆₀	18,9	7,6		28,0	8,8		34	8,4	
P ₉₀	23,0	9,4		35,0	8,0		42	13,3	
P ₁₂₀	28,0	7,4		34,0	9,2		45	13,5	
P ₆₀ + N _{30III}		7,6	0		15,1	6,3	31	22,2	13,8
P ₉₀ + N _{30III}		11,1	1,7		17,2	9,2		21,5	8,2
P ₁₂₀ + N _{30III}		11,9	4,5		16,9	7,7	37	24,7	11,2
P ₉₀ + N _{60III}		11,9	2,5		22,0	14,0	40	26,3	13,0
P ₁₂₀ + N _{60III}		10,0	2,6		23,3	14,1	38	28,2	14,7

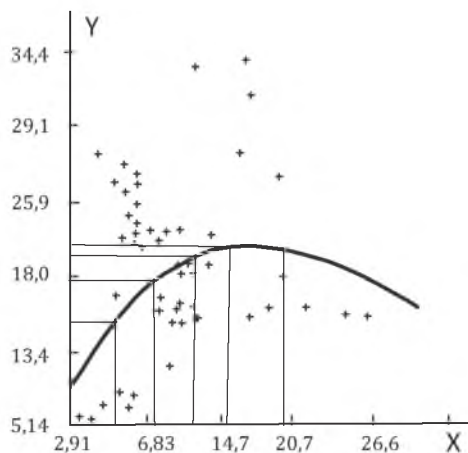


Рисунок 1 - Связь урожайности с N-NO₃ в слое 0-40 см, n 90
 $Y=5.34*0.76x^2*EXP(-0.049x)$

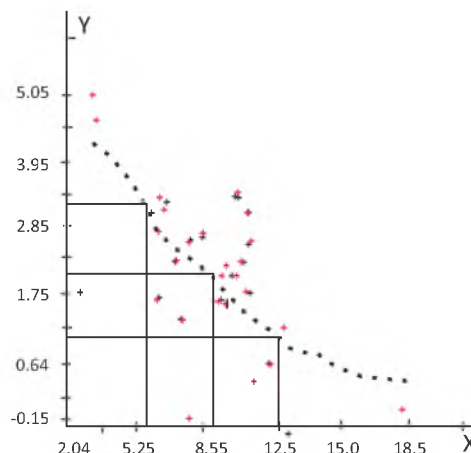


Рисунок 2 - Связь прибавки от N_{aa} с N-NO₃ при P₂O₅<25 мг/кг, n 20, r=0,64
 $Y=-1,86+40,9/x-70,1/x^2$

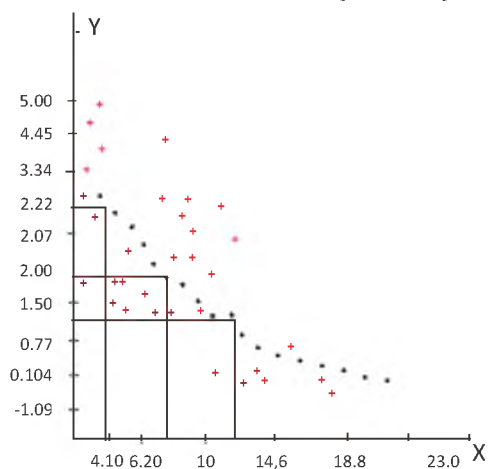


Рисунок 3 - Связь прибавки от N_{aa} с NO₃ при P₂O₅<25 мг-кг, n 38, r=0,72, $Y=-1,35+30,1/x-47,1/x^2$

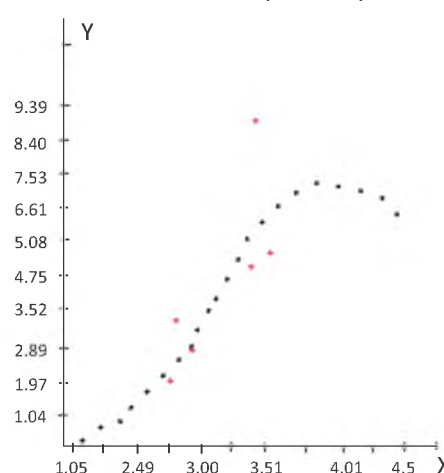


Рисунок 4 - Эффективность NO₃ в зависимости от содержания P₂O₅ в почве, r=0,98, $Y=0,0562*19,3*EXP(-4,9x)$

Он лежит в пределах 12-15 мг/кг почвы (рисунок 4): 12-нижний, 15- верхний предел. Повышение содержания азота более 12 мг не гарантирует прибавку и ее окупаемость.

По корреляционной кривой определены и нормативные прибавки урожая яровой пшеницы от внесения нормативных доз удобрений. Намеченная на рисунке 2 градация полностью подтвер-

ждена показателями рисунка 3, с обеспеченностью почв фосфором от 25 мг и выше. При более низком содержании P_2O_5 в почве прибавка урожая снижается на 15-20 %.

Выявленные зависимости позволили уточнить градацию по азоту применительно к условиям Северного Казахстана, с учетом обеспеченности почв фосфором (таблица 4).

Таблица 4 - Шкала обеспеченности зерновых культур азотом, потребности и эффективности азотных удобрений по содержанию $N-NO_3$ в почве в слое 0-40 см и P_2O_5 в слое 0-20 см, мг/кг

Обеспеченность	N-NO ₃ мг/кг при обеспеченности P ₂ O ₅		Потребность в N удобрениях	Рекомендуемая доза N, кг д. в./га	Нормативная прибавка, ц	Прибавка, %
	Очень низкая-средняя	Средняя высокая				
Очень низкая	До 4	До 6	Очень высокая	60	5-3	30
Низкая	4-8	6-9	Высокая	45	3-2	20-30
Средняя	8-12	9-12	Средняя	30	2-1	10-20
Повышенная (оптимальная)	12-15	12-13	Низкая	0	<1	<10

Нормативная прибавка - это фактически сложившаяся за 20 летний период.

Использование одной или другой шкалы, в зависимости от обеспеченности почвы фосфором, гарантирует устойчивость прибавки и позволяет более точно планировать дозу удобрений на уровне первых 2-х классов.

Градация учитывает 3 основных фактора определяющих эффективность удоб-

рений: содержание азота и фосфора в почве и их соотношение.

Но эффективность азотных удобрений зависит и от обеспеченности растений влагой. Для учета степени увлажнения введен поправочный коэффициент по осадкам за сельскохозяйственный год (ПКувл)

ПКувл. (ОФ) рассчитывается по формуле 1:

$$ПКувл = \frac{\text{Осадки прогнозируемые за с/х год (ОФ)}}{\text{Осадки нормативные (ОН=275)}} \quad (1)$$

Осадки фактические рассчитываются на основании фактически выпавших за сентябрь – май месяцы плюс прогнозные на вегетационный период: если по прогнозу в июне осадки в пределах нормы прибавляется средняя многолетняя, выше прибавляется 1,5 нормы, ниже -0,5 нормы и также за остальные месяцы вегетационного периода. Нормативные осад-

ки – величина постоянная, сложившаяся за период исследований.

ПКувл позволяет скорректировать нормативные показатели таблицы 4 и рассчитать дозу и прибавку от азотных удобрений для любого по увлажнению года в пределах зонального варьирования осадков, что повышает точность расчета дозы до 3-6 кг/га, повышается и точность прогноза (таблица 5).

Таблица 5 - Дозы азотных удобрений и прогнозируемые прибавки ц/га в зависимости от содержания N-NO₃ в почве и ПК увлажнения

Осадки з с.-х. год, мм	ПК увл.	Обеспеченность азотом (согласно таблице 2)					
		Очень низкая		Низкая		Средняя	
		Доза N кг д. в.	Прибавка урожая	Доза N кг д. в.	Прибавка урожая	Доза N кг д. в.	Прибавка урожая
200	0,7	42	2,1-3,5	32	1,4-2,1	21	0,7-1,4
225	0,8	48	2,4-4,0	36	1,6-2,4	24	0,8-1,6
250	0,9	54	2,7-4,5	40	1,8-2,7	27	0,9-1,8
275	1,0	60	3,0-5,0	45	2,0-3,0	30	1,0-2,0
300	1,1	66	3,3-5,5	50	2,2-3,3	33	1,1-2,2
325	1,2	72	3,6-6,0	54	2,4-3,6	36	1,2-2,4
350	1,3	78	3,9-6,5	58	2,6-3,9	40	1,3-2,8
375	1,36	82	4,2-6,8	61	2,7-4,1	41	1,4-2,7

Это делает шкалу градации приемлемой для всех почв Северного региона. Еще более точно рассчитать дозу и спрогнозировать прибавку от азотных удобрений можно по формуле 2:

$$DN = (N_{opt} - N_{факт}) * 7,5 * ПК_{увл}, \quad (2)$$

где 7,5 - эквивалент кг д.в. удобрений на 1 мг/кг элемента в почве.

При дефиците фосфора в почве, что будет сдерживать (снижать) эффективность азотных удобрений, дозу азота

$$DN = (1/3 R_{факт} * N_{факт}) * K * ПК_{увл} \quad (3)$$

Спрогнозировать прибавку от азотных удобрений можно двумя способами:

- 1) по шкале: $PN = P_n * ПК_{увл}$
- 2) по формуле: $PN = 1,24 - 0,14N - NO_3 + 1,62ПК_{увл} + 0,06P/N$

На рисунке 5 показана взаимосвязь

прогнозируемой прибавки урожая с содержанием азота нитратов в почве в слое 0-40 см.

рекомендуется рассчитывать исходя из оптимального соотношения P/N для данной культуры, установленной на основании экспериментальных данных, по формуле 3:

прогнозируемой прибавки урожая с содержанием азота нитратов в почве в слое 0-40 см.

Коэффициент корреляции свидетельствует о высокой сопряженности и точности прогноза этой связи.

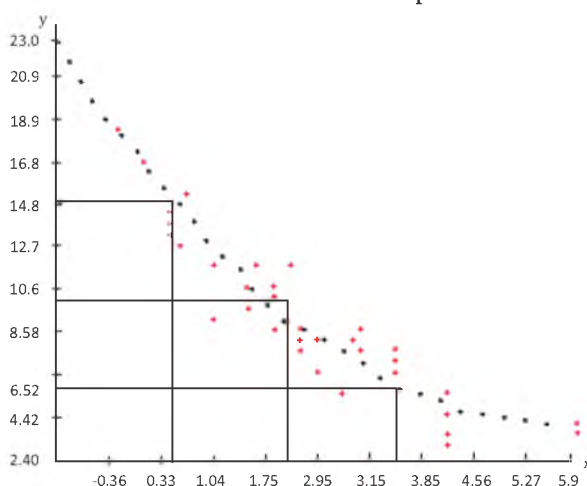
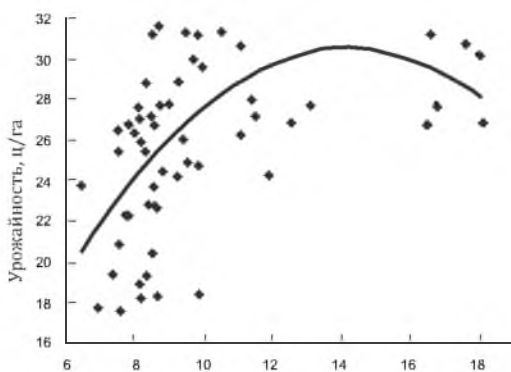


Рисунок 5 - Связь прогнозируемой прибавки от N(x) удобрений по N-NO₃(y) и ПК_{увл}(n 42), r = 0,93, K_д = 0,87, Y = A+B * X+C * X₂, где A = 16,6; B = -4,67; C = 0,427

Установленный оптимальный уровень содержания азота нитратов для яровой пшеницы и ячменя, а также методика расчета доз и прогноза эффективности азотных удобрений применима ко всем почвам Северного Казахстана, что подтверждается результатами исследований 2001-2005 гг. проведенных на обыкновенных черноземах (рисунки 6-7).

Исследования, проведенные с другими культурами [1-4], позволяют утвер-



$$y = -0,1647x^2 + 4,6817x - 2,7625$$

Рисунок 6 - Взаимосвязь содержания N-NO₃ в почве с урожайностью яровой пшеницы на обыкновенных черноземах, 2001 г., II-III КПП, оп. 2 (с сидератами)

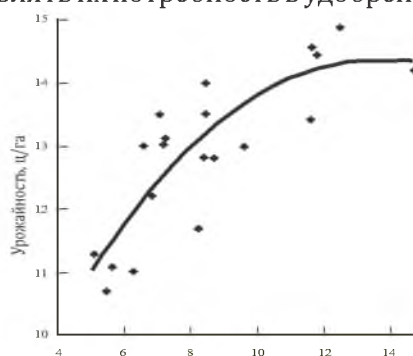
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования позволили выявить состояние и закономерности изменения азотного режима почв под влиянием агротехнических и климатических факторов, определить условия эффективного действия азотных удобрений, их место, сроки и способы внесения в севообороте. Наиболее тесную связь с урожайностью и эффективностью азотных удобрений ($r = 0,72-0,86$) дает содержание азота нитратов в слое почвы 0-40 см перед посевом.

На основании количественных связей содержания и соотношения азота и фосфора в почве, а также влагообеспеченности почвы разработан способ прогнозирования эффективности азотных

удобрений и определен оптимальный уровень содержания азота нитратов в почве, определяется индивидуальными, биологическими особенностями культур и их требованиями к условиям минерального питания.

Различные культуры требуют к себе различного уровня содержания и соотношения элементов питания в почве, которых нужно экспериментально определять и с учетом которого необходимо выявлять их потребность в удобрениях.



$$y = -0,046x^2 + 1,246x + 5,946R^2 = 0,711$$

Рисунок 7 - Взаимосвязь урожайности пшеницы III КПП с N-NO₃ в слое 0-20 см на обыкновенных черноземах, опыт 1, 2004г. $r = 0,84$

удобрений и определен оптимальный уровень содержания N-NO₃ в почве (12-15 мг/кг), обеспечивающий формирование максимально – возможной урожайности зерновых культур. При этом предложен принципиально новый подход к определению доз азотных удобрений с учетом потребности культур, уровня плодородия каждого поля и других сопутствующих факторов. Целенаправленно можно управлять азотным режимом почв используя формулы 1 и 2, а также прогнозировать эффективность удобрений, используя формулы 3 и 4.

Установленные количественные связи являются теоретической основой построения динамических систем удоб-

рения в севообороте. Предложенный способ определения потребности культур в азотных удобрениях, позволяет с высокой точностью рассчитать требуемую культуре норму азотных удобрений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черненко В. Г. Теоретические основы оптимизации условий фосфорного питания зерновых культур // Вестник науки ААУ им. С. Сейфуллина. Астана. 1998. С.53-57.
2. Черненко В. Г., Нурманов Е. Т. Оптимизация условий минерального питания нута // Вестник наук Каз ГАТУ им. С. Сейфуллина. Астана. 2007. №2. С. 69-76.
3. Черненко В. Г., Жанабекова Ж. К. Оптимизация минерального питания рапса // Почвоведение и агрохимия. 2010. № 4. С.65-71.
4. Черненко В. Г., Кудашев А. Б. Оптимизация минерального питания и удобрения гороха // Вестник науки КазАТУ им. С. Сейфуллина. Астана. 2010. №4. С. 62-69.

ТУЙІН

Мақалада Солтүстік Қазақстан егіншілігіндегі азот проблемаларының көп жылдық ізденістерінің нәтижелері берілген, оның ішінде азот тыңайтқыштарының тиімділігі мен дақылдардың өнімділігін анықтайтын негізгі факторлары, топырақтағы азот режимінің өзгеру заңдылықтары мен топырақтағы азоттың түрі мен мазмұны келтірілген. Тыңайтқышты тиімді пайдалануға және жоғоры үнемділікке кепіл бола алатын оңтайлы азот қорегімен диагностикасының принципіалды жаңа жолы баяндалған.

SUMMARY

Results of long-term researches of a problem of nitrogen in agriculture of Northern Kazakhstan are presented. The maintenance and nitrogen forms in soil, laws of change of a nitric mode of soils are major factors defining efficiency of nitric fertilizers and efficiency of cultures. Essentially new approaches to diagnostics and optimization of the nitric food, guaranteeing high profitability and efficiency of use of fertilizers are stated