

ОПТИМИЗАЦИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ РАПСА

В. Г. Черненко, Ж. К. Жанабекова

*АО «Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина»
010011, Астана, пр. Победы, 62, Казахстан*

В работе приведены результаты исследований на темно-каштановых почвах сухостепной зоны Северного Казахстана по изучению действия азотно-фосфорных удобрений на плодородие почв и продуктивность рапса. Между ними установлена высокая корреляционная связь, что позволило определить оптимальные для рапса уровни содержания в почве основных элементов питания, обеспечивающих получение максимально возможной продуктивности в складывающихся условиях возделывания.

ВВЕДЕНИЕ

Рапс – ценная пищевая, кормовая и техническая культура, из которой получают большое количество конечных продуктов – вплоть до стройматериалов и биотоплива.

В Казахстане посевные площади рапса за последние 3 года увеличились более чем в 4 раза. В 2008 году они составили 173,6 тыс. га. Основным регионом выращивания является Северный Казахстан. На его долю приходится 96 % всех посевов. В целом же по Казахстану согласно «Концепции устойчивого развития агропромышленного комплекса РК на 2006–2015 годы» посевные площади рапса в 2015 г. должны составить 700 тыс. га. Но урожаи рапса не отличаются ни стабильностью, ни высотой.

Для получения высоких урожаев рапса необходимо разработать приемы оптимизации питания. Научные основы и методы оптимизации минерального питания хорошо отработаны на зерновых культурах. В многолетних опытах изучались 12 основных показателей агрофизических и агрохимических свойств почв. В результате были выявлены факторы, определяющие формирование урожайности – это гумус, азот нитратов, подвижные фосфор, калий, Са+Mg, pH и влага. При этом было установлено, что важнейшими из них в почвенно – климати-

ческих условиях Северного Казахстана являются содержание в почве минерального азота, подвижного фосфора, их соотношение и влага, при относительно благоприятных других свойствах, характерных для почв региона. С ними была установлена количественная взаимосвязь (Черненко В.Г., 1990, 1996, 1997, 1998 гг.), что позволило разработать принципиально новый подход к управлению плодородием почв и продуктивностью культур. Вопросы же оптимизации питания и удобрения рапса в Северном Казахстане не изучены. А без этого не возможно обеспечить ни высокую продуктивность, ни качество выращиваемой продукции.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Опыты проводились в 2006-2009 гг. на темно-каштановой легкоглинистой карбонатной почве АО «Актык» с содержанием гумуса 2,94-3,28 %, валового азота 0,18 % и фосфора 0,17 % с разным по годам исходным содержанием минерального азота и подвижного фосфора. Обеспеченность калием высокая (более 50 мг/100 г почвы).

Опыты закладывались по 20 вариантной схеме, где изучались 4 уровня азота, 6 фосфора и 10 уровней в парном сочетании. Фосфорные удобрения вносились осенью при основной обработке почвы на глубину до 18 см. Азотные удобрения вносились весной сеялкой СЗС-2,1 на глу-

бину 5-6 см с последующим прикатыванием кольчатыми катками с целью выравнивания поля. Посев сеялками СЗС-2,1 23-26 мая на глубину 3-4 см. Сорт рапса Юбилейный. Перед посевом семена обрабатывались препаратом Круйзер ORS (10 л/тонну семян). Всходы в 2006-2008 гг обрабатывались препаратом «Конфидор» 20 % в. к. (150 мл/га).

До посева и по основным фазам отбирались почвенные образцы с контрольных и удобренных вариантов для определения содержания N, P, K и влаги. Влажность определялась весовым методом, содержание аммонийного азота с реакти-

вом Несслера, нитратный азот с дисульфифеноловой кислотой, подвижный фосфор и калий по Мачигину из одной навески. Учёт урожайности велся сноповым методом с 1 м² в 6 кратной повторности.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Состояние почв и растений во многом зависит от гидротермического режима почв, определяемого метеорологическими условиями лет.

Метеорологические условия в годы исследований значительно отличались друг от друга, по количеству и характеру распределения осадков (таблица 1).

Таблица 1 – Количество осадков и среднесуточная температура воздуха

Месяц	Осадки, мм					Температура, °С				
	Средне-многол.	2006	2007	2008	2009	Средне-многол.	2006	2007	2008	2009
IX-IV	157	142,3	173,0	137,2	175,9	-	-	-	-	-
Май	24	13,2	35,2	24,0	34,9	12,9	13,8	14,2	26,0	13,9
Июнь	40	21,7	17,5	10,0	17,9	16,1	23,8	19,5	31,0	17,9
Июль	47	27,4	15,7	19,7	65,1	20,4	22,8	23,1	25,3	38,3
Август	34	3,0	7,1	22,0	32,1	17,9	20,9	19,8	-	32,1
V-VIII	145	65,3	75,5	75,7	150,0	16,8	20,3	19,2	-	-
за с.х. г.	302	207,6	248,5	212,9	325,9	-	-	-	-	-

2006, 2008 годы характеризовались высокой засушливостью. В год исследования выпало 208, 213 мм осадков соответственно. В 2007 г. -248 мм. Недобор осадков за год составил около 20-30 %, а за вегетационный период 50 %. Только в 2009 г осадков выпало больше среднесезонных. В 2006-2007 гг. очень сухим был август, когда выпало всего 3-7 мм, в 2008 г. июнь-июль, в 2009 г. июнь месяц. Основное количество осадков выпало за осенне-зимний период. Это предопределило запасы продуктивной влаги весной перед посевом (таблица 2).

В слое 0-100 см соответственно было 103,145, 113, 161 мм. Особенно жесткой засухой характеризовался 2008 г. При минимальных весенних запасах продук-

тивной влаги и 52 мм осадков за 3 месяца вегетационного периода с температурным фоном в мае-июне на 10-12 °С выше нормы.

Большая часть влаги находилась в нижних слоях, недоступных для корней растений. В фазе стеблевания содержание продуктивной влаги снижалось, что объясняется отсутствием осадков и использованием влаги растениями. К фазе цветения её содержание в корнеобитаемом слое повышалась соответственно по годам до 48,8; 54,3; 45,9; 61,3 мм, что благоприятно сказалось на дальнейшем развитии рапса.

Обеспеченность рапса основными элементами питания была также разной (таблица 3), последнее зависело как от

условий осенне-весеннего периода, так и агротехнического фона.

Содержание аммонийного азота в 2006 г. было низким - 4,4 мг/кг почвы, в 2007-2008 гг. высоким. Высокое содержа-

ние аммонийного азота в 2007-2008 гг. обусловлено особенностями весны этих лет: в 2007 г. она была холодной и влажной, в 2008 г. – очень жаркой и сухой.

Таблица 2 - Содержание и динамика продуктивной влаги под посевами рапса, мм

Слой почвы, см	2006 г.			2007 г.			2008 г.			2009 г.		
	До посева	фаза стебленания	фаза цветения	До посева	фаза стебленания	фаза цветения	До посева	фаза стебленания	фаза цветения	До посева	фаза стебленания	фаза цветения
0– 20	28,2	12,7	24,2	28,4	12,5	22,6	19,1	10,0	26,5	38,0	16,1	35,5
20– 40	19,9	20,7	24,6	33,8	22,8	32,1	25,8	18,1	19,4	37,4	11,1	25,8
0 – 40	48,1	33,4	48,8	62,2	35,3	54,7	44,9	28,1	45,9	75,4	27,2	61,3
40– 60	16,3	14,8	17,4	19,6	29,0	35,4	29,4	18,5	17,7	30,2	28,9	24,6
60– 80	21,5	18,6	19,7	32,8	29,0	41,2	24,1	17,4	-	32,8	32,8	25,0
80–100	17,3	19,2	-	30,5	25,2	33,2	14,2	22,1	-	24,9	25,5	20,8
0 – 100	103,2	86,0	-	145,1	118,5	164,5	112,6	86,1	-	161	114	131,7

Высокое содержание аммонийного азота благоприятно сказалось на режиме азотного питания рапса в начальный

период развития, поскольку именно эта форма азота поглощается растениями в начале вегетации.

Таблица 3 – Содержание элементов питания в почве перед посевом рапса, мг/кг почвы

Элементы питания	Слой почвы, см	2006	2007	2008	2009
N-NH ₄	0 - 20	4,4	10,6	11,5	9,5
	20 - 40	4,4	10,5	10,8	6,0
	0 - 40	4,4	10,6	11,2	7,8
N-NO ₃	0 - 20	13,4	9,1	8,0	9,9
	20 - 40	12,0	8,2	7,6	5,7
	0 - 40	12,7	8,7	7,8	7,8
P ₂ O ₅	0-20	12,7	17,0	18,4	18,9
	20-40	7,4	8,5	9,1	11,5
K ₂ O	0-20	510	700	540	820
	20-40	390	438	280	650

В 2006 г. рапс высевался по минимально обработанному пару, а в последующие годы после пшеницы по пару. Этим объясняется более высокое содержание азота нитратов в почве в 2006 г. Содержание азота нитратов в 2007-2009 гг. в слое 0-40 см было практически одинаково низким (7,8 – 8,7 мг/кг почвы), что было

недостаточным для рапса. Содержание подвижного фосфора во все годы (согласно градации Черненко В.Г., 1989 г.) было очень низким в 2006 году - 12,7 мг/кг почвы, в 2007-2009 гг. низким (17,0 - 18,9 мг/кг почвы), что отразилось на продуктивности рапса и эффективности удобрений.

Внесение удобрений повышало содержание минерального азота в почве - азота аммония до 9,6-20,6 мг/кг почвы, азота нитратов до 14,2-22,8 мг/кг почвы (таблица 4). Содержание азота нитратов определялось не только количеством внесённых азотных удобрений, но и гидротермическими условиями весеннего периода, от которого зависела скорость нитрификации аммония.

Содержание подвижного фосфора на контроле по годам 12,7-23,6 мг, с внесением фосфорных удобрений повышалось до 33,4-43,7 мг/кг почвы.

Среди других элементов играющих существенную роль в формировании урожайности играют Ca, Mg, pH среды слабощелочная -7,8-8,6, поглощенные основания по годам составляли 21,8-22,2 мг-экв./100 г почвы и в целом были благоприятны для выращивания рапса.

Таблица 4 - Влияние удобрений на содержание N, P в почве перед посевом, мг/кг

Внесено, кг д.в.	2006 г.			2007 г.			2008 г.			2009 г.		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
O	12,7	12,7	51	8,7	17,0	70	7,8	18,4	54	7,8	23,6	82
N ₃₀	17,2	12,8	52	13,7	16,2	63	9,0	19,0	54	10,9	22,8	86
N ₆₀	21,0	13,1	52	16,7	16,6	65	11,0	20,1	53	11,8	21,4	89
N ₉₀	22,8	14,2	53	20,8	16,4	68	14,6	20,6	54	15,8	20,0	84
P ₆₀	16,2	18,1	53	8,9	21,8	69	8,4	24,7	54	9,3	30,0	85
P ₉₀	16,6	20,8	51	8,8	26,0	67	9,0	28,4	54	7,4	32,6	84
P ₁₂₀	17,0	24,6	52	11,0	28,6	74	9,5	30,1	53	7,2	34,8	84
P ₁₅₀	16,7	28,2	54	10,9	32,8	65	11,1	33,9	54	7,1	38,1	86
P ₂₁₀	16,6	33,4	54	11,0	38,9	67	11,5	39,6	54	6,7	43,7	84

Примечание: В таблице 4 показано содержания азота нитратов по 0-40 см, а P₂O₅ по слою 0-20 см (диагностические показатели), K₂O в мг/100г почвы

В этих условиях продуктивность рапса определялась четырьмя факторами – содержанием азота нитратов, подвижного фосфора их соотношения и влаги.

Внесение минеральных удобрений устранило дефицит азота и фосфора в питании растений рапса, что положительно отразилось на его продуктивности (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние удобрений на продуктивность рапса, ц/га

Внесено, кг д.в.	2006 г.		2007 г.		2008 г.		2009 г.		Среднее за 4 года	
	Урожай на «0» и ± к нему, ц	%	Урожай на «0» и ± к нему, ц	%	Урожай на «0» и ± к нему, ц	%	Урожай на «0» и ± к нему, ц	%	Урожай на «0» и ± к нему, ц	%
0	8,5	-	2,1		7,1		2,7		5,1	
P ₆₀	1,6	18,8	1,9	90,5	5,3	74,6	6,3	233,3	3,8	74,1
P ₉₀	2,3	27,1	2,0	95,0	5,5	77,5	6,5	240,7	4,1	81,2
P ₁₂₀	2,7	31,8	2,1	100,0	5,9	83,1	10,9	403,7	5,4	105,9
P ₁₅₀	3,3	38,9	2,1	100,0	6,1	85,9	10,1	374,0	5,4	105,9
P ₂₁₀	3,0	35,3	2,3	109,5	4,6	64,8	8,4	311,1	4,6	90,2
N ₃₀	2,0	23,5	0,5	23,8	1,0	14,1	1,7	63,0	1,3	25,5
N ₆₀	1,5	17,6	1,1	52,4	0,5	7,0	2,0	74,1	1,3	25,5
N ₉₀	1,4	16,5	1,2	57,1	0,2	2,8	1,8	66,7	1,1	22,5
P ₉₀ N ₃₀	4,0	47,1	1,7	81,0	6,9	97,2	11,9	440,1	6,1	119,6
P ₉₀ N ₆₀	4,2	49,4	1,6	76,2	6,5	91,5	11,7	433,3	6,0	117,6
P ₉₀ N ₉₀	4,1	48,2	1,6	76,2	6,2	87,3	10,1	374,1	5,5	107,8
НСР ₀₅	1,9		0,25		0,7		1,5			

Минеральные удобрения повышали содержание элементов питания в почве, но это не всегда сопровождалось повышением урожайности. На фосфорных

вариантах продуктивность рапса повышалась с повышением содержания подвижного фосфора в почве, но до определенного уровня. Сопоставляя данные таб-

лиц 5 и 4 за 2006 и 2008 гг., когда рапс развивался без внешних повреждений, можно определенно сказать, что оптимальные условия фосфорного питания складывались при содержании P_2O_5 в почве на уровне 28-30 мг/кг почвы. На азотных вариантах прибавка была незначительной и в основном от минимальных доз азота. Но азотные удобрения существенно повышали урожайность в эти годы на фоне P_{90} (на 2-4,6 ц). Это указывает на то, что одной из причин низкой эффективности азотных удобрений был дефицит фосфора.

В 2007 году, как видно из таблиц, урожайность на контроле была крайне низкой в связи с повреждениями посевов рапса гербицидом 2,4-Д при обработке производственных посевов, что проявилось на состоянии корневой системы – на корнях появились темные наросты, корни прекратили своё развитие, поглощающая способность сократилась до минимума.

В 2009 году посевы рапса в раннелетний период очень сильно пострадали от вредителей, особенно контрольный и азотные варианты. К середине июня на этих вариантах оставались лишь стебли. Но в последующем, при выпадении осадков, рапс очень быстро начал отрастать и на этих вариантах успел сформироваться урожай, но очень низкий.

Анализ урожайных данных показал, что эффективность одних и тех же доз удобрений в разные годы складывалась по разному и зависела от исходного содержания и соотношения азота и фосфора в почве, что необходимо учитывать при внесении удобрений.

Корреляционно-регрессионный анализ показал высокую количественную взаимосвязь содержание азота нитратов в слое почвы 0-40 см и подвижного фосфора в слое 0-20 см с продуктивностью

рапса (г 0,82-0,94), рисунки 1-4. Это позволило определить оптимальные параметры содержания основных элементов в почве для рапса.

Как показали исследования, основными факторами, оптимальное содержание которых обеспечивает получение максимально возможного в складывающихся условиях урожая, являются: содержание подвижного фосфора, азота нитратов в слое 0-40 см, соотношение фосфора к азоту и влагообеспеченность.

Наиболее оптимальные условия для формирования урожая рапса складывались при содержании, P_2O_5 в слое 0-20 см 30 ± 2 мг/кг почвы, азота нитратов ($N-NO_3$) 12-15 мг/кг почвы в слое 0-40 см, оптимальное соотношение фосфора к азоту 2:1.

Это и есть оптимальные уровни, до которых следует доводить содержание этих элементов в почве, чтобы обеспечить максимальную в складывающихся условиях.

Зная оптимальные для рапса уровни содержания основных элементов и используя уже ранее предложенные Черненко В.Г. формулы можно с высокой точностью определить дефицит элементов в почве в мг/кг почвы и потребность в удобрениях

$D_{N \text{ кг д. в. } / \text{ га}} = (N_{\text{опт}} - N_{\text{факт}}) * 7,5 * PK_{\text{увл}}$, для азота (1);

$D_{P \text{ кг д. в. } / \text{ га}} = (P_{\text{опт}} - P_{\text{факт}}) * 10$, для фосфора (2), где

7,5 и 10 – эквивалент удобрений кг д.в. на 1 мг дефицита элемента в почве;

$PK_{\text{увл}}$ – поправочный коэффициент увлажнения равный отношению осадков фактических к осадкам нормативным равным 275 мм (показатель постоянный).

Дозы удобрений, обеспечившие доведения элементов питания до оптимального уровня обеспечили чистый доход в пределах 5-6 тыс тенге и 3-4 кратную окупаемость затрат.

Зная оптимальное и фактическое содержание азота и фосфора в почве и используя приведенные формулы можно целенаправленно управлять условиями

азотно-фосфорного питания, определяя индивидуально для каждого поля потребность в удобрениях.

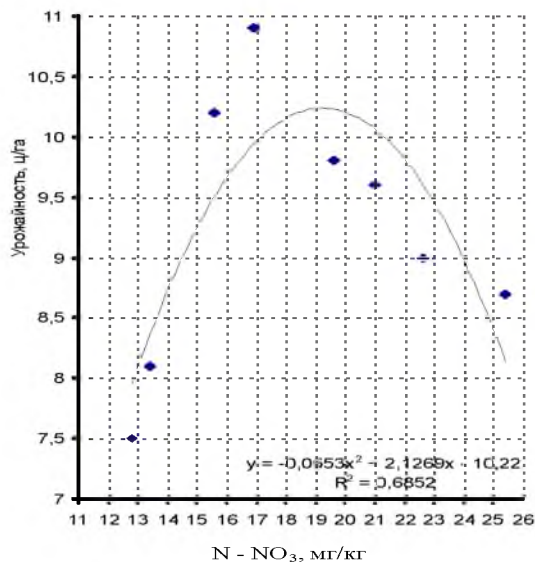


Рисунок 1 - Связь урожайности рапса с N - NO₃ в почве, 2006г., R = 0,82

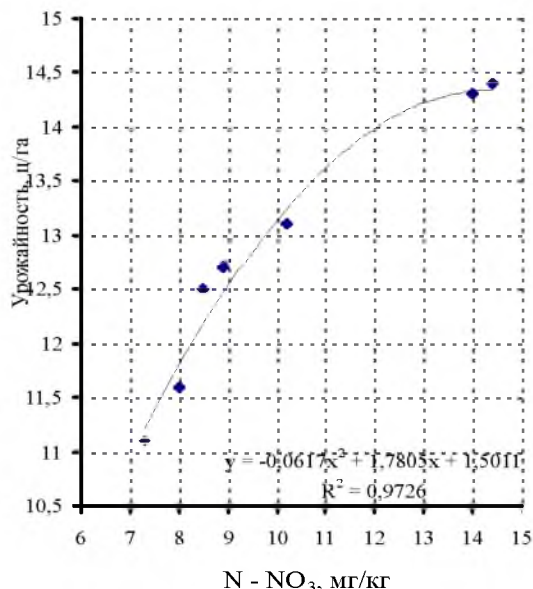


Рисунок 2 - Связь урожайности рапса с N - NO₃ в почве, 2008 г. R = 0,98

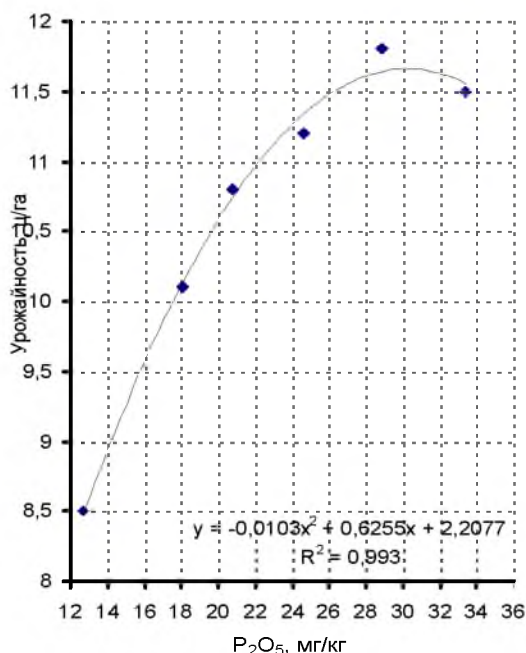


Рисунок 3 - Связь урожайности рапса с P₂O₅ в почве, 2006 г., R = 0,99

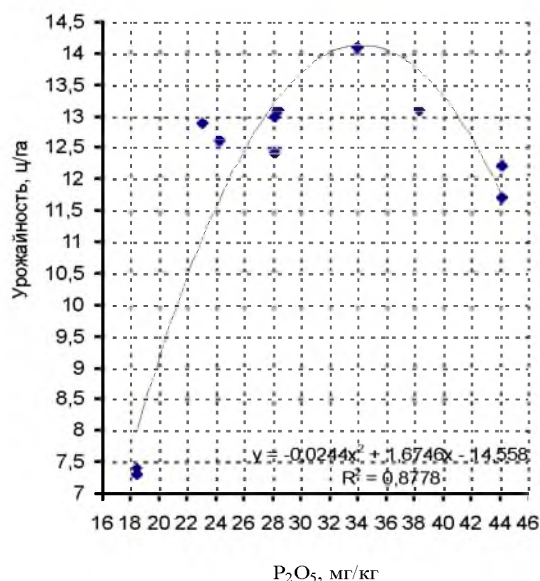


Рисунок 4 - Связь урожайности рапса с P₂O₅ в почве, 2008 г., R = 0,94

ВЫВОДЫ

Исследования показали, что рапс требовательная к условиям минерального питания культура и хорошо отзывается

на минеральные азотно-фосфорные удобрения.

Эффективность удобрений зависит от требований культуры и исходного содержания элементов в почве.

Оптимальный уровень содержания P_{2O_5} для рапса лежит в пределах 30 ± 2 мг/кг почвы в слое 0-20 см, и 12-15 мг/кг почвы $N-NO_3$ в слое 0-40 см. Используя приведенные выше формулы расчёта доз

удобрений можно целенаправленно управлять плодородием почвы и продуктивностью рапса, обеспечивая высокую урожайность при высокой окупаемости затрат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черненко В.Г. Диагностические подходы к построению оптимизированных систем удобрения зерновых культур на темно-каштановых почвах Северного Казахстана // Материалы Всесоюзного совещания межвузовского координационного совета по агрохимии. Алма-Ата. 1990. С. 227-234.
2. Черненко В. Г. Азотный режим почв Северного Казахстана и применение азотных удобрений: монография. ААУ. Акмола. 1997. 96с.
3. Черненко В.Г. Теоретические основы диагностики минерального питания и управления плодородием почв на Севере Казахстана // Почвоведение и агрохимия. Алматы. "Татис". 2008. № 1. С. 82-89.

ТҮЙІН

Солтүстік Қазақстанның құрғақ далалы аймағындағы күңгірт қара-қоңыр топырақтарда рапстың оңтайлы қоректенуі мен тыңайтылуы бойынша жүргізілген зерттеулер рапс үшін топырақтағы негізгі қоректік элементтер мөлшерінің оңтайлы дәрежесін анықтауға мүмкіндік берді: 30 ± 2 мг/кг топырақ P_2O_5 және 12-15 мг/кг топырақ $N-NO_3$ және оны мына формула арқылы алуға болады:

$Др = (Р_{оңт} - Р_{факт}) * 10$, фосфор үшін, $ДН = (N_{оңт} - N_{факт}) * 7,5 * П_{кылғ}$, азот үшін (2); Бұл тыңайтқыш қолдануда топырақ құнарлылығын басқару мақсатында үлгіні жоюға мүмкіндік береді, қалыптасқан жағдайда дақылдың ең жоғары өнімділігін қамтамасыз етеді, тыңайтқышқа қажеттілігін анықтауда жоғары дәлділікті және шығынның қайтарымдылығын қамтамасыз етеді.

RESUME

The researches spent on dark-chestnut carbonate soils сухостепной of zone of Northern Kazakhstan on optimization of food and fertilizer of rape, have allowed to establish optimum levels of maintenance of basic elements of food in soil for rape: 30 ± 2 mg/kg of soil P_2O_5 and 12-15 mg/kg of soil $N-NO_3$ and a way of their achievement, using formulas:

$DP = (P_{opt} - P_{fakt}) * 10$, for phosphorus, $DN = (N_{opt} - N_{fakt}) * 7,5 * CF_{hum}$, for nitrogen (2); It will allow to exclude a template in application of fertilizers purposefully to operate fertility of soils, providing maximum at this conjuncture efficiency of cultures, providing split-hair accuracy of definition of requirement for fertilizers and an economic return.