

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ФОСФОРНОГО ПИТАНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЧЕЧЕВИЦЫ РАЗНОВИДНОСТЕЙ СОРТА «ВЕХОВСКАЯ»

Б. Ж. ЖАНЗАКОВ, В. Г. ЧЕРНЕНКО

*КАТУ им. С. Сейфуллина
г. Нур-Султан, Республика Казахстан, 010011*

Т. Ф. ПЕРСИКОВА

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407*

(Поступила в редакцию 15.04.2021)

Исследования проводились в 2019–2020 гг. в сухостепной зоне Северного Казахстана на темно-каштановых карбонатных легкоглинистых почвах с содержанием гумуса – 2,93–2,95 %, азота нитратов – 5,7–10,0 мг/кг, подвижного фосфора – 12,9–15,3 мг/кг, калия более 800 мг/кг, Ca+Mg 22–25 мг экв/100 г почвы, pH более 8,0. В статье приведены результаты исследований по изучению условий выращивания и влияния фосфорных удобрений на урожайность и качество чечевицы районированного сорта «Веховская» разновидностей: зеленая и красная. Удобрения внесены в дозах от 60 до 180 кг/га д.в. с шагом 30 кг в слой почвы 14–16 см, что увеличивало содержание подвижного фосфора с 12,9 до 33,5 мг/кг почвы в слое 0–20 см. Удобрения вносились в форме аммофоса с содержанием 10–11 % азота, что увеличило и содержание азота нитратов с 8,3 до 12,3 мг/кг почвы в слое 0–40 см (диагностируемый слой почвы). Каждые 30 кг д.в./га удобрений повышали содержание N-NO₃ в слое 0–40 см на 0,8 мг/кг почв. Удобрения не оказали влияния на содержание калия. Годы исследований контрастно отличались по гидротермическому режиму. 2019 с/х год был экстремально засушливым, выпало 209 мм (при норме 326 мм). 2020 с/х год был очень благоприятным – 320 мм осадков, благоприятный температурный фон. Внесенные удобрения повышали содержание фосфора с 12,9 до 21,7–28,0 мг/кг и урожайность «Веховской зеленой» на 43 %, «Веховской красной» на 70 % и улучшали качество семян. Определен уровень содержания P₂O₅ в почве при котором формировалась максимальная продуктивность обеих разновидностей. Выявлены биологические особенности разновидностей и по совокупности агротехнических и экономических показателей дана оценка перспективности их возделывания. «Веховская зеленая» менее отзывчива на фосфорные удобрения, но обладает более высоким биологическим потенциалом и более перспективна для возделывания.

Ключевые слова: чечевица, климатические условия, минеральное питание, продуктивность, удобрения.

The studies were carried out in 2019–2020 in the dry steppe zone of Northern Kazakhstan on dark chestnut calcareous light clay soils with the content of humus of 2.93–2.95 %, nitrogen nitrates – 5.7–10.0 mg / kg, mobile phosphorus – 12.9–15.3 mg / kg, potassium – more than 800 mg / kg, Ca + Mg – 22–25 mg equiv / 100 g of soil, pH – more than 8.0. The article presents results of research into the growing conditions and influence of phosphorus fertilizers on the yield and quality of lentils of the zoned variety «Vekhovskaia» of green and red types. Fertilizers were applied in doses from 60 to 180 kg / ha with a step of 30 kg into a soil layer of 14–16 cm, which increased the content of mobile phosphorus from 12.9 to 33.5 mg / kg of soil in a layer of 0–20 cm. Fertilizers were applied in the form of ammophos with a content of nitrogen of 10–11 %, which also increased the content of nitrate nitrogen from 8.3 to 12.3 mg / kg of soil in the 0–40 cm layer (diagnosed soil layer). Each 30 kg of acting agent / ha of fertilizers increased the content of N-NO₃ in the 0–40 cm layer by 0.8 mg / kg of soil. Fertilizers had no effect on potassium content. The years of research were contrastingly different in terms of the hydrothermal regime. The 2019 agricultural year was extremely dry, with the level of precipitation of 209 mm (at a normal rate of 326 mm). 2020 agricultural year was very favorable – 320 mm of precipitation, favorable temperature background. The applied fertilizers increased the phosphorus content from 12.9 to 21.7–28.0 mg / kg, the yield of «Vekhovskaia Green» variety – by 43 %, «Vekhovskaia Red» – by 70 %, and improved the quality of seeds. The level of P₂O₅ content in the soil was determined at which the maximum productivity of both variety types was formed. The biological characteristics of the variety types have been identified and, based on the aggregate of agrotechnical and economic indicators, an assessment has been made of the prospects of their cultivation. «Vekhovskaia Green» is less responsive to phosphorus fertilizers, but it has a higher biological potential and is more promising for cultivation.

Key words: lentils, climatic conditions, mineral nutrition, productivity, fertilizers.

Введение

Северный Казахстан находится в зоне рискованного земледелия, с характерным малым количеством атмосферных осадков, продолжительным засушливым периодом. Экстенсивное земледелие в сложных климатических условиях, с монополией в структуре посевных площадей яровой пшеницы не обеспечивает стабильный рост сельскохозяйственного производства. Диверсификация зернового производства стала жизненно необходима. С 2013 года начали расширяться посевы зернобобовых культур и возделываться новые востребованные на мировом рынке культуры, такие как чечевица. Известно, что чечевица – растение длинного дня. Она требовательна к теплу. Для нормального развития ей необходима сумма активных температур от 1350 до 1900 °С, среднесуточная температура 17–20 °С. Более высокие температуры негативно сказываются на массе 1000 семян и урожайности в целом [1].

Чечевица требовательна к влаге, особенно в период набухания и прорастания семян. Далее потребность во влаге снижается. Но для получения высоких урожаев семян чечевице необходимо 140–220 мм осадков за вегетационный период. Ю. И. Коноплевым установлено наличие зависимости между количеством выпавших осадков и темпами роста и развития растений чечевицы (коэффициент корреляции $r = 0,596-0,850$) [2].

Урожайность чечевицы обусловлена генетическими особенностями каждого конкретного сорта и внешними условиями среды. М. М. Майоровой выявлена степень влияния различных факторов на урожайность чечевицы: условия года – 69,8 %; особенности сорта – 19 %; случайные факторы и взаимодействие сортов и условий года – 11,2 % [3].

По сравнению с другими зернобобовыми культурами чечевица предъявляет повышенные требования к плодородию почвы [4].

Исследования А. Н. Есаулко и Д. Е. Галды показали положительное влияние фосфорных удобрений на содержание фосфора в почве и урожайность чечевицы. От внесения доз $P_{40}K_{30}$ и $N_{25}P_{45}K_{18}$ (рассчитана на планируемую урожайность 20 ц/га по методике В. В. Агеева) содержание фосфора увеличилось с 26,5 до 30,0 мг/кг почвы. При этом сорт «Веховская зеленая» показал хорошую урожайность при 30 мг/кг – 20,5 ц/га [5].

И. С. Кузнецов на выщелоченных черноземах также отметил положительное действие фосфорных удобрений в дозе P_{60} и $P_{60}K_{60}$. На данных фонах была лучшая урожайность за 3 года (2001–2003 гг.) 24,9 и 25,1 ц/га и качество 25 % белка [6].

Для Казахстана чечевица – это относительно новая культура, требующая изучения индивидуальных особенностей и чувствительности к различным факторам внешней среды. В северных регионах начала возделываться с 2013 года. В 2017 г. посевная площадь чечевицы составила – 295 тыс. га [7].

В Северном Казахстане первые годы основное внимание уделялось агротехническим вопросам – срокам посева, нормам высева [8], технологии возделывания и сортам [9]. Вопросам питания и отзывчивости чечевицы на удобрения не уделялось должного внимания.

В Северном Казахстане при относительно благоприятных физико-химических свойствах почв основным лимитирующим урожайность фактором, кроме влажности, является острый дефицит подвижного фосфора в почве, а на фоне фосфора обостряется и дефицит азота.

Цель исследований заключалась в установлении влияния условия фосфорного питания и фосфорных удобрений на урожайность и качество чечевицы первого районированного сорта «Веховская».

Основная часть

Исследования проводились в 2019–2020 гг. в сухостепной зоне Северного Казахстана на базе агрофирмы «Актык» Акмолинской области. Почва – темно-каштановая карбонатная легко глинистая с содержанием общего гумуса 2,93–2,95 %, валового азота 0,17 %, фосфора 0,15 %, подвижного калия более 80 мг/100 г почвы, рН слабощелочная (8,08–8,12).

Опыты закладывались по 6-вариантной схеме в 3-кратной повторности с набором различных доз удобрений.

1. О; 2. P_{60} ; 3. P_{90} ; 4. P_{120} ; 5. P_{150} ; 6. P_{180} ;

Площадь делянки 52,5 м². Удобрения (в виде аммофоса с 46 % P_2O_5 , 10–11 % N) вносились осенью сеялкой СЗС-2,1 на глубину 12–14 см по обработанной зяби. Чечевица высевалась из расчета 2,2 млн всхожих семян/га во второй половине мая сеялкой СЗС-2,1 на глубину 5–7 см.

В опытах по определению важнейших агрохимических свойств почвы и влияния на них удобрений, изучались влажность почвы, содержание и динамика элементов питания в метровом профиле через каждые 20 см, а по удобренным вариантам на глубину 0–20 и 20–40 см из 5 точек на делянке.

В отобранных образцах определялась влажность почвы весовым методом (ГОСТ 28268-89), нитратный азот на нитрат-анализаторе 150.1 МИ, подвижный фосфор и обменный калий из одной вытяжки по Мачигину (ГОСТ 26205-91).

В процессе вегетации отбирались растительные образцы со всех вариантов по 50 растений чечевицы с делянки проходом по диагонали из 10 точек для определения накопления сухого вещества и химического состава растений по фазам развития.

Учет урожая проводился снопами в 6-кратной повторности, с последующим обмолотом в колосовой молотилке LD 180. Математическая обработка проведена по Доспехову [10]. Экономическая эффективность применения фосфорных удобрений рассчитывалась по П. Ф. Меншикову [11].

Годы исследований по гидротермическим условиям были разные.

2018/2019 сельскохозяйственный год крайне засушливый, выпало всего 209 мм осадков, что ниже уровня средних многолетних на 116,8 мм. Из них основное количество выпало в осенне–зимне–весенний период – 152,3 мм. За вегетационный период 2019 года – май–август месяцы выпало всего 57 мм, что составляет 30 % от нормы. Но и эти осадки распределились крайне неравномерно. 67 % выпало в июне месяце (38 мм). За июль–август выпало всего 15 мм. Июль–август были крайне засушливыми.

За 2019–2020 сельскохозяйственный год выпало 320 мм, что в пределах нормы, из них за осенне–весенний период (сентябрь–март) – 141,6 мм. Очень влажным был апрель – выпало 1,5 нормы. Май сложился экстремально засушливым. За месяц выпало всего 3,2 мм в условиях, когда температурный фон в полтора раза превышал норму – 19 °С при норме 12,5 °С. Но майскую засуху растения перенесли нормально за счет, хорошего запаса влаги, созданного в предшествующий период. В июне месяце осадки превысили многолетнюю норму на 26,8 мм, а в июле их было в пределах нормы, а в августе незначительно ниже. В целом ситуация с гидротермическим режимом в 2020 году складывалась благоприятно для формирования урожая чечевицы.

От количества осадков, их распределения и температурного фона зависело содержание и динамика продуктивной влаги в почве.

В условиях 2019 года за счет осенне–зимне–весенних осадков обеспечился высокий запас продуктивной влаги весной (168 мм) в метровом профиле. Но уже в период посева содержание ее снизилось до 148 мм, в основном, за счет снижения в слое 0–20 см с 37 до 27,3 мм. При отсутствии летних осадков этот процесс продолжался в течение всей вегетации. И уже к фазе цветения содержание продуктивной влаги снизилось не только в пахотном, но и в подпахотном горизонтах, с 37 мм до 2,4 мм в слое 0–20 и 6,9 мм в слое 20–40 см, т.е. практически запас продуктивной влаги приблизился к нулю. Доступной влаги для растений не было. В этих условиях растения не могли продолжать развиваться.

В 2020 году до посева содержание продуктивной влаги в метровом профиле было высоким (164 мм), но к моменту посева существенно снизилось (117 мм). Потеря влаги связана с предпосевной обработкой почв и высоким температурным фоном, за счет чего усиленно испарялась влага. Обильные осадки июня–июля месяца повысили содержание влаги до 162,3 мм в фазу ветвления. К фазе цветения снижение запасов влаги было незначительным – до 143,6 мм, т.е. весь период вегетации влага не лимитировала урожайность. Но для формирования высоких урожаев нужна не только влага, но и пища.

В годы исследования содержание азота на контрольном фоне было на среднем уровне – 8,3–8,8 мг/кг в слое 0–40 см [12], на удобренных фонах достигло 12,1–12,3 мг/кг, табл. 1. Это оптимальный уровень для большинства культур.

Таблица 1. Содержание элементов питания под посевами чечевицы, мг/кг

Фон	2019			2020		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
О	8,8	12,9	978	8,3	15,3	824
P ₆₀	8,7	17,9	963	9,7	21,5	814
P ₉₀	10,1	19,5	986	10,7	25,2	818
P ₁₂₀	11,0	21,7	945	11,2	28,1	830
P ₁₅₀	11,4	25,4	939	11,5	31,1	844
P ₁₈₀	12,3	32,0	931	12,1	33,5	866

Обеспеченность почв фосфором была на низком уровне – 12–15 мг/кг почвы в слое 0–20 см [12]. От внесения фосфорных удобрений его содержание повысилось до 32,0 мг/кг и 33,5 мг/кг.

Содержание калия было на очень высоком уровне – 800–900 мг/кг в слое 0–20 см. На его содержание внесение удобрений не повлияло.

В 2019 году между зеленой и красной чечевицей наблюдалась существенная разница в развитии, что отражалось в накоплении биомассы. «Веховская зеленая» отличалась большим (на 30 %) накоплением биомассы в сравнении с «Веховской красной».

В 2020 году в фазе ветвления содержание биомассы по разновидностям чечевицы было на одинаковом уровне, но к фазе цветения «Веховская зеленая» опередила «Веховскую красную». На контрольном фоне разница между разновидностями достигала 24 %, а по фосфорным фонам – 19 %.

Гидротермические условия сыграли основную роль в формировании продуктивности чечевицы, табл. 2. В острозасушливом 2019 году «Веховская зеленая» на контроле сформировала урожайность лишь 3,8 ц/га, а красная – 4,3 ц/га, на 13 % больше, что указывает на более высокую засухоустойчи-

ность. Максимальная прибавка от фосфорных удобрений составила 18–21 %, что говорит о положительном действии фосфорных удобрений даже в экстремально засушливый год.

Таблица 2. Влияние удобрений на продуктивность сортов чечевицы, ц/га

Внесено кг д.в./га	2019 год						2020 год					
	Веховская зеленая			Веховская красная			Веховская зеленая			Веховская красная		
	урожайность, ц/га	прибавка к «О», ц/га	%	урожайность, ц/га	прибавка к «О», ц/га	%	урожайность, ц/га	прибавка к «О», ц/га	%	урожайность, ц/га	прибавка к «О», ц/га	%
О	3,8	–	100	4,3	–	100	19,9		100	16,2	–	100
P ₆₀	4,1	0,3	108	4,9	0,6	114	23,1	3,2	116	22,2	6,0	137
P ₉₀	4,2	0,4	111	5,2	0,9	121	25,3	5,4	127	25,3	9,1	156
P ₁₂₀	4,5	0,7	118	4,2	-0,1	98	28,4	8,5	143	27,5	11,3	170
P ₁₅₀	4,3	0,5	113	3,7	-0,6	86	27,5	7,6	138	23,6	7,4	146
P ₁₈₀	4,0	0,2	105	3,3	-1,0	78	26,6	6,7	134	21,3	5,1	131
среднее	4,2	0,4		4,3	-0,2		25,1	6,3		22,7	7,3	
НСР 0,95		0,31		0,48				1,08			1,21	
m, %		0,15		0,23				1,36			1,57	

В благоприятном 2020 году урожайность в 5–6 раз была выше, чем в острозасушливом 2019 году. Урожайность на естественном фоне составила у «Веховской зеленой» – 19,9 ц/га, а «Веховской красной» – 16,2 ц/га. Разница составила 3,7 ц/га, или 19 %.

Разновидности сорта также по-разному реагировали на фосфорные удобрения. «Веховская зеленая» продуктивность повысилась на 43 %, а красная на 70 %, с разницей 27 %. Фосфорные удобрения сокращали разницу. Самую высокую урожайность обе разновидности сформировали на фоне P₁₂₀ с содержанием фосфора 28,1 мг/кг: «Веховская зеленая» – 28,4 ц/га, «Веховская красная» – 27,5 ц/га. Дальнейшее увеличение доз фосфорных удобрений снижало продуктивность.

Как видно, «Веховская красная» оказалась более отзывчива на фосфорные удобрения. По фону P₁₂₀ «Веховская красная» прибавила 11,3 ц/га или 70 %, а «Веховская зеленая» 8,5 ц/га или 43 %.

Между содержанием подвижного фосфора в почве и урожайностью была установлена высокая количественная взаимосвязь и корреляция (R=0,95) и по «Веховской зеленой» и по «Веховской красной». Самая высокая урожайность формировалась на фоне – 28 мг P₂O₅/кг почвы. На более высоких фонах продуктивность снижалась. Это указывает на то, что 28 мг P₂O₅/кг почвы является оптимальным для обеих разновидностей. Это позволяет, используя формулу оптимизации:

Черненко В. Г. [12]: $D_{P \text{ кг д.в./га}} = (P_{\text{опт.}} - P_{\text{фкт.}}) * 10,$

Для чечевицы будет: $D_{P \text{ кг д.в./га}} = (28 - P_{\text{фкт.}}) * 10,$

где, P_{факт} – исходное содержание P₂O₅ до внесения удобрений. Формула оптимизации позволяет определить дефицит фосфора в почве и дозу фосфорных удобрений для чечевицы сорта «Веховская».

Внесение фосфорных удобрений сказалось и на химическом составе и качестве семян, табл. 3.

Таблица 3. Влияние удобрений на химический состав и качество семян чечевицы, %

Внесено, кг д.в./га	2019 год								2020 год							
	Веховская зеленая				Веховская красная				Веховская зеленая				Веховская красная			
	N	P2O5	K2O	белок	N	P2O5	K2O	белок	N	P2O5	K2O	белок	N	P2O5	K2O	белок
О	3,31	1,79	2,74	18,5	2,74	1,21	2,26	15,3	3,08	0,91	2,22	17,2	2,33	0,94	2,51	13,0
P ₆₀	3,55	1,91	2,78	19,9	2,87	1,29	2,23	16,1	3,12	0,95	2,25	17,5	2,48	1,10	2,52	13,9
P ₉₀	3,64	1,99	2,75	20,4	2,90	1,31	2,32	17,0	3,14	0,97	2,31	17,6	2,64	1,16	2,55	14,8
P ₁₂₀	3,60	2,25	2,66	20,2	2,89	1,35	2,19	19,3	3,19	1,02	2,42	17,9	2,61	1,22	2,54	14,6
P ₁₅₀	3,45	1,98	2,59	19,3	3,05	1,44	2,19	17,1	3,21	1,04	2,46	18,0	2,94	1,28	2,53	16,5
P ₁₈₀	3,43	1,85	2,70	19,2	2,94	1,42	2,26	16,5	3,27	1,07	2,43	18,3	3,01	1,33	2,59	16,9
сред	3,50	1,96	2,70	19,6	2,90	1,34	2,24	16,9	3,17	0,99	2,35	17,8	2,67	1,17	2,54	15,0

Химический состав семян чечевицы определялся тремя факторами: биологическими особенностями разновидности, уровнем фосфорного питания и климатическим фактором.

Содержание азота повышалось с повышением доз фосфора до 90 кг д.в./га и удерживалось на этом уровне и по P₁₂₀. В 2019 г. у «Веховской зеленой» азот повышался с 3,31 до 3,64 %, у «Веховской красной» с 2,74 до 3,05 %. В 2020 г. у зеленой чечевицы с 3,08 до 3,27 %, а у красной с 2,33 до 3,01 %.

Содержание фосфора повышалось в 2019 г. у «Веховской зеленой» с 1,79 до 2,25 %, у «Веховской красной» с 1,21 до 1,44 %, а в 2020 г. с 0,91 до 1,07 % и с 0,94 до 1,33 % соответственно.

Содержание калия в семенах в 2019 г. было у «Веховской зеленой» 2,59–2,78 %, у «Веховской красной» 2,19–2,32 %, а в 2020 г. у зеленой 2,22–2,46 %, у красной 2,51–2,59 %.

Наибольшая концентрация всех элементов питания наблюдалась в острозасушливом 2019 г., особенно азота. Это связано с тем, что накопившийся азот в 2020 году распределялся на большую биомассу, а в 2019 г. биомасса была почти в 5 раз ниже. Для сохранения той же концентрации в 2020 г. требовалось больше в почве азота, а 8 мг/кг в почве было недостаточно. У «Веховской красной» концентрация азота в зерне значительно ниже, чем в «Веховской зеленой». Это и является особенностью этой разновидности.

Содержание азота в зерне повышалось с улучшением фосфорного питания и повышением его содержания в почве до 28 мг/кг по фону P_{120} . Дальнейшее увеличение вело к снижению концентрации азота, т. е. и здесь по тем же причинам, что и продуктивность, высокая концентрация почвенного раствора нарушала соотношение.

Эта же закономерность отмечалась и по содержанию фосфора. Наибольшая концентрация отмечена по «Веховской зеленой» в острозасушливом году. Содержание P на контроле «Веховской зеленой» – 1,79 %, а «Веховской красной» – 1,21 %, что на 32 % ниже. Максимальная концентрация отмечена по фону P_{120} у зеленой и P_{150} у красной чечевицы, это указывает на более высокие требования «Веховской красной» к фосфорному питанию. Фон P_{180} был избыточным. Та же закономерность отмечена и в 2020 г., но с менее существенной разницей по вариантам.

По калию ситуация, аналогична фосфору. Средние показатели калия в 2019 г. по «Веховской зеленой» – 2,70 %, по красной – 2,24 %. В 2020 г. 2,35 % и 2,54 % соответственно.

Содержание белка определялось уровнем содержания азота. С улучшением условий фосфорного питания повышалась урожайность и востребованность азота растениями и его накопление, что соответственно и повышает содержание белка. Самая высокая концентрация азота и содержание белка была на оптимальных фонах фосфора, обеспечивших и самую высокую урожайность. Наибольшее содержание белка было у «Веховской зеленой» 20,2–20,4 % в 2019 г. и 17,9–18,0 % в 2020 г. «Веховская красная» более чувствительна к дефициту фосфора в почве. Содержание белка на естественном фоне составляло всего 13 %, но оптимизация фосфорного питания не только повысила продуктивность на 70 %, но и содержание белка на 3,9 % в то время как «Веховская зеленая» всего на 1,9 % в острозасушливом 2019 г. и всего на 0,8 % в благоприятный 2020 г. Это еще более подчеркивает биологические особенности разновидностей.

Заключение

Исследования, проведенные в 2019–2020 гг. на темно-каштановых карбонатных, легкоглинистых почвах сухостепной зоны Северного Казахстана показали, что разновидности сорта существенно различаются по биологическим и генетическим особенностям и по-разному отзываются на условия фосфорного питания.

Сорт «Веховская красная» более чувствителен к дефициту фосфора в почве и при его недостатке формируют значительно более низкий урожай – разница по опыту составила 3,3 ц/га, но более отзывчива на фосфорные удобрения. Прирост урожая составил на оптимальных фонах до 70 % к контролю, в то время как «Веховская зеленая» всего 43 % к контролю. Но «Веховская зеленая», на естественном фоне без внесения удобрений формировала урожай на 3,7 ц выше, чем «Веховская красная», т.е. за счет ее биологического потенциала без дополнительных затрат, а это по расчетам экономической эффективности – 48,1 тыс. тг. Отличались разновидности и по химическому составу.

Впервые установленный для сорта и его разновидностей оптимальный уровень содержания подвижного фосфора в почве на фоне которого формировался максимальный урожай – 28 мг P_2O_5 /кг, позволяет для определения дозы внесения удобрений использовать формулу оптимизации:

$$\text{Черненко В. Г. [12]:} \quad D_{P \text{ кг.д.в./га}} = (P_{\text{опт.}} - P_{\text{фкт.}}) * 10,$$

$$\text{Для чечевицы будет:} \quad D_{P \text{ кг.д.в./га}} = (28 - P_{\text{фкт.}}) * 10,$$

где, Pфакт – исходное содержание P_2O_5 до внесения удобрений, мг/кг почвы.

При оптимизации фосфорного питания продуктивность Веховской зеленой и красной вышла на один уровень 28,4 ц/га «Веховская зеленая» и 27,5 ц/га «Веховская красная». Но «Веховская красная» обеспечила 70 % продуктивности за счет удобрений, а «Веховская зеленая» всего 43 %, что на 27 % меньше, соответственно на 27 % и меньше затрат на удобрения.

Это делает «Веховскую зеленую» более перспективной и экономически более выгодной.

ЛИТЕРАТУРА

1. В а р л а х о в, М. Д. Особенности возделывания чечевицы в условиях среднерусской лесостепи / М. Д. Варлахов, А. И.-О. Алыев, В. В. Коломейченко // Аграрная наука. – 1998. – №5. – 19 с.

2. К о н о п л е в, Ю. И. Влияние биологических и агротехнических факторов на формирование продукционного процесса и повышение урожайности семян новых сортов чечевицы: автореф. дис. ... канд. сельскохозяйственных наук / Ю. И. Коплев. – Орел, 2004. – 22 с.
3. М а й о р о в а, М. М. Изменчивость количественных признаков чечевицы / М. М. Майорова // Достижения и перспективы развития селекции и семеноводства хозяйственных культур. – Пенза, 1999. – С. 62 – 64.
4. Чечевица – ERVUM LENS [Электрон. ресурс]. – 2016. – URL: <http://ecosystema.ru/07referats/cultrast/016.htm>.
5. Е с а у л к о, А. Н. Влияние минеральных удобрений на агрохимические показатели чернозема и продуктивность чечевицы в условиях Ставропольского края / А. Н. Есаулко, Д. Е. Галда // Плодородие. – 2016 – № 6. – С. 21 – 23.
6. К у з н е ц о в, И. С. Продуктивность и качество чечевицы в зависимости от фона минерального питания / И. С. Кузнецов // Агро XXI – 2006. – №1 – 3. – С. 40 – 42.
7. А й т у г а н о в, К. К. Казахстан увеличит производство чечевицы и всё отправит на экспорт [Электрон. ресурс] / К. К. Айтуганов. – 2017. – URL: <https://informburo.kz/novosti/kazakhstan-uvlichit-proizvodstvo-chechevicy-i-vsyo-otpravit-na-eksport.html>.
8. М у с ы н о в, К. М. Особенности технологии возделывания чечевицы в условиях Северного Казахстана / К. М. Мусынов, А. А. Кипшакбаева, Б. К. Аринов, Е. А. Утельбаев, Б. Б. Базарбаев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета – 2017. – 9 (155). – С. 14 – 18.
9. Г р и н е ц А. Чечевица в Северном Казахстане / А. Гринец // «Аграрный сектор» №3(33) сентябрь 2017. – С. 20 – 33.
10. Д о с п е х о в, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
11. Эффективность применения минеральных удобрений / Н. Ф. Меньшиков [и др.]. – М.: Колос, 1981. – 128 с.
12. Ч е р н е н о к, В. Г. Научные основы и практические приемы управления плодородием почв и продуктивностью культур в Северном Казахстане // В. Г. Черненко. – Астана: 2009. – 66 с.