

ПРИЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПЛОДородИЯ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТИ КАРТОФЕЛЯ

Р.Ф. Байбеков, д.с.-х.н., Н.И. Аканова, д.б.н., А.В. Кравченко, к.с.-х.н., ВНИИА

Получение высокой продуктивности картофеля тесно связано с поддержанием плодородия почвы и регулируется применением удобрений. В непредсказуемых климатических условиях помимо внесения минеральных удобрений необходимо шире внедрять биологизированные приемы, направленные на оптимизацию продукционного процесса картофеля.

Ключевые слова: картофель, продуктивность, плодородие, удобрение.

Известкование – эффективный прием повышения плодородия почв. На кислых почвах снижаются эффективность минеральных удобрений на 20-40% и рентабельность сельскохозяйственного производства в целом [6, 7].

В длительных опытах ВНИИКС (1938-1963), проводившихся при непосредственном участии А.Г. Лорха и его ученика Н.С. Бацанова, установлено, что внесение извести в севообороте с органоминеральной системой питания повышало урожайность картофеля в 1,5 раза (с 16,6 до 25,6 т/га). Значительно увеличился урожай картофеля и при бессменной культуре (на 38 %) [1]. Клубни картофеля с невысоким содержанием кальция характеризуются низкой усвояемостью в питании человека и плохо хранятся [8].

На практике питание картофеля обеспечивается чаще всего тремя основными макроэлементами (N, P и K), не учитывается важность своевременного внесения микроудобрений. Недостаток микроэлементов не только приводит к снижению урожая культур, но и вызывает ряд болезней растений, снижая качество пищи, а иногда и их гибель. Количество почти всех микроэлементов снижается по мере перехода от тяжелых почв к супесчаным и песчаным с низким содержанием гумуса. В гумусе сосредоточено до 25 % общего содержания Zn, Cu, Co, Mo [2]. Исследователи отмечают, что накопление Zn связано с генезисом почв. Значительно ниже возможности гумуса по накоплению Mn и В (около 5 % валового содержания) [3].

Перекус в системе удобрения в сторону внесения одних минеральных форм отрицательно влияет на качество картофеля и экологию агроценозов [4, 5]. Один из возможных путей экологизации производства картофеля – применение биопрепаратов на основе высокоэффективных штаммов бактерий.

Цель исследований – оптимизировать питание картофеля с применением, помимо традиционных минеральных удобрений, известковых мелиорантов в сочетании с сидератами, микроэлементами и биопрепаратами для получения высоких урожайности и качества продукции при снижении экологических рисков.

Методика. Представлены данные трех опытов на дерново-подзолистой супесчаной почве (экспериментальная база ВНИИКС «Коренево» Московской обл.). **Опыт 1.** Почва опытного участка имела следующую агрохимическую характеристику: рН_{KCl} – 4,6-5,2; Н_r – 3,3-4,2 мг-экв/100 г почвы; S – 2,0-2,8 мг-экв/100 г почвы, P₂O₅ – 227-354 мг/кг почвы и K₂O – 95-135 мг/кг почвы; гумус – 1,7-2,1 %. В опыте изучали влияние сидеральных паров и известковых мелиорантов на продуктивность двух сортов картофеля разных групп спелости: раннеспелый сорт – Жуковский ранний, среднепоздний сорт – Малиновка.

Осенью 2004 г. в почву внесли известковые мелиоранты: доломитовую муку (CaCO₃ – 48,5 и MgCO₃ – 43,6 %) и металлургический шлак (CaO – 39,5 %, MgO – 8,2, SiO₂ – 14,3, MnO – 4,7, Fe₂O₃ – 6,8, FeO – 14,0, P₂O₅ – 0,5, K₂O – 0,08, SO₃ – 0,14, TiO₂ – 0,09, Cr₂O₃ – 1,0, Al₂O₃ – 6,2%). Дозы известковых мелиорантов рассчитывали в долях гидролитической кислотности и были равны (по физической массе): доломитовая мука – 0,5 г.к. = 4,95 т/га, 0,75 г.к. = 7,4 т/га; металлургический шлак – 0,5 г.к. = 5,4 т/га; 0,75 г.к. = 8,1 т/га. В мае 2005 г. на опытном поле посеяли сидераты – донник и люпин однолетний – с последующей запашкой люпина в фазе зсых бобиков, донника – в фазе цветения. В 2006-2007 гг. на данном поле выращивали картофель. Общая площадь каждой делянки 56 м², учетная – 50 м². Расположение делянок – систематическое. Схема посадки – 75 × 30 см.

Опыт 2. В 2008-2011 гг. проводили опыт по изучению эффективности микроудобрений в хелатной форме Микровит. Общая площадь каждой делянки 56 м², расположение делянок рендомизированное по повторениям. Производитель агрохимиката – ООО «Элитные агроэкосистемы» (Московская обл., г. Воскресенск). Сорт картофеля – Жуковский ранний. На опытных делянках некорневые опрыскивания вегетирующего картофеля рабочими растворами агрохимикатов проводили согласно схемы опыта в фазе начала цветения: в 2008 г. – 01.07; в 2009 г. – 30.06.; в 2010 г. – 25.06.; в 2011 г. – 23.06. Норма расхода микроудобрений – 1,5 л/га. Проводили функциональную диагностику минерального питания (на приборе «Аквационис») с отбором листьев перед опрыскиванием и через 10-15 дней после опрыскивания микроудобрениями.

В таблице 1 приведена характеристика опытного участка в картофельных севооборотах. Из-за боязни распространения парши обыкновенной на клубнях, в севооборотах с высокой насыщенностью картофелем не проводят известкование, в результате в почве устанавливается низкое содержание обменных оснований – кальция и, особенно, магния.

1. Содержание подвижных форм микроэлементов и обменных форм кальция и магния в дерново-подзолистой супесчаной почве картофельного севооборота (в среднем за 2007-2009 гг.)

Вариант опыта	Cu	Zn	Mn	B	Ca O	Mg O	CaO: MgO
	мг/кг сухой почвы						
<i>Весенние образцы почвы – перед закладкой опыта</i>							
Без удобрений	4,4	0,89	64	0,075	402	85	4,73
<i>Осенние образцы почвы – после уборки картофеля</i>							
Без удобрений	4,4	0,74	27	0,07	396	75	5,28
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₅₀	4,8	0,82	61	0,12	370	78	4,74
Оптимальные параметры	3,0	23,0	60-100	0,15-0,2	700-800	150-200	4,5-4,7

Состав микроудобрения «Микровит» представлен в таблице 2.

2. Концентрация макро- и микроэлементов в комплексном удобрении «Микровит» различных марок, г/л

Марка микровита	N	P	K	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo	Co	B
Стандарт	25	3,5	20	10	30	32	32	8	6	5	1	11
Картофельный	25	10	30	10	30	7,5	15	12	12	3	1	10

Опыт 3. В 2009-2012 гг. проводили полевой опыт с обработкой клубней картофеля бактериальными удобрениями на различных фонах применения минеральных удобрений. Почва опытного участка характеризовалась следующими агрохи-

мическими показателями: рН_{KCl} – 4,51-4,62; Н_r – 3,30-3,40 мг-экв/100 г почвы; S – 1,98-2,28 мг-экв/100 г почвы, P₂O₅ – 320-340 и K₂O – 100-120 мг/кг почвы, гумус – 1,85-2,19%.

Предпосадочную обработку клубней картофеля проводили

бактериальными удобрениями Азотовит (*Azotobacter chroococcum*) и Фосфатовит (*Bacillus mucilaginosus*) и их смесью. Расход препаратов – 2 л/т, или 1 л/т Азотовита + 1 л/т Фосфатовита. Производитель – ООО «Промышленные инновации» (г. Москва).

Повторность опыта – трехкратная, расположение делянок – рендомизированное внутри повторений. Общая площадь делянки – 45 м², учётная – 27 м². Сорт картофеля – Крепыш (раннеспелый). Фоном удобрений служили полная доза минеральных удобрений и сниженная в 2 раза: Фон 1 (N₉₀ P₉₀ K₁₂₀); Фон 2 (N₄₅ P₄₅ K₉₀).

Обработанные клубни высаживали на делянках: без удобрений (Фон 0); на фоне полной дозы минеральных удобрений – Фон 1 (N₉₀P₉₀K₁₂₀) и Фон 2 (N₄₅P₄₅K₉₀). Срок посадки в 2009-2012 гг. – 6-12 мая.

При постановке опытов определяли агрохимическую характеристику почвы исследуемого участка: P₂O₅ и K₂O – по Кирсанову (ГОСТ 26207–91); обменный кальций и магний (ГОСТ 26487-85), рН_{KCl} потенциометрически (ГОСТ 26483–85); гидролитическая кислотность по Каппену в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212–91); сумма поглощенных оснований по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821–88); легкогидролизуемый азот по методу Тюрина и Кононовой в модификации Араксяна и др., 1989; нитратный азот – ГОСТ 26488-85, гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213–91); микроэлементы: подвижный Mn (ГОСТ 50685-94), подвижная Cu (ГОСТ 50683-94), подвижный Zn (ГОСТ 50686-94), подвижный В (ГОСТ 50688-94). Полевые исследования осуществляли в соответствии со

стандартными методами, изложенными в следующих изданиях: «Методика исследований по культуре картофеля» (1967); «Методика физиолого-биохимических исследований по культуре картофеля» (1989); «Методика исследований по защите картофеля от болезней, вредителей, сорняков и иммунитету» (1995). Биологическую активность почвы определяли по методу «апликации» (Звягинцев, 1991). Дисперсионный и корреляционный анализ экспериментальных данных осуществляли по Б.А. Доспехову (1985).

Результаты и их обсуждение. На дерново-подзолистой супесчаной почве (опыт ВНИИКС, 2004-2008 гг.) известкование при помощи доломитовой муки и металлургического шлама (0,5 и 0,75 г.к.) способствовало улучшению физико-химических показателей почвы (с первого года действия известкования): снижению кислотности и повышению суммы обменных оснований, пропорционально вносимым дозам (рис.1).

Запашка (2005 г.) сидеральных культур – донника и люпина однолетних на известкованных фонах по содержанию сухого вещества была эквивалентна внесению в почву 38-56 т/га подстильного навоза. Возврат элементов питания в почву с биомассой сидератов составил, соответственно: 159-345 и 240-322 кг/га азота, 35-75 и 47-49 фосфора, 190-253 и 154-218 калия, 132-252 и 128-180 кальция, 42-72 и 63-89 кг/га магния.

Применение сидератов способствовало увеличению влажности (на 7-10 %) и биологической активности почвы с сохранением тенденции в течение двух лет последствия сидерации, что особенно важно в годы с недостатком осадков (например, в засушливый 2007 г., ГТК=0,97).

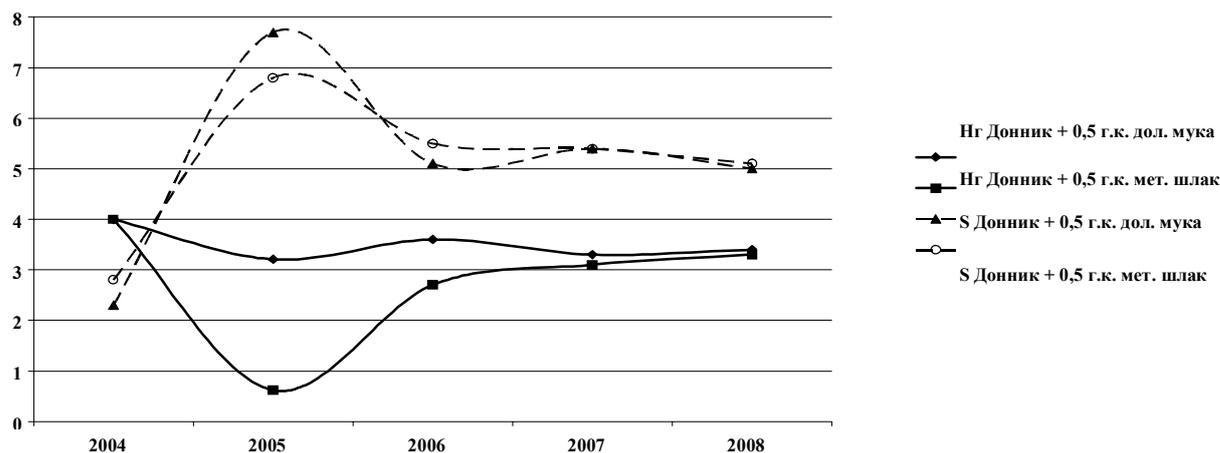


Рис. 1. Изменение гидролитической кислотности и суммы оснований в зависимости от применения доломитовой муки и металлургического шлама

Урожайность двух сортов картофеля (Жуковский ранний и Малиновка) в среднем за два года (2006-2007) повышалась от запашки донника однолетнего на известкованной почве на 2,9-8,9 т/га (на 10-32 %), а люпина однолетнего на 2,4-6,8 т/га (на 9-25 %) при 27,9 т/га на фоне N₉₀P₉₀K₁₂₀; содержание тяжелых металлов не превышало МДУ.

Отрицательным свойством известкования картофеля является усиление заболеваемости клубней паршой обыкновенной. Установлено, что на всех известкованных фонах в сочетании с сидератами на двух сортах картофеля количество клубней, пораженных паршой обыкновенной в сильной степени, составило 0-2,3 %, что отвечает требованиям ГОСТа 7176-85 «Картофель свежий, продовольственный заготавливаемый и поставляемый» и подтверждает фитосанитарную роль сидератов. Нарастания инфекции на второй год выращивания картофеля на одном месте не наблюдалось даже в условиях острой засухи 2007 г.

Сочетание известковых мелиорантов с бобовыми сидератами – важные агроприемы, повышающие плодородие и влажность почвы, обеспечивающие получение высокой продуктивности картофеля на уровне 25-29 т/га в засушливые годы и 38-43 т/га в годы с достаточным увлажнением почвы, с

высокими показателями качества.

При планировании урожайности картофеля свыше 30 т/га помимо основного внесения минеральных удобрений важна роль некорневых подкормок высокоэффективными агрохимикатами.

Исследования, проведенные в полевом опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве с микроудобрением в хелатной форме «Микровит» показали, что в среднем за 2008-2011 гг. урожайность картофеля повысилась на 12,6-15,3 %.

В нормальные по увлажнению годы (2008-2009) прибавка на фоне минеральных удобрений (фон – N₁₂₀P₁₂₀K₁₅₀) составила 13,2 т/га, или 53 %, в 2010 г. – 2,4 т/га, или 30 % к неуборенному контролю. В засуху эффективность от предпосадочного внесения удобрений (N₁₂₀P₁₂₀K₁₅₀) в относительном выражении (%) снизилась примерно в 2 раза, а в абсолютном (т/га) – в 5,5 раз. Применение некорневых подкормок микроэлементами в годы с нормальным увлажнением (2008-2009) повышало урожайность на 11,4-15,4 %, а в засушливые (2010-2011) – на 11,3-21,4% по сравнению с фоновым вариантом (N₁₂₀P₁₂₀K₁₅₀).

Таким образом, хелаты микроэлементов были антистрессовыми препаратами, улучшающими протекание продукци-

онного процесса картофеля и улучшающими содержание фитонутриентов, в том числе и в экстремальных условиях (засуха 2010-2011 гг.), что объясняется повышением ферментативной активности пероксидазы.

По результатам листовой диагностики установлено, что растения в варианте $N_{120}P_{120}K_{150}$ испытывали дефицит ряда микроэлементов – цинка, марганца, бора и избыток меди, т.е. наблюдалась «разбалансировка». Некорневая подкормка микроудобрением в фазе бутонизации на фоне $N_{120}P_{120}K_{150}$ приводила к оптимизации содержания макро- и микроэлементов в тканях растений картофеля.

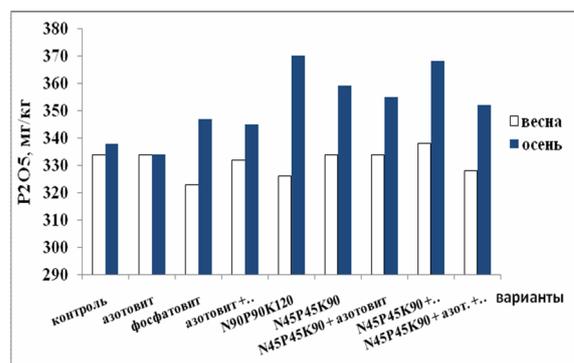
В опыте с изучением эффективности минеральных удобрений и бактериальных препаратов за годы исследований (2009-2012) при внесении полной дозы минеральных удобрений (фон 1 – $N_{90}P_{90}K_{120}$) на дерново-подзолистой супесчаной почве отмечены подкисление почвенного раствора (на $-0,13$ ед. $pH_{КС}$) и увеличение гидролитической кислотности (на $0,28$ мг-экв/100 г почвы). Применение половинной дозы удобрений (фон 2 – $N_{45}P_{45}K_{90}$) не изменило величину $pH_{КС}$, но привело к повышению гидролитической кислотности (на $0,29$ мг-экв/100 г почвы). В вариантах применения бактериальных удобрений устранялось подкисляющее действие минеральных удобрений и наблюдалось достоверное повышение суммы обменных оснований (на $0,25-0,36$ мг-экв/100 г почвы).

Показатель биологической активности почвы (БАП) позволяет выявить направление изменения почвенного плодородия, причем это становится очевидным значительно раньше, чем происходит изменение других объективных показателей плодородия. В годы с нормальным увлажнением (2009 и 2012) бактериальные удобрения увеличивали биологическую активность почвы (метод «апликации») на $12,2-14,8$ % по сравнению с неудобренным контролем, где БАП составляла 74 %. В засушливые годы (2010-2011) значение показателя снизилось в $1,38-1,8$ раза, причем наиболее сильное угнетение активности почвы наблюдалось в варианте с полной дозой минеральных удобрений.

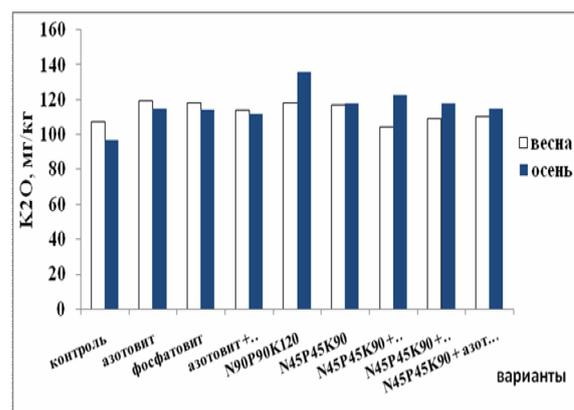
На минеральных фонах содержание нитратного азота повышалось соответственно внесенным дозам удобрений (фон 1 и 2) – на 23 и 17 мг/кг по сравнению с неудобренным контролем. Предпосадочная обработка клубней бактериальными препаратами способствовала повышению нитратов в почве на вариантах: фон 0 и фон 2 + азотовит – на 11-13 мг/кг – по сравнению со значениями соответствующих контролей (фон 0 и фон 2). Остальные варианты находились в пределах ошибки опыта.

Содержание подвижного фосфора возрастало во всех вариантах: фон 1 – на 44 мг/кг почвы, фон 2 – на 25 мг/кг почвы, фосфатовит на фоне 0 и фоне 2 – на 24-30 мг/кг почвы, по сравнению с соответствующими весенними показателями (рис. 2). После уборки картофеля в варианте без удобрений наблюдался отрицательный баланс обменного калия, что объясняется низкой естественной обеспеченностью этим элементом, засухой (2010 и 2011 гг.) и высоким биологическим и хозяйственным выносом калия картофелем. В варианте с половинной дозой удобрений (фон 2) наблюдался слабый положительный баланс этого элемента, который увеличивался в вариантах с применением бактериальных препаратов. Положительный баланс калия складывался в вариантах: фон 1 ($N_{90}P_{90}K_{120}$) и фон 2 + азотовит – 18-19 мг/кг почвы (см. рис. 2).

Установлена тесная корреляционная зависимость величины урожая картофеля от элементов питания: от содержания подвижного фосфора – от 0,25 до 0,66, от обменного калия – от 0,52 до 0,81; максимальные значения интервалов соответствовали засушливым годам. Такая же тенденция сохранилась для связи урожая с доступными фосфором и калием (в $0,02$ н. $CaCl_2$). Корреляция продуктивности картофеля с концентрацией нитратов в почве была максимальной ($r=0,83$) в нормальные по увлажнению годы 2009 и 2012, и средняя – $r=0,39-0,40$ в засушливые – 2010 и 2011 гг. В засушливые годы увеличивалась зависимость от суммы обменных оснований, содержания подвижного фосфора и обменного калия.



а



б

Рис. 2. Содержание в почве подвижного фосфора (а) и обменного калия (б) в зависимости от применения минеральных и бактериальных удобрений

Установлена высокая эффективность бактериальных препаратов в повышении продуктивности картофеля: в вариантах без минеральных удобрений получена прибавка урожайности 18-27 %. На пониженном фоне минеральных удобрений в сочетании с бактериальными препаратами достигался уровень урожайности, сравнимый с полной дозой минеральных удобрений. Урожайность составила 21,1-21,5 т/га, что практически на одном уровне с урожайностью, полученной от полной дозы минеральных удобрений ($N_{90}P_{90}K_{120}$) – 22,1 т/га (прибавка 41 % к контролю) (табл. 3).

В опыте подтвердилось положительное фунгицидное влияние удобрений на болезни. Полная доза минеральных удобрений снижала в 3 раза распространенность ризоктониоза на клубнях и в 4 раза его развитие. Действие половинной дозы минеральных удобрений усиливалось в вариантах с бактериальными препаратами.

Таким образом, бактериальные препараты (азотовит и фосфатовит) являются перспективными формами удобрений, способствующих улучшать питательный режим растений. Применение биопрепаратов активизирует естественный биологический потенциал агроценозов, обеспечивая обогащение почвы доступными формами питательных веществ и способствуя формированию высокой продуктивности картофеля.

Выводы. В снижении рисков в картофелеводстве, связанных с колебаниями гидротермических условий произрастания, главная роль принадлежит повышению плодородия почвы (известкование, сидераты, применение высокоэффективных агрохимикатов). Наряду с основным внесением минеральных удобрений, важно регулирование уровня урожайности другими способами: предпосадочные и некорневые обработки макро- и микроудобрениями, применение бактериальных удобрений и т.д.

3. Урожайность картофеля в зависимости от изучаемых факторов по годам исследований

Вариант опыта	Урожайность, т/га					Прибавка к контролю		Прибавка к фону 2	
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	средняя	т/га	%	т/га	%
Фон 0 (без/удобрений)	25,0	7,5	12,1	18,3	15,7	-	-	-	-
Фон 0 + азотовит + фосфатовит	30,3	9,0	13,7	21,0	18,5	2,8	17,8	-	-
Фон 0 + азотовит	36,3	9,3	13,7	20,5	20,0	4,3	27,4	-	-
Фон 0 + фосфатовит	30,5	9,6	15,1	20,1	18,8	3,1	19,7	-	-
Фон 1 (N ₉₀ P ₉₀ K ₁₂₀)	37,6	9,3	15,1	26,5	22,1	6,4	40,8	-	-
Фон 2 (N ₄₅ P ₄₅ K ₉₀)	32,2	9,9	13,8	23,8	19,9	4,2	26,8	-	-
Фон 2 + азотовит + фосфатовит	33,1	9,6	15,0	27,3	21,3	5,6	35,7	1,4	7,0
Фон 2 + азотовит	33,8	9,9	14,3	26,2	21,1	5,4	34,4	1,2	6,0
Фон 2 + фосфатовит	34,1	10,5	14,8	26,7	21,5	5,8	36,9	1,6	8,0
НСР ₀₅	1,6	0,6	0,9	0,8	-	-	-	1,0	-

Литература

1. Бацанов Н.С. Повышение продуктивности растения картофеля. – М.: Колос, 1969. – С. 16-17. 2. Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений. – М.: Агропромиздат, 1990. – 218 с. 3. Мерзлая Г.Е., Замана С.П., Соколов А.В. Тяжелые металлы в системе органическое удобрение – почва – растение // Плодородие. – № 2 (47). – 2009. – С. 49-50. 4. Моляко А.А. Экологически безопасное удобрение картофеля и пригодность клубней для картофелепродуктов. – Брянск: Грани, 1997. – 144 с. 5. Небольсин А.Н., Небольсина З.П. Оптимальные для растений параметры кислотности дерново-подзолистой почвы // Агрохимия. – 1997. – № 6. – С.

19-26. 6. Яковлева Л.В. Экологические аспекты известкования дерново-подзолистых почв Северо-Запада России: Автореф. дис... д. с.-х. наук. – С.-Пб., Пушкин, 2009. – 45 с. 7. Шильников И.А., Сычев В.Г., Зеленов Н.А., Аканова Н.И., Федотова Л.С. Известкование как фактор урожайности и почвенного плодородия. – М.: ВНИИА, 2008. – 340 с. 8. Wulkow A., Pawelzik E., Heckl B. Effect of calcium and boron in potato tubers (*Solanum tuberosum*) of various cultivars differing in blackspot susceptibility // Conference of European Association for potato research /Potato for a changing world: 17-th triennial Conference of European Association for potato research: abstract of papers and posters. – Brasov. – 2008. – P. 228-229.

METHODS OF REGULATING SOIL FERTILITY AND POTATO PRODUCTIVITY

R.F. Baibekov, N.I. Akanova, A.V. Kravchenko, Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agricultural Chemistry, Russian Academy of Agricultural Sciences, ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia

The high potato productivity is closely related to the maintenance of soil fertility and is regulated by the application of fertilizers. Under unpredictable climatic conditions, biological techniques aimed at optimizing the potato production are necessary along with the application of mineral fertilizers.

Keywords: potato, productivity, fertility, fertilizer.