

УДК 633.491; 635.2

А.В. Бутов, А.А. Мандрова

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА И КАЧЕСТВО КАРТОФЕЛЯ ПРИ БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ЧЕРНОЗЕМНОЙ ЛЕСОСТЕПИ

В статье рассматриваются биологические приемы повышения энергетической эффективности и урожайности при возделывании картофеля в Черноземной лесостепи.

Картофель, биологические приемы, энергетическая эффективность.

### Введение

Картофель – ценнейший продукт питания, без которого жители нашей страны не представляют своего существования. Кулинары знают свыше 100 рецептов картофельных блюд. Среди ученых-картофелеводов существует мнение, что из всех регионов страны почвенно-климатические условия Центрального Черноземья способствуют получению самого вкусного картофеля [1,3].

Питательная ценность картофеля определяется наиболее благоприятным соотношением в нем органических и минеральных веществ. При обычном употреблении в сутки 300 г картофеля человек удовлетворяет на 75% суточную потребность во всех незаменимых аминокислотах, на 50% – в антицинготном витамине С, на 10% – в энергетических калориях.

Пищевая ценность клубней в настоящее время определяется не только крахмалом, витаминами, но и их экологической безопасностью для питания человека, высокими показателями кулинарных качеств, биологической ценностью белка, минимальным содержанием нитратов, пестицидов, тяжелых металлов.

Несмотря на значимость в питании человека, картофель остается высокзатратной культурой, что в целом за последние 20 лет привело к сокращению площадей его посадок и закупке этой продукции за границей. Поэтому необходима разработка технологических приемов возделывания культуры, существенно снижающих энергетические затраты и улучшающих пищевые качества клубней.

В прежние годы технологический процесс сельскохозяйственного производства оценивали в основном такими экономическими показателями, как себестоимость, рентабельность, условно-чистый доход и др. Однако в современных условиях, в связи с отсутствием фиксированных цен на затратные показатели и получаемую продукцию, более объективна оценка эффективности агроприемов по единым энергетическим критериям. Это позволяет более надежно анализировать сельскохозяйственное производство. Правомочность данного подхода обусловлена тем, что нерешенные проблемы энергетического баланса в сельском хозяйстве стали существенно тормозить темп прироста производства. В такой ситуации анализ потребления энергии в земледелии – необходимый элемент комплексного исследования энергоемкости продукции в масштабах всего сельского хозяйства [3].

### Объекты и методы исследований

В качестве объекта исследований нами были выбраны альтернативные техногенным способам производства – биологические приемы повышения плодородия почвы, улучшающие пищевые достоинства клубней и снижающие энергетические затраты при возделывании картофеля – стратегически важной продовольственной культуры.

Исследования проводились в длительном стационарном трехпольном севообороте на Елецкой опытной станции по картофелю в 2001–2006 гг. (Липецкая область). Чередование культур в севообороте следующее: 1) однолетние – трава на сено; 2) озимая пшеница; 3) картофель. После уборки озимых, согласно схеме опытов, вносили измельченную солому, пожнивно высевали яровой рапс на зеленое удобрение и вносили подстилочный навоз КРС. Площадь под опытами 8,4 гектара. Сорт картофеля Удача.

Расчет совокупных затрат при использовании биологических мелиорантов в севообороте картофельной специализации выполнен по технологической карте ВНИИКХ (Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства) [2]. В расходную часть входили затраты совокупной энергии, вложенной трудовыми ресурсами, затраты энергии всех видов топлива, минеральных и органических удобрений, пестицидов, тракторов, сельскохозяйственных машин, автотранспорта, электроэнергии.

В связи с тем, что в наших исследованиях в качестве биомелиорантов применялась измельченная солома и зеленое удобрение, в технологическую карту включены для сравнения энергетические оценки комплексов машин для уборки нетоварной части урожая зерновых культур и технология возделывания пожнивного рапса как сидерата.

Расчеты выполнены в соответствии с методическими разработками и рекомендациями ВАСХНИЛ (ныне РАСХН, Российская академия сельскохозяйственных наук) [6]. Вкусовые качества определяли по методике, предложенной С.М. Букасовым, Л.И. Костиной, Н.П. Жолудевой [4]. В соответствии с этой методикой показатели кулинарных качеств состоят из двух категорий. В первую категорию с оценкой по 5-балльной шкале входили показатели: водянистость, вкус, мучнистость. Полученная сумма баллов показателей первой категории умножалась на два. Во вторую категорию входили показатели: разваримость, консистенция, запах. Сумма баллов этой категории умножалась на четыре. Общую оценку вкусовых качеств клубней осуществляли по сумме баллов показателей первой и второй катего-

рий. Содержание аминокислот в клубнях определяли на аминокислотном анализаторе НД – 1200Е после гидролиза 6N раствором HCl, биологическую ценность белка клубней (БЦБ) – с учетом содержания в белках незаменимых аминокислот (валин, лизин, фенилаланин, триптофан, лейцин, изолейцин, метионин, треонин). Расчеты велись по формуле Карпаца, Ландера и Варга [5]. Содержание нитратного азота в клубнях картофеля определяли на нитратометре с использованием электродов на нитраты.

### Результаты и их обсуждение

Белок картофеля обладает высокой биологической ценностью, так как в нем содержится довольно много незаменимых аминокислот. Благодаря оптимальному соотношению незаменимых аминокислот белок картофеля по биологической ценности стоит выше многих других растений. Если биологическую питательную ценность куриного белка принять за 100%, то ценность белка пшеницы составит 64%, а ценность белка картофеля – 85%.

Важность улучшения аминокислотного состава биологической ценности белков (БЦБ) определяется тем, что около 95% общей потребности человека в пищевом белке обеспечивается за счет растительной пищи. БЦБ картофеля обуславливается ценностью наиболее существенных аминокислот или их количества. Понятие БЦБ получило количественное содержание, основанное на точных определениях уровней восьми наиболее существенных аминокислот сопоставимых с уровнем тех же аминокислот в стандартном полноценном белке куриного яйца. Таким путем вводится индекс существующих аминокислот по Озеру. Он определяет собой среднее геометрическое соотношение между показателями содержания аминокислот исследуемого белка и показателями содержания тех же аминокислот в полном объеме куриного яйца, принимаемом за 100. В наших опытах ставилась цель – выявить оптимальные биологические

приемы с целью получения клубней с лучшей БЦБ.

Безудержный рост цен на минеральные удобрения, энергоносители, а также нехватка традиционных органических удобрений и большие затраты на их транспортировку, внесение заставляют искать альтернативные ресурсосберегающие источники повышения урожая и улучшения качества картофеля. Такими источниками в наших опытах были биологические мелиоранты: поживной сидерат на зеленое удобрение и измельченная солома. Целью же изучения различных способов подготовки почвы на фоне использования биомелиорантов являлась разработка технологических приемов, позволяющих проводить механизированную (комбайновую) уборку картофеля. Постановка такой цели связана с тем, что при ручной уборке доля общих затрат в производстве этой культуры увеличивается на 50%. Снижению энергетических затрат в производстве товарного картофеля и улучшению пищевых достоинств его клубней посвящена наша работа.

Способы подготовки почвы по полным энергетическим затратам различались незначительно. В сравнении с контрольными вариантами, включающими применение обычной подготовки почвы, фрезерная обработка почвы перед посадкой картофеля увеличивала энергетические затраты в среднем на 297 МДж. Причем по отношению к самой фрезерной обработке этот способ становится еще менее энергоемким (–547 МДж).

Анализируя данные (табл. 1), можно отметить, что технология с использованием фрезерной обработки почвы перед посадкой оказалась более энергоемкой. Однако фрезерная обработка почвы в сочетании с применением биологических мелиорантов полностью решала сложнейшую проблему – проблему механизированной уборки картофеля. На фоне использования такой технологии количество примеси почвы в ворохе картофеля при комбайновой уборке составляло всего 7–12 % против 24–37% при обычной, ранее применявшейся агротехнике.

Таблица 1

Структура затрат энергии при использовании биологических и техногенных приемов в технологии возделывания картофеля

Биомелиорант	Навоз, т/га	Способ подготовки почвы	Затраты энергии, в т.ч.				
			Прямые (топливо)		Овеществленные, МДж/га	Энергоемкость энергетических средств и машин, МДж/га	Полные МДж/га
			кг/га	МДж/га			
Жнивье	0	Обычная	184	7888	52371	8375	74095
	40	Обычная	221	9426	57971	9205	82073
	40	Фрезерная	219	9357	58287	7507	82370
	40	Гребни с осени	217	9251	57971	9129	81823
Солома	40	Обычная	212	9052	57971	8712	74499
	40	Фрезерная	210	8983	58287	7014	74797
	40	Гребни с осени	208	8876	57971	8636	74250
Рапс	40	Обычная	244	10429	58118	9517	85186
	40	Фрезерная	243	10361	58434	7819	85483
	40	Гребни с осени	240	10254	58118	9441	84936
Рапс +солома	40	Обычная	235	10055	58118	9023	77612
	40	Фрезерная	234	9987	58434	7326	77910
	40	Гребни с осени	231	9880	58118	8948	77362

Нарезка гребней с осени, увеличивая затраты энергии на их формирование (+359 МДж), одновременно снижала количество расходуемой энергии на весеннюю подготовку почвы на 609 МДж. Вместе с тем число обработок почвы, определяемое применением фрезерных орудий, не уменьшало общего расхода топлива на проведение этих операций. Затраты энергии на использование удобрений в целом по различным способам подготовки почвы распределялись следующим образом (%): минеральных удобрений – 22,7; навоза – 7,5; поживного зеленого удобрения – 4,9; соломы – 4,1.

Отличительной чертой применения соломы является уменьшение энергозатрат при использовании ее в качестве органического удобрения. Традиционная технология уборки соломы с поля была более энергоемка (10625 МДж), чем прямое комбайнирование с измельчением и разбрасыванием.

Энергетическую эффективность возделывания сельскохозяйственных культур оценивают путем сравнения количеств технической энергии, затрачиваемой и накопленной в урожае (табл.2). Фрезерная обработка почвы, создав оптимальные условия для роста, развития растений и комбайновой уборки клубней, в сочетании с внесением навоза, заправкой рапса и рапса + соломы повышала урожайность картофеля и обеспечивала наивысшее накопление энергии в урожае: 233600–259 200 МДж против 172800 МДж на контроле. Применение навоза снижает затраты энергии на получение 1 ц продукции в сред-

нем на 44–61 МДж, соломы – на 79–95 МДж, рапса – на 61–76 МДж, рапса + соломы – на 92–102 МДж.

Вскрытые зависимости позволяют заключить, что наибольший биоэнергетический коэффициент эффективности в севообороте с картофелем достигается при следующих агроприемах: заправке 40 т/га навоза в сочетании с внесением соломы, зеленого удобрения и фрезерной подготовкой почвы. Величина биоэнергетического коэффициента эффективности таких элементов технологии возделывания картофеля составила 3,00–3,33 против 2,33 на контроле.

В вариантах с осенней нарезкой гребней и внесением навоза, зеленого удобрения биоэнергетический коэффициент составил 3,16–3,30. Навоз повысил биоэнергетический коэффициент на 0,35, зеленое удобрение – на 0,16–0,17.

Результаты энергетической оценки возделывания картофеля в севообороте показали высокзатратное его производство. Снижение затрат техногенной энергии при одновременном сохранении выхода продукции достигается при использовании биологических приемов повышения плодородия почвы в севообороте с картофелем.

Клубни картофеля ценны не только крахмалом, витаминами, минеральными веществами, но и наличием азотистых соединений, главным образом, белков и свободных аминокислот. В клубнях картофеля сырого протеина (белка) содержится около 2% сухой массы.

Таблица 2

Эффективность затрат энергии при использовании биологических мелиорантов под картофелем

Биомелиорант	Навоз т/га	Способ подготовки почвы	Урожай картофеля, т/га	Полные затраты энергии на урожай, МДж	Количество энергии в урожае, МДж	Затраты энергии на получение 1 кг продукции	Энергетическая эффективность технологии
Жнивье	0	Обычная	21,6	74095	172800	3,43	2,33
	40	Обычная	27,5	82073	220000	2,99	2,68
	40	Фрезерная	29,2	82370	233600	2,82	2,84
	40	Гребни с осени	28,2	81823	225600	2,90	2,76
Солома	40	Обычная	28,2	74499	225600	2,64	3,03
	40	Фрезерная	30,2	74797	241600	2,48	3,23
	40	Гребни с осени	29,3	74250	234400	2,53	3,16
Рапс	40	Обычная	30,2	85186	241600	2,82	2,84
	40	Фрезерная	32,0	85483	256000	2,67	3,00
	40	Гребни с осени	31,1	84936	248800	2,73	2,93
Рапс + солома	40	Обычная	30,9	77612	247200	2,51	3,19
	40	Фрезерная	32,4	77910	259200	2,41	3,33
	40	Гребни с осени	31,9	77362	255200	2,43	3,30

НСР<sub>05</sub>1,5

Применение повышенных доз органических удобрений увеличивало сумму аминокислот в белке клубней картофеля до 6062 мг на 100 г сухого вещества, что составляет 165% к контролю. Наибольшее влияние на сумму аминокислот оказало совместное применение традиционных органических удобрений

и биологических мелиорантов – 8012 мг, что составляет 215% к контролю.

Условиями питания картофеля предопределяется неодинаковый синтез белка, т.е. качественный состав белка может изменяться в зависимости от различного питания растения. Так, например, при односто-

роннем усиленном азотном или азотно-калийном минеральном питании складываются неблагоприятные условия для качественного синтеза белка. Слишком высокие дозы минеральных удобрений также неблагоприятно действуют на этот показатель.

Полученные нами данные свидетельствуют, что БЦБ картофеля в зависимости от применения биологических мелиорантов и различных доз навоза составляла 72,1–82,3% от БЦБ куриного яйца. Причем применение высоких доз навоза ведет к некоторому снижению БЦБ клубней. Так, на вариантах с применением биомелиорантов и умеренными дозами навоза (20 т на 1 га) БЦБ картофеля составляла 79,7–82,3%. На вариантах же с высокими дозами навоза снизилась до 74,3–72,1%.

Из-за увеличения дозы традиционных органических удобрений с 20 до 60 т/га сумма аминокислот в клубнях возрастала до определенного уровня, а затем наблюдалось более менее одинаковое их количество.

Так, при первой дозе удобрений (20 т/га) сумма аминокислот составляла 4125 мг, при второй (40 т/га) – 7084 мг, при третьей (60 т/га) уменьшилась до 6573 мг, (мг на 100 г). То есть с увеличением доз органических удобрений выше 40 т/га не наблюдалось увеличение содержания аминокислот, их количество оставалось на уровне 6–7 тыс. мг. При высоких дозах органических удобрений (40–60 т/га) выявлено снижение абсолютного содержания группы незаменимых аминокислот и увеличение группы кислых.

Уменьшение количества незаменимых аминокислот при высоких дозах органических удобрений приводило к снижению БЦБ клубней до 72,1–74,3%. И, наоборот, при использовании биологических мелиорантов или умеренных доз навоза БЦБ составила 79,7–82,3%.

Одно из главных положений проведенного нами анализа аминокислотного состава белка в условиях Черноземной лесостепи состоит в том, что при внесении биологических мелиорантов отдельно или в сочетании с умеренными (20 т/га) дозами традиционных органических удобрений качество клубней по данному показателю улучшается по сравнению с неудобренным вариантом (жнивьем). Дальнейшее повышение доз органических удобрений (свыше 40 т/га) как отдельно, так и в сочетании с биомелиорантами не оказывало положительного влияния на биологическую ценность белка клубней картофеля и их аминокислотный состав.

Из вышесказанного следует, что важнейшие показатели качества клубней картофеля в питании человека – биологическую ценность белка и сумму незаменимых аминокислот – можно повышать с помощью использования биомелиорантов в сочетании с внесением умеренных доз (20 т/га) традиционных органических удобрений при возделывании этой культуры.

Кулинарные показатели картофеля определяются сразу после уборки. Применение биологических мелиорантов и небольших доз навоза (20 т/га) улучшает или поддерживает кулинарные свойства на уровне контроля. Так, на вариантах с использованием измельченной соломы и зеленого удобрения вкус

составил соответственно 4,6 и 4,4 балла, а сумма баллов 77–75,6 при 4,5 и 76,2 балла на контроле.

Из вредных веществ, накапливающихся в клубнях картофеля, особо выделяют содержание нитратов и нитритов, являющихся исходными продуктами канцерогенных азотных нитросоединений, вызывающих различные заболевания. Нитраты – естественный компонент пищевых продуктов растительного происхождения, однако в больших количествах они вредны для организма человека и животных.

Нитратный азот, попадая в организм человека, под воздействием некоторых видов кишечных бактерий может восстанавливаться до нитритов. Нитритный азот обладает высокой токсичностью. Попав в кровяное русло, он блокирует гемоглобин красных кровяных телец, нарушая основную его функцию – перенос кислорода. Избыток нитратов в пище наряду с остаточными количествами пестицидов, тяжелых металлов приводит ко многим тяжелым заболеваниям, в том числе канцерогенного характера. Вредное воздействие нитратов на организм человека разнонаправленно, вплоть до воздействия на его генеративные свойства. Отрицательное воздействие нитратов на человека неспецифично, с различными последствиями, которые при возникновении заболеваний распознаются с трудом. Наиболее повышенной чувствительностью к избытку нитратов в продуктах обладают дети, у которых под действием нитритов в организме образуется метгемоглобин (вместо гемоглобина). Установлено, что 60–80% поступающего количества нитратов человек получает с овощами и картофелем, 20–30% – из питьевой воды, 10–15% – из мяса и мясных продуктов, 5–10% из фруктов и фруктовых соков, молока и молочных продуктов. Максимальной действующей суточной дозой нитратов для человека при систематическом поступлении их в организм является 4 мг ионов нитратов на 1 кг массы тела. Так, при массе тела 80 кг всего из внешней среды могут безопасно поступать 320 мг нитратов в сутки, а при 55 кг – 220 мг. При этом учитывается их поступление как с пищей, так и с питьевой водой, ибо механизм действия одного и того же вещества из нескольких исходных компонентов один и тот же.

Еще в СССР Министерством здравоохранения были утверждены санитарно-гигиенические нормы (СанПин 42-123-4619-88), согласно которым величина предельно-допустимых концентраций для картофеля составляет 250 мг/кг сырых клубней.

В России с учетом потребления продукции растениеводства Минздрав РФ позже утвердил показатели содержания нитратов на продукцию, производимую и используемую в пределах государства. По картофелю они составляют: для раннего – 250 мг, для позднего – 80 мг/кг (предельный показатель для продукции, реализуемой без ограничений в сети торговли, общественного питания, в детских и лечебных учреждениях) и 160 мг/кг (предельный показатель для продукции, реализуемой с ограничениями лишь в открытой сети общественного питания при условии максимального рассредоточения для приготовления закусок, блюд и консервов с многокомпонентной рецептурой, когда данный про-

дукт составляет не более 50% сырьевого набора). Согласно положению, картофель с повышенным содержанием нитратов может подвергаться глубокой промышленной переработке – идет на получение крахмала, спирта, белково-витаминного продукта для нужд животноводства, а также закладывается на хранение в качестве семенного материала.

Наши опыты установили, что более низкое содержание нитратов 25–31 мг против 32 мг/кг на контроле имели клубни, выращенные на участках с внесением измельченной соломы. Это связано с тем, что солома, забирая часть минерального азота на свое разложение, способствует более хорошему вызреванию клубней.

Запашка зеленой массы пожнивного сидерата практически не повышала накопление нитратов. Разница по сравнению с контролем составила всего 1,7–4,3 мг/кг. При внесении 20 т/га навоза содержание нитратов было также близким к контролю (36 мг/кг).

Наши данные свидетельствуют о том, что при использовании под картофель биологических мелиорантов и небольших норм навоза (20 т/га) практически не увеличивается содержание нитратов. Их количество в 2,2–3,2 раза меньше ПДК (80 мг/кг).

Повышенное содержание нитратов в опытах выявлено при увеличенных нормах (40–60 т/га) навоза – 55–67 мг/кг сырых клубней.

Таким образом, в условиях Черноземной лесостепи в отрасли картофелеводства для снижения энергозатрат и улучшения пищевых достоинств клубней целесообразно применять биологические мелиоранты в качестве альтернативного источника удобрений (измельченную солому, пожнивное зеленое удобрение) в сочетании с небольшими дозами традиционного навоза. Использование биологических приемов при выращивании продовольственного картофеля обеспечивает снижение энергозатрат и повышение пищевых качеств клубней этой культуры.

#### Список литературы

1. Бутов, А.В. Интродукция картофеля в России и культура его в современных условиях: монография / А.В. Бутов. – Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина. 2010. – 542 с.
2. Замотаев, А.И. Технологическая карта возделывания картофеля / А.И. Замотаев. – М., 2009. – 12 с.
3. Кадыров, С.В. Технология программированных урожаев в ЦЧР: справочник / С.В. Кадыров, В.А. Федотов. – Воронеж, 2005. – 544 с.
4. Картофель России: монография. В трех томах. Т. 1, 2. / под ред. А.В. Коршунова. – М., 2003. – 587 с.
5. Коршунов, А.В. Управление урожаем и качеством картофеля / А.В. Коршунов. – М., 2001. – 370 с.
6. Методические рекомендации по оценке топливно-энергетических затрат на выполнение механизированных процессов в растениеводстве / ред. колл.: В.А. Токарев, А.Н. Никифоров и др. – М.: ВАСХНИЛ. – 1985. – С. 7–44.

Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина  
399770, Липецкая обл., г. Елец, ул. Коммунар, 28.  
Тел.: (267)2-21-93  
факс: (267) 2-04-63  
e-mail: main@elsu.ru

#### SUMMARY

**A.V. Butov, A.A. Mandrova**

#### **ENERGY EFFICIENCY AND POTATO QUALITY DUE TO BIOLOGIZATION OF FARMING IN CHERNOZEM STEPPE**

The article deals with biological methods of improving energy efficiency and of raising the level of potato yield in the Chernozem steppe.

Potato, biological methods, energy efficiency.

Yelets State University named after Ivan Bunin.  
28, Kommunarov Street, Yelets, 399770, Lipetsk Region, Russia  
Phone: (267)2-21-93  
Fax: (267) 2-04-63  
e-mail: main@elsu.ru

