УДК 633.491;635

# УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО КАРТОФЕЛЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗАХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

**А.В. Бутов[1], А.А. Мандрова[2,*]**

*[1]ФГБОУ ВПО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», 399770, Россия, Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, 28*

*[2]Совет депутатов города Ельца Липецкой области, 399740, Россия, Липецкая область, г. Елец, ул. Октябрьская, 127*

**e-mail: annaelets@yandex.ru*

*Дата поступления в редакцию: 10.03.2016*
*Дата принятия в печать: 25.04.2016*

В Центрально-Черноземном регионе РФ в полевых опытах установлены оптимальные дозы и соотношения минеральных удобрений под картофель при капельном орошении, позволяющие получать высокий урожай картофеля с лучшими пищевыми качествами. С повышением доз удобрений от ноля до максимальной $N_{150}P_{210}K_{180}$ урожайность картофеля возрастала с 23,4 до 43,7 т/га, а содержание нитратов с 15,7 до 234,8 мг/кг сырых клубней. На вариантах $N_{90-120}P_{150-180}K_{120-150}$ урожай составил 37,8–41,5 ц/га, накопление нитратов – 107,1–165,4 мг/кг при ПДК 250 мг/кг. Небольшие и умеренные дозы удобрений повышали биологическую ценность белка (БЦБ) до 80,6–81,2 % против 80,0 % на контроле. На фоне повышенных доз удобрений $N_{90-120}P_{150-180}K_{150-180}$ БЦБ составила 80,1–79,4 %. При максимальном уровне удобрений $N_{150}P_{210}K_{180}$ содержание БЦБ переходит в депрессию, выраженную достаточно резко. Потемнение мякоти клубней от механических повреждений увеличивалось при максимальной дозе удобрений и одностороннем усиленном азотном и азотно-калийном питании. Лучшие кулинарные показатели вареных клубней картофеля в опытах были на вариантах с небольшими и умеренными дозами удобрений $N_{30-60}P_{90-120}K_{60-90}$ – сумма баллов 77,0–75,6, вкус 4,6–4,4 против 76,2 и 4,5 балла на контроле без удобрений. Вполне хорошими данные показатели были на вариантах $N_{90-120}P_{150-180}K_{120-150}$ с соотношением N:P:K, равным 1:1,5–1,7:1,3, – сумма баллов составила 73,8–70,0, вкус 4,2–3,9. Максимальная доза удобрений $N_{150}P_{210}K_{180}$ и одностороннее усиленное азотное или азотно-калийное питание в целом значительно снижали пищевые качества клубней. В условиях капельного орошения в ЦЧР целесообразно вносить под картофель $N_{90-120}P_{150-180}K_{120-150}$, не допускать одностороннего усиленного азотного или азотно-калийного питания и не превышать доз азота свыше 120 кг/га д.в.

Картофель, удобрение, капельное орошение, урожай, пищевые качества клубней

**Введение**

Картофель – стратегически важная продовольственная культура, без которой жители нашей страны не представляют своего существования. Особое значение в питании населения эта культура может приобрести в условиях нынешнего кризиса в государстве. Клубни картофеля по вкусовым и биохимическим достоинствам являются ценнейшим продуктом питания и сравнительно недорогими по рыночным ценам. Одной из важных особенностей данного продукта для человека заключается и в том, что картофель не «приедается» даже при длительном ежедневном его употреблении в пищу. Вместе с тем Россия, занимая третье место по валовому сбору картофеля после Китая и Индии, остается одной из последних стран в мире по урожайности и пищевым достоинствам получаемой продукции. Выращенный урожай этой культуры в нашей стране к тому же ежегодно теряется до 23–50 % и более от вредоносных болезней в период хранения. Поэтому картофель России приходится импортировать из-за границы [1, 2].

В Центрально-Черноземном регионе РФ (ЦЧР), зоне недостаточного и неустойчивого увлажнения, одна из главных причин низкой урожайности картофеля (наряду с разрушенной системой семеноводства) – это недостаток выпадающих осадков в период образования клубней и накопления их урожая. Водные ресурсы региона (реки, пруды) для орошения сельскохозяйственных культур путем дождевания весьма ограничены. Чтобы повысить урожай картофеля и окупаемость затрат на его возделывание, в ЦЧР ряд агрофирм и фермерских хозяйств при наличии естественного водного источника переходят на капельное орошение. При таком орошении вода из источника по проводящей системе подается дозированно непосредственно под каждое растение. Расход воды на полив картофеля при капельном орошении уменьшается в несколько раз в сравнении с дождеванием [2]. По такому пути пошли и в агрофирме «Аненское», где мы проводили полевые опыты по изучению различных доз и соотношений минеральных удобрений под картофель в условиях капельного орошения, так как данная проблема в регионе не изучена. Опыты проводили по заданию и финансовой поддержке генерального директора агрофирмы.

Применяемые технологические приемы в производстве по повышению урожая картофеля и снижению затрат на его возделывание могут отрицательно сказываться на качестве получаемой продукции. В первую очередь это касается применения удобрений, пестицидов и механизированной (комбайновой) уборки. Оценка качества полученного урожая картофеля только по содержанию крахмала не дает полноценной его характеристики как продукта питания. Необходимо определять вкусовые качества клубней, биологическую ценность белка (БЦБ), потемнение мякоти, содержание нитратов, остаточные количества пестицидов и другие показатели [3].

Одним из главных показателей пищевых качеств клубней является их вкус. В последние годы в мире усилился интерес к всесторонней оценке качества пищевых продуктов, включающей такие органолептические свойства, как вкус и запах. В литературе получил распространение новый термин «flavor», который совмещает три ощущения, вызываемые обычно одновременно: вкус, текстуру ткани и запах. Изучение вкуса и запаха клубней идет по нескольким направлениям. С помощью метода газовой хроматографии исследуются летучие вещества, химический состав продукта до и после приготовления, изучаются так называемые потенциаторы вкуса, искусственно моделируются вкус и запах продуктов [4].

Клубни картофеля ценны не только крахмалом, сахарами, но и наличием азотистых соединений, главным образом белков и свободных аминокислот. В клубнях картофеля сырого протеина обычно содержится около 2 % веса сырой массы, или 8–10 % веса сухого вещества. Белок картофеля обладает высокой биологической ценностью, так как в нем содержится довольно много незаменимых аминокислот. По биологической ценности белок картофеля стоит выше белков многих других растений благодаря оптимальному соотношению незаменимых аминокислот. Если биологическую питательную ценность белка куриного яйца принять за 100 %, то ценность белка пшеницы составит 64 %, а белка картофеля 85 %. В определенной мере процессы синтеза аминокислот зависят от доз, соотношений, видов и форм вносимых удобрений [4].

При механизированной (комбайновой) уборке и дальнейших разгрузочных, транспортных, перевалочных работах клубни картофеля травмируются. В местах ушибов клубней мякоть под кожурой темнеет, при их очистке и варке проявляется весьма неприятный вид, а затем при употреблении и вкус продукта. Кроме того, в период осенне-зимнего хранения в местах ушибов создаются очаги для проникновения инфекции и увеличению количества отходов из-за больных клубней. Причина потемнения мякоти механически поврежденных клубней, проявляющаяся при их очистке, – ферментативная. Приемами возделывания культуры можно значительно уменьшить и даже свести к минимуму такие негативные явления [5]. Одним из таких факторов является правильное и сбалансированное удобрение картофеля в условиях капельного орошения [2]. В этой связи целью наших исследований было разработать систему удобрения картофеля для условий капельного орошения, позволяющую получать высокий урожай клубней с лучшими пищевыми качествами.

**Объекты и методы исследования**

Исследования проводили в полевых опытах в 2011–2013 гг. в агрофирме «ЗАО Аненское» Верхнехавского района Воронежской области, относящегося к лесостепной подзоне. Почва – выщелоченный чернозем, содержание гумуса в пахотном слое повышенное – 7,6 %. Полный комплект оборудования для проведения капельного орошения был закуплен из расчета на площадь посадок картофеля 100 гектаров. Забор воды для капельного орошения осуществлялся из прилегающего рядом крупного пруда с площадью зеркала поверхности воды в пределах 5 гектаров. Общий запас воды в пруду составлял не менее 130 тыс. м$^3$. Это достаточно масштабное сооружение, с инженерными коммуникациями в плотине для сброса талой воды, построенное в 1981–1983 гг. за счет средств бюджета Воронежской области.

Полевые опыты располагали в общем массиве орошаемого картофеля. Площадь опытной делянки – 54 м$^2$, повторность вариантов в опыте – 4-кратная. Сорт картофеля – среднепоздний Пикассо. Междурядья картофеля на 75 см, густота посадки клубней 55 тыс/га. После разбивки опытов весной минеральные удобрения вносили в соответствии со схемой исследований вручную под предпосадочную обработку почвы. При возделывании культуры использовали элементы голландской технологии и немецкую технику. В период вегетации картофеля капельным поливом поддерживали влажность почвы под растениями на уровне 72–75 % от предельной полевой влагоемкости (ППВ). Установленная нами на орошаемом поле ППВ составляет 32,4 %.

Вкусовые качества картофеля определяли сразу после уборки. Общую оценку вкусовых качеств клубней давали по методике, предложенной [6]. В соответствии с этой методикой сумма показателей первой категории умножается на 4, а сумма второй на 2, затем результаты первой и второй категорий складываются и определяется общее количество баллов.

Содержание аминокислот в клубнях определяли на аминокислотном анализаторе НД-1200Е после гидролиза 6N раствором HCI, БЦБ клубней – с учетом содержания в белках незаменимых 8 аминокислот: валин, лизин, фенилаланин, триптофан, лейцин, изолейцин, метионин треонин. Расчеты проводили по формуле Карпаци, Ландера и Варга [7]. Нитраты определяли по методике [8] с помощью прибора pH-метр-иономер «Эксперт-001» анализатор жидкости.

Потемнение мякоти клубней от механических повреждений определяли по методике [7]. Для нанесения ударов по клубням использовали прибор динамической прочности ПДП-1. Вес бойка 100 г, диаметр сферического ударника 20 мм, высота падения бойка 250 мм. Внутреннее повреждение

клубней (потемнение мякоти) определяли после 10-дневного хранения. Клубни для анализов отбирали в период уборки. Математическая обработка данных по урожаю и нитратам проведена методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [9].

**Результаты и их обсуждение**

В наших опытах последовательное увеличение доз минеральных удобрений со сбалансированным соотношением элементов питания на фоне капельного орошения растений в период вегетации приводило к устойчивому повышению урожайности картофеля (табл. 1). Урожайность возрастала с 23,4 т/га на контрольном варианте без удобрений до 43,7 т/га при максимальной их дозе – $N_{150}P_{210}K_{180}$. Однако при такой дозе удобрений наблюдалось уже существенное затухание роста прибавки урожая, которая была близка к ошибке опыта ($НСР_{05}$ = 1,9 т/га) в сравнении с предыдущим уровнем – $N_{120}P_{180}K_{150}$. Поэтому более эффективными дозами удобрений в условиях капельного орошения по прибавке урожая оказались варианты $N_{90\text{-}120}P_{150\text{-}180}K_{120\text{-}150}$ кг/га д.в. Урожайность картофеля при таких дозах удобрений составила 37,8–41,5 т/га против 23,4 т/га на контроле.

Что касается вариантов с изучением в полном минеральном удобрении различных соотношений азота, фосфора и калия, то больший урожай картофеля получен при усиленном азотно-фосфорном питании. Данные табл. 1 также свидетельствуют, что исходя из оценки различных соотношений N:P:K путем проведенных расчетов раздельного действия их 1 кг действующего вещества на величину прибавки урожая на первом месте по эффективности стоят азотные удобрения, на втором – фосфорные и на третьем – калийные. Однако калий играет важную роль в повышении устойчивости растений картофеля к болезням и улучшении сохранности клубней [3, 4]. Поэтому вносить калийные удобрения под картофель необходимо, к тому же они более дешевые, чем азотные и фосфорные.

Потемнение мякоти сырых клубней, связанное в основном с механическими повреждениями при уборке, ухудшает их товарные, а впоследствии при варке и кулинарные качества.

Чувствительность клубней к повреждениям и, следовательно, к потемнению мякоти в значительной мере зависит от условий выращивания. По данным [4], уменьшают повреждаемость клубней и потемнение мякоти минеральные удобрения и навоз в умеренных дозах. Важная роль в предупреждении повреждений принадлежит калийным и фосфорным удобрениям, которые ускоряют созревание клубней, повышают плотность клубней и прочность кожуры [5].

Потемнение мякоти клубней, образующееся после нанесения ударов на приборе ПДП-1, в наших опытах находилось в существенной зависимости от доз и соотношений минеральных удобрений, применяемых в условиях капельного орошения и погодных условий вегетационного периода.

Так, в 2013 г., в более жарких условиях в период накопления урожая клубней, отмечено 28–60 % клубней с потемнением мякоти в зависимости от доз и соотношений минеральных удобрений при капельном орошении, а в относительно прохладном 2012 г. – от 58 до 84 %.

Существенного увеличения потемнения мякоти клубней при внесении минеральных удобрений в оптимальных соотношениях N:P:K не наблюдалось в сравнении с контролем до уровня $N_{90}P_{150}K_{120}$ (табл. 1). Удовлетворительными показатели потемнения мякоти были на варианте $N_{120}P_{180}K_{150}$. Лишь дальнейшее повышение доз удобрений до $N_{150}P_{210}K_{180}$ увеличило потемнение мякоти на существенную величину – на 14 % в сравнении с неудобренным контролем.

В нашем опыте обнаружена зависимость потемнения мякоти от соотношений элементов питания в полном минеральном удобрении. Например, одностороннее увеличение дозы азота в полном минеральном удобрении при капельном орошении (вар. $N_{120}P_{90}K_{60}$) увеличивало количество поврежденных клубней в среднем за 2 года до 72 % против 53 % на контроле. На этом же варианте выявлено большое число клубней с повреждением на глубину более 3 мм – 32 % против 18 % на контроле.

Одностороннее усиленное азотно-калийное питание неблагоприятно сказывалось на степени потемнения мякоти, хотя и в меньшей степени, чем в варианте $N_{120}P_{90}K_{60}$. Так, по $N_{120}P_{90}K_{150}$ обнаружено 71 % клубней с потемнением мякоти, из них 29 % на глубину более 3 мм. Эти варианты имели самый большой средний балл потемнения – 3,00–3,08 против 2,42 на контроле.

Повышение дозы фосфора или калия в полном минеральном удобрении существенно снижало степень потемнения мякоти клубней от ударных нагрузок. В вариантах $N_{30}P_{180}K_{60}$ и $N_{30}P_{90}K_{150}$ отмечено большое количество клубней без повреждений (50 %) и небольшой средний балл потемнения, соответственно 2,32 и 2,30 балла. Кроме того, в этих вариантах было всего 15–16 % клубней с потемнением мякоти на глубину более 3 мм против 32 % в варианте с усиленным азотным питанием.

Лучшие показатели сопротивляемости клубней к механическим повреждениям отмечены при одновременном усиленном фосфорно-калийном питании (вар. $N_{30}P_{180}K_{150}$). Количество клубней с потемнением мякоти в этом варианте составило 43 %, из них на глубину более 3 мм всего 10 %, а средний балл потемнения – 2,06 против 53 %, 18 % и 2,42 балла соответственно на контроле.

Таблица 1

Урожайность картофеля и потемнение мякоти сырых клубней при воздействии ударных нагрузок в зависимости от доз и соотношений минеральных удобрений при капельном орошении, 2011–2013 гг.

| Вариант $N-P_2O_5-K_2O$ (кг/га д.в.) | Урожай карто-феля, т/га | Средний балл по-темнения | % клубней без потемнения мякоти | % клубней с потемне-нием мякоти | В том числе | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | на глубину более 3 мм | на глубину до 3 мм |
| 0-0-0 (без удобрений) | 23,4 | 2,42 | 47 | 53 | 18 | 35 |
| 30-90-60 | 28,2 | 2,30 | 51 | 49 | 16 | 33 |
| 60-120-90 | 34,1 | 2,46 | 46 | 54 | 19 | 35 |
| 90-150-120 | 37,8 | 2,54 | 43 | 57 | 20 | 37 |
| 120-I80-I50 | 41,5 | 2,68 | 38 | 62 | 22 | 40 |
| I50-210-180 | 43,7 | 2,90 | 33 | 67 | 28 | 39 |
| 120-90-60 | 36,4 | 3,08 | 28 | 72 | 32 | 40 |
| 30-180-60 | 33,9 | 2,32 | 50 | 50 | 16 | 34 |
| 30-90-150 | 29,9 | 2,30 | 50 | 50 | 15 | 35 |
| 120-180-60 | 38,5 | 2,74 | 37 | 63 | 24 | 39 |
| 120-90-150 | 37,2 | 3,00 | 29 | 71 | 29 | 42 |
| 30-180-150 | 35,2 | 2,06 | 57 | 43 | 10 | 33 |
| $НСР_{05}$, т/га | 1,9 | | | | | |

Таким образом, в условиях возделывания картофеля при капельном орошении регулированием соотношений элементов минерального питания в полном минеральном удобрении можно существенно повысить устойчивость клубней к потемнению мякоти от механических повреждений. Для этого в полном минеральном удобрении необходимо поддерживать соотношение азота, фосфора и калия не менее как N:P:K, равным 1:1,5–1,7:1,3, и не вносить дозы азотных удобрений свыше 120 кг/га д.в.

Важность улучшения аминокислотного состава биологической ценности белков (БЦБ) определяется тем, что около 90 % общей потребности человека в пищевом белке обеспечивается за счет употребления растительной пищи. Понятие БЦБ получило количественное содержание, основанное на точных определениях уровней 8 незаменимых аминокислот, сопоставимых с уровнем тех же аминокислот в стандартном полноценном белке куриного яйца. Таким путем вводится индекс незаменимых аминокислот по Озеру. Он представляет собой среднее геометрическое соотношение между показателями содержания данных аминокислот исследуемого белка и показателями содержания тех же аминокислот в полном объеме куриного яйца, принимаемыми за 100 [4, 7].

В наших опытах ставилась цель – выявить оптимальный уровень повышенных доз минеральных удобрений при капельном орошении с целью получения не только высокого урожая, но и клубней с лучшей БЦБ. Исследования проводили на 6 базовых вариантах со сбалансированным соотношением элементов питания, включая контроль без удобрений.

Биологическая ценность белка картофеля в наших исследованиях улучшалась при небольших и умеренных дозах удобрений (табл. 2). Так, на вариантах $N_{30}P_{90}K_{60}$ и $N_{60}P_{120}K_{90}$ БЦБ клубней составила 80,6–81,2 % против 80 % на контроле без удобрений. На вариантах с повышенными дозами удобрений $N_{90-120}P_{150-180}K_{120-150}$ показатели БЦБ были на хорошем уровне, т.е. близкими контролю – 80,1–79,4 %.

Таблица 2

Содержание аминокислот в клубнях, биологическая ценность белка и накопление нитратов в зависимости от уровня минерального питания, 2012–2013 гг.

| Вариант $N-P_2O_5-K_2O$ | Общая сумма аминокислот | Сумма незаменимых аминокислот | БЦБ, % | Содержа-ние нитра-тов, мг/кг |
|---|---|---|---|---|
| | мг % на сухое вещество | | | |
| 0-0-0 | 4949 | 1619 | 80,0 | 15,7 |
| $N_{30}P_{90}K_{60}$ | 6196 | 1884 | 80,6 | 21,3 |
| $N_{60}P_{120}K_{90}$ | 6611 | 2146 | 81,2 | 48,2 |
| $N_{90}P_{150}K_{120}$ | 7019 | 2272 | 80,1 | 107,1 |
| $N_{120}P_{180}K_{150}$ | 8232 | 2743 | 79,4 | 165,4 |
| $N_{150}P_{210}K_{180}$ | 7814 | 2356 | 76,5 | 234,8 |
| $НСР_{0,5}$ мг/кг | | | | 11,4 |

Однако при дальнейшем увеличении доз минеральных удобрений до уровня $N_{150}P_{210}K_{180}$ содержание БЦБ переходит в депрессию, выраженную достаточно резко. Иными словами, разумно подобранными дозами и соотношениями элементов питания в полном удобрении можно не только удержать клубни от ухудшения БЦБ, но и улучшить качество продукции по сравнению с неудобренным фоном.

Содержание нитратов в клубнях картофеля на контрольном варианте без удобрений составило 15,7 мг на килограмм сырых клубней (табл. 2). При небольших дозах азота – от 30 до 60 кг/га д., но с

преобладанием фосфорного питания в полном минеральном удобрении их содержание составило всего 21,3–48,2 мг/кг. Такая величина нитратов отвечает даже жестким нормативам ПДК для продукции картофеля, предназначенного для детского и лечебного питания [10]. Увеличение доз удобрений до уровня $N_{90}P_{150}K_{120}$ и $N_{120}P_{180}K_{150}$ с соотношением N:P:K, равным 1:1,5–1,7:1,2, привело к возрастанию нитратов до 107,1 и 165,4 мг/кг соответственно. Однако это увеличение было на приемлемом уровне по отношению к установленным ПДК в 250 мг/кг [10, 11]. При внесении под картофель максимальной в опытах дозы удобрений $N_{150}P_{210}K_{180}$ накопление нитратов возросло до 234,8 мг/кг и приблизилось вплотную к установленным ПДК (250 мг/кг). Это в целом свидетельствует о неприемлемом ухудшении ряда показателей пищевых качеств, которые выявлены в клубнях картофеля при максимальной дозе удобрений. С учетом значительно ухудшающегося качества продукции нецелесообразно в ЦЧР при капельном орошении увеличивать дозу азота в полном минеральном удобрении свыше 120 кг/га д.в.

Нашими исследованиями установлено, что лучшие кулинарные показатели вареных клубней картофеля обеспечивают небольшие и умеренные дозы минеральных удобрений порядка азота 30–60, фосфора 90–120 и калия 60–90 кг/га д.в. Сумма баллов при таких дозах составила 77,0–75,6, вкус 4,6–4,4 против 76,2 и 4,5 балла на контроле без удобрений. Вполне хорошими кулинарными показателями обладали клубни при повышенных дозах удобрений до уровня азота 90–120, фосфора 150–180, калия 120–150 кг/га, с соотношением N:P:K, равным 1:1,5–1,7:1,3. Сумма баллов составила 73,8–70,0, вкус 4,2–3,9 против 76,2 и 4,5 балла на контроле (табл. 3).

Таблица 3

Кулинарные качества вареных клубней при различных дозах и соотношениях минеральных удобрений на фоне капельного орошения, 2011–2012 гг.

| Вариант $N$-$P_2O_5$-$K_2O$ (кг/га д.в.) | I категория (х4) | | | | II категория (х2) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | водянистость | вкус | мучнистость | итого баллов | разваримость | консистенция | запах | итого баллов | сумма баллов I и II категории |
| 0-0-0 | 5,0 | 4,5 | 4,9 | 57,6 | 3,3 | 3,0 | 3,0 | 18,6 | 76,2 |
| 30-90-60 | 5,0 | 4,6 | 5,0 | 58,4 | 3,3 | 3,0 | 3,0 | 18,6 | 77,0 |
| 60-120-90 | 4,9 | 4,4 | 4,7 | 56,0 | 3,8 | 3,0 | 3,0 | 19,6 | 75,6 |
| 90-150-120 | 4,7 | 4,2 | 4,5 | 53,6 | 4,2 | 2,9 | 3,0 | 20,2 | 73,8 |
| I20-I80-I50 | 4,5 | 3,9 | 4,0 | 49,6 | 4,5 | 2,7 | 3,0 | 20,4 | 70,0 |
| I50-2I0-I80 | 4,1 | 3,7 | 3,6 | 45,6 | 4,9 | 2,5 | 2,8 | 20,4 | 66,0 |
| 120-90-60 | 3,9 | 3,6 | 3,5 | 44,0 | 5,0 | 2,4 | 2,8 | 20,4 | 64,4 |
| 30-180-60 | 5,0 | 4,6 | 5,0 | 58,4 | 3,5 | 3,0 | 3,0 | 19,0 | 77,4 |
| 30-90-150 | 5,0 | 4,1 | 4,7 | 55,2 | 3,9 | 2,7 | 3,0 | 19,2 | 74,4 |
| 120-180-60 | 4,6 | 4,0 | 4,1 | 50,8 | 4,2 | 2,7 | 3,0 | 19,8 | 70,6 |
| 120-90-150 | 3,7 | 3,4 | 3,4 | 42,0 | 5,0 | 2,1 | 2,6 | 19,4 | 61,4 |
| 30-180-150 | 5,0 | 4,2 | 4,8 | 56,0 | 4,0 | 2,9 | 3,0 | 19,8 | 75,8 |

Применение более высокой дозы минеральных удобрений даже и при сбалансированном соотношении элементов питания – $N_{150}P_{210}K_{180}$ существенно ухудшало кулинарные качества клубней. Вкус здесь составил 3,7, а сумма баллов по 1 и 2 категориям 66 против 4,5 и 76,2 балла на контроле.

Ухудшение кулинарных качеств происходило не только за счет ухудшения вкуса, но и за счет снижения мучнистости и повышения водянистости клубней. В целом с увеличением доз минеральных удобрений снижался вкус, разваримость и мучнистость клубней, увеличивалась водянистость.

Из наших опытов следует, что для поддержания высоких кулинарных качеств картофеля важно соблюдать правильное соотношение между основными элементами минерального питания растений. В Центрально-Черноземном регионе РФ на выщелоченных черноземах положительное влияние на показатели кулинарных качеств оказывал фосфор. Так, значительное преобладание дозы фосфора в полном минеральном удобрении над азотом способствовало получению клубней картофеля с наилучшей мучнистостью и вкусом, а также приятным запахом. Сумма баллов на варианте с усиленным фосфорным питанием ($N_{30}P_{180}K_{60}$) составила 77,4, а вкус 4,6 балла против 76,2 и 4,5 на неудобренном контроле.

Одностороннее увеличение доз азота в полном минеральном удобрении приводило к резкому ухудшению кулинарных качеств клубней. Еще более отрицательное действие на кулинарные качества оказывало усиленное азотно-калийное удобрение в хлорном виде. При этом ухудшение вкусовых качеств было даже большим, чем в варианте с более высокими дозами удобрений ($N_{150}P_{210}K_{180}$). Так, в вариантах $N_{120}P_{90}K_{60}$ и $N_{120}P_{90}K_{150}$ сумма баллов соответственно составила лишь 64,4 и 61,4 против 66,0 по $N_{150}P_{210}K_{180}$ и 76,2 на контроле.

Усиленное азотное и азотно-калийное питание сильно увеличивало водянистость клубней (3,9–3,7 балла против 5 на контроле), кроме того, они имели неприятный привкус и запах.

Одностороннее повышение доз калийных удобрений в хлорном виде в полном минеральном удобрении (вар. $N_{30}P_{90}K_{150}$) несколько снижало кулинарные качества – на 1,8 балла в сравнении с контролем и на 2,6 балла против варианта $N_{30}P_{90}K_{60}$.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод, что на кулинарные показатели клубней картофеля в условиях удобрения его при капельном орошении можно целенаправленно воздействовать путем правильного регулирования элементов питания.

По нашим данным, для получения клубней картофеля с высокими кулинарными показателями не следует допускать систем удобрения с усиленным азотным или азотно-калийным питанием, а использовать такие соотношения элементов питания, в которых фосфор преобладает над азотом в 1,5–1,7 раза. Увеличение доз азота в полном минеральном удобрении свыше 120 кг/га д.в. ведет к более существенному ухудшению кулинарных показателей.

**Выводы**

В наших исследованиях установлено и доказано, что для получения высоких урожаев картофеля с хорошими пищевыми качествами и экологически безопасным содержанием нитратов, отвечающих требованиям и реалиям современного общества, необходима строгая оптимизация применения доз и соотношений минеральных удобрений.

В технологии возделывания картофеля в условиях черноземной лесостепи, включающей капельное орошение, для получения высокого урожая клубней (37,8–41,5 т/га) с хорошими пищевыми качествами следует вносить с минеральными удобрениями: азота 90–120, фосфора 150–180, калия 120–150 кг/га действующего вещества с соотношением N:P:K не менее как 1:1,5–1,7:1,3. Для поддержания высоких пищевых качеств клубней картофеля, выращенных в условиях капельного орошения, не допускать в полном минеральном удобрении одностороннего усиленного азотного или азотно-калийного питания и не превышать доз азота свыше 120 кг/га д.в.

**Список литературы**

1. Тульчеев, В.В. Мировой рынок картофеля / В.В. Тульчеев, О.М. Ягфоров // АПК: Экономика и управление. – 2014. – № 5. – С. 57–64.
2. Бутов, А.В. Ресурсосберегающая технология возделывания картофеля. – Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина, 2009. – 447 с.
3. Шпаар, Д. Картофель: выращивание, уборка и хранение. – М.: ДЛВ Агродело, 2007. – 434 с.
4. Картофель России: монография / под ред. А.В. Коршунова. – М., 2003. – Т. 2. – 472 с.
5. Симаков, Е.А. Индустрия картофеля / Е.А. Симаков, В.И. Старовойтов, Б.В. Анисимов. – М.: НПФ АгроНиф, 2013. – 273 с.
6. Веселовский, И.А. Химический состав и вкус картофеля / И.А. Веселовский, Е.С. Бойкова // Картофель и овощи. – 1972. – № 6. – С. 15–16.
7. Методика физиолого-биохимических исследований картофеля. – М.: НИИКХ, 1989. – 142 с.
8. Практикум по агрохимии // Ионометрический метод определения нитратов / под ред. акад. РАСХН В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2011. – С. 388–394.
9. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
10. Решение Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 880 (ред. от 10.06.2014, № 91) «О принятии технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» [Электронный ресурс]: официальный сайт информационно-правового портала «Гарант». – Режим доступа: http://base.garant.ru/70106650/.
11. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов.

# FOOD QUALITY IN THE POTATO FERTILIZERS IN A DRIP IRRIGATION

**A.V. Butov[1], A.A. Mandrova[2,*]**

*[1]Bunin Yelets State University,*
*28, Communards Str., Yelets,*
*Lipetsk Region, 399770, Russia*

*[2]Board of Deputies*
*of the City Yelets of Lipetsk Region,*
*127, Oktyabrskaya Str., Yelets,*
*Lipetsk Region, 399740, Russia*

**e-mail: annaelets@yandex.ru*

*Received: 10.03.2016*
*Accepted: 25.04.2016*

During field experiments in the Central Black Earth region of Russia, the optimum doses and ratios of fertilizers for potato under drip irrigation, allowing obtaining a high yield of potatoes with the best edibility characteristics have been established. With increasing doses of fertilizers from zero to maximum $N_{150}P_{210}K_{180}$ the potato yield increased from 23.4 to 43.7 t/ha, and the concentration of nitrates from 15.7 to 234.8 mg/kg of raw tubers. In options $N_{90-120}P_{150-180}K_{120-150}$ the harvest was 37.8–41.5 c/ha, the accumulation of nitrates – 107.1–165.4 mg/kg at maximum concentration limit equal to 250 mg/kg. Small and moderate doses of fertilizers increase the biological value of protein (CCR) up to 80.6–81.2%, against 80.0% in the control group. Against the background of high doses of

fertilizers $N_{90-120}P_{150-180}K_{150-180}$, CCR was 80.1–79.4%. At the maximum level of fertilizers $N_{150}P_{210}K_{180}$ CCR content becomes depressed, this state being expressed quite strongly. The darkening of the tubers caused by mechanical damage increased at the highest dose of fertilizer and unilaterally enhanced nitrogen and nitrogen-potassium supply. Best culinary characteristics of boiled potato in our experiments were found in samples with small and moderate doses of fertilizers $N_{30-60}P_{90-120}K_{60-90}$ - score 77.0–75.6 taste 4.6–4.4, against 76.2 and 4.5 points in fertilizer control ones. These figures were quite good in $N_{90-120}P_{150-180}K_{120-150}$ options, with a ratio of N : P: K equal to 1 : 1.5–1.7 : 1.3 - the score was 73.8–70.0 taste 4.2–3.9. In general, the maximum dose of $N_{150}P_{210}K_{180}$ fertilizers and unilaterally increased nitrogen or nitrogen-and-potassium supply significantly reduces edibility characteristics of the tubers. Under the conditions of drip irrigation in the Central Black Earth region it is expedient to supply the potato with $N_{90-120}P_{150-180}K_{120-150}$, and avoid unilateral enhanced nitrogen or nitrogen-and-potassium supply and not exceed the nitrogen doses in excess of 120 kg/ha of ai.

Potatoes, fertilizer, drip irrigation, crop, edibility characteristics of tubers

## References

1. Tul'cheev V.V., Yagforov O.M. Mirovoy rynok kartofelya [World market Potatoes]. *APK: Ekonomika i upravlenie* [AIC: Economy and management], 2014, no. 5, pp. 5764.

2. Butov A.V. *Resursosberegayushchaya tekhnologiya vozdelyvaniya kartofelya* [Resource-saving technology of cultivation of potatoes]. Yelets, YSU. BUNIN Publ., 2009. 447 p.

3. Diter Shpaar. *Kartofel': vyrashchivanie, uborka i khranenie* [Potatoes: cultivation, cleaning and storage]. Moscow, Agrodelo Publ., 2007. 434 p.

4. Korshunov A.V. (ed.) *Kartofel' Rossii. Tom 2: Tekhnologiya vozdelyvaniya* [Russian Potato. Vol. 2: Technology of cultivation]. Moscow, Dostizheniya nauki i tekhniki APK Publ., 2003. 472 p.

5. Simakov E.A., Starovoytov V.I., Anisimov B.V. *Industriya kartofelya* [Industry of potatoes]. Moscow, NPF AgroNif Publ., 2013. 273 p.

6. Veselovskiy I.A., Boykova E.S. Khimicheskiy sostav i vkus kartofelya [The chemical composition and taste of potatoes]. *Kartofel' i ovoshchi* [Potatoes and vegetables], 1972, no. 6, pp. 15–16.

7. *Metodika fiziologo – biokhimicheskikh issledovaniy kartofelya* [The physiologist's technique – biochemical researches of potatoes]. Moscow, NIIKKh Publ., 1989. 142 p.

8. Mineev V.G. (ed.) *Praktikum po agrohimii* [Workshop on of Agrochemistry]. Moscow, MGU Publ., 2011. 689 p.

9. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Methods of field experience]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1985. 351 p.

10. *Reshenie Komissii Tamozhennogo soyuza ot 09.12.2011 № 880 (red. ot 10.06.2014) «O prinyatii tekhnicheskogo reglamenta Tamozhennogo soyuza «O bezopasnosti pishchevoy produktsii»* [Commission Decision of the Customs Union on 09.12.2011 no. 880 (ed. by 10.06.2014) "On the adoption of technical regulations of the Customs Union" On food safety "]. Available at: http://base.garant.ru/70106650/ (accessed 7 February 2015).

11. *Sanitarno-epidemiologicheskiskie pravila i normativy «Gigienicheskie trebovaniya k bezopasnosti i pishchevoy tsennosti pishchevykh produktov. SanPin 2.3.2.1078-01».* Glavnyy Gosudarstvennyy sanitarnyy vrach Rossiyskoy Federatsii. Postanovlenie ot 14 noyabrya 2001 g, № 36 «O vvedenii v deystvie sanitarnykh pravil (s izmeneniyami na 6 iyulya 2011 goda)» . Rossiyskaya gazeta, № 165, 29.07.2011. (In Russ.).

## Дополнительная информация / Additional Information

Бутов, А.В. Урожай и качество картофеля при различных дозах удобрений в условиях капельного орошения / А.В. Бутов, А.А. Мандрова // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 41. – № 2. – С. 125–131.

Butov A.V., Mandrova A.A. Food quality in the potato fertilizers in a drip irrigation. *Food Processing: Techniques and Technology,* 2016, vol. 41, no. 2, pp. 125–131 (in Russ.).

**Бутов Алексей Владимирович**
д-р с.-х. наук, профессор кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВПО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», 399770, Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, 28, тел.: +7 (47467) 2-21-93,
e-mail: butov.a.v@yandex.ru

**Мандрова Анна Алексеевна**
главный специалист-эксперт по экономике и финансам Совета депутатов города Ельца Липецкой области, 399740, Россия, Липецкая область, г. Елец, ул. Октябрьская, 127, тел.: +7 (47467) 2-70-64,
e-mail: annaelets@yandex.ru

**Alexey V. Butov**
Dr.Sci.(Agr.), Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Agricultural Products,Bunin Yelets State University, 28, Communards Str., Yelets, Lipetsk Region, 399770, Russia, phone: +7 (47467) 2-21-93,
e-mail: butov.a.v@yandex.ru

**Anna A. Mandrova**
Chief Expert by Economy and Finances of the Board of Deputies of the city Yelets Lipetsk Region,127, Oktyabrskaya Str., Yelets, Lipetsk Region, 399740, Russia, phone: +7 (47467) 2-70-64,
e-mail: annaelets@yandex.ru