

УДК 631.82:631.452:633.413

UDC 631.82:631.452:633.413

06.00.00 Сельскохозяйственные науки

Agricultural sciences

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КОРНЕПЛОДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ**INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS ON THE NUTRITIOUS MODE OF THE SOIL, PRODUCTIVITY AND QUALITY OF ROOT CROPS OF SUGAR BEET**

Дроздова Виктория Викторовна,
к.б.н, доцент кафедры агрохимии
РИНЦ SPIN-код: 2495 - 2856
drozdova2012.d@yandex.ru

Drozдова Viktoria Viktorovna
Cand.Biol.Sci., assistant professor of Agrochemistry
RSCI SPIN-code: 2495 - 2856
drozdova2012.d@yandex.ru

Редина Наталья Евгеньевна
учащаяся бакалавриата 4 курса факультета агрохи-
мии и почвоведения
*Кубанский государственный аграрный универси-
тет, Краснодар, Россия*

Redina Natalya Evgenyevna
4 year student of the Faculty of agrochemistry and soil
science, bachelor
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

В технологии возделывания сахарной свеклы значи-
тельная роль отводится системе удобрения. В зада-
чу исследований входило изучение влияния различ-
ных норм и сочетаний минеральных удобрений на
урожайность и качество этой культуры. В 2012-14
гг. был заложен и проведен стационарный полевой
опыт с сахарной свеклой сорта «Неро» на опытном
поле кафедры агрохимии в учхозе «Кубань». Изу-
чение питательного режима почвы является одним
из важнейших вопросов определения эффективно-
сти удобрений. Исследования показали, что на чер-
нозёме выщелоченном применение двойных доз
азотных, фосфорных и калийных удобрений, а также
полного удобрения в двойной и тройной дозах, ока-
зывает существенное положительное влияние на
содержание одноименных элементов минерального
питания, обеспечивающие благоприятный пищевой
режим в период роста и развития культуры. Удобрения способствовали более интенсивному поступлению азота, фосфора и калия в растения сахарной свеклы. Максимальное содержание этих элементов наблюдается в фазу смыкания рядков. В опыте был получен хороший урожай сахарной свеклы. Средняя урожайность составляла около 450 ц/га (прибавка составляет от 13,6% до 77,4%). Максимальная урожайность корнеплодов получена при внесении $N_{80}P_{80}K_{80}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$ и составила 620,3 и 633,3 ц/га. Наши исследования показали, что сахаристость корнеплодов по вариантам опыта колебалась от 14,0 до 18,7%. Наилучшие результаты получены в вариантах с внесением $N_{80}P_{80}K_{80}$ - в этих вариантах сахаристость составила 18,7%. Таким образом, оптимальные условия для сахарной свеклы создаются при внесении полного минерального удобрения из расчета $N_{80}P_{80}K_{80}$

In the technology of cultivation of sugar beet the significant role is allocated for system of fertilizer. The research problem included studying of influence of various norms and combinations of mineral fertilizers on productivity and quality of this culture. In 2012-14 the stationary field experiment with sugar beet of a grade of "Nero" on an experienced field of department of agrochemistry in educational economy "Kuban" was put and made. Studying of the nutritious mode of the soil is one of the most important questions of determination of effectiveness of fertilizers. Researches showed that the application of double doses of nitrogenous, phosphoric and potash fertilizers, and also the complete fertilizer in double and threefold dose on the chernozem lixivious, has essential positive impact on the maintenance of like elements of a mineral delivery, providing the favorable food mode during body height and cultural development. Fertilizers promoted more intensive intake of nitrogen, phosphorus and potassium in plants of sugar beet. The maximal maintenance of these elements is observed in a phase of clamping of rows. In experience the good harvest of sugar beet was received. Average productivity made about 450 c/he (the increase makes ot13,6% to 77,4%). The maximal productivity of root crops is received at importation of $N_{80}P_{80}K_{80}$ and $N_{120}P_{120}K_{120}$ also made 620,3 and 633,3 c/he. Our researches showed that sugar content of root crops by options of experience fluctuated from 14,0 to 18,7%. The best results are received in options with importation of $N_{80}P_{80}K_{80}$ - in these options sugar content made 18,7%. Thus, optimum conditions for sugar beet are created at importation of the complete mineral fertilizer at the rate of $N_{80}P_{80}K_{80}$

Ключевые слова: МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ, НОРМА УДОБРЕНИЯ, САХАРНАЯ СВЕКЛА, УРОЖАЙНОСТЬ, КАЧЕСТВО

Keywords: CHERNOZEM (BLACK SOIL) LIXIVIOUS, MINERAL FERTILIZERS, NORM OF FERTILIZER, SUGAR BEET, PRODUCTIVITY, QUALITY

В странах с умеренным климатом, где возделывание тропической культуры сахарного тростника невозможно, сахарная свекла остается единственным источником сырья для крупнотоннажного производства сахара. Поэтому и в мировых масштабах в целом, и, особенно, в масштабах нашей страны свекловичный сахар остается перманентной и значительной составляющей пищевого баланса (Шпаар Д., 2004) [6].

Сахарная свекла предъявляет высокие требования к условиям произрастания, в том числе, и к плодородию почвы. В повышении урожая и улучшения качества сахарной свеклы значительная роль принадлежит правильной системе удобрения. Поэтому в задачу исследований входило изучение влияния различных норм и сочетаний минеральных удобрений на урожайность и качество этой культуры.

Методика исследований. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный тяжелосуглинистый. Содержание гумуса 2,7- 2,9%, активная кислотность -6,4-6,7, обменная- 5,1-5,4, гидролитическая кислотность 1,9-2,8 мг-экв/100 г почвы, сумма поглощенных оснований 28,8- 32,4, емкость катионного обмена 31,6- 34,3 мг-экв/100 г почвы, степень поглощенных оснований 91,2- 94,4%. Содержание минерального азота в почве ($N-NO_3 + N-NH_4$) составило 20- 40 мг/кг, подвижного фосфора и обменного калия по Чирикову, соответственно P_2O_5 - 60- 130, K_2O - 200- 330 мг/кг [4]. Схема опыта представляет 1/4 выборки трехфакторного опыта, в котором изучалось сочетание доз и видов минеральных удобрений (азотные, фосфорные и калийные). За единичную норму удобрений принято: $N_{40}P_{40}K_{40}$.

Таблица 1 - Схема опыта

Шифр варианта	Вариант
000	без. уд.
200	N ₈₀
020	P ₈₀
002	K ₈₀
222	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀
111	N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀
333	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀

Минеральные удобрения вносили под основную обработку почвы вручную. В качестве азотного удобрения был использован сульфат аммония, фосфорного - суперфосфат двойной и аммофос, калийного - хлористый калий. Погодные условия 2012- 2014 годов были благоприятными для формирования продуктивного агроценоза сельскохозяйственных культур, поэтому урожайность сахарной свеклы была достаточно высокой и колебалась в среднем за три года от 448,9 до 633,5 ц/га.

Во время вегетации растений проводились биометрические наблюдения, прослеживалась динамика содержания азота, фосфора и калия в почве и растениях, проводился учет урожая корнеплодов и его качество.

Результаты исследований. При разработке оптимальных условий питания для сахарной свеклы необходимо учитывать, что эффективность каждого вида удобрений зависит от обеспеченности почвы питательными веществами. В этой связи необходимо было определить содержание минерального азота, подвижного фосфора и обменного калия в черноземе выщелоченном в зависимости от вносимых минеральных удобрений [1].

Максимальное содержание азота, фосфора и калия в почве под сахарной свеклой - в начале вегетации растений. К середине вегетации происходит значительное уменьшение их содержание, а к уборке - их минимальное количество, что, несомненно, связано с интенсивным поглощением растениями сахарной свеклы элементов минерального питания для формирования вегетативных и репродуктивных органов.

Как показали исследования А.А.Шмука (1950), А.И. Симакина(1983) и А.Х. Шеуджена (2015) в черноземе выщелоченном азот находится в первом минимуме, поэтому сельскохозяйственные растения наиболее отзывчивы на внесение азотных удобрений [2,5]. Доступными формами азота в почве для растений является его нитратная и аммонийная формы. Нитраты, находясь в почвенном растворе, не поглощаются коллоидами, поэтому быстро мигрируют по профилю почвы. Возможно, с этим, а также с процессами денитрификации и иммобилизации и связано низкое содержание нитратного азота в почве [3].

Таблица 2- Динамика содержания нитратного азота (N-NO₃) в почве под сахарной свеклой, мг/кг сухой почвы

Вариант	Фаза вегетации		
	всходы	смыкание рядков	спелость
контроль	7,4	6,4	4,2
N ₈₀	11,1	13,5	9
P ₈₀	9,6	11,4	5,8
K ₈₀	9,1	7,7	6
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	12	12,8	7,9
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	9,4	9,6	6,8
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	12,3	12,8	7,9

В среднем за три года исследований количество нитратной формы азота в 0-20 см слое почвы при внесении полного удобрения в двойных (222) и тройных дозах (333) значительно выше, чем на контроле (таблица 2). Так, в этих вариантах в начале вегетации содержание нитратов превышало контроль на 4,6 и 4,9 мг/кг соответственно.

На содержание нитратного азота в почве в условиях севооборота значительное влияние оказали азотные удобрения, в этом варианте содержание нитратов было на 3,7 мг/кг выше неудобренного фона.

Фосфорные, калийные и одинарные нормы полного удобрений его содержание повышали незначительно, незначительное его количество в почве в вариантах 000, 020, 002 и 111, по-видимому, связано с поглощением растениями этой формы азота, где невысокие дозы удобрения существенно не пополняли его запасы. К концу вегетации сахарной свеклы количество нитратов в почве было минимальным и составляло в среднем по опыту 6,8 мг/кг почвы.

Наблюдение за динамикой содержания аммонийного азота в почве показало, что его количество в большей степени зависит от вносимых норм азотных удобрений (таблица 3). Так, полное удобрение в двойной дозе увеличивает содержание $N-NH_4$ в фазу всходов на 7,5 мг/кг, в фазу смыкания рядков - 5,1 мг/кг почвы и на 4,1 мг/кг - в фазу полной спелости. При внесении тройной дозы соответственно на 6,3; 7,8 и 4,1 мг/кг почвы.

Таблица 3- Динамика содержания аммонийного азота ($N-NH_4$) в почве под сахарной свеклой, мг/кг сухой почвы

Вариант	Фаза вегетации		
	всходы	смыкание рядков	спелость
контроль	21,9	31,9	13
N_{80}	25,1	36,5	17,9
P_{80}	22,4	33	16,5
K_{80}	23,3	33	15,8
$N_{80}P_{80}K_{80}$	29,4	37	18,4
$N_{40}P_{40}K_{40}$	25,4	34	15,7
$N_{120}P_{120}K_{120}$	28,4	38,2	17,4

Следует отметить, что в середине вегетации по сравнению с началом содержание аммонийного азота несколько возросло, что вероятно связано с процессами аммонификации и нитрификации, проходящими под воздействием высоких температур и выпавших осадков. Значительное влияние на содержание аммонийного азота также оказали азотные удобрения, в этом варианте содержание аммония было на 3,2 мг/кг почвы выше неудобренного фона. Таким образом, в сравнении с контролем внесение удобрений увеличивало содержание минерального азота в пахотном слое почвы и обеспечивало сахарную свеклу лучшим питанием во все фазы роста и развития. Наибольшее количество подвижного фосфора отмечалось в начале вегетации сахарной свеклы и варьировало от 96,1 до 158,0 мг/кг почвы. Наименьшим оно было на контрольном варианте (таблица 4).

Таблица 4- Динамика содержания подвижного фосфора (P_2O_5) в почве под сахарной свеклой, мг/кг сухой почвы

Вариант	Фаза вегетации		
	всходы	смыкание рядков	спелость
контроль	96,1	85,4	37,8
N ₈₀	106,6	101,8	43,1
P ₈₀	151,2	125,3	76,2
K ₈₀	133,9	94,9	49,4
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	148,4	123,6	79,4
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	111,4	103,8	48,8
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	158	112,9	70,7

Анализ данных показал, что содержание подвижного фосфора в почве увеличивалось в зависимости от вносимых удобрений и наибольшее его количество было в вариантах P₈₀, N₈₀P₈₀K₈₀ и N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀. Если на контроле содержание подвижного фосфора составляло в 0-20 см слое почвы 96,1 мг/кг, то в вышеперечисленных вариантах этот показатель достоверно повысился на 55,1 мг/кг, 52,3 и 61,9 мг/кг почвы соответственно. Действие единичной (111) дозы полного удобрения, азотных и калийных удобрений в двойной дозе практически не повлияло на содержание подвижного фосфора в пахотном 0-20 см слое почвы. В дальнейшем отмечена общая тенденция постепенного снижения количества подвижного фосфора в почве. В конце вегетации содержание этого элемента снизилось в среднем до 37,8- 79,4 мг/кг почвы. Таким образом, в период выращивания сахарной свеклы содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы, как и азота, в значительной степени зависело от количества применяемых удобрений. Содержание обменного калия в почве при выращивании сахарной свеклы так же изменялось под действием применяемых удобрений (таблица 5).

Таблица 5- Динамика содержания обменного калия (K_2O) в почве под сахарной свеклой, мг/кг сухой почвы

Вариант	Фаза вегетации		
	всходы	смыкание рядков	спелость
контроль	229,0	115,5	103,1
N ₈₀	251,6	125,7	107,2
P ₈₀	262,6	128,4	113,7
K ₈₀	298,6	164,6	139,3
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	289,9	152,8	129,8
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	257,0	125,6	112,0
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	307,6	184,6	159,5

Максимальное количество калия в почве было в начале вегетации сахарной свеклы и составляло 229,0-307,6 мг/кг почвы. В этот период обеспеченность почвы калием была наиболее высокой в варианте с внесением двойной дозы калийного удобрения (002), а так же полного удобрения в двойной (222) и тройной дозах (333). Количество калия в этих вариантах по сравнению с контролем возрастало на 69,6; 60,8 и 78 мг/кг почвы. Что же касается вариантов с односторонним внесением азотных (200), фосфорных (020) удобрений, а также полного удобрения в единичной дозе (111), то, очевидно, что действие этих удобрений не оказало существенного влияния на содержание обменного калия в почве. Такая закономерность сохранялась до самой уборки. Уровень содержания обменного калия в почве различался и в период вегетации растений. Так в середине вегетации, с ростом и развитием растений сахарной свеклы, содержание обменного калия в почве в среднем по опыту уменьшилось на 45 - 46%, по сравнению с фазой всходов, то в конце вегетации количество калия уменьшалось в среднем на 15,5- 16% по сравнению с предыдущим периодом. Следовательно, количество обменного калия в почве зависит в значительной степени от применя-

емых удобрений при возделывании сахарной свеклы. Наибольшее его количество содержится в почве при внесении полного удобрения в двойной и тройной дозах, а также калия в двойной дозе в течение всего вегетационного периода культуры.

Таким образом, на чернозёме выщелоченном применение двойных доз азотных, фосфорных и калийных удобрений, а также полного удобрения в двойной и тройной дозах, оказывает существенное положительное влияние на содержание одноименных элементов минерального питания, обеспечивающие благоприятный пищевой режим в период роста и развития культуры. Удобрения способствовали более интенсивному поступлению азота, фосфор и калия в растения сахарной свеклы.

В удобренных вариантах содержание азота в растениях сахарной свеклы по фазам вегетации, относительно неудобренного фона в среднем возросло на 1,7 – 2,5% (рисунок1). Наибольшее содержание этого элемента в растениях сахарной свеклы наблюдалось в фазу смыкания рядков, а затем происходит перераспределение азота в генеративные органы. Максимальное значение содержания азота получены при внесении полного удобрения в двойной и тройной дозах. В этих вариантах содержание азота в растениях возросло на 0,16 и 0,19% соответственно.

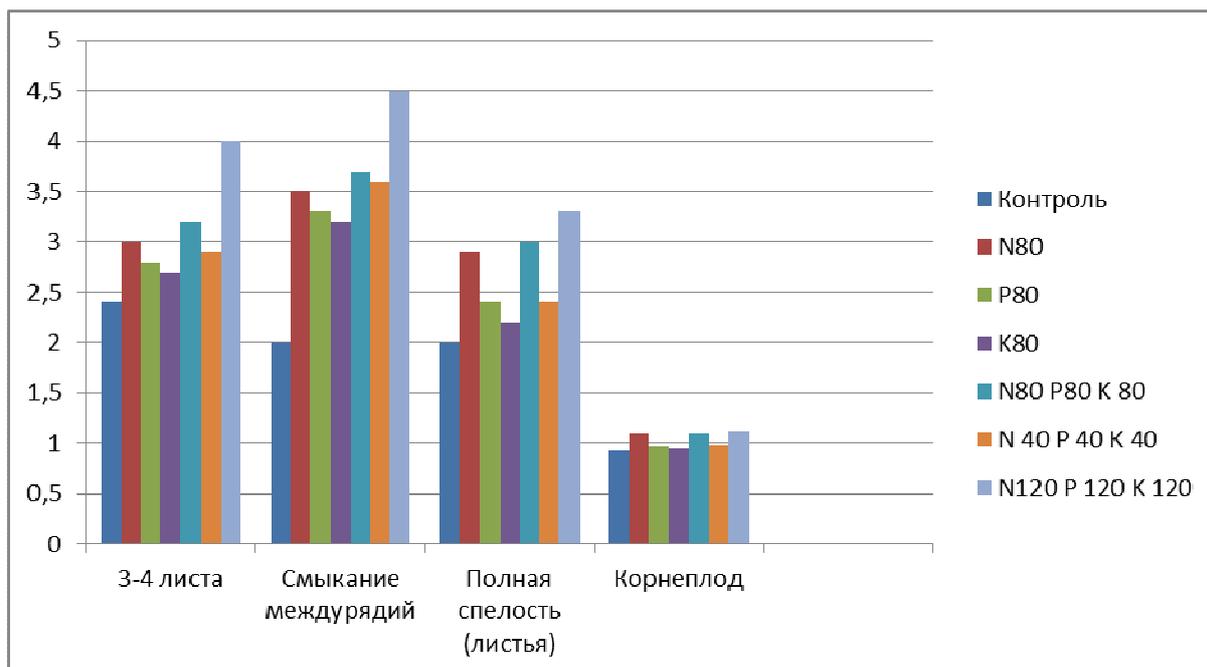


Рисунок 1- Динамика содержания азота в растениях сахарной свеклы, % сухой массы.

Вносимые минеральные удобрения отражались на поглощении и содержании в растениях сахарной свеклы фосфора (рисунок 2). Так относительно неудобренного фона содержание этого элемента под влиянием удобрений в среднем возросло на 1,7 - 2,5%.

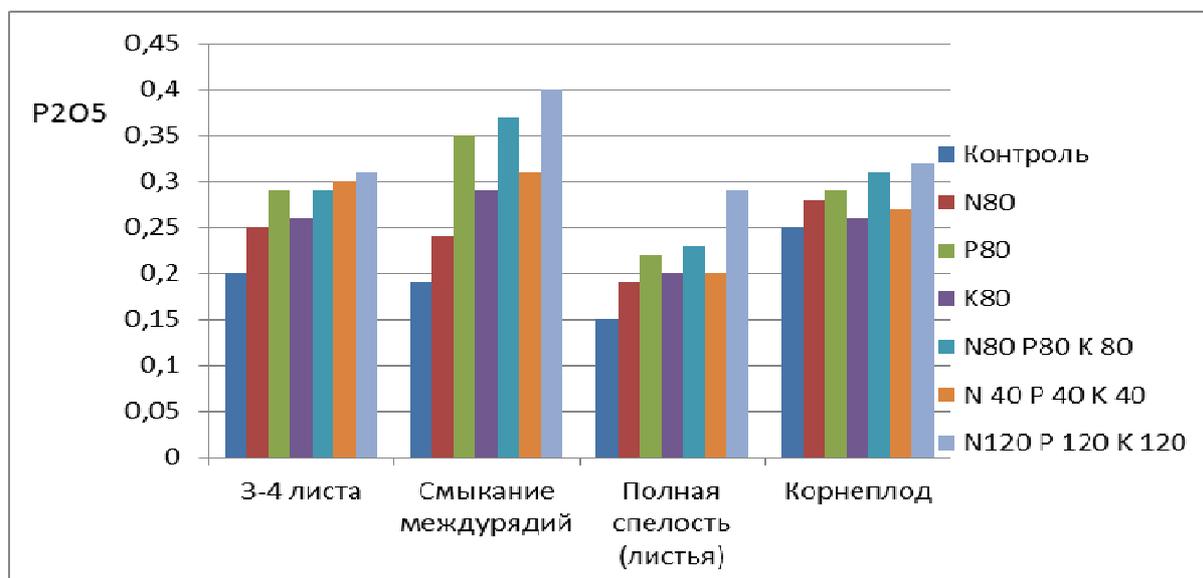


Рисунок 2- Динамика содержания фосфора в растениях сахарной свеклы, % сухой массы

Лучшие результаты получены при внесении $N_{80}P_{80}K_{80}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$. Содержание фосфора в корнеплодах свеклы в этих вариантах повысилось на 0,19 – 0,18% соответственно по сравнению с неудобренным фоном.

Содержание калия в растениях сахарной свеклы и корнеплодах на всех вариантах опыта по сравнению с азотом, а особенно с фосфором, было более высоким (рисунок 3). При внесении полного удобрения содержание его в растении сахарной свеклы увеличился на 1,5 – 1,7% на сухое вещество, по сравнению с контролем. Наибольшее увеличение количество этого элемента было отмечено в вариантах с внесением $N_{80}P_{80}K_{80}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$. В этих вариантах содержание калия в корнях превысило контроль на 0,7 – 0,8% на сухое вещество соответственно.

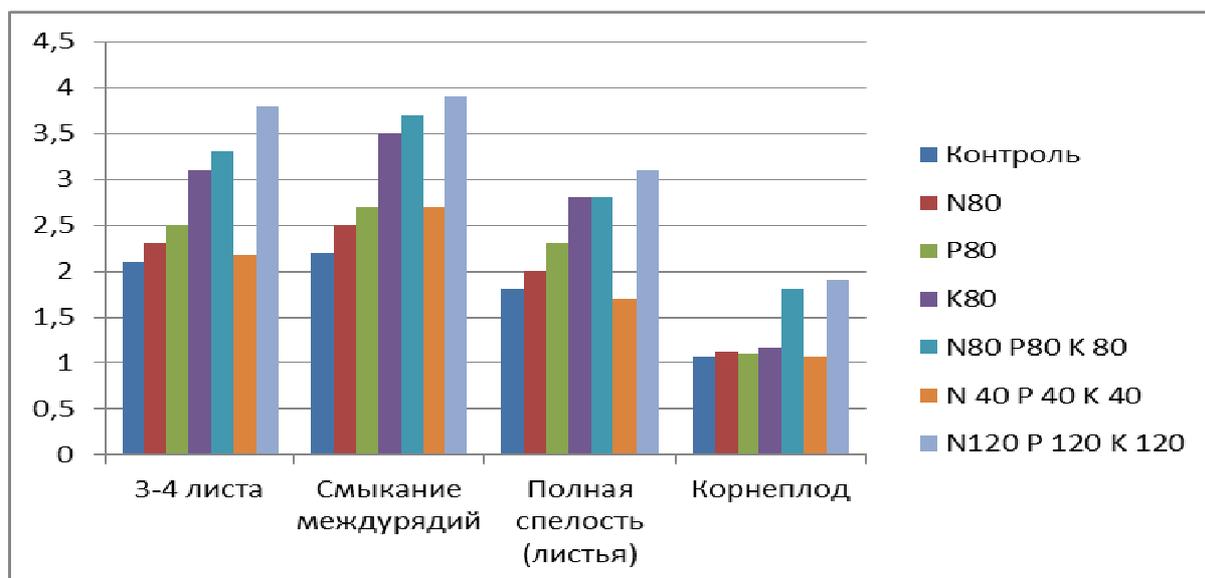


Рисунок 3- Динамика содержания калия в растениях сахарной свеклы, % сухой массы

В среднем за три года исследований был получен достаточно высокий урожай корнеплодов сахарной свеклы (таблица 5). Средняя урожайность составляла около 550 ц/га (прибавка составляет от 14,3% до 41,1%).

Таблица 5- Урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы в зависимости от видов и доз минеральных удобрений (2012- 2014 гг.)

Вариант опыта	Урожайность корнеплодов	Прибавка		Содержание сахара	Сбор сахара	Прибавка	
		ц/га	%			ц/га	%
000	448,9	—	—	14,0	62,8	-	-
200	513,0	64,1	14,3	15,3	78,5	15,7	25,0
020	526,8	77,9	17,4	17,2	90,6	27,8	44,3
002	554,2	105,3	23,5	17,7	98,1	35,3	56,2
222	620,3	171,4	38,2	18,7	116,0	53,2	84,7
111	556,9	108,0	24,1	17,1	95,2	32,4	51,6
333	633,5	184,6	41,1	15,7	99,5	36,7	58,4
НСР ₀₅	66,9			2,1			

Анализируя полученные данные можно заключить, что внесение отдельно азотных, фосфорных и калийных удобрений способствовало увеличению урожайности сахарной свеклы на 64,1, 77,9, и 105,5 ц/га соответственно, т.е. фосфорные и калийные удобрения оказали наибольшее влияние на урожайность сахарной свеклы, нежели азотные.

Внесение минеральных удобрений в различных нормах значительно повысило урожайность этой культуры. Наименьшее влияние на этот показатель получен в варианте с единичными дозами удобрений. Здесь урожайность составила 556,9 ц/га, что на 24,1% выше, чем на контроле.

Максимальная урожайность корнеплодов получена при внесении азотных, фосфорных и калийных удобрений в равных сочетаниях в двой-

ных и тройных дозах и составила 620,3 и 633,3 ц/га. В этих вариантах прибавка урожайности составляет 171,4 и 184,6 ц/га, по сравнению с неудобренным фоном.

Внесение минеральных удобрений оказало влияние и на содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы (таблица 5). Наши исследования показали, что сахаристость корнеплодов по вариантам опыта колебалась от 14,0 до 18,7%.

Фосфорные и калийные удобрения повышают сахаристость корнеплодов по сравнению с неудобренным фоном во все года исследований. Исключение фосфора и калия из питательной смеси приводит к снижению сахаристости корнеплодов.

В среднем за три года исследований сахаристость корнеплодов по вариантам опыта колебалась от 14,0 до 18,7%. Минимальная сахаристость была при внесении повышенных доз азота (200) и составила 15,3%, что на 1,3% выше, чем на контроле. Внесение единичной дозы $N_{40}P_{40}K_{40}$ привело к увеличению качества сахарной свеклы, в этом варианте содержание сахара составило 17,1%, что на 3,1% выше неудобренного фона.

Наилучшие результаты получены в вариантах с внесением двойных (222) доз NPK в равных сочетаниях в этих вариантах сахаристость в среднем за три года исследований составила 18,7.

Сбор сахара варьировал в среднем за три года от 62,8 до 116,0 ц/га и наименьшим был на контрольном варианте. Максимальным он был получен при внесении двойных доз NPK в равных сочетаниях и составил 116,0 ц/га, что на 53,2 ц/га больше, чем на контроле.

Таким образом, удобрения оказывали значительное влияние на сахаристость корнеплодов и сбор сахара с единицы площади. При этом внесение минеральных удобрений в двойных дозах позволило увеличить сбор сахара по сравнению с другими вариантами.

Заключение

Представленные результаты исследований по питанию сахарной свеклы в зависимости от влияния видов и доз минеральных удобрений показали, что под воздействием удобрений увеличиваются содержание элементов питания в растениях сахарной свеклы и в почве, а также количество и качество урожая.

Максимальная урожайность корнеплодов сахарной свеклы в среднем за три года исследований получена при внесении азотных, фосфорных и калийных удобрений из расчета $N_{80}P_{80}K_{80}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$ и составила соответственно 620,3 и 633,3 ц/га, что превышает контроль на 171,4 и 184,6 ц/га. Максимальный сбор сахара был получен при внесении $N_{80}P_{80}K_{80}$ и составил 116,0 ц/га, что на 53,2 ц/га больше, чем на контроле.

Следовательно, оптимальные условия для этой культуры создаются при внесении полного минерального удобрения из расчета $N_{80}P_{80}K_{80}$.

Литература

1. Дроздова В.В., Удобрение сахарной свеклы на Кубани/ Краснодар, КубГАУ, 2011 (500) – 85 с.
2. Симакин А.И. Удобрения, плодородие почв и урожай. – Краснодар: крас. кн. изд- во, 1983.- 271 с.
3. Шеуджен А. Х., Дроздова В.В., Бондарева Т.Н., Онищенко Л.М. Питание и удобрение технических и кормовых культур/ Краснодар, КубГАУ, 2013 (300) – 299 с.
4. Шеуджен А. Х. Агрохимия чернозема.- Майкоп: «Полиграф- Юг», 2015.- 232 с.
5. Шмук А.А. Динамика режима питательных веществ в почве. Труды. Т. 1. – М.: Пищепромиздат, 1950 – 372 с.
6. Шпаар Д. Сахарная свекла (Выращивание, уборка, хранение). Минск: Орех, 2004. - 326 с

References

1. Drozdova V.V., Udobrenie saharnoj svekly na Kubani/ Krasnodar, KubGAU, 2011 (500) – 85 s.
2. Simakin A.I. Udobrenija, plodorodie pochv i urozhaj. – Krasnodar: kras. kn. izd- vo, 1983.- 271 s.

3. Sheudzhen A. H., Drozdova V.V., Bondareva T.N., Onishhenko L.M. Pitanie i udobrenie tehniceskikh i kormovyh kul'tur/ Krasnodar, KubGAU, 2013 (300) – 299 s.
4. Sheudzhen A. H. Agrohimija chernozema.- Majkop: «Poligraf- Jug», 2015.- 232 s.
5. Shmuk A.A. Dinamika rezhima pitatel'nyh veshhestv v pochve. Trudy. T. 1. – M.: Pishhepromizdat, 1950 – 372 s.
6. Shpaar D. Saharnaja svekla (Vyrashhivanie, uborka, hranenie). Minsk: Oreh, 2004. - 326 s